

Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades
der Fakultät für Biologie
der Ludwig-Maximilians-Universität München



Zum Umgang mit defekten Daten in der Osteologie
Managing fragmentary data in osteology

vorgelegt von Alexander Maximilian Lutz

Die Arbeit wurde im Fachbereich Anthropologie und Umweltgeschichte an der Fakultät für Biologie der Ludwig-Maximilians-Universität München unter Leitung von Frau Prof. Dr. Gisela Grupe angefertigt.

Erstgutachter:	Prof. Dr. Gisela Grupe
Zweitgutachter:	Prof. Dr. Herwig Stibor
Datum der Abgabe:	30.04.2019
Datum der mündlichen Prüfung:	23.07.2019

„Nichts ist mächtiger als eine Idee, deren Zeit gekommen ist.“

Victor Hugo

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
1. Einleitung	1
1.1 Geschichte als Quelle für Antworten	1
1.2 Fragestellung und Zielsetzung der Arbeit	1
1.2.1 Fragestellungen zur Vergleichbarkeit anthropologischer Fundkomplexe	2
1.2.2 Fragestellungen zur Migration	2
1.2.3 Fragestellungen im Feld der Osteologie	4
1.3 Bedeutung der Arbeit	5
1.4 Begriffsklärung: Komposition menschlichen Hartgewebes	5
1.4.1 Zusammensetzung von Knochen	6
1.4.2 Bildung der anorganischen Matrix in Knochen und Zahnschmelz	7
1.4.3 Anthropologische Befundung	10
1.4.4 Altersbestimmung	10
1.4.5 Geschlechtsdiagnose	10
1.4.6 Körperhöhenbestimmung	11
1.5 Paläopathologie und Traumata	11
1.6 Paläodemographie	13
1.7 Fragmentarische / Defekte Daten	13
1.8 Isotopenanalysen	18
1.8.1 Strontium-Isotopenanalysen	18
1.8.2 Bleiisotopenanalysen	23
2. Material	28
2.1 Emmering, im Landkreis Fürstentfeldbruck	28
2.1.1 Das Reihengräberfeld	28
2.1.2 Ergebnisse aus vorangegangenen Arbeiten	31
2.1.3 Geologie der Fundstelle	33
2.1.4 Bodenproben	33
2.1.5 Auswahl der zu analysierenden Proben	34
2.2 Vergleichswerte und Erwartungswerte	36
2.2.1 Defekte Daten: Vergleichsbasis Unterigling als Kontrolle der Methode	36
2.2.2 Erwartungswerte für die Strontiumisotopie	37
2.2.3 Erwartungswerte für die Bleisotopie	39
3. Methoden	40
3.1 Individualdaten	40
3.1.1 Datenerfassung und Auswertung	40
3.1.2 Überlieferungsgrad und Erhaltungsgrad	41
3.1.3 Altersbestimmung	41
3.1.4 Geschlechtsdiagnose	44
3.1.5 Körperhöhenschätzung	46
3.2 Paläodemografie	46
3.2.1 Variablendefinition	47
3.2.2 Sterbetafel	48
3.2.3 Sterbewahrscheinlichkeit	49
3.2.4 Lebenserwartung	49
3.2.5 Repräsentanz der Skelettserie	50
3.2.6 Maskulinitätsindex	51
3.2.7 Abhängigenindex	52

3.2.8	Schätzung der Populationsgröße	53
3.2.9	Mortalitätsrate	54
3.2.10	Wachstumsrate	54
3.3	Veränderungen am Skelett durch Pathologien und Fremdeinwirkung	54
3.3.1	Aktivitätsmuster / Muskelansatzstellen	54
3.3.2	Wirbelsäulenstatus	55
3.3.3	Zahnbefunde	55
3.3.4	Traumata	56
3.3.5	Weitere Pathologien und Discreta	57
3.3.6	Anatomische Skelettvarianten	57
3.4	Degenerative Veränderungen der vier großen Gelenke	58
3.5	Strontiumisotopenanalyse ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)	58
3.5.1	Probenvorbereitung zur Säulentrennung von Zahnschmelzproben	58
3.5.2	Probenvorbereitung für die Säulentrennung von Bodenproben	59
3.5.3	Säulentrennung	60
3.6	Bleisotopenanalyse ($^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	61
3.6.1	Probenvorbereitung für die Säulentrennung, Zahnschmelzproben	61
3.6.2	Säulentrennung	62
3.7	Validierungsmethode: Isoplot	62
4.	Methodenentwicklung: Umgang mit defekten Daten	64
4.1	Teilgelenke der vier großen Gelenke	65
4.2	Inventarisierung: Eingabe der Daten	66
4.3	Daten-Validierung	67
4.4	Vorbereitung der Vergleichsdaten aus Emmering	67
4.4.1	Zuordnung der degenerativen Veränderungen zu Inventarschema	68
4.4.2	Anpassungen innerhalb der Bearbeitungsphase	68
4.5	Vorbereitung der Vergleichsdaten aus Unterigling	69
4.6	Inventarische Auswertung	71
4.6.1	Untersuchung einer beliebigen pathologischen Erscheinung	72
4.6.2	Erkennung von Grad 0: fehlendes Skelettelement	72
4.6.3	Erkennung von Grad 1: gesundes Skelettelement	73
4.6.4	Erkennung von Grad 2: leichte Ausprägung	73
4.6.5	Erkennung von Grad 3: mittlere Ausprägung	73
4.6.6	Erkennung von Grad 4: schwere Ausprägung	73
4.6.7	Digitale Eingabe in die Maske zur Inventarischen Auswertung	73
4.7	Statistische Hilfsmittel	83
4.7.1	IBM SPSS Statistics	83
4.7.2	R	83
4.7.3	R Studio	83
4.7.4	Statistische Tests	84
5.	Ergebnisse	86
5.1	Individualdaten aus Emmering	86
5.1.1	Zahl der Körpergräber, Überlieferungs- und Erhaltungsgrad	86
5.1.2	Altersbestimmung	87
5.1.3	Geschlechtsdiagnose	88
5.1.4	Körperhöhenschätzung	90
5.1.5	Einschub zu bestimmten Fundnummern	90
5.2	Paläodemografie	92
5.2.1	Repräsentanz der Skelettserie	92
5.2.2	Sterbetafel	93
5.2.3	Sterbewahrscheinlichkeit	96
5.2.4	Lebenserwartung	97

5.2.5	Maskulinitätsindex	99
5.2.6	Abhängigenindex	99
5.2.7	Schätzung der Populationsgröße	99
5.2.8	Mortalitätsrate	99
5.2.9	Wachstumsrate	99
5.3	Veränderungen am Skelett durch Pathologien und Fremdeinwirkung	100
5.3.1	Wirbelsäulenstatus, degenerative Erkrankungen der Wirbel	100
5.3.2	Zahnbefunde	101
5.3.3	Traumata	105
5.3.4	Polytrauma	112
5.3.5	Weitere Pathologien und Discreta	114
5.3.6	Anatomische Skelettvarianten (ASV)	115
5.4	Degenerative Veränderungen der vier großen Gelenke, welche Daten sind defekt?	116
5.4.1	Schultergelenk	117
5.4.2	Ellenbogengelenk	120
5.4.3	Hüftgelenk	124
5.4.4	Kniegelenk	126
5.4.5	Große Gelenke Unterigling	130
5.4.6	Schultergelenk	130
5.4.7	Ellenbogengelenk	133
5.4.8	Hüftgelenk	136
5.4.9	Kniegelenk	138
5.5	Umgang mit defekten Daten, wie korrigiere ich?	141
5.5.1	Inventarische Auswertung der Daten aus Emmering	141
5.5.2	Inventarische Auswertung der Daten aus Unterigling	144
5.6	Strontiumisotopenanalyse ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)	147
5.6.1	Standardmessungen und Qualitätskontrollen der Strontiumanalytik	147
5.6.2	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Verhältnisse im Zahnschmelz	148
5.6.3	Datennetz zur Einpassung der lokalen Sr-Signatur: Sedimentproben	149
5.6.4	Einpassung der $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Verhältnisse im Gesamtkontext	150
5.6.5	Statistische Verifikation der Strontiumanalytik	151
5.6.6	Definition der lokalen Strontiumsignatur von Emmering	151
5.7	Bleiisotopenanalyse ($^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	154
5.7.1	Standardmessungen und Qualitätskontrollen in der Bleianalytik	154
5.7.2	Statistische Verifikation der Bleianalytik	156
5.7.3	σ -Outlier-Tests	156
5.7.4	Outlier-Test durch Betrachtung von $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ zu $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	157
5.7.5	Ausreißerermittlung der betrachteten Bleiisotopenverhältnisse	158
5.7.6	Vergleich mit vorhandenen Datennetzen	160
6.	Diskussion	168
6.1	Individualdaten	168
6.1.1	Vollständigkeit und Zustand des Skelettmaterials	168
6.1.2	Interpretation zur Altersverteilung	170
6.1.3	Interpretation zur Geschlechtsdiagnose	172
6.2	Paläodemographie	175
6.2.1	Kinderdefizit	175
6.2.2	Repräsentanz	176
6.2.3	Mortalitätsrate	177
6.2.4	Wachstumsrate	177
6.2.5	Sterbetafel	178
6.2.6	Maskulinitätsindex	178
6.2.7	Abhängigenindex	180

6.2.8	Sterbewahrscheinlichkeit	181
6.2.9	Lebenserwartung	181
6.2.10	Schätzung der Populationsgröße	183
6.3	Veränderungen am Skelett durch Pathologien und Fremdeinwirkung	184
6.3.1	Wirbelsäulenstatus	184
6.3.2	Zahnbefunde	185
6.3.3	Traumata	186
6.3.4	Weitere Pathologien und anatomische Auffälligkeiten	188
6.4	Umgang mit defekten Daten: gemeinsame Diskussion beider Fundorte	188
6.4.1	Eingrenzung des betrachteten Datenausschnitts	188
6.4.2	Betrachtung der unkorrigierten Rohdaten	189
6.4.3	Korrektur der defekten Daten	191
6.4.4	Betrachtung der korrigierten Daten	202
6.4.5	Zusammenfassung	206
6.5	Provenienz	207
6.5.1	Strontium-Isotopendaten	207
6.5.2	Bleiisotopendaten	213
6.5.3	Potentiell ortsfremde Individuen	220
6.5.4	Ausreißer in beiden Isotopensystemen	222
7.	Zusammenfassung	224
8.	Literatur	226
9.	Anhang	246
9.1	Verwendete Chemikalien, Geräte und Software	246
9.2	Tabellen aus dem Material- und Methodenteil	249
9.3	Tabellen zum Themenbereich Anthropologische Befundung	251
9.4	Tabellen zum Themenbereich Paläodemographie	294
9.5	Tabellen zum Themenbereich Strontiumisotopen	295
9.6	Tabellen zum Themenbereich Bleiisotope	300
9.7	Tabellen und Abbildungen zum Themenbereich Statistik	304
9.8	Tabellen aus dem Bereich der <i>Inventarischen Auswertung</i>	329
9.9	Abbildungsverzeichnis	333
9.10	Formelverzeichnis	339
9.11	Tabellenverzeichnis	340
9.12	Listen	348
Lebenslauf	Fehler! Textmarke nicht definiert.	
Eidesstattliche Erklärung		359
Danksagung		360

1. Einleitung

1.1 Geschichte als Quelle für Antworten

Die Anthropologie versteht sich als die Lehre des Wesens des Menschen, übergeordnetes Ziel ist die Ermittlung von Determinanten menschlicher Bevölkerungsentwicklung in Raum und Zeit. Das Fachgebiet ist in zahlreiche Unterdisziplinen gegliedert, welche sich der physischen Anthropologie und der Verhaltensanthropologie zuordnen lassen.

Zu vielen Fragestellungen suchen Wissenschaftler Antworten in früheren Zeiten. Die jüngste Vergangenheit Europas ist geprägt von sozialen Problemen und politischen Umbrüchen, teils ausgelöst durch Flüchtlingswellen und der damit einhergehenden Einwanderungsproblematik. Anhand der Völkerwanderungszeit vom 4. bis 8. Jahrhundert n.Chr. ist belegt, dass solche Völkerbewegungen nicht erstmalig auftreten (Krautschick 1999, Schmidt 1970). Eine klare Lösung, wie die komplexe Aufgabe der Integration in der gegenwärtigen Zeit behandelt werden kann, kann die Geschichte vermutlich nicht hervorbringen; sie hat jedoch gezeigt, dass bei der Begegnung von zwei Kulturkreisen wechselseitige Anpassungsprozesse vorgenommen werden, die *Akkulturation* genannt werden. Was hingegen mittels diverser anthropologischer Analysen bearbeitet werden kann, sind Fragen zur Krankheitsbelastung des Menschen früherer Zeiten, zur Bevölkerungsgeschichte und zur Ethnogenese. Das Methodenspektrum der Osteoanthropologie reicht dabei von der Untersuchung des äußeren Erscheinungsbildes menschlicher Überreste bis hin zur Messung erhalten gebliebener Biomoleküle.

Möchte man einen einzigen, möglichst allumfassenden Begriff für den Sinn hinter all diesen hochkomplexen Aufgaben finden, wäre hierfür wohl der Terminus *Selbsterkenntnis des Menschen* am besten geeignet.

1.2 Fragestellung und Zielsetzung der Arbeit

Der vorliegenden Arbeit liegt eine individuelle Geschichte zugrunde. Der originäre Arbeitsinhalt ist die Aufarbeitung der wichtigen Skelettserie von Emmering¹ zur Ermittlung der Stammesbildung der Baiuwaren gewesen. Es stellt einen seltenen Glücksfall dar, dass das Reihengräberfeld von Emmering vollständig ergraben vorliegt (Froh 2007), denn die meisten ähnlich gearteten Funde sind heutzutage teilweise überbaut und können daher nicht vollständig erfasst werden. Nach der Befunderhebung² von 539 Skeletten hat sich dieses Ziel mangels archäologischer Dokumentation so nicht

¹ Emmering ist eine Gemeinde im oberbayerischen Landkreis Fürstfeldbruck und liegt ca. 25 km westlich von München. Die Gemeindebildung erfolgte 1818. Urkundlich wurde die Siedlung erstmals in Dokumenten des Klosters Benediktbeuern, genauer auf einer Güterliste aus dem 11. Jahrhundert, festgehalten. Dort ist für den Zeitraum von 740 bis 770 n.Chr. von *Emeheringen* die Rede, was etwa „bei den Leuten des Emheri“ bedeutet (Busley et al. 1992).

² Ein anthropologischer Befund wird in einem sog. Befundbogen festgehalten. Es gibt für Form und Umfang des Befundbogens keinen allgemeingültigen Standard; jeder Bearbeiter kann persönliche Präferenzen haben.

mehr verwirklichen lassen. Es waren an einer Stichprobe als Testfall auch schon Isotopenanalysen durchgeführt worden, die aber angesichts des sich als wirkliches Problem herausgestellten Themas etwas in den Hintergrund gestellt wurden. Die erhobenen Daten gehören zum Arbeitsinhalt und werden natürlich diskutiert.

Im Verlauf der Arbeit wurde festgestellt, dass schon die morphologische Vergleichbarkeit innerhalb der Skelettserie aufgrund schlechter Erhaltung nicht gegeben ist und Aussagen zur Pathologie daher erschwert sind. So folgte der Gedanke, dass doch überall defekte Daten vorliegen. Defekte Daten entstehen, wenn für das betrachtete Merkmal kein Wert ermittelt werden kann. Wenn aufgrund des Fehlens von Skelettmaterial also zahlreiche Körperteile nicht betrachtet und beurteilt werden können, liegen defekte Daten vor. Waldron hat bereits 1994 darauf hingewiesen, dass dieses Problem existiert und beachtet werden muss. Bei der Fülle an vorliegender Literatur wird das allerdings nicht gemacht. Daher wurde dieses Problem der defekten Daten ins Zentrum der Arbeit gestellt.

1.2.1 Fragestellungen zur Vergleichbarkeit anthropologischer Fundkomplexe

In heutigen Arbeiten geschieht es häufig, dass wichtige Kenngrößen, beispielsweise die Prävalenz einer Krankheit, aus verschiedenen Quellen in direkten Vergleich miteinander gestellt werden, ohne die Herkunft der Daten ausreichend zu hinterfragen oder die Datensätze zu normalisieren. Dabei ist ohne vorherige Prüfung gar nicht klar, ob die vorliegenden Daten überhaupt miteinander vergleichbar sind. Die Datenerhebung kann auf verschiedenen Wegen geschehen sein, die jeweils unterschiedliche Fehlerquellen mit sich bringen können. Ebenso dürfen Werte aus lokal unterschiedlichen Fundkomplexen, aus unterschiedlichen Zeitstellungen, welche von verschiedenen Bearbeitern erzeugt wurden, nicht ungesehen miteinander in Relation gestellt werden!

Die Zielsetzung der Arbeit liegt daher insbesondere in der Entwicklung einer praktikablen Lösung, mittels derer skelettale Auswertungen zwischen verschiedenen Fundkomplexen vergleichbar gemacht werden können.

- F 1. Kann eine neue Methode entwickelt werden, verschiedene Fundkomplexe trotz unterschiedlicher Bearbeiter miteinander vergleichbar und auch auswertbar zu machen?
- F 2. Welche Auswirkungen hat die praktikable Lösung auf künftige Arbeiten im osteoanthropologischen Kontext?

1.2.2 Fragestellungen zur Migration

Migration ist durch die Historie hinweg ein ständiger Bestandteil humaner Ethnogenese. Kulturen, Völker und deren verschiedene Sprachen bildeten sich, was einen bis heute fortwährenden Prozess der Gestaltung und Formung darstellt. Die Nachweisbarkeit von Migrationsereignissen erlaubt daher viel Raum zur Diskussion. Mit humanen Wanderungsbewegungen gehen sowohl die Besiedelung neuer Räume wie auch die Genese neuer oder auch die Erweiterung bestehender Siedlungsräume einher. Insbe-

sondere dichte Siedlungsgebiete bringen eine zusammengefasste Fruchtbarkeitsziffer³ hervor, die geringer als die der umliegenden ländlichen Regionen ausfällt. Deshalb ist ein Wachstum in Siedlungsgebieten (meist) nicht aus der urbanen Bevölkerung heraus, sondern nur durch Zuwanderung zu erreichen. Die Identifikation von ortsfremden Individuen sowie deren möglicher Herkunft trägt erheblich zur Diskussion der Populationszusammensetzung während der Epoche der baiuwarischen Stammesbildung bei.

Ein weiterer Aspekt der Arbeit ist, die Herkunft von ausgewählten Individuen des Fundkomplexes Emmering plausibel zu erörtern. Der Fundkomplex Emmering ist ein Reihengräberfeld mit einer Belegung etwa zwischen 450 und 725 n. Chr. (Froh 2007). Eine Hypothese lautet, dass sich möglicherweise ortsfremde Söldner nach ihrem Militärdienst angesiedelt und in der örtlichen Population niedergelassen haben. Bislang wird vermutet, dass sich die Baiuwaren aus verschiedenen Volksgruppen gebildet haben. So werden beispielsweise von Hubensteiner (2009) folgende potenzielle Einflüsse genannt:

- Reste der keltischen Bevölkerung
- angesiedelte Römer
- Volkssplitter aus dem alemannischen, fränkischen bzw. thüringischen, ostgotischen und langobardischen Raum
- Germanische Söldner aus den römischen Grenztruppen

Die archäologische Auswertung der aufgefundenen Grabbeigaben gibt Hinweise auf die Einflüsse der von Hubensteiner (2009) genannten Herkunftsgebiete. Diese deuten auf diverse mögliche Ursprungsländer hin, wie z.B. Österreich, Schweiz, Italien und Teile Westfrankreichs. Einzelne Funde sprechen für den gesamten deutschen Raum, zahlreiche davon für das heutige Süddeutschland, speziell das alemannische und baiuwarische Gebiet. Aus dem heutigen Franken und Thüringen sind verschiedene Fundstücke im Emmeringer Gräberfeld vorhanden. Diese können auf unterschiedlichen Wegen in das frühmittelalterliche Siedlungsgebiet gelangt sein, beispielsweise verhandelt oder vom Besitzer mitgebracht. Auch der ostgotische Raum ist als Herkunft denkbar, da eines der ältesten Gräber eine Fibel ostgotischen Typs beinhaltet hat. Die Region Norditaliens war zwischen dem 5. und 8. Jahrhundert langobardischer Raum. Einige langobardische Formenspektren hatten starken Einfluss auf Süddeutschland. Über Ohringe im Fundmaterial können beispielsweise Verbindungen zwischen der Lombardei und Süddeutschland hergestellt werden, welche transalpinen Handel belegen. Großbritannien wäre anhand der Funde in der Grabgrube eines Individuums zwar theoretisch denkbar, allerdings schon eher unwahrscheinlich. Auch das heutige Osteuropa im weiteren Sinn ist nicht auszuschließen⁴.

³ Die zusammengefasste Fruchtbarkeitsziffer, auch Fertilitätsrate, ist ein demographisches Maß und bezeichnet die Anzahl der Kinder, welche eine Frau durchschnittlich im Verlauf des Lebens hätte, wenn die zu einem bestimmten Zeitpunkt ermittelten, altersspezifischen Fruchtbarkeitsziffern für den kompletten Zeitraum der fruchtbaren Lebensphase gelten würde.

⁴ Albrecht, Tobias Georg (LMU München, Fakultät für Kulturwissenschaften, Department für Kulturwissenschaften und Altertumskunde), mündliche Mitteilung vom 17.04.2017.

Naturwissenschaftliche Methoden wie Isotopenanalysen liefern hier die erforderlichen Erkenntnisse zur Untermauerung, Ergänzung oder auch Widerlegung solcher Vermutungen. Finden sich widersprüchliche Interpretationen zwischen den archäologischen und anthropologischen Forschungsergebnissen, so eröffnet dies zwischen allen Kulturwissenschaften neuen Raum zur Diskussion des großen Themas der Migration. Die Fragestellungen zur Migration lauten:

- M1. Wie setzte sich die damalige Population Emmerings zusammen? Sind vorwiegend keltische Bevölkerungsanteile vertreten? Aus welchen Ländern und Regionen stammen die Siedlungsmitglieder?
- M2. Gibt es Hinweise auf einen kriegerischen Kontext? Sind Söldner oder Mitglieder römischer Grenztruppen mit hinreichender Wahrscheinlichkeit anzunehmen?

1.2.3 Fragestellungen im Feld der Osteologie

Neben der Provenienzanalyse bearbeitet die vorliegende Dissertation die Rekonstruktion der Lebenssituation sowie die Populationszusammensetzung der spätmerowingerzeitlichen Emmeringer Siedler. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Erfassung von Individualdaten und der Erstellung eines detaillierten Skelettinventars. Angewendet werden diese Daten, um Einblicke zur Verteilung, dem Sterbeverhalten und der Lebenserwartung zu erhalten. Darüber hinaus gibt die Paläopathologie Hinweise zum Gesundheitszustand, der Arbeitstätigkeit und der Ernährung. Schritt für Schritt wird so über die Geschichte eines Einzelnen zur Historie der ganzen Population vorgedrungen, um ein vielfältiges Lebenspanorama aufzuzeigen. Dabei soll der höchstmögliche Informationsgrad erreicht werden. Daher werden die anthropologischen Ergebnisse nicht isoliert betrachtet, sondern im Kontext aller vorhandenen Informationen diskutiert. Sich ergebende Fragen im Gebiet der Osteologie lauten:

- O1. Wie viele Frauen und Männer wurden bestattet? Ist die Geschlechterverteilung ausgeglichen?
- O2. Welches Individualalter wurde erreicht?
- O3. Zu welcher Körperhöhe wuchsen die Individuen?
- O4. Welche Aussagen können zur Lebenserwartung und Sterbewahrscheinlichkeit getroffen werden?
- O5. Welchen Gesundheitszustand wiesen die Individuen auf?
- O6. Welcher Form von Arbeit gingen die Menschen nach? Wurden degenerative Gelenkveränderungen am Skelett ausgeprägt? Waren dafür bestimmte Bewegungsabläufe oder Aktivitätsmuster ursächlich?

Die ersichtliche Komplexität der Auswertungen birgt jedoch ein Problem: In der kontemporären Forschung existiert kein einheitlicher Standard zur Befundung der menschlichen Hartgewebe als Informationsarchiv. Jeder Fundkomplex kann somit je nach Bearbeiter auf unterschiedliche Weise befundet werden. Das führt mit hinreichender Wahrscheinlichkeit dazu, dass die auf den jeweiligen Befunden basierenden Ergebnisse nicht zwischen verschiedenen Fundkomplexen vergleichbar sind.

Die vorliegende Arbeit liefert einen holistischen Ansatz zur Interpretation von Pathologien und macht diese Methode als Werkzeug im Repertoire der Anthropologie verfügbar. Sie kann einen wertvollen Beitrag zum anthropologischen Methodenspektrum

leisten. Somit können bereits abgeschlossene Arbeiten oder Altgrabungen mit beliebigen anderen Fundkomplexen vergleichbar gemacht werden.

1.3 Bedeutung der Arbeit

Der methodische Beitrag für den Fundkomplex sowie für den Historischen Verein Fürstenfeldbruck (HVB), welcher als Auftraggeber und Geldgeber fungiert, liegt darin, die unvollständigen archäologischen Daten⁵ durch einen interdisziplinären Ansatz mit Erkenntnissen aus dem Forschungsgebiet der Anthropologie zu ergänzen. Der merklich hohe Grad an Grabmanipulation von ca. 80 % im Reihengräberfeld von Emmering (Schwenk 1998) wurde schon früh als häufiges Phänomen spätmerowingerzeitlicher Gräberfelder Süddeutschlands erkannt (Stein 1961). Gerade deshalb kann die Ergänzung der vorhandenen Informationen durch die anthropologischen Ergebnisse einen wertvollen Beitrag zum Gesamtbild der frühmittelalterlichen bajuwarischen Population liefern. Nachdem eine archäologische Dissertation an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel durch den Bearbeiter Herrn Christian Froh nicht abgeschlossen wurde, ist die archäologische Befundung fortgeschritten, jedoch nicht vollständig⁶.

Das Reihengräberfeld aus Emmering gehört wohl zu den ältesten in Südbayern⁷, vgl. S. 29. Durch diese Erkenntnis wurde eine archäologische Dissertation für die weitere bzw. finale Untersuchung des archäologischen Materials vergeben⁸. Diese wird von Herrn Tobias Georg Albrecht an der LMU München, in der Fakultät für Kulturwissenschaften, Department für Kulturwissenschaften und Altertumskunde unter der Leitung von Prof. Dr. Bernd Päffgen, angefertigt. Somit konnte anhand der historischen Funde ein genaueres Bild der damaligen Population und deren Zusammensetzung erstellt werden. Im Rahmen der Dauerausstellung des im Kloster Fürstenfeldbruck untergebrachten Museums Fürstenfeldbruck wurden zahlreiche Funde der Öffentlichkeit verfügbar gemacht. Diese Öffentlichkeitsarbeit ist – neben dem Zugewinn an Information zur internen Nutzung – ein Hauptaugenmerk des HVB⁹.

1.4 Begriffsklärung: Komposition menschlichen Hartgewebes

Das menschliche Skelett bildet mit Knochen und Zähnen ein gesamtes Archiv der Element- und Isotopenzusammensetzung von C, N, S, O, Sr und Pb, anhand dessen Rückschlüsse auf die Ernährung oder ein mögliches Migrationsereignis eines Individuums, ebenso aber auch über klimatische oder Umweltbedingungen des bewohnten Habitats gezogen werden können (Ambrose 1991, Koch 2007, Stephan 1999, Tütken 2003). Vorwiegend über die Nahrung und das Trinkwasser werden die chemischen Elemente und ihre Isotope vom Körper aufgenommen. Diese werden dort verstoffwechselt und

⁵ vgl. Kapitel 2.1.2 Ergebnisse aus vorangegangenen Arbeiten.

⁶ Marquardt, Rolf (Historischer Verein für die Stadt und den Landkreis Fürstenfeldbruck, Postfach 1307, 82243 Fürstenfeldbruck): mündliche Mitteilung vom 27.05.2011.

⁷ Haberstroh, Dr. Jochen (Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege München, Hofgraben 4, 80539 München): mündliche Mitteilung vom 13.06.2014.

⁸ Marquardt, Rolf (ebd.): mündliche Mitteilung vom 22.09.2014.

⁹ Marquardt, Rolf (ebd.): mündliche Mitteilung vom 24.04.2014.

in die Hartgewebe des Körpers inkorporiert. Dabei kann es zu systematischen Veränderungen an der Isotopenzusammensetzung kommen. Solche Fraktionierungsprozesse sind je Element unterschiedlich ausgeprägt und erlauben Rückschlüsse auf die chemische Komposition der inkorporierten Nahrung und der zuletzt verwendeten Trinkwasserquelle (Daux et al. 2008, DeNiro und Epstein 1978, Haack et al. 2003, Longinelli 1984, Richards et al. 2003, Tütken 2010, Zazzo et al. 2010).

Stimmen Isotopensignaturen nicht mit dem Habitat des Fundorts überein, so müssen diese gesondert betrachtet werden, da sie einen Hinweis auf ein abweichendes Lebensumfeld darstellen. So können Migrationseignisse im Leben eines Individuums festgestellt und ggfs. eine plausible Herkunft ermittelt werden.

Die Grundvoraussetzung für die Interpretation solcher Isotopendaten ist in jedem Fall die Kenntnis, wie Knochen und Zähne gebildet bzw. umgebaut werden (Tütken 2010). Die verschiedenen Gewebearten haben voneinander abweichende Aufbau- wie Umbauphasen, ebenso unterschiedliche Umbaudauern (Wild et al. 2000). Damit bilden die Hartgewebe (Zähne und Knochen) ein Informationsarchiv für die jeweiligen Lebensphasen des untersuchten Individuums, welches unter entsprechend konservierenden Bedingungen auch Jahrtausende überdauern kann. Die Knochen unterliegen einem lebenslangen Umbauprozess, welcher je nach Art des Knochens (trabekulär oder lamellär) verschiedene Umbauraten aufweist. Im Kontrast dazu stehen die Zähne; diese werden in den frühen Lebensjahren ausgebildet und unterliegen nach Finalisierung der Mineralisationsphase keinem weiteren Umbau, liefern somit also ein Archiv der frühen Kindheit. Ein Vergleich der Isotopendaten von verschiedenen Skelettelementen kann Aufschluss über ein Migrationseignis im Leben des untersuchten Individuums geben (z.B. durch Vergleich zwischen Zahn und Knochen). Ein exakter Herkunftsort kann dabei nicht gesichert ermittelt werden, weil die Isotopendaten zum einen nicht einmalig vorkommen, sondern weltweit redundant auftreten können und zum anderen für mögliche Herkunftsgebiete die bioverfügbaren Signaturen nicht bekannt sind. In der Praxis müssen daher bei der Rekonstruktion einer möglichen Herkunft immer Vorannahmen getroffen werden, welche gemeinsam mit den Ergebnissen auf ihre Plausibilität hin überprüft werden. Nach dem heuristischen Forschungsprinzip namens *Ockhams Rasiermesser*¹⁰, auch Parsimonie-Prinzip genannt, können bestimmte Gebiete ausgeschlossen werden, was die Menge von möglichen Herkunftsgebieten reduziert.

1.4.1 Zusammensetzung von Knochen

Das Knochengewebe ist hierarchisch komplex aufgebaut. Seine Bildung, Zusammensetzung und biomechanischen Eigenschaften werden von diversen Faktoren beeinflusst, wie individueller Ernährung und Bewegungsmuster (Carden und Morris 2000). Die mi-

¹⁰ Das nach Wilhelm von Ockham (1288-1347) benannte Prinzip besagt, dass von mehreren möglichen Erklärungen für einen Sachverhalt die einfachste Theorie den anderen vorzuziehen ist (Heinzmann 1998). Hört man Hufgeklapper, ist an Pferde zu denken, nicht an Zebras. Für die anthropologische Anwendung bedeutet dies: Isotopensignaturen treten weltweit vielerorts auf. Für junge vulkanische Böden können Einsprengsel im Böhmerwald, in Hawaii und im Golf von Neapel gefunden werden. Für einen süddeutschen Fund ist die deutsche Quelle anzunehmen.

neralisierten Hartgewebe sind Kompositgewebe aufgrund ihrer einzigartigen Zusammensetzung und gewährleisten sowohl Druck- als auch Zugfestigkeit. Das organische Material (Anteil: ca. 20 – 23 Gewichtsprozent), allen voran das Strukturprotein Kollagen, stellt dabei die zugfeste, die anorganische Mineralsubstanz (Anteil: ca. 65 – 70 Gewichtsprozent) die druckfeste Komponente. Etwa 10 Gewichtsprozent bestehen aus Wasser und Lipiden (Grupe et al. 2015a, Hillson und Antoine 2003, Monge et al. 2014, Turner-Walker 2008). Dabei können die relativen Mengenangaben je nach Individualalter, Gewebeatler, Gewebetyp, Ernährung und Gesundheitszustand geringfügig variieren (Boskey und Pleshko Camacho 2007, Boskey und Coleman 2010).

1.4.2 Bildung der anorganischen Matrix in Knochen und Zahnschmelz

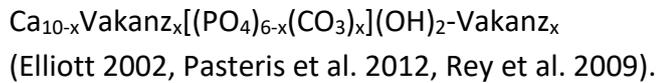
1.4.2.1 Apatit

De Jong (1926) identifizierte mittels chemischer Analysen und Röntgendiffraktometrie die Zusammensetzung der Festphase von Knochen als ein dem geologischen Apatit ähnelndes kristallines Calciumphosphat. Anders als die ideale Formel des geologisch vorkommenden stöchiometrischen Hydroxylapatits (Summenformel: $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$), können Knochenmineral-Kristallite, häufig Bioapatit genannt, einige Abweichungen zeigen, die in den besonderen physiologischen Anforderungen begründet liegen. Durch homo- und heteroionische Substitutionsreaktionen kann der tatsächliche Knochen eine andere Summenformel aufweisen (Herrmann et al. 1990, LeGeros 1981, Martin et al. 1998). Die hexagonale Kristallstruktur ist flexibel und erlaubt somit eine Vielzahl von Ionensubstitutionen. Insgesamt müssen die Substituenten nur in die Struktur des Kristallgitters inkorporierbar sein und zugleich das Gesamtladungsequilibrium des Minerals erhalten bleiben (Bergslien et al. 2008, Dorozhkin und Epple 2002). Potentiell kann jede Gitterposition von einer Substitution betroffen sein (Turner-Walker 2008). Das Ca^{2+} kann durch monovalente Ionen wie Na^+ und K^+ , bivalente Ionen wie Fe^{2+} , Zn^{2+} , Sr^{2+} , Mg^{2+} , Cd^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} , Ba^{2+} , Mn^{2+} , Pb^{2+} oder Cu^{2+} und trivalente Ionen wie Y^{3+} ersetzt werden (Boskey 1999, Hughes und Rakovan 2002, Pan und Fleet 2002, Piccoli und Candela 2002). Die PO_4^{3-} -Gitterplätze können von Carbonat und Arsenat eingenommen werden. Die OH-Position kann durch Carbonat oder Halide eingenommen werden (Reiche et al. 2003, Skinner 2005, Thomas et al. 2007, Wopenka und Pasteris 2005).

Tab. 1: Mögliche Substitutionen an die mineralische Komponente des Knochens, modifiziert nach Hoke (2017).

Ca_{10}	$(\text{PO}_4)_6$	$(\text{OH})_2$
Na^+, K^+	AsO_4^{3-}	CO_3^{2-}
$\text{Fe}^{2+}, \text{Zn}^{2+}, \text{Sr}^{2+}, \text{Mg}^{2+}, \text{Cd}^{2+}, \text{Ni}^{2+}, \text{Co}^{2+}, \text{Ba}^{2+}, \text{Mn}^{2+}, \text{Pb}^{2+}, \text{Cu}^{2+}$	SO_4^{2-}	F^-
Y^{3+}	CO_3^{2-}	Cl^-
Vakanzen	SiO_4^{4-}	Vakanzen
	VO_4^{3-}	
	Vakanzen	

Da zahlreiche Ionen an den verschiedenen Gitterpositionen des Apatits substituiert werden können, wurde die mineralische Komponente von Misra (1984) als kontaminierter und schwach kristalliner Hydroxylapatit bezeichnet. Als modifizierte Summenformel wird daher für Bioapatit die folgende Formel angegeben:



1.4.2.2 Zahnschmelz

Im menschlichen Körper ist Zahnschmelz als beinahe rein kristallines Gefüge das härteste biologisch gebildete Gewebe (Schroeder 2000). Härte und Resistenz des Zahnschmelzes werden durch die Einlagerung von Fluorid-Ionen an Stelle von Hydroxid-Ionen verstärkt. Außerdem ist der Mineralanteil von Zahnschmelz (> 96 Gewichtsprozent) deutlich höher als der von Knochen (ca. 70 Gewichtsprozent), wie Drenckhahn und Fleischhauer (1994) und Schroeder (2000) belegen. Die mineralische Fraktion wird aus karbonat-haltigem Hydroxylapatit gebildet. Zahnschmelz bildet deutlich größere Apatitkristalle als Dentin und Knochen, wodurch er weniger porös als diese Materialien ist. Aufgrund des hohen Mineralisationsgrades ist Zahnschmelz auch deutlich härter (Tütken 2010). Diese Eigenschaften führen dazu, dass Zahnschmelz für sehr lange Zeiträume in sehr gutem Zustand erhalten bleiben kann. Auf diesem Wege können die enthaltenen Informationen über Jahrtausende erhalten bleiben (Fricke et al. 2008, Kohn et al. 2002, Sponheimer und Lee-Thorp 2006, Tütken et al. 2006).

Jeder Zahn kann in die Teile der Zahnkrone (*Corona Dentis*), Wurzel (*Radix Dentis*), die Wurzelspitze (*Apex*) und den Zahnhalb (*Cervix Dentis*) eingeteilt werden. Den größten Anteil bildet das Zahnbein (*Dentinum*), welches die Pulpahöhle (*Cavitas Pulpas*) umfasst. Die Krone der Zähne wird aus Zahnschmelz (*Enamelum*) gebildet, die Zahnwurzel(n) wiederum werden vom Zahnzement (*Cementum*) umschlossen (Drenckhahn und Fleischhauer 1994). Der Zahnwechsel ist bei heranwachsenden Menschen sehr stabil und kann daher gut für die Bestimmung des individuellen Sterbealters von Kindern und Jugendlichen verwendet werden (Grupe et al. 2015a). Die ersten Dauermolaren werden bereits pränatal gebildet und ihre Mineralisation endet etwa mit dem vierten Lebensjahr, vgl. Abb. 1. Die ersten Molaren sind also die ersten bleibenden Zähne, welche gebildet werden und ergeben somit auch das früheste Zeitfenster im vergangenen Leben eines Individuums, welches analysiert werden kann. Als letztes werden die dritten Dauermolaren gebildet. Der Zeitraum deren Bildung kann sehr variieren. Während die Mineralisation zwischen dem 7. und 14. Lebensjahr beginnt (vgl. Abb. 1), kann sie zwischen dem 12. und 18. Lebensjahr abgeschlossen sein (Schroeder 2000). Zur Ermittlung von Ergebnissen für die Interpretation zeitlicher Zusammenhänge sind daher erste Molaren deutlich besser geeignet als dritte Molaren.

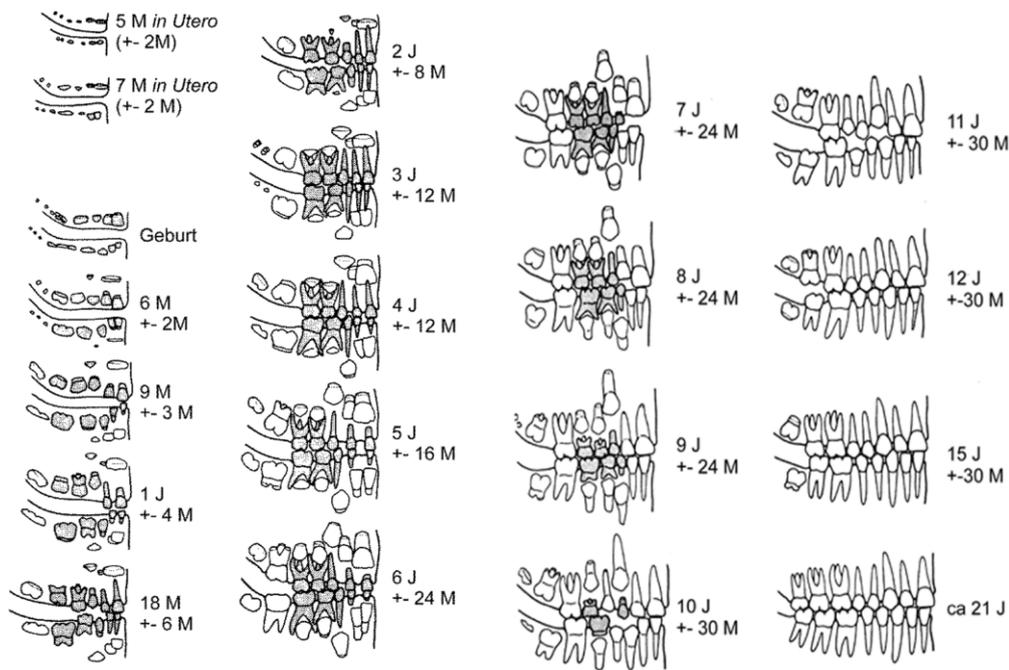


Abb. 1: Schema der Zahnentwicklung zur Altersbestimmung nach Ubelaker (1978), Buikstra & Ubelaker (1994). Zähne des Milchgebisses sind gerastert dargestellt; J = Jahre, M = Monate, Abbildung: Grupe et al (2015a).

Der Zahnschmelz entsteht durch drei beim Menschen parallel ablaufenden Prozesse (Schroeder 2000):

1. Bildung der Schmelzmatrix und initiale Mineralisation der Matrix
2. Rück-Resorption dieser Matrix und
3. Sekundäre Mineralisation bzw. Reifung des kristallinen Gefüges

Die sog. Schmelzmatrix wird als Primärprodukt von den Ameloblasten gebildet. Zahnschmelz ist demnach das mineralisierte und ausgereifte Endprodukt (Schroeder 2000). Sobald die Sekretion der Schmelzmatrix beginnt, beginnt auch die Bildung des Zahnschmelzes. Die gebildete Schmelzmatrix besteht aus überwiegend nicht-kollagenen Proteinen und zu 1 bis 2 % aus Kohlenhydraten und Lipiden. Die erste Schmelzschicht ist etwa 3 µm dick und homogen strukturiert. Sie ist zudem in hohem Grad mineralisiert (Schroeder 2000). Die Ameloblasten, welche als Primärprodukt die Schmelzmatrix erzeugen, bilden den sog. *Tomesschen Fortsatz*. Mithilfe des *Tomesschen Fortsatzes* fassen die Ameloblasten Schmelzkristallite zu strukturellen Einheiten zusammen, sog. Schmelzprismen, und geben damit dem Schmelz das charakteristische Strukturgefüge. Im anschließenden Reifungsprozess, der mehrere Wochen und Monate dauern kann, werden bis zur vollständigen Mineralisation weitere Apatitkristalle eingelagert (Schroeder 2000).

Werden Isotopenanalysen an verschiedenen Zähnen aus dem Gebiss eines einzelnen Individuums durchgeführt, so können darüber potentiell mögliche Ortswechsel rekonstruiert werden. Das Feststellen von Veränderungen in individuell konsumierter Nahrung und im Trinkwasser ist aufgrund der relativ stabilen Zeitpunkte der Zahnbildung

zwischen Geburt und dem Erwachsenenalter möglich (Prowse et al. 2007, Schulz 2006, Schweissing und Grupe 2003a, Tütken et al. 2008).

1.4.3 Anthropologische Befundung

Grundsätzlich kann die Analyse von menschlichen Skeletten in vier Phasen eingeteilt werden, nämlich die Quellenrecherche zum historischen Kontext des Skelettfundes, die anthropologische in-situ Untersuchung im Feld, die makromorphologische Untersuchung sowie anthropologische Befundung nach Reinigung und Rekonstruktion des Skelettmaterials und die Laboruntersuchungen an bestimmten Knochen bzw. Proben (Grupe et al. 2015a). Die anthropologische Untersuchung wird durch das Aufnehmen des Befunds in einem Befundbogen dokumentiert. Während der Durchführung der anthropologischen Untersuchung verwendete der Bearbeiter insgesamt fünf verschiedene Aufnahmeverfahren. Die erste Version war eine freitextliche Aufnahme auf einem leeren Blatt. Die zweite Version war ein einfacher Befundbogen (vgl. S. 354), die dritte Version ein ausdefinierte Befundbogen mit einer Skelettillustration zum Markieren des vorhandenen Skelettinventars (vgl. S. 355). Dies ermöglichte eine feingliedrige Dokumentation. Zwei weitere Aufnahmeverfahren wurden getestet, nämlich das des *Global History of Health* Projekts (Steckel et al. 2006) und die standardisierte Skelettdokumentation der *Staatssammlung für Anthropologie und Paläoanatomie (SAPM)* nach Harbeck (2018). Die zwei letztgenannten wurden vom Bearbeiter als zu umständlich und nicht aussagekräftiger als die anderen wahrgenommen und daher für das in dieser Arbeit angestrebte Ergebnis als nicht tauglich befunden.

1.4.4 Altersbestimmung

Da verschiedene Elemente des humanen Skeletts typische und über den Zeitraum eines Lebensalters hinweg recht stabile Veränderungsmuster aufweisen, gibt es diverse Methoden zur Altersbestimmung. Diese wird darum mittels einer Kombination mehrerer diagnostischer Methoden durchgeführt. Dazu wurden die im jeweiligen Befund überlieferten Skelettelemente untersucht. Unter anderem zählen zur Einschätzung der allgemeine Entwicklungsstatus des Individuums, die Verwachsung von Wachstumsfugen bei juvenilen Individuen oder der Verschluss der Schädelnähte. Auch der Zahnstatus kann Aufschluss über das Alter geben, wobei dieser auch von den Komponenten der konsumierten Nahrung und der individuellen Mundhygiene abhängig ist. Als Resultat kann das biologische Alter für Kinder mit engen Altersspannen und bei Erwachsenen mit weiteren Altersspannen angegeben werden.

1.4.5 Geschlechtsdiagnose

Das Skelett besitzt viele verschiedene Merkmale an unterschiedlichen Elementen, welche geschlechtsspezifisch ausgeprägt sind. Die Ermittlung und Bewertung dieser Merkmale, insbesondere an Becken, Schädel und den Kieferknochen geben Aufschluss über charakteristische Unterschiede zwischen den Geschlechtern. Es ist möglich und üblich, dass die Merkmale in Mischformen vorliegen oder von der Ausprägung her mit denen des anderen Geschlechts überlappen. Ein einzelnes Merkmal kann daher für

sich alleine betrachtet keine zuverlässige Geschlechtsdiagnose ermöglichen. Vielmehr müssen so viele Merkmale wie möglich für eine verlässliche Aussage in Kombination gebracht und gemeinsam betrachtet werden. Je mehr Merkmale von unterschiedlichen Skelettelementen kombiniert werden, desto sicherer kann eine Zuordnung erfolgen. In der vorliegenden Arbeit wurde im gemeinsamen Austausch mit dem Bearbeiter der archäologischen Funde, Tobias Albrecht, über archäologische Geschlechtsbestimmung, die nicht im Konflikt stand, der Befund ergänzt. Die interdisziplinäre Betrachtung bringt verschiedene Aspekte der unterschiedlichen Disziplinen in einen Gesamtkontext, der einen größeren Raum zur Diskussion erzeugt.

1.4.6 Körperhöhenbestimmung

Nach standardisierten osteologischen Methoden, primär durch die Messung von vollständigen Langknochen wie beispielsweise der Oberschenkel, kann die Körperhöhe mittels Regression geschätzt werden.

1.5 Paläopathologie und Traumata

Das Feld der Paläopathologie untersucht Fragen zum Gesundheitsstatus und Krankheitsaufkommen einer Bevölkerung. Dafür werden auch die Ernährungsgewohnheiten sowie die Arbeits- und Wohnsituation der Population und deren hygienische Gewohnheiten hinterfragt (Nemeskéri und Harsányi 1959). Kieferbefunde und Zahnanalysen gestatten Rückschlüsse auf die Ernährung, insbesondere weil die Speisezubereitung, Mundhygiene und ggfs. zahnmedizinische Intervention das Individuum aufgrund lebenslanger Belastung prägt (Orschiedt 1996). Zähne sind beständiger gegenüber Erosion und resistenter als Knochen gegenüber Dekomposition, sodass Spuren von chemischem oder mechanischem Ursprung, wie auch krankheitsbezogene Veränderungen noch Jahrhunderte später Einblick in die Beschaffenheit des dentalen Zustands einer Skelettserie erlauben (Živanović 1982, Alt et al. 1993, Whitaker und Mac Donald 1993). Die individuell ausgeprägten und altersabhängigen, degenerativen Erscheinungen können in Ergänzung zum Status verschiedener, entwicklungsabhängiger Prozesse der Langknochen eine relativ genaue Auskunft über das biologische Sterbealter geben. Zu den degenerativen Erscheinungen werden beispielsweise Arthrosen oder die Verknöcherung von knorpeligen Verbindungen an diversen Knochenenden gezählt. Ein besonderes Interesse gilt daher den degenerativen Gelenkserkrankungen. Arbeitsabläufe mit typischen Bewegungsmustern, sowie häufig repetierte Bewegungen hinterlassen Abnutzungserscheinungen an den betroffenen Gelenken am Skelett (Schmorl und Junghanns 1957, Czarnetzki 1996).

Ein Trauma wie ein Knochenbruch am Unterarm bedeutet in der heutigen Zeit ein einprägsames Ereignis. Die medizinische Versorgung ist heutzutage jedoch so gut, dass der Patient schnell in ein Krankenhaus transportiert und dort beispielsweise operativ mit Schrauben und Platten versorgt wird. Bei Bedarf, z.B. bei einem Unfallgeschehen, steht auch psychologische Betreuung zur Verfügung. Bei engem Kontakt der Knochenenden und einer guten Gefäßversorgung ist der Bruch nach etwa sechs bis acht Wo-

chen verheilt und ein paar Monate später wieder voll belastbar. Für eine frühmittelalterliche Bevölkerung war ein Trauma im Vergleich ein gravierenderes Ereignis. Die Diagnose der Traumata stellt daher ein wichtiges Element im Rahmen der anthropologischen Untersuchung dar. Mögliche Ursachen für ein Trauma waren damals die gleichen wie heute, wenngleich sie in anderer Häufigkeit auftreten, wie Unfälle, Gewalteinwirkung, Krankheiten oder chirurgische Eingriffe (Grupe et al. 2015a). Von den möglichen Verletzungsarten haben nach Herrmann et al. (1990) jedoch nur mechanische und thermische Einwirkungen in der Praxis ein Gewicht. Thermisch verursachte Verletzungen können Verbrühungen, Verbrennungen oder auch Erfrierungen sein. Diese betreffen zunächst das Weichgewebe. Primär werden Skelettelemente nur bei anhaltender Wärme- bzw. Kälteeinwirkung geschädigt¹¹. Eine sekundäre Schädigung der Skelettelemente kann durch Nekrose der Weichgewebe hervorgerufen werden. Solche Verletzungen sind aber selten nachgewiesen. Es wird den Verletzungen am historischen Material die größte Bedeutung beigemessen, die aufgrund akuter mechanischer Einwirkung eine Folge für das gesamte Skelettsystem oder einzelne Knochen haben (Herrmann et al. 1990). Die häufigsten traumatischen Verletzungen stehen in Tab. 2.

Tab. 2: Verschiedene Arten von Trauma mit beispielhafter Krafteinwirkung, nach Herrmann et al. (1990) und Grupe et al. (2015a)¹².

Traumaart	Krafteinwirkung durch	Beispiel
Fraktur	Schwerkraft	Sturz
Stumpfe Gewalteinwirkung	Flächen	Stein, Keule, auch bei Sturz
Scharfe Gewalteinwirkung	Klingen	Schwert, Messer, Pfeil
Halbscharfe Gewalteinwirkung	scharfe Kanten	Axt, Säge, Speer, Tierbiss
Schussverletzung	Projektile	Pistole, Gewehr
Chirurgische Eingriffe	zeitgem. chirurgisches Besteck	Trepanation, Amputation

Die nachfolgende Abbildung zeigt den *Wundenmann*, der verschiedene möglichen Gewalteinwirkungen in kriegerischem Kontext zeigt.



Abb. 2: Der *Wundenmann* aus von Gerssdorff (1517) zeigt das Spektrum möglicher Gewalteinwirkung aufgrund kriegerischer Handlungen.

¹¹ Ein Beispiel für eine thermische Schädigung ist die therapeutische Behandlung mit einem Wundeisen, auch Kauterisation genannt (Herrmann et al. 1990).

¹² Für Traumata sind diverse Ursachen denkbar, darum erhebt diese Liste keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

1.6 Paläodemographie

Die Paläodemographie beschäftigt sich aufgrund von den am Skelettmaterial durchgeführten Alters- und Geschlechtsdiagnosen mit den Sterblichkeitsverhältnissen, sowie dem Umfang und der Altersgliederungen menschlicher Populationen. Sie erlaubt es, Rückschlüsse auf die Lebenserwartung und die altersspezifische Sterbewahrscheinlichkeit zu ziehen. Kenntnisse über Aufbau, Verteilung, Umfang und Entwicklung historischer Populationen können mit Abhängigkeiten und Ursachen von sozialen, ökonomischen wie auch kulturellen Strukturen in Verbindung gebracht werden (Acsádi und Nemeskéri 1957, Acsádi und Nemeskéri 1970, Weiss 1973). Aller Erwartung nach handelt es sich bei der Emmeringer Bevölkerung nicht um eine besondere Sozialgruppe, sondern um eine „normal gewachsene, sich fortpflanzende Bevölkerung“ (Drenhaus 1988).

Es ist bei der Verwendung paläodemographischer Methoden elementar zu überprüfen, ob die Skelettserie als repräsentativ angesehen werden kann. Wenn die verschiedenen Altersgruppen der Skelettserie den üblichen zu erwartenden Mengen eines typischen mittelalterlichen Reihengräberfeldes entsprechen, darf vermutet werden, dass das untersuchte Skelettmaterial einen aussagekräftigen Anteil der damals lebenden Population ausmacht. Ebenso ist bei einer repräsentativen Skelettserie wahrscheinlicher, dass keine Teile der Lebendpopulation fehlen. Abweichungen sind auf verschiedene Weisen denkbar: Die Überbauung eines Teiles der Grabanlage, die Beisetzung von Kleinkindern an einer anderen Stelle, die Bestattung von Kriegern in einem Massengrab oder das Beerdigen von Mönchen in einem eigenen Klosterfriedhof sind Beispiele dafür. Dementsprechend könnten in diesen Fällen Kleinkinder, junge Männer oder ältere Herren in der Skelettserie fehlen. Die Repräsentanz ist daher ein wichtiges statistisches Mittel für die Diskussion und Interpretation der Ergebnisse (Drenhaus 1988).

1.7 Fragmentarische / Defekte Daten

Der Anspruch dieser Arbeit ist es, ein System zu erschaffen, welches den Rahmen aus dem Befundmaterial selbst generiert. Nur das, was im Befundmaterial erhalten ist, kann sinnvoll aufgezeichnet, untersucht und bewertet werden. Dieses Vorgehen kann als relative Methode bezeichnet werden.

Nicht nur das Fehlen gesamter Individuen, wie im vorigen Abschnitt zur Paläodemografie behandelt, ist ein wichtiger Fakt. Auch das Fehlen von Anteilen der überlieferten Individuen stellt für die Auswertung ein relevantes Auswertungskriterium dar. Wie sollen Aussagen über den Gesundheitsstatus, beispielsweise der Hüften einer Population, getroffen werden, wenn die Hälfte der für diese Auswertung notwendigen Skelettelemente bereits vergangen und daher nicht auswertbar sind?

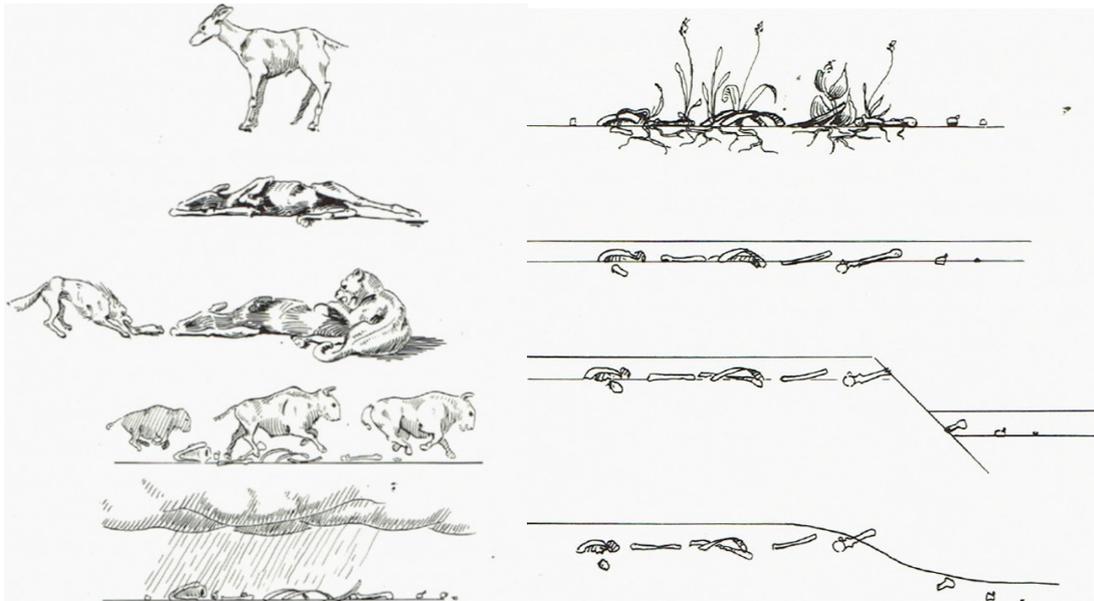


Abb. 3: Informationsverlust durch Taphonomie. Die Skizzen illustrieren den Übergang eines ganzen Tieres zu fossilisierten Fragmenten von Knochen. Von oben nach unten: lebender Herbivor; Kadaver des Herbivoren; Disartikulation und Zerstörung des Kadavers durch Raubtiere; weitere Zerstörung durch Zertrampeln; Zerbrechen und Aufteilung der Knochen durch Witterungsbedingungen; Invasion durch Wurzeln; Verschüttung in obere Sedimentschichten; Fossilisation; Verschiebung und Bruchschäden der Fossilien durch Bruch; Aufdeckung durch spätere Erosion. Zeichnung von Dave Bichell. Abbildung: Shipman, 1981, p.14.

Das unvollständige Skelett ist genau das Problem bei der Auswertung. Selbstverständlich kann man nur mit dem Material arbeiten, welches vorliegt, doch sind bei zwei unterschiedlichen Skelettfunden, beispielsweise zwei verschiedenen Reihengräberfeldern, immer unterschiedlich viele Anteile des Materials verwittert. Wenn dann für beide Fundstellen Krankheitshäufigkeiten ermittelt und veröffentlicht werden, so hat das eine ganz klare Konsequenz: Die Werte aus der Literatur sind nicht valide miteinander vergleichbar. Dieser Satz mag radikal klingen, doch in Bezug auf die Auswertung von körperlichen Relikten aus archäologischen Kontexten ist das nicht übertrieben.

Die in dieser Arbeit entwickelten Methoden basieren auf Tony Waldrons Gedanken zum Umgang mit fehlenden Elementen im Skelettmaterial. Ein großes Problem von defekten Daten ist, dass es verschiedene Arten von Datenverlust gibt. Zum einen können Daten komplett zufällig fehlen. Das ist der Fall, wenn die zum Verlust eines bestimmten Datenelements führenden Ereignisse unabhängig sind von beobachtbaren Variablen (wie auch von nicht beobachtbaren Variablen). Sind Ereignisse aber abhängig von beobachtbaren Variablen, so geschieht der Verlust nicht zufällig (Waldron 1994, Waldron 2007).

Darüber hinaus ist ein ganz grundsätzliches Thema bei der anthropologischen Auswertung von Skelettmaterial, dass die ermittelten Werte auf individuelle Art und Weise des Bearbeiters erhoben werden. Es gibt keinen vorgeschriebenen einheitlichen Stan-

dard zur Bearbeitung des Materials, also dessen Inventarisierung, Befundung und Dokumentation, wenngleich eine Vorgehensweise empfohlen wird. Als Fehlerquelle ist in der Anthropologie deshalb der sog. *Interobserver Error*¹³ bekannt. Dieser beschreibt, dass unterschiedliche Beobachter eines definierten Merkmals zu einem gewissen Prozentsatz unterschiedliche Ergebnisse erhalten (Ulijaszek und Kerr 1999). Die Fehlervarianz des *Interobserver Error* liegt dabei ähnlich der Varianz eines zufälligen Fehlers (Kouchi et. al. 1999). Daraus resultierend können Datensätze von verschiedenen Bearbeitern selbst bei ähnlicher Zeitstellung oder Region nicht ohne eine entsprechende Normalisierung miteinander verglichen werden. Doch genau dies ist derzeit oftmals der Fall, wodurch die aus solchen Vergleichen hervorgegangenen Erkenntnisse kritisch betrachtet werden müssen.

Es existieren verschiedene Ansätze, welche den Missstand eines fehlenden standardisierten Befundbogens erkannt und bearbeitet haben. Chronologisch seien hier zuerst Buikstra und Ubelaker (1994) mit *Standards for data collection from human skeletal remains* genannt. Basierend auf dieser Publikation wurde am Smithsonian National Museum of Natural History vom Repatriation Osteology Lab eine Software zur standardisierten Skelettdokumentation entwickelt: *OsteoWare*. Die Software wurde 2011 veröffentlicht und erhielt seither diverse Modulerweiterungen, sodass nun zwölf Dateneingabemodule existieren, über welche quantitative und qualitative Dateneingaben über Checkboxes und Textfelder möglich sind (Hefner 2009, Osteoware 2011).

Die *British Association for Biological Anthropology and Osteoarchaeology* und das *Institute of Field Archaeologists* (BABAO und IFA) hatten im jährlichen Kongress 2001 beschlossen, die Herausforderung fehlender Standards bei der Dokumentation von menschlichen Skelettfunden über einen neu entwickelten Leitfaden zu adressieren, damit sich Spezialisten an diesem Rahmen orientieren können. Im Jahr 2004 wurden von der *BABAO* und *IFA* daher Richtlinien zur standardisierten Aufzeichnung menschlicher Überreste veröffentlicht (Brickley und McKinley 2004).

2006 wurde im Rahmen des *Global History of Health Project (GHHP)* das *Data Collection Codebook*¹⁴ veröffentlicht. Es vertritt den Anspruch, den Gesundheitszustand sowie die chronische Erkrankungsrate in verschiedenen Populationen zu erfassen, welche lokal weltweit verteilt sind und temporär zwischen dem späten Paläolithikum und dem 20. Jahrhundert liegen. Im *GHHP* wurden vorherige, ähnliche Projekte wie das *Western Hemisphere Project* (Steckel and Rose 2002) aufgenommen und nebst diversen Aufnahmeverfahren inkorporiert (Ferembach et. al. 1977, Workshop of European Anthropologists 1980, Larsen 1997, Buikstra und Ubelaker 1994).

Mit der *Anleitung zur standardisierten Skelettdokumentation in der Staatssammlung für Anthropologie und Paläoanatomie München (SAPM)* existieren elf Dokumentations-

¹³ Unterschiede zwischen den Interpretationen von zwei oder mehr Individuen beim Untersuchen von ein und demselben Phänomen, im anthropologischen Kontext also zumeist bezogen auf die Befundung von Skelettmaterial (Ulijaszek & Kerr 1999).

¹⁴ vgl. Anhang 9.2.1, auch auf der Daten-DVD enthalten.

bögen, welche direkt den Umstand adressieren, dass verschiedene Untersucher unterschiedliche Methoden nutzen und somit die erhobenen Daten nicht vergleichbar sind (Harbeck 2018). Das Projekt *Anthrobook* basiert auf dieser Arbeit und befindet sich derzeit noch in Entwicklung.

Aktuell befindet sich das Projekt *RDF Bones, an RDF ontology for modelling research data in biological anthropology* in Entwicklung. Die hier erarbeitete Ontologie, also Begriffshierarchie, umfasst diejenigen Daten, welche in Beziehung zur Forschung an Skelettsammlungen stehen und bildet somit eine Systematik grundlegender Typen von Entitäten, sowie deren struktureller Beziehungen zueinander (Engel und Kramis 2010, Engel und Schlager 2015, Engel et. al. 2016).

In folgender Abbildung sind die existierenden Standards (größerer Veröffentlichungen), sowie ggfs. darauf basierende Softwareprojekte im Zeitverlauf aufgetragen:

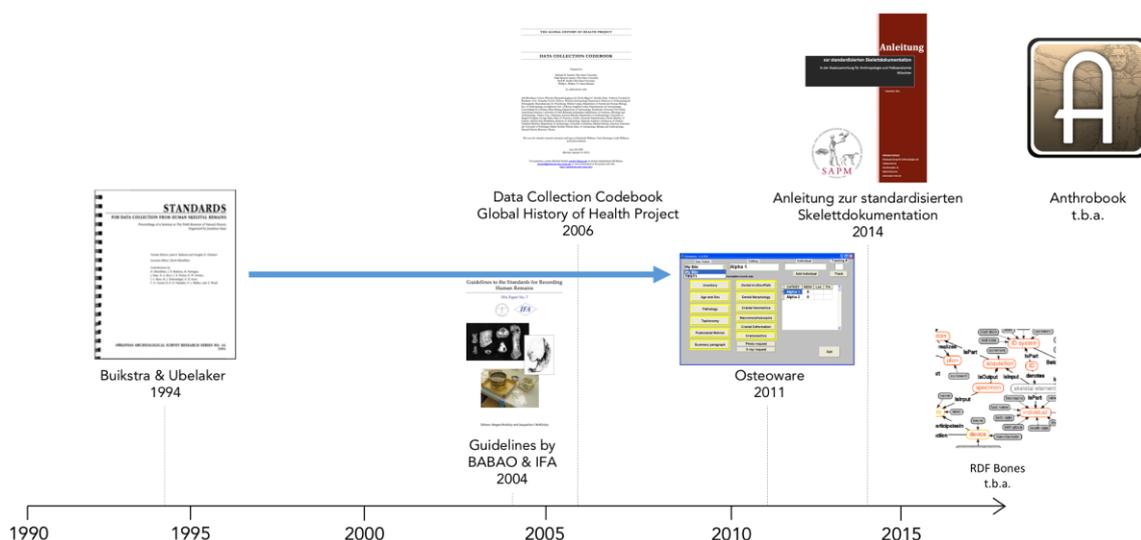


Abb. 4: Zeitverlauf existierender Standards und Software, größere Veröffentlichungen. Blaue Pfeile markieren, wenn eine Software auf einer Publikation basiert; das *Anthrobook*, sowie die Ontologie *RDF Bones* befinden sich derzeit, Stand Februar 2019, noch in Entwicklung.

Theoretisch hat Waldron das Thema der defekten Daten in seinem Werk *Counting the Dead: Epidemiology of Skeletal Populations* im Jahr 1994 erstmals beschrieben. Das Thema begleitete ihn noch viele weitere Jahre, sodass im Jahr 2007 eine überarbeitete und merklich erweiterte Neuauflage unter dem Titel *Palaeoepidemiology: the Measure of Disease in the Human Past* erschien (Waldron 1994, Waldron 2007). Waldron beschäftigte sich mit dem Umstand, dass die Paläoepidemiologie sich sowohl auf die Demographie wie auch die Epidemiologie stützt, obwohl der Untersuchungsgegenstand (skelettale Überreste) im Hinblick auf den Zustand und die Beschaffenheit ausnahmslos verzerrt und unvollständig ist. Er behauptet, dass die fundamentalen Unterschiede zwischen den methodischen Überlegungen darin liegen, dass es beim Arbeiten mit historischem Skelettmaterial eine große Anzahl von unbekanntem und auch nicht erkannten Variablen gibt (Waldron 1994). Ein Problem ergibt sich bei Unkenntnis der Feinstratigraphie einer Bevölkerung bzgl. ihrer Zugehörigkeit zum genauen Geburtsjahr

(oder -jahrzehnt). Ist dies nicht möglich, wie es für frühmittelalterliche Skelettfunde üblich ist, so müssen alle Bestatteten in eine Kohorte eingeordnet werden. Als Konsequenz daraus ergeben sich mittlere Sterblichkeitsprofile über den gesamten Belegungszeitraum; zugleich sind Bevölkerungsfluktuationen nicht mehr zu erkennen. Ein daraus resultierendes Problem ist, dass sich ein einmaliger Sterbegipfel (z.B. aufgrund eines Seuchengeschehens) rechnerisch auf alle Individuen und die gesamte Belegdauer umlegt. Demnach würde eine gesamt höhere durchschnittliche Sterblichkeit¹⁵ suggeriert, was falsche Rückschlüsse hervorbringen kann (Grupe et al. 2015a).

Viele Faktoren, sowohl intrinsische wie auch extrinsische, können die quantitative Analyse von Skelettfunden stören. Bereits die Einbringung eines Individuums in das Bestattungsareal geschah nicht zufällig, sondern war sowohl von kulturellen als auch von sozialen Prozessen abhängig. Ebenso hängt die Erhaltung des Skelettmaterials von physikalischen und chemischen Prozessen ab. Individuen sind daher nicht geeignet, als repräsentative Probe für eine Population als Ganzes zu dienen (Waldron 1994, Waldron 2007). Auch die temporale Komponente ist zu berücksichtigen. Individuen sind in Bestattungsarealen auch nicht als kontemporär anzusehen, da diese oftmals über lange Zeit belegt werden¹⁶. Für normale Reihengräberfelder, wie eines in Emmering vorliegt, ist das der Fall, es ist nicht mit Sicherheit auszusagen, welche Individuen zeitgleich gelebt haben bzw. zu einem ähnlichen Zeitpunkt verstorben sind und in die Grabgruben eingebracht wurden. Daher können Prävalenzraten nur innerhalb eines Projekts ermittelt werden. Die Inzidenz kann nicht bestimmt werden, wenn die exakte absolute Individuenzahl für einen beliebigen Zeitpunkt unbekannt ist. Dennoch erlaubt Waldron den Vergleich von Prävalenzraten zwischen verschiedenen Gruppen, sofern deren Werteermittlung auf gleiche Weise geschah und zugleich nur qualitative Aussagen getroffen werden, beispielsweise um den allgemeinen Trend der Häufigkeit der Ergebnisvariable (in dieser Arbeit: Krankheit) zu beleuchten (Waldron 2007).

Alle vorstehenden Ansätze haben gemeinsam, dass sie das Fehlen eines einheitlichen Standards zur Dokumentation von menschlichen Skelettfunden als Problem erkannt haben. Mehrere davon streben nach einer holistischen Lösung, welche nach Möglichkeit alle denkbaren Fälle für die Dokumentation von menschlichen Überresten abdecken soll. Diese Vorgehensweisen geben somit ein Raster vor, in welches der Befund hineingearbeitet werden muss. Eine logische Folge davon ist, dass die Eingabemasken in der Software bzw. die Befundbögen zur Erhebung differenzierter, somit auch länger und komplexer wurden. Dieses Vorgehen ist als absolute Methode zu verstehen.

¹⁵ Dies gilt nicht für den tatsächlichen Sterbegipfel, hier wäre die ermittelte Sterblichkeit gegenüber der tatsächlich vorliegenden logischerweise reduziert.

¹⁶ Hierzu gibt es wenige Ausnahmen, wie beispielsweise Massengräber aus militärischem Kontext, bei denen teils sogar das exakte Datum der Auseinandersetzung bekannt und überliefert ist.

Ein von Anthropologen geäußelter Kritikpunkten an den absoluten Herangehensweisen ist, dass die Erfassung eines Individuums über die ausführlichen Optionen der Software oder über die detaillierten Befundbögen sehr zeitaufwendig ist. Darüber hinaus wird es als teilweise ablenkend empfunden, dass Positionen abgefragt werden, welche im vorliegenden Befund nichtzutreffend sind, da die nötigen Skelettelemente aufgrund des Überlieferungsgrades nicht vorliegen.

Der Datenverlust in Bezug auf die anthropologische Befundung beginnt bereits in dem Moment der Ausgrabung. Verschiedenste Arten von Informationsverlust wurden bereits genannt. Eine weitere Möglichkeit von Verlust stellt es dar, wenn nur ein Teil einer Begrabungsstätte ausgegraben wird, da der vollständige Informationsgehalt somit nie erreicht werden kann. Ebenso sind die Vermischung von Individuen im Rahmen der Ausgrabung, Beschädigungen beim Transport oder beim Waschen des Materials mögliche Verlustquellen. Eine weitere Fehlerquelle bildet der Bearbeiter des Befundes selbst, da man nie von vollständig fehlerfreier Arbeit ausgehen kann.

Informationsverlust ist niemals linear. Es existieren also zahllose Variablen, welche in zwei unterschiedlichen Bestattungsplätzen niemals identisch sein werden. Die Vielzahl von Variablen kann also potentiell unterschiedlich ausgeprägt sein und wird damit in logischer Konsequenz auch anteilig zu verschiedenen hohen Verlusten führen. Der fehlende Anteil wird damit in zwei verschiedenen Skelettserien niemals identisch sein. Dieser Datenverlust muss also vor einem Vergleich zwischen zwei Skelettserien durch eine geeignete Methode normalisiert werden, sonst sind Vergleiche zwischen erhobenen Daten nicht vertrauenswürdig.

Die Lebensumstände vergangener Populationen sind nicht sicher zu rekonstruieren. Es kann daher kein Interpopulationsvergleich geführt werden, wenn die defekten Daten nicht korrigiert werden. In dieser Arbeit liegt der Fokus auf der physischen Belastung als ein Beispiel für die vorherrschende Thematik der defekten Daten.

Das Ziel der Arbeit ist daher, eine Methode zu entwickeln, welche diese Umstände berücksichtigt, die standardisierte Vorgehensweisen verwendet um reproduzierbare Ergebnisse zu liefern und letztendlich valide Vergleiche zwischen verschiedenen Bestattungsarealen ermöglicht.

1.8 Isotopenanalysen

1.8.1 Strontium-Isotopenanalysen

Die Strontium-Isotopenanalyse wird zur Prüfung von historischem Migrationsverhalten verwendet. Die Strontium-Isotopensignatur eines Gesteins variiert je nach seiner Geographie und gibt Hinweise auf das Alter des vorliegenden Gesteins. Somit kann es zur Ermittlung möglicher Herkunftsgebiete herangezogen werden (Bentley 2006, Crowley et al. 2017). Die Methode liefert für sich alleine genommen keine eindeutigen Ergebnisse, da gleichlautende Strontium-Isotopenverhältnisse multipel auf der Welt auftreten.

ten können. Die geologischen Formationen haben dabei eigene, teils gegenseitig überlappende Minimal- und Maximalwerte, was eine eindeutige Zuordnung zusätzlich erschwert. Ermittelte Messergebnisse der Proben einer definierten geologischen Region zuzuordnen, kann darum nur unter bestimmten Vorannahmen erfolgen.

Daher ist eine eindeutige Aussage auf das Herkunftsgebiet mittels der Strontium-Isotopenanalyse allein nicht möglich. Sie bildet jedoch eine solide Basis zur Diskussion und kann in Verbindung mit einem anderen Isotopensystem (und einer angemessenen Hypothese) verlässliche Ergebnisse liefern. Durch das Ausschlussprinzip sind ortsfremde Individuen aber mit Sicherheit zu detektieren.

1.8.1.1 Strontiumisotope in Gesteinen

Strontium ist nach chemischer Definition ein Erdalkalimetall mit zweifach positiver Ladung. Es schmilzt bei 769 °C, siedet bei 1.384 °C und besitzt eine relative Dichte von 2,6 g/cm³. Strontium hat eine silberweiße Farbe, wenn es frisch geschnitten wird. Der Ionenradius liegt bei 1,32 Å¹⁷ und ist damit knapp 12 % größer als der von Kalzium mit 1,18 Å. Somit kann Sr²⁺ statt Ca²⁺ in verschiedene chemische Verbindungen eingebaut werden, beispielsweise Feldspat, Calcit, Dolomit, Aragonit, Gips und Apatit (Vohberger 2011). Bioapatit ist mit allen Substitutionen der mineralische Anteil im Knochen (vgl. 1.4.2). Strontium hat insgesamt 22 radioaktive Nuklide (davon hat ⁹⁰Sr mit einer $t_{1/2} = 28,8$ Jahren die längste Halbwertszeit) und vier natürlich existierende stabile Isotope. Diese sind: ⁸⁴Sr, ⁸⁶Sr, ⁸⁷Sr und ⁸⁸Sr. Nur ⁸⁷Sr ist radiogen. Es entsteht durch β -Zerfall aus ⁸⁷Rb mit einer Halbwertszeit von $t_{1/2} = 4,88 \times 10^{10}$ Jahren (Stanley und Faure 1979). Nachdem die Erdgeschichte erst etwa $4,6 \times 10^9$ Jahre andauert, kann die ⁸⁷Sr-Konzentration für archäologische Fragestellung als konstant betrachtet werden (Vohberger 2011). Die Isotopenbildung des Strontiums begann mit einem primordialen ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr-Verhältnis von 0,699. Dies wurde durch Analysen von Meteoriten- und Mondgesteinen ermittelt. Die weitere Entwicklung von Strontium auf der Erde hat mit unterschiedlich hoher Geschwindigkeit in der kontinentalen Kruste und im Erdmantel stattgefunden (Faure 1986). Die stabilen Isotope und deren Anteile sind in nachfolgender Tabelle aufgelistet:

Tab. 3: Die vier stabilen Strontiumisotope und deren Anteile (Stanley und Faure 1979).

Isotop		Anteil
⁸⁴ Sr	=	0,56 %
⁸⁶ Sr	=	9,87 %
⁸⁷ Sr	≈	7,04 %
⁸⁸ Sr	=	82,53 %

¹⁷ Das Angström ist ein Längenmaß und entspricht etwa dem Durchmesser eines Atoms.
1 Å = 10⁻⁷ mm = 10⁻⁸ cm = 10⁻¹⁰ m (Mortimer 1996).

Die Isotope mit der Massezahl 84, 86 und 88 haben im Laufe der Erdgeschichte konstante Anteile entwickelt, wohingegen der von ^{87}Sr eine Funktion des ursprünglichen ^{87}Rb -Anteiles und der vergangenen Zeit darstellt (vgl. Tab. 3). Die Zerfallsreihe von Rubidium zu Strontium stellt aufgrund seines stabilen Verlaufs und seiner Halbwertszeit eine sehr zuverlässige Methode zur Altersbestimmung eines Gesteins in der Geochronologie dar. Das $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Verhältnis zum Zeitpunkt der Gesteinsbildung, wie auch das $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ -Verhältnis (welches üblicherweise direkt proportional zum Rb/Sr-Verhältnis ist), spielen für die Geochronologie eine wichtige Rolle. Die temporale Komponente ist besonders relevant, denn das letztendlich gemessene $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Verhältnis ist eine Funktion der Zeit und bildet einen Vektor zur Messung der Menge an ^{87}Rb , welches über die Zeit zu ^{87}Sr zerfallen ist (Stanley und Faure 1979). Um geochronologische Interpretationen auf Basis der Messung von radiogenen Isotopen durchführen zu können, müssen zwei grundlegende Vorannahmen getroffen werden:

Vorannahme 1: Radioaktiver Zerfall geschieht unabhängig von jeglichen externen Einflüssen wie z.B. Temperatur, Druck, Magnetismus, pH, etc.

Vorannahme 2: Zwei Isotope desselben Elements sind chemisch identisch, ihr Verhältnis ist nicht durch chemische Prozesse veränderlich oder fraktionierbar.

Für beide Vorannahmen ist bekannt, dass sie nicht absolut und universell gültig sein können. Dennoch dürfen sie im Rahmen anthropologischer Fragestellungen angenommen werden, da Umstände, welche Zerfallsraten beeinflussen können, nur unter extremen Bedingungen auftreten. Mögliche Umstände, wie beispielsweise bei Temperaturen von mehreren tausend Grad (denkbar auf Sternoberflächen), müssen im üblichen historischen Kontext nicht angenommen werden, wodurch obige Vorannahmen in diesem Rahmen weiterhin Gültigkeit erfahren (Vohberger 2011). Nach Faure (1986) und White (2013) ist ebenfalls bekannt, dass Isotope desselben Elements durchaus unterschiedliche chemische Verhaltensweisen zeigen können. Isotopenfraktionierung geschieht zwar auch bei den Strontiumisotopen, doch da deren Atomgewicht > 50 u liegt, sind die Masseunterschiede der einzelnen Isotope geringer als die Messabweichung. Daher können Fraktionierungsereignisse durch Fraktionierungskorrekturen neutralisiert und im Ergebnis als unbeträchtlich angesehen werden.

1.8.1.2 Geologische Variation von Strontiumisotopen

Nachdem der ^{87}Sr -Gehalt von zwei Faktoren abhängt, nämlich einerseits von der ursprünglichen Konzentration von ^{87}Rb und andererseits von der verstrichenen Zeit seit Gesteinsbildung, erscheint es sinnvoll verschiedene Gesteinsformationen zu betrachten (Vohberger 2011). Rubidium ist zwar hoch löslich, gilt jedoch als inkompatibles Element. Inkompatible Elemente sind solche, die aufgrund von Ionenladung oder -radius nicht in das Kristallgefüge von gesteinsbildenden Mineralen passen (Bentley 2006, White 2013). Strontium hingegen ist geringer löslich, aufgrund seines geringeren Ionenradius jedoch weniger inkompatibel als Rubidium. Aufgrund dieser geochemischen Unterschiede verhalten sich Rb und Sr im Rahmen der Gesteinsformation unterschiedlich. Daraus folgt auch, dass das $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ -Verhältnis in unterschiedlich alten

Gesteinen variieren muss. Es gibt entscheidende Unterschiede: erdzeitlich betrachtet sehr alte Gesteine (> 100 Millionen Jahre), die zugleich über ein hohes $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ Verhältnis verfügen, weisen $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Verhältnisse von > 0,710 auf. Dem gegenüber weisen jüngere Gesteine (< 10 Millionen Jahre) mit niedrigen $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ Ausgangswerten üblicherweise Strontiumisotopensignaturen von $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ < 0,704 auf (Stanley und Faure 1979, Bentley 2006). In Basalten zeigt der Erdmantel relativ einheitliche und eher niedrige Werte von 0,702 - 0,704. Die hier gemeinten Basalte sind die, welche entlang der mittelozeanischen Rücken oder auf ozeanischen Inseln ausbrechen (White et al. 1976). Marine Kalksteine und Dolomite seit dem Paläozoikum, über das Mesozoikum und das Känozoikum haben gemittelt $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Verhältnisse von ca. 0,707 – 0,709 und bilden damit die Zusammensetzung des Ozeans ab, als diese Gesteine kristallisiert wurden. Nach Hölzl et al. (2004) sind diese Varianzen sehr groß im Vergleich zum Messfehler von modernen Massenspektrometern, welcher bei $\pm 0,00001$ oder besser liegt.

Es existiert eine Korrelation zwischen der vorhandenen Menge von Kalzium in einem Boden und der entsprechend höheren Strontiumkonzentration. (Vohberger 2011). Jedoch nimmt insbesondere die individuelle Ernährung Einfluss auf diese Konzentration. Je kalziumreicher die Ernährung ist (z.B. Konsum von Salz, Eiern, Milch), desto mehr Strontium wird in den Körper aufgenommen; kalziumreiche Nahrungsmittel können somit andere Einflüsse überprägen (Burton und Price 2013, Burton und Hahn 2016). Dem gegenüber nimmt der Strontiumgehalt im Verhältnis zu Kalzium über den Verlauf der Nahrungskette von Pflanzen zu Tieren ab (Elias et al. 1982). Dies birgt das Problem, dass der ursprüngliche Gehalt des Gesteins wegen der Trophiestufeneffekte in der analysierten Probe überlagert werden kann (Vohberger 2011).

1.8.1.3 Biologisch verfügbares Strontium

Bereits seit Längerem gibt es zum Thema des biologisch verfügbaren Strontiums kontroverse Diskussionen (Bentley 2006, Bentley und Knipper 2005, Price et al. 2002, Radloff et al. 2010). Offene Fragestellungen sind, ob Strontium direkt im Verhältnis des Bodens, also ohne Fraktionierung, ins menschliche Skelett aufgenommen wird (Grupe et al. 1997, Price et al. 2003, Schweissing und Grupe 2003a, Schweissing und Grupe 2003b). Dabei sind die auftretenden Fraktionierungsereignisse (Fietzke et al. 2008, Halicz et al. 2008, Knudson et al. 2010, Rüggeberg et al. 2008) kleiner als der Meßfehler. Weltweit betrachtet ist die Strontiumisotopie in menschlichen Geweben viel kleiner als die Variabilität der örtlichen Geologie. Die individuelle Ernährung hat einen maßgeblichen Einfluss auf das in den Körper aufgenommene Strontium. Problematisch sind bei der Betrachtung von lokalen Proben für das Ermitteln der lokalen Isotopie jedoch die Fragen: Gibt es passende Proben? Ist die Anzahl der Proben ausreichend? Ist die Annahme, dass der Großteil der Individuen als lokal eingestuft werden kann, überhaupt richtig (Wright 2005)? Letztes mag für alteingesessene Siedlungen ohne rege Zuwanderung von außen gelten, kann jedoch nicht pauschal für alle Populationen angenommen werden, wenn man an Nomaden oder Pioniersiedlungen denkt.

Als Quelle für die lokale Isotopie kann beispielsweise die Signatur von lokaler Fauna aus archäologischem Kontext (Price et al. 2002), aber auch von Grundgestein, von Boden, Wasser, Schnecken oder von Pflanzen (Frei und Frei 2011, Maurer et al. 2012) verwendet werden. Jedoch ergibt sich auch hier die Herausforderung, dass nur das bioverfügbare Strontium extrahiert werden soll. Ein Problem dabei ist die offene Frage, ob tatsächlich nur der bioverfügbare Anteil extrahiert und gemessen wurde. Können verändernde Einflüsse wie Handel mit anderen Regionen ausgeschlossen werden? Neben diesen offenen Fragen ist eine einzelne Quelle für die Bestimmung der lokalen Isotopie als unzureichend anzusehen (Lengfelder et al. 2019).

Potentiell ortsfremde Individuen sind von besonderem Interesse. Damit potentielle Herkunftsgebiete von solchen Individuen diskutiert werden können, sollte die von den geologischen Verhältnissen abhängige räumliche Isotopenvariation des biologisch verfügbaren Strontiums bekannt sein (Vohberger 2011). Den Zusammenhang zwischen der geologischen Signatur und des gemessenen Isotopensignals im humanen Zahnschmelz zu kennen, ist eine große Herausforderung. Die Herausforderung besteht trotz einer Erweiterung des Datennetzes zur Einpassung durch verschiedene Studien von Archäologen, Geochemikern und Paläontologen in den vergangenen Jahren ständig fort. Rezentem sowie archäologisch tradiertes Faunenmaterial verschiedener Herkunftsgebiete wurde zu diesem Zweck gezielt untersucht (Bentley et al. 2003, Bentley et al. 2004, Frei und Frei 2013, Hartman und Richards 2014, Kootker et al. 2016, Maurer et al. 2012, Stephan 2009). Isotopenkarten des biologisch verfügbaren Strontiums wurden für vereinzelte Regionen und Länder veröffentlicht, wenngleich die Werte des Datennetzes noch weiter verdichtet werden sollten (Frei und Frei 2013, Hartman und Richards 2014, Kootker et al. 2016, Maurer et al. 2012). Die Isotopie des biologisch verfügbaren Strontiums kann sich von der aus der stationären und nicht-mobilen Strontiumphase des Bodens unterscheiden (Horn 2005, Sillen et al. 1998).

Da es noch keine gesicherten Richtlinien für das regionale bzw. lokal im biologischen Reservoir verfügbare Strontium gibt, können mögliche Aufenthaltsorte (o. Herkunftsorte) eines ortsfremden Individuums sicherer durch das Ausschlussprinzip eingegrenzt werden, als den exakten Herkunftsort mit nahezu an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit zu bestimmen (Vohberger 2011). Hier lässt sich plausibel nach dem heuristischen Forschungsprinzip (vgl. Fußnote 10 auf S. 6) arbeiten. Da Isotopensignaturen weltweit nicht einmalig sind, können durch Betrachtung von weiteren Isotopensystemen oder von archäologischen Hinweisen (z.B. auch überlieferte Schriftquellen) plausible Vermutungen angestellt werden, welche dann anhand der vorliegenden Ergebnisse auf Individualebene beleuchtet und diskutiert werden können. Eine an Sicherheit grenzende Wahrscheinlichkeit kann so nicht erreicht werden, doch stellt dieses Procedere im Rahmen der im archäologischen Kontext vorliegenden Daten ein fundiertes Vorgehen dar.

1.8.2 Bleisotopenanalysen

Genau wie Strontium wird Blei an den Kalzium-Gitterplätzen in den skelettalen Bioapatit inkorporiert. Darum sind Strontium und Blei auch nicht unabhängig in Bezug auf den Mineralstoffwechsel. Über 90 % des nicht-ausgeschiedenen Bleis werden im Skelett aufgenommen, wo es eine sehr lange Halbwertszeit von bis zu 10 Jahren in der Kompakta aufweist (Smith et al. 1996). Daher können Bleisotope aus dem Skelett von Säugetieren als ein Werkzeug zur Georeferenzierung herangezogen werden (Kamenov und Gulson 2014). Verglichen mit dem $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Isotopenverhältnis wurden Bleisotopenverhältnisse seltener für bioarchäologische Provenienzanalysen verwendet (Åberg et al. 1998, Bower et al. 2005, Budd et al. 1998, Carlson 1996, Chiaradia et al. 2003, Fitch et al. 2012, Grupe et al. 2015a, Montgomery et al. 2005, Turner et al. 2009, Yoshinga et al. 1998). Der oftmals geringe Anteil von Blei in archäologischen Funden (Grupe et al. 2015a) und insbesondere die technischen Herausforderungen bei der Messung des am wenigsten verbreiteten Isotops (^{204}Pb), stellen einen limitierenden Faktor dar (Albarède et al. 2012). Um eine Georeferenzierung durchzuführen wird darum stark ange raten, alle vier stabilen Bleisotope zu berücksichtigen (Grupe et al. 2017, Kamenov und Gulson 2014, Villa 2016).

Wie auch bei der Messung von Strontiumisotopen muss zwischen dem stationären und dem bioverfügbaren Blei unterschieden werden. Blei wird näher an der Mineraloberfläche absorbiert als Strontium. Da es nur bei niedrigen pH-Werten löslich ist, kann es auch in der Form organischer Bleikomplexe transportiert werden und ist in der Natur hochmobil (Grupe et al. 2017). Infolgedessen gestaltet sich die Festlegung einer lokalen stabilen Bleisotopie viel komplexer. Neben den geologischen Quellen spielt auch der atmosphärische Bleieintrag in bestimmte Einzugsgebiete eine entscheidende Rolle (Bullen und Kendall 1998). Solches durch die Luft übertragenes Blei konzentriert sich im Oberboden. Das Blei und seine zugehörige Isotopensignatur im Grundwasser sind dahingegen großteils das Ergebnis von Gesteinsverwitterung. Im Flusswasser kann demnach Blei aus beiden Quellen aufgefunden werden.

Bereits frühe, von Menschen durchgeführte Metallarbeiten, hatten einen messbaren Einfluss auf das atmosphärische Blei. Die Untersuchung von Sümpfen durch Dunlap et al. (1999) und Shotyk et al. (1996) deuten darauf hin, dass atmosphärisches Blei in Europa in den letzten 2.300 Jahren keine natürliche Hintergrund-Bleisotopensignatur mehr hat. Hochmoore bzw. Regenmoore haben keine Verbindung (mehr) zum mineralstoffreichen Grundwasser. Das ist wichtig, denn die Flüssigkeits- und Nährstoffzufuhr geschieht hier (nahezu) ausschließlich über Niederschläge. Solche Sümpfe werden von Dunlap et al. (1999) als „Langzeitfalle für Partikel aus der Luft“ bezeichnet.

Allgemein ist die Untersuchung der stabilen Bleisotope eine sehr vielversprechende Methode für Provenienzanalysen, da radiogenes Blei das Zerfallsprodukt aus drei unterschiedlichen Zerfallsreihen ist, vgl. Tab. 4. ^{204}Pb ist das einzige nicht-radiogene Iso-

top. Aufgrund der drei verschiedenen radioaktiven Zerfallsreihen ist die Variabilität von Bleiisotopenverhältnissen in Gesteinen deutlich höher als die des Strontiumisotopenverhältnisses $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, welches aus nur einer einzigen radioaktiven Zerfallsreihe stammt (Bullen und Kendall 1998).

Tab. 4: Die vier stabilen Isotope von Blei und deren Anteile (Mortimer 1996).

Isotop	Anteil	Radioaktive Zerfallsreihe
^{204}Pb	= 1,4 %	-
^{206}Pb	= 24,1 %	$^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$
^{207}Pb	= 22,1 %	$^{235}\text{U} \rightarrow ^{207}\text{Pb}$
^{208}Pb	= 52,4 %	$^{232}\text{Th} \rightarrow ^{208}\text{Pb}$

Die Isotopenverhältnisse werden für Blei relativ zu ^{204}Pb notiert, also: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ und $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$. Somit weisen Gesteine und insbesondere Erzlagerstätten einen spezifischen Bleiisotopen-Fingerabdruck auf (Grupe et al. 2017). Anhand der vier Bleiisotope mit den Massen 204, 206, 207 und 208 kann eine Bleilagerstätte charakterisiert werden. Geologische Prozesse beeinflussen die Isotopenzusammensetzung des Bleis. Zum einen das Alter der Vererzung und zum anderen die Bleiquelle. Anders als diese geologischen Einflüsse haben metallurgische Prozesse keine Auswirkung auf die Bleiisotopen-Zusammensetzung. Somit stimmt die Zusammensetzung der Bleiisotope eines Metallobjekts mit der des Erzes, aus welchem das Metall gewonnen wurde, überein. Über einen Vergleich von Isotopendaten des Erzes und des Objekts kann eine mögliche Herkunft des Bleis eruiert werden (Durali-Müller et al. 2007). Somit konnten bleihaltige Artefakte schon früh zur Bestimmung der verwendeten Erze und deren Herkunftsregion verwendet werden. Als Beispiel dienen Bleiverunreinigungen in Silbermünzen (Mommsen 1986). Aufgrund des geringen Vorkommens ursprünglichen Bleis und der Herausforderungen bei der Messung des ^{204}Pb (wie eingangs erläutert) sind die Isotopenverhältnisse $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ und $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ gebräuchlich und werden häufig in bivariaten Plots visualisiert (Grupe et al. 2015a).

1.8.2.1 Aufnahme von Blei in den Körper

Die Quellen und Aufnahme in den Körper von Blei sind (anders als bei Strontium) bei Menschen und Tieren signifikant voneinander unterschiedlich. Die Aufnahme geschieht beim Menschen sowohl über die Nahrungsaufnahme und das Trinkwasser, als auch über die Organe Haut und Lunge. 95 % des nicht wieder aus dem Körper ausgeschiedenen Bleis werden in Form von Bleiapatit, $\text{Pb}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, im Knochen gebunden (Barry 1975). Blei wird allerdings anders als Strontium, welches in der Natur mit Kalzium assoziiert ist, nicht ausschließlich mit der Nahrung konsumiert. Die Aufnahme in den Körper geschieht für Blei mehrheitlich durch kontaminierte Nahrungsmittel. Dieser Prozess ist nicht vorherzusagen und daher als eher zufällig zu bezeichnen (Grupe et al. 2015a). Für Regionen mit Bergbauaktivität ist die Kontaminationsquelle klar, doch auch die Auslösung von Blei aus Koch- und Essgeschirr bei Kontakt mit sauren

Speisen kann zu Bleikontaminationen führen. Für die Römerzeit ist bekannt, dass für *sapa* oder *defrutum*¹⁸ ausdrücklich Bleigeschirr empfohlen wurde, weil es aufgrund des gebildeten Bleizuckers dann süßer schmeckt. Daher darf nicht nur (eingehandelte) Nahrung berücksichtigt werden, sondern auch Alltagsgegenstände (Grupe et al. 2015a, Grupe et al. 2017). Nach Kamenov und Gulson (2014) und Keller et al. (2016) dominiert im modernen Menschen das aus Boden und Staub ausgelöste Blei die Anteile der direkten Nahrungsaufnahme. Bei Herbivoren ist eine Hauptquelle die Bodenaufnahme.

Nachdem Wirbeltiere zugunsten von Kalzium gegen Blei diskriminieren, sind die Bleianteile in mineralisierten Geweben deutlich geringer als die in den umgebenden Habitaten. Es gilt aufgrund der Schwermetallbelastung nur für moderne Zeiten, dass die Bleianteile in den Geweben ähnlich hoch sind wie die der Umgebung (Elias et al. 1982), wobei der moderne Mensch, anders als Werte von neolithischen menschlichen Skeletten die bei < 1 bis 3 ppm lagen, der sog. physiologischen Nulllinie (Grupe 1991a), auch Bleikonzentrationen von bis zu 70 ppm aufweisen kann, ohne Symptome einer Bleivergiftung zu zeigen (Fergusson 1990). Blei neigt im Boden stark dazu, Knochen zu kontaminieren. Darum müssen bei der Bearbeitung der zu analysierenden Proben am Skelett bestimmte Aufbereitungsschritte eingehalten werden (vgl. Kapitel 3.6).

1.8.2.2 Erwartungswerte für die Bleiwerte

Betrachtet man verschiedene relevante Studien, so sollten Bleiisotopendaten für die vorindustrielle Zeit in den folgenden Wertebereichen liegen:

Tab. 5: Erwartungswerte für vorindustrielle Bleiisotopenverhältnisse nach Breitenlechner et al. (2010), Kyländer et al. (2010), Kamenov und Gulson (2014), Shostyk et al. (1996). Werte für Eisenvorkommen in den Alpen nach Villa (2016).

System	Erwartungswert für vorindustrielle Bleiisotopendaten	Erwartungswert für Erzvorkommen in den Alpen
²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁷ Pb	1,21 ± 0,05	
²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	18,90 ± 0,86	18,3 – 18,5 (18,40 ± 0,10)
²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	15,66 ± 0,10	15,6 – 15,7 (15,65 ± 0,05)
²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb	38,75 ± 0,57	38,3 – 38,7 (38,50 ± 0,20)

Aufgrund des Einflusses von industriell gefördertem Blei (beispielsweise durch verbleitetes Benzin) und seiner weltweiten Verteilung, sind moderne Bleiisotopensignaturen deutlich abweichend zu den Werten aus Tab. 5 (Bollhöfer und Rosman 2001). Bioverfügbare Bleiisotopendaten wurden unter anderem von Grupe et al. (2017) als vereinfachte geologische Karten aufbereitet. Diese Quelle enthält Daten von der Donau bis zum Gardasee. Für das Reihengräberfeld bei Emmering dürfen Werte, welche in oder nahe den Dimensionen der in Tab. 6 aufgetragenen Daten liegen, erwartet werden.

Tab. 6: Von Toncala et al. (2017) ermittelte Bleiisotopenverhältnisse aus archäologischem, tierischem Bioapatit aus dem alpinen Transekt zwischen der Donau in

¹⁸ Eingedickte Fruchtsäfte, die zum Süßen von Speisen und Getränken verwendet wurden.

Deutschland und dem Gardasee in Italien. Den Vertrauensbereich bildet die Wertespanne, welche in den drei Ländern Deutschland, Österreich und Italien vorkommen können.

System	Minimalwert	Maximalwert	Vertrauensbereich
$^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	2,408	2,477	2,454 – 2,472
$^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	1,172	1,349	1,172 – 1,217
$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	38,188	38,827	38,355 – 38,725
$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	15,604	15,857	15,614 – 15,696
$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	18,330	21,397	18,421 – 19,088

1.8.2.3 Ausschluss von Kontamination mit modernem Blei

Bei der Betrachtung von Bleiisotopenverhältnissen ist es insbesondere wichtig, die anthropogene Kontamination zu berücksichtigen. Nur wenn solche Kontaminationen berücksichtigt und ausgeschlossen werden können, kann den ermittelten Werten Vertrauen geschenkt werden. Kamenov und Gulson (2014) trugen $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ Bleiisotopenverhältnisse aus Europa und den USA zusammen, anhand derer die Auswirkung von Erzabbau zu erkennen ist (z.B. Anstieg der Kurve am Punkt 3.000 v.Chr., vgl. Abb. 5). Die beiden größeren Veränderungen in den Hintergrundvorkommen von Blei in Europa sind auf den Beginn von Bergbau in der romano-britischen Zeit und die Einfuhr von australischem Blei zurückzuführen (Kamenov et al. 2014, Shotyk et al. 1998). Die verschiedenen Ereignisse erzeugten unterschiedlich starke Auswirkungen. Der Beginn des Erzabbaus in Europa durch die Phönizier und Griechen hatte einen starken Einfluss, ebenso die industrielle Revolution. Spannend ist, dass auch Phasen mit einem Rückgang der Hintergrundvorkommen von Bleiisotopen zu verzeichnen sind, so z.B. aufgrund des Rückgangs des post-römischen Erzabbaus in Europa (Weiss et al. 1999).

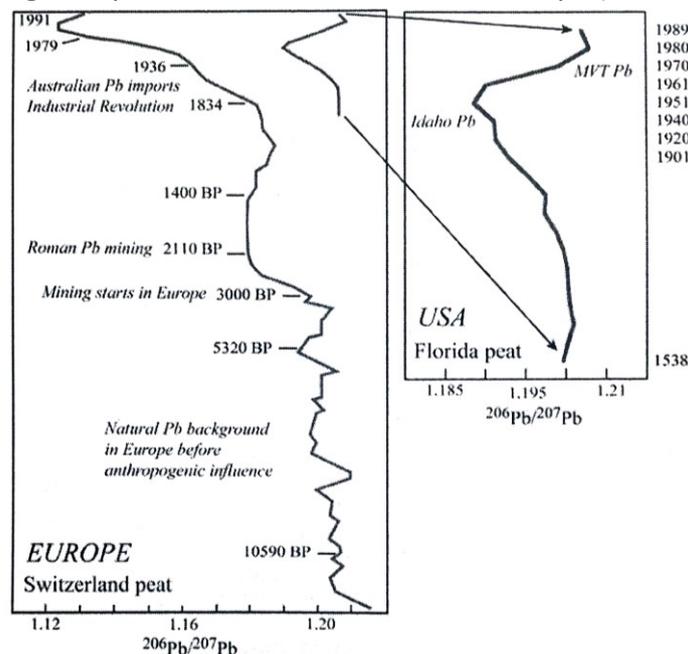


Abb. 5: Aufzeichnungen aus Torfkernen zu Hintergrundvorkommen von Bleiisotopen über die Zeit in Europa (Shotyk et al. 1998) und den USA (Kamenov et al. 2009).

Die European Standard Lead Pollution (*ESLP*) line beschreibt eine Korrelationslinie, welche aufgrund eines für gesamt Europa konsistenten Musters für Bleiisotopendaten als Referenz für Bleikontaminationen im europäischen Raum verwendet werden kann; von verbleitem Benzin bis Zementfabriken sind verschiedenste Bleikontaminationen in der *ESLP* enthalten. Sie wurde anhand von zahlreichen Datensätzen gebildet¹⁹ und kann mit folgender Gleichung mathematisch beschrieben werden (Haack et al. 2003).

Formel 1: Gleichung für die Korrelation der Datensätze der *ESLP*, mit Bestimmtheitsmaß R^2 , nach Haack et al. (2003).

$$y = 0,853x - 0,930; \quad R^2 = 0,989 \quad x = \frac{{}^{208}\text{Pb}}{{}^{206}\text{Pb}} \quad y = \frac{{}^{207}\text{Pb}}{{}^{206}\text{Pb}}$$

In der folgenden Abb. 6 ist die *ESLP* nach Haack et al. (2003) eingezeichnet; sie wird später zum Vergleich herangezogen.

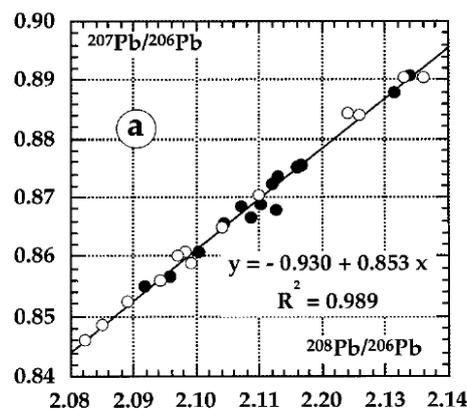


Abb. 6: Pb/Pb Diagramm für Oberboden (gefüllte Kreise) und 13 Torfproben aus einem ombotrophen Moor (offene Kreise) der Schweizer Jura (Shotyk et al. 2001) aus Haack et al. (2003).

¹⁹ Unter Anderem aus Daten von Shotyk et al. (2001), welche mit den 13 obersten Lagen eines Kerns aus einem ombotrophen Torfmoor aus der Schweizer Jura die damals vergangenen 240 Jahre abbilden konnten. Dies deckt also die gesamte Ära der Industrialisierung ab (Haack et al. 2003).

2. Material

2.1 Emmering, im Landkreis Fürstenfeldbruck

2.1.1 Das Reihengräberfeld

2.1.1.1 Auffinden des Bestattungsareals

Durch die Luftbildarchäologie wurde das große Reihengräberfeld aus der Bajuwarenzeit, welches etwa zwischen 450 und 725 n. Chr. belegt worden ist (Froh 2007) bereits 1982 in der Emmeringer Flur entdeckt. Positive Bewuchsmerkmale deuteten auf mehr als 400 Gräber hin (Scherer 1990). Da Bauarbeiten für die Errichtung einer neuen Kompostieranlage und eines Wertstoffhofs bevorstanden, konnte 1990 im Areal an der Straße nach Esting mit den Grabungsarbeiten begonnen werden. In mehreren Kampagnen wurde das Reihengräberfeld zwischen 1990 und 2003 ausgegraben. Nach den verschiedenen Kampagnen liegt eines der ältesten bajuwarischen Reihengräberfelder nun vollständig ergraben vor (Froh 2007).

Die Kampagnen von 1990, 1993, 1994 und 1997 wurden von Mitarbeitern des Landesamtes für Denkmalpflege an den von den Bauarbeiten betroffenen Bereichen durchgeführt und förderten insgesamt 450 Gräber zu Tage. Nach Abschluss der letzten Kampagne waren die Gräberfeldgrenzen im Norden, Südwesten und Westen erreicht; die im Osten zeichneten sich ab. Darum wurde die Freilegung 1999 der fehlenden Abschnitte im Osten durch Mitglieder des Historischen Vereins der Stadt und des Kreises Fürstenfeldbruck fortgesetzt, als Arbeitskreis für Vor- und Frühgeschichte und unter der Obhut des Bayerischen Landesamts für Denkmalpflege. Die Grabung wurde in einer letzten Etappe im Jahr 2003 abgeschlossen. Die Grabungen haben im Laufe der gesamten sich über mehr als 10 Jahre erstreckenden Ausgrabung 578 Gräber zu Tage gefördert. Das Gräberfeld ist im Osten Emmerings verortet, genauer an der Straße nach Esting, ca. 200 m vom heutigen Ortsrand entfernt. Dort existiert eine hochwassersichere Hangterrasse des kleinen Fließchens Amper. Die Amper verläuft 640 m weiter südöstlich von Westsüdwest nach Ostnordost. Ihr Urstromtal erstreckt sich vom Gräberfeld noch etwa 660 m nach Nordwesten, wo es dann an einer recht deutlichen Geländekante von der voralpinen Endmoränenlandschaft begrenzt wird. Auch südlich der Amper fällt der Höhenunterschied zwischen Tal und Endmoränenlandschaft durch eine deutliche Stufe im Gelände ins Auge (Froh 2007).

Der Friedhof hat eine Längenausdehnung von 106 m von Nordnordwest nach Südsüdost. Im Norden weist er eine Breite von knapp 40 m auf, während sie im Süden 69 m beträgt, wodurch sich eine trapezoide Grundfläche ergibt (Froh 2007).

Die anthropologische Befundung des gesamten Materials durch den Verfasser ergab detaillierte Befundbögen von 539 menschlichen Überresten. Diese Zahl deckt sich mit den Informationen des archäologischen Forschungsberichts von Februar 2006 (Froh

2007). Da diese Arbeit nicht finalisiert wurde, folgte ab Oktober 2015 Herr Tobias Georg Albrechts Promotionsvorhaben am selben Material, aufbauend auf den Zwischenergebnissen von Herrn Froh. Die Arbeit von Herrn Tobias Georg Albrecht trägt den Arbeitstitel „Das frühmittelalterliche Gräberfeld in Emmering, Lkr. Fürstfeldbruck“ und wird unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. Bernd Päßgen an der Fakultät für Kulturwissenschaften der LMU München, Department für Kulturwissenschaften und Altertumskunde, durchgeführt.

Im Rahmen einer anthropologischen Dissertationsarbeit wurden die Skelette zusammen mit Mitarbeitern der Staatssammlung für Anthropologie und Paläoanatomie München (SAPM) osteologisch und archäometrisch untersucht. Das Skelettmaterial befindet sich nun nach Abschluss der Bearbeitung zur Lagerung im Archiv der SAPM²⁰.

2.1.1.2 Hintergrundinformationen und weiteres Material

Das Reihengräberfeld in Emmering zählt aufgrund seiner Zeitstellung und hohen Individuenzahl zu den ältesten und größten in Bayern. Die zeitliche Einordnung kann über die archäologischen Funde vom ausgehenden fünften Jahrhundert n. Chr. bis ins achte Jahrhundert n. Chr. erfolgen. Reste einer frühmittelalterlichen Siedlung, welche vermutlich in Richtung der Amper gelegen sein kann, wurden nicht aufgefunden.

Der Klosterchronik in Benediktbeuern kann entnommen werden, dass der hiesige Gründer-Abt Lantfrid seinen Grundbesitz „zu Emeheringen“ an das Kloster übergeben hat. Damit wird Emmering im Jahr 739-740 erstmalig urkundenhaft genannt (Albrecht 1953, Angenendt 1972). Im Freisinger Traditionskodex lassen sich Hinweise finden, dass das Dorf Emmering bereits früh als Versammlungsplatz große Bedeutung erlangte. Dort steht, dass am 11. Januar 828 Bischof Hitto von Freising nebst Graf Luitpold und großem Gefolge nach *Emheringas* reiste, um dem Gerichtstag beizuwohnen. Die Anwesenheit des Bischofs ist ein indirektes Indiz für die Existenz einer lokalen Kirche. Diese Ereignisse liegen bereits nach dem Ende des Belegungszeitraumes des vorliegenden Reihengräberfeldes in Emmering, welches etwa zwischen 450 und 725 n. Chr. belegt worden ist (Froh 2007). Der Siedlungsraum in Emmering ist also über zahlreiche Epochen hinweg attraktiv für menschliche Kohorten gewesen.

Die Fundstelle des Reihengräberfeldes von Emmering liegt im Naturraum namens Fürstfeldbrucker Hügelland. Wie ein Halbmond liegt es zwischen Lech und München (vgl. Abb. 7). Die flachwellige Landschaft beheimatet mehrere Seen und Niedermoore. Es handelt sich um eine offene und ackergeprägte Kulturlandschaft. Zu den Großlandschaften gehören die Donauniederung, die Iller-Lech-Platte, das Niederbayerische Hügelland und die Oberbayerische Schotterplatten. In der Fauna gibt es als spezielle Tiere Wachteln und Schleiereulen zu vermelden. Mit seiner Fläche von 172 km² nimmt es in Bayern etwa 38,5 % der Großlandschaft Alpenvorland ein, welche sich selbst wiederum über 447,10 km² erstreckt (Grottenthaler 1980, Rathjens 1962).

²⁰ Magazin der SAPM (Abteilung Anthropologie) in Aschheim/Dornach.



01 Ries	09 Unteres Isartal	17 Ammer-Loisach Hügelland	25 Mangfallgebirge
02 Südliche Frankalb	10 Dungau	18 Inn-Chiemsee Hügelland	26 Kufsteiner Becken
03 Riesalb	11 Lech-Wertach Ebenen	19 Alzplatte	27 Chiembauer Alpen
04 Donauried	12 Fürstenfeld-Brucker Hügelland	20 Salzach-Hügelland	28 Vilser Gebirge
05 Aindlinger Terrassentreppe	13 Münchener Ebene	21 Iller-Vorberge	29 Wettersteingebirge
06 Donaumoos	14 Isar-Inn Hügelland	22 Lech-Vorberge	30 Niederwerdenfelser Land
07 Iller-Lech Schotterplatten	15 Isen-Sempt Hügelland	23 Ammergebirge	31 Karwendelgebirge
08 Donau-Isar Hügelland	16 Unteres Inntal	24 Kocheler Berge	32 Loferer und Leoganger Alpen

Abb. 7: Großlandschaft Alpenvorland. Eingerahmt und grün hinterlegt ist das *Fürstenfeldbrucker Hügelland*, in welchem die Fundstelle liegt. Zur Verfügung gestellt von der Europäischen Metropolregion München e.V.

Das Ziel dieser Arbeit ist, anhand der vorliegenden Informationen mittels einer holistischen Perspektive die größtmögliche Signifikanz für die Aussagekraft und Vergleichbarkeit der anthropologischen Auswertung, insbesondere der ermittelten physischen Belastungen zu erreichen. Eine wertvolle Ergänzung zur anthropologischen Untersuchung der Befunde bildet daher weiterführendes Material, welches zur Interpretation der Ergebnisse herangezogen werden kann. Dieses wurde angefordert und soweit wie möglich digitalisiert. Schon zum Zeitpunkt der Ausgrabung wurde vermutet, dass die im Reihengräberfeld eingebrachten Individuen eher ländliche Siedler als Krieger seien (Scherer 1990).

2.1.2 Ergebnisse aus vorangegangenen Arbeiten

Der Zeitraum der Belegung des Reihengräberfeldes kann durch die archäologischen Funde relativ genau datiert werden. Insgesamt stellt der Fund bei Emmering eines der ältesten bajuwarischen Reihengräberfelder dar. Im Rahmen der archäologischen Bearbeitung konnten sowohl die ältesten als auch die jüngsten Gräber identifiziert und einer passenden Zeitspanne zugeordnet werden.

Zu den ältesten Gräbern zählen die Befunde 183²¹, 360²² und 526²³ im Osten des Gräberfeldes, dort bezogen auf die laterale Ausdehnung im mittleren Bereich (vgl. Abb. 8). Sie können auf die zweite Hälfte des 5. Jahrhunderts datiert werden. Ursächlich für die zeitliche Zuordnung sind zwei almadinverzierte und vergoldete Zikadenfibeln aus Grab 183. Deren berühmteste Vergleichsstücke sind aus dem Childerichgrab von Tournai und datieren auf das Jahr 482 n. Chr (Froh 2007). Im Beckenbereich der Frau aus Grab 526 wurde eine kleine kreuzförmige Fibel mit rhombischem Fuß gefunden. Deren Verbreitungsschwerpunkt liegt im Gebiet sächsischer Teilstämme der Wigmodier und Nordleudi, was heute den Nordwesten Niedersachsens und Holsteins, sowie Südwesten Englands darstellt. Zeitlich wird sie als Anzeiger sächsischer Landnahme während der in Auflösung befindlichen britannischen Provinz des 5. Jahrhunderts gewertet (Froh 2007). Auch Grab 539 datiert anhand der Fundstücke um die Gründergeneration im Gräberfeld²⁴.

Die jüngsten Gräber wurden im Westen des Reihengräberfeldes mit Befund 26 und 230 identifiziert (vgl. Abb. 8). Perlrandnieten aus Grab 26, welche auf vielen Gegenständen des archäologischen Inventars angebracht waren (ein Nietsporn, ein Endbeschlag, eine kleine Eisenschnalle, ein silbernes Beschlagfragment und ein stark fragmentierter langgezogener Saxscheidrandbeschlag), geben den wohl wichtigsten Datierungshinweis. Das Ensemble kann mit ähnlichen Funden im nur 12 km entfernten Grab 2 von Jesenwang in Relation gebracht werden. Hier waren nahezu identische Ausrüstungsgegenstände nebst einer Lanze mit Aufhaltern, sowie einem zuckerhutförmigen Schild vom Typ *Göggingen* vergesellschaftet. Die Gräber können hiermit ins erste Viertel des achten Jahrhunderts, an das Ende der Reihengräberfelderzeit gestellt werden. Ein Schildbuckel desselben Typus wurde auch in Emmering gefunden, in eingangs erwähntem Grab 230, welches am nordwestlichen Ausläufer des Gräberfeldes verortet ist.

²¹ Individuum 183 wurde anthropologisch als *eher weibliches Individuum* in der Altersklasse *Adultas* bestimmt. Die Überlieferung ist *unvollständig*, es ist nur ein Femur und Teile des Kiefers vorhanden. Der Erhaltungsgrad kann als *mäßig* bezeichnet werden.

²² Zu Individuum 360 liegen keine Skelettelemente vor, die hätten untersucht werden können. Die Einordnung des Grabes geschah somit alleine aufgrund der archäologischen Funde.

²³ Bei Individuum 526 sind Cranialfragmente, der Unterkiefer, sowie lose Zähne überliefert. Die Überlieferung ist *unvollständig*. Der Erhaltungsgrad ist *mäßig*.

²⁴ Albrecht, Tobias Georg (LMU München, Fakultät für Kulturwissenschaften, Department für Kulturwissenschaften und Altertumskunde), mündliche Notiz vom 17.04.2017.

Um die Lage im Gräberfeldplan²⁵ darzustellen, wurden die genannten Befundnummern im Plan markiert und farblich hervorgehoben. Für einen besseren Kontrast wurden alle anderen Befundnummern ausgegraut.

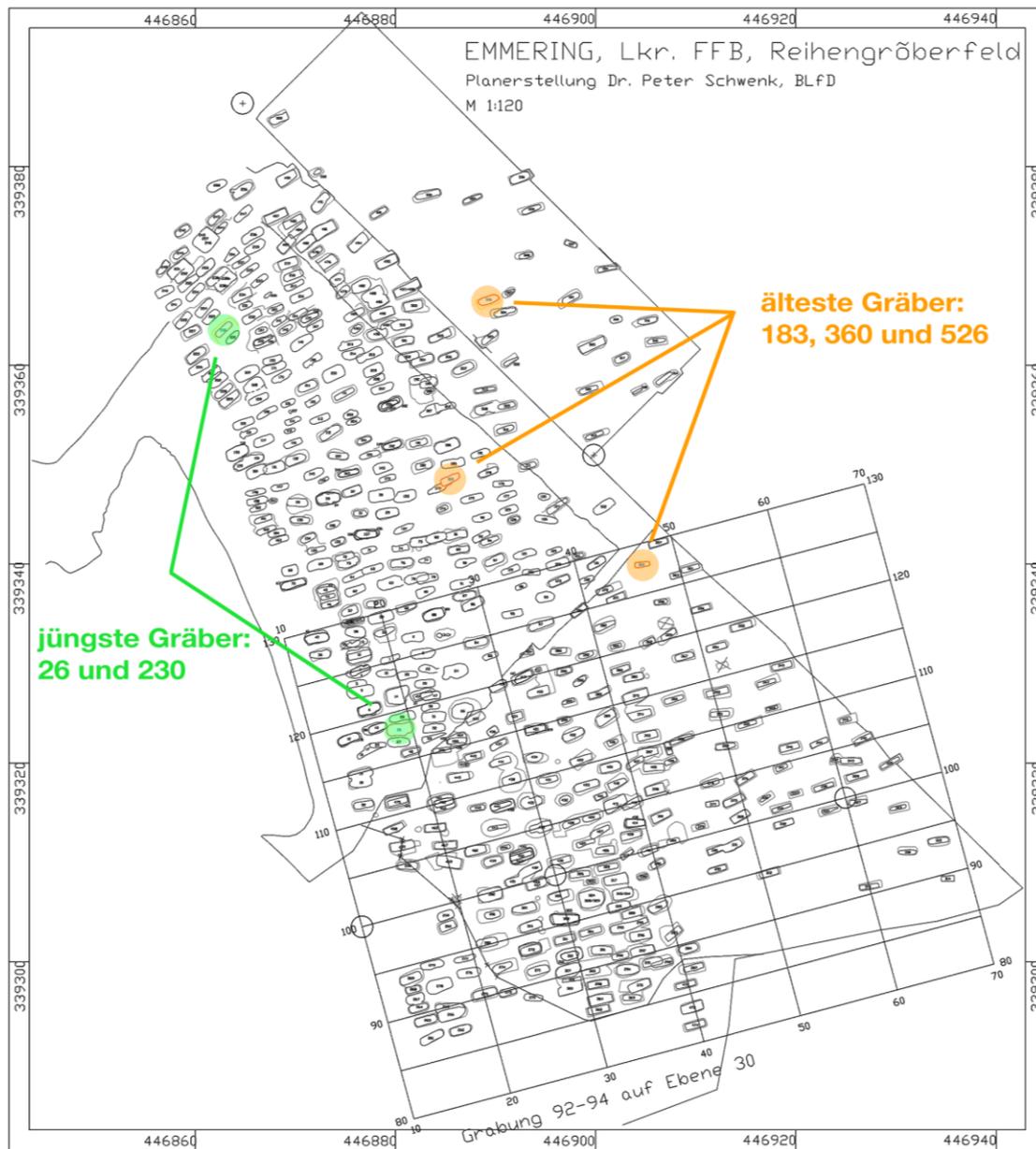


Abb. 8: Markierung der ältesten und jüngsten Gräber im digitalen Grabplan. Zur besseren Visualisierung wurde der gesamte Gräberfeldplan in Graustufen gestellt, nur die betroffenen Gräber wurden in Farbe belassen. Stand: Froh (2007).

Durch diese Daten können zwei Aussagen getroffen werden: Die Belegungsdauer wird von ca. 450 bis ca. 725 n. Chr. angegeben (Froh 2007). Die Belegungsreihenfolge kann bestimmt werden als: Einsetzend im Osten mit lockerer Belegung und von dort aus Weiterentwicklung in westliche Richtung mit deutlich dichter Belegung (Froh 2007).

²⁵ vgl. Kapitel 9.12.3 im Anhang.

2.1.3 Geologie der Fundstelle

Der Landkreis Fürstenfeldbruck weist grundsätzlich fünf unterschiedliche Landschaftstypen auf (vgl. Tab. 7), deren Charakter durch die jeweils darunterliegende geologische Formation geprägt ist. In der Reihenfolge von Nord nach Süd können diese wie folgt bezeichnet werden:

Tab. 7: Landschaftstypen des Landkreises Fürstenfeldbruck.

Landschaftstyp	Naturraum	Haupteinheit in Abb. 7
Tertiärhügelland	Donau-Isar-Hügelland	08
Münchner Schotterebene	Münchner Ebene	13
Altmoränenlandschaft des Isar-Loisachgletschers	Fürstenfeldbrucker Hügelland	12
Jungmoränenlandschaft des Isar-Loisachgletschers	Ammer-Loisach-Hügelland	17
Ablagerungen im Auebereich	Amperaue	23

Sowohl die Altmoränen, als auch die Hochterrassen sind tiefgründig verwittert. Oft besitzen sie eine Deckschicht aus Lösslehm, der als feinsandig-schluffiger Löss durch Windverwehungen der Würmeiszeit abgelagert wurde und durch Verwitterung zwischenzeitlich entkalkt ist. Auch die kiesig-sandigen Schotter der Talrinnen sind heute durch Nährstoffauswaschung verarmt²⁶. Die vorherrschende Bodenbildung ist eine tiefgründige Braunerde, die wegen ihrer fruchtbaren und nährstoffreichen Eigenschaften zu den bevorzugten Ackerböden gehört. Aber auch Pseudogleye kommen vor, die aufgrund der negativen Eigenschaften des Lösslehms zur Staunässe und hoher Erosionsanfälligkeit neigen. Stellenweise ist der Bodenabtrag schon so weit fortgeschritten, dass der eiszeitliche Moränenverwitterungsboden an der Oberfläche ansteht (Lemcke 1988, Rathjens 1962, Salzmann 1992).

2.1.4 Bodenproben

Die Ermittlung der lokalen Isotopensignatur ist wichtig für die Einordnung der Probenmessungen in den Kontext lokal oder nicht-lokal. Aus vereinzelt Gräbern wurde nach der Grabung und vor dem Waschvorgang der Skelette eine Sedimentprobe entnommen. Um einen repräsentativen Mittelwert über die lokale Strontiumisotopensignatur des Gräberfeldes gewinnen zu können, wurden randomisiert Proben ausgewählt, welche über das Gräberfeld verteilt liegen. Ortstreue Kleinsäuger sollen verwendet werden, um die bioverfügbare Strontiumsignatur der Lokation zu erhalten (Bentley 2006, Bentley und Knipper 2005, Price et. al. 2002). Das anthropologische Fundmaterial wurde daher mit einem besonderen Augenmerk auf Zähne entsprechender Fauna hin untersucht. Es fanden sich vereinzelt Überreste von Paarhufern wie Rindern, Schweinen, Ziegen oder Schafen. Von diesen wurden jedoch keine Zähne gefunden, oder vorhandene Zähne waren in einem für eine Messung nicht dienlichen Erhaltungszustand.

²⁶ vgl. Anhang 9.2.4.

Daher muss zur Bestimmung der lokalen Isotopensignatur auf die Bodenproben und die Ergebnisse der Isotopenanalysen menschlichen Hartgewebes zurückgegriffen werden. Die für eine mögliche Isotopenmessung aus dem Gräberfeld entnommenen Bodenproben sind in Tab. 8 aufgelistet und in Abb. 64 im Anhang (vgl. S. 251) eingezeichnet. Es handelt sich bei den Bodenproben um Sedimentreste, die dem Knochen anhaften, welche vor dem Schritt der Skelettwaschung separiert wurden.

Tab. 8: Auswahl aller im Zuge der Bearbeitung verfügbar gemachten Sedimentproben aus dem Reihengräberfeld Emmering. Proben, welche nicht im Grabplan eingezeichnet sind, vgl. Abb. 64, stehen in *kursiv*. Die für eine Strontiumisotopenanalyse ausgewählten Bodenproben stehen in **fett**.

Bodenprobe				
Emm 21	Emm 218	Emm 272	Emm 293	Emm 330
Emm 339	Emm 348	Emm 357	Emm 365	Emm 461
Emm 497	Emm 498	Emm 515	Emm 523	Emm 529
Emm 531	Emm 536	<i>Emm 552</i>	<i>Emm 563</i>	<i>Emm 570</i>
<i>Emm 571</i>	<i>Emm 572</i>	<i>Emm 574</i>		

2.1.5 Auswahl der zu analysierenden Proben

Wie anhand von Tab. 8 zu sehen ist, wurden 23 Sedimentproben aus dem Reihengräberfeld bei Emmering separiert. Nach Eintragung dieser in den Gräberfeldplan (vgl. Abb. 64) wurde eine Auswahl von vier Bodenproben getroffen, um die lokale Isotopie von Emmering über eine Strontiumisotopenanalyse näherungsweise zu ermitteln. Die Auswahl erfolgte dabei so, dass die Proben gut über die Sektionen des Reihengräberfeldes (vgl. Abb. 64) verteilt sind. Zugleich wurden bei nah nebeneinanderliegenden Proben diejenige ausgewählt, welche noch im originär verklumpten Zustand befindlich war. Verunreinigungen sind im Klumpen unwahrscheinlicher als bei freiem Riesel.

Da Isotopenanalysen eine teure Methode darstellen, wäre es weniger zielführend, diese ohne eine Indikation durchzuführen. Das ist auch ein Grund, warum nicht alle Individuen einer Strontiumisotopenanalyse unterzogen wurden. Es erweist sich als sinnvoll, bei der Auswahl der zu beprobenden Befundnummern auf Indizien zurückzugreifen, die einen Hinweis auf Einwanderer geben können. Die archäologischen Ergebnisse sind hierfür eine wertvolle Quelle.

Primär wurden daher Individuen ausgewählt, deren Beigaben auf einen nicht-lokalen Ursprung hindeuten. In den Grablisten aus dem Anhang sind solche Individuen durch Fettdruck der Schrift markiert. Es haben jedoch nicht alle Individuen einen erhaltenen oder in einem für die Isotopenanalyse verwertbaren Zahn. Bei einigen Individuen fehlt der Schädel sogar gänzlich. Zusätzlich wurden Befundnummern ausgewählt, welche aus der älteren Belegungszeit des Reihengräberfeldes stammen, also aus dem östlichen Teil des Gräberfeldes, erkenntlich anhand der sehr lockeren Belegung in Abb. 8. Ebenso jene Befundnummern, welche im norwestlichen Bereich des Reihengräberfel-

des liegen; hier ist die Grabdichte deutlich höher und die Zeitstellung deutet auf die jüngste Zeit der Belegung hin. In einem weiteren Schritt wurden diejenigen Individuen zur Beprobung ausgewählt, welche mit den bereits genannten Gräbern in einem zeitlichen oder räumlichen Kontext stehen. Insbesondere wurden auch archäologische Funde für die Auswahl herangezogen.

Ergänzt werden diese Daten durch einige Individuen, die keinerlei Beigaben aufwiesen. Der Beigabenbrauch ging mit zunehmender Christianisierung zurück. Mögliche Indizien auf Zuwanderung wurden daher möglicherweise gar nicht ins Grab eingebracht. Dennoch ist Migration nicht nur auf die Phasen hohen Grabbeigabenreichtums begrenzt, sondern auch in den späteren Phasen zu erwarten. Um also die gesamte Bevölkerungsgeschichte repräsentativ untersuchen zu können, sind Analysen aus dieser Zeitstellung unumgänglich. Außerdem weist das Reihengräberfeld von Emmering einen sehr hohen Manipulationsgrad auf, wodurch Grabbeigaben dem individuellen Befund nicht mehr zuordenbar sind. Aus diesen Gründen genügt eine Stichprobe. Auf diese Weise kann mithilfe weniger Individuen auf die damalige Population zurückgeschlossen werden und es ermöglicht trotz der limitierten Möglichkeiten eine Diskussion im archäologischen Kontext.

So ergaben sich insgesamt 50 Proben für eine Strontiumisotopenanalyse, dies entspricht knapp 10 % der Individuen.

Tab. 9: Ausgewählte Proben (n = 50) von Molaren²⁷ für die Strontiumisotopenanalyse an Zähnen aus dem Reihengräberfeld Emmering. Die Probennummern sind gruppiert nach Auswahlgrund aufgetragen.

Proben für Strontiumisotopenanalyse an Zähnen

Auswahl aufgrund von archäologisch potentiell ortsfremden Fundstücken:

Emm 11	Emm 18-1	Emm 18-2	Emm 26	Emm 30	Emm 44	Emm 46
Emm 83	Emm 90	Emm 96	Emm 102	Emm 183	Emm 211	Emm 326
Emm 354	Emm 356	Emm 500	Emm 522	Emm 524	Emm 526	Emm 538

Losere Belegung, ältere Gräber:

Emm 515	Emm 521	Emm 525	Emm 567
---------	---------	---------	---------

Dichtere Belegung, jüngere Gräber:

Emm 33	Emm 63	Emm 97	Emm 136	Emm 164	Emm 209	Emm 220
Emm 224	Emm 229	Emm 230	Emm 246	Emm 479	Emm 488	

Randomisierte Auswahl:

Emm 2	Emm 12	Emm 120	Emm 304	Emm 317	Emm 321	Emm 350
Emm 376	Emm 413	Emm 422	Emm 449	Emm 458		

Wie im vorstehenden Unterkapitel beschrieben, müssen zur Annäherung an die mögliche lokale Isotopie von Emmering Bodenproben verwendet werden. Da diese Messun-

²⁷ Üblicherweise werden erste Molaren gemessen. Vereinzelt war kein erster Molar vorhanden, dann wurde ein zweiter Molar verwendet. Dies gilt für die Proben Emm 26 und Emm 63.

gen einen repräsentativen Ausschnitt ergeben sollen, wurden die Proben exemplarisch und zufällig aus den vorhandenen Bodenproben ausgewählt (Auswahl vgl. fett markierte Proben in Tab. 8).

Außerdem wurden noch Bleiisotopenanalysen durchgeführt, wofür vorwiegend die gleichen Individuen verwendet werden sollten, an denen auch eine Strontiumisotopenanalyse durchgeführt wurde – sofern das Material eine entsprechende Beprobung zuließ. Dies war bei 23 Proben der Fall. Bei weiteren Befundnummern an denen eine Strontiumisotopenanalyse durchgeführt wurde, konnte kein weiterer Zahn beprobt werden. Acht weitere Proben wurden aus geeignetem Probenmaterial gewählt. So ergaben sich insgesamt 31 Proben für eine Bleiisotopenanalyse.

Tab. 10: Ausgewählte Proben (31 Stück) von Molaren²⁷ für die Bleisotopenanalyse an Zähnen aus dem Reihengräberfeld Emmering. Die Probennummern sind nach dem Grund der Auswahl gruppiert aufgetragen.

Proben für Bleiisotopenanalyse

Auswahl, da zur Befundnummer auch eine Strontiumisotopenanalyse durchgeführt wurde:

Emm 12	Emm 63	Emm 83	Emm 97	Emm 120	Emm 136	Emm 164
Emm 209	Emm 220	Emm 229	Emm 246	Emm 304	Emm 317	Emm 321
Emm 376	Emm 422	Emm 449	Emm 458	Emm 479	Emm 515	Emm 521
Emm 525	Emm 567					

Randomisierte Auswahl, da ein geeigneter Zahn vorlag:

Emm 110	Emm 132	Emm 184	Emm 203	Emm 234	Emm 350	Emm 498
Emm 530						

2.2 Vergleichswerte und Erwartungswerte

2.2.1 Defekte Daten: Vergleichsbasis Unterigling als Kontrolle der Methode

Damit die in dieser Arbeit entwickelte Methode zum Umgang mit defekten Daten kontrolliert werden kann, wurde eine Vergleichspopulation ausgewählt. Diese sollte von relativ ähnlicher Zeitstellung und Lokalität sein. Zusätzliches Auswahlkriterium war eine sehr fein inventarisierte anthropologische Bearbeitung, da dies eine absolute Voraussetzung für die Nutzung der Methode darstellt. Da es diese Kriterien erfüllt, wurde als Vergleich das Gräberfeld von Unterigling gewählt.

Das Gräberfeld von Unterigling-Loibachanger liegt im Lechfeld, gehört zur heutigen Gemeinde Igling und liegt wenige Kilometer nördlich von Landsberg am Lech. Landsberg am Lech wiederum liegt nahe der alten römischen *Via Claudia Augusta*, die Verona und Augsburg miteinander verband. Diese als besonders bedeutend geltende Römerstraße in Raetien bestand vermutlich noch bis ins frühe Mittelalter (Strott 2006). Unterigling ist eine fast vollständig ergrabene Dorfwüstung²⁸.

²⁸ Eine verlassene ländliche Siedlung.

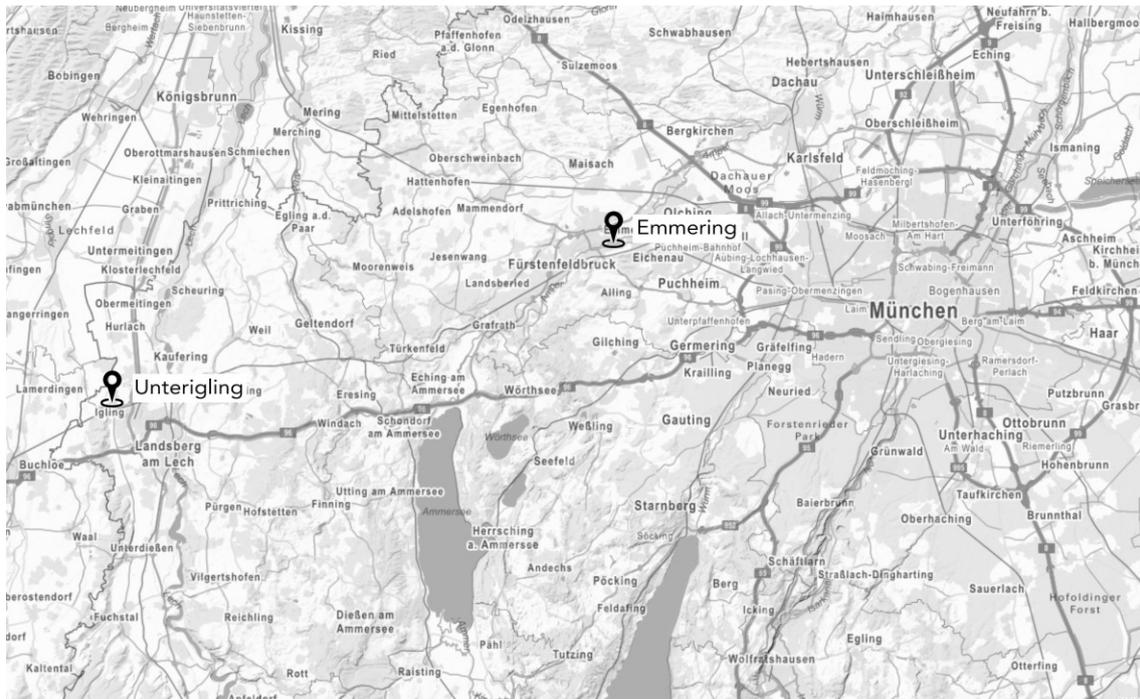


Abb. 9: Lage von Emmering und Unterigling in Bayern. Karte erstellt mithilfe des *BayernAtlas*, mit freundlicher Genehmigung des *Geoportals Bayern*²⁹.

Neben Wohngebäuden konnte in der Siedlung eine Kirche mit Bestattungsplatz errichtet werden. Archäologische Funde datieren den gesamten Bestattungsplatz in das 6. bis 10. Jahrhundert n. Chr. (Meier 2003). Es gibt eine kleine Separatgrablege im Nordosten des Friedhofs (vgl. Strott 2006), welche früher datiert wurde, auf das späte 7. Jahrhundert. Der Hauptbestattungsplatz kann auf 777 bis 886 n. Chr. datiert werden³⁰ (Strott 2006). Die Separatgrablege enthielt anders als der Hauptbestattungsplatz, welcher als komplett beigabenlos beschrieben wurde, einige Beigaben wie Schnallen, Messer, Schilde und Sporen. Dies weist auf materiell begüterte Individuen hin, die möglicherweise eine gehobene soziale Stellung innehatten. Aufgrund der Tatsache, dass der Hauptbestattungsplatz völlig beigabenlos war, wurde er wohl erst nach der Separatgrablege angelegt (Meier und Eibl in Vorb.).

Für Unterigling können noch keine herrschaftsindizierten Sonderfunktionen belegt werden. Es handelte sich um eine rein agrarische Siedlung. Geographisch sind die Bestattungsplätze in Emmering und Unterigling knapp 40 km voneinander entfernt. Diese räumliche Nähe, wie auch die zeitliche Überlappung der Belegungsdauern der Friedhöfe, macht Unterigling zu einer idealen Vergleichsbasis mit dem Emmeringer Reihengräberfeld.

2.2.2 Erwartungswerte für die Strontiumisotopie

Damit die Ergebnisse aus der Strontiumisotopenanalyse sinnvoll in einen Kontext gebracht werden können, sollten Erwartungswerte für die Region des Reihengräberfelds

²⁹ Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung, Alexandrastraße 4, 80538 München.

³⁰ Schriftliche Mitteilung Meier, in Strott (2006).

ermittelt werden. Anhand eines Kartenausschnitts aus dem GeoFachdatenAtlas im Bodeninformationssystem (BIS) Bayerns des Bayerischen Landesamt für Umwelt (www.bis.bayern.de) kann die Beschaffenheit des Bodens betrachtet werden. Als Grundlage dient eine geologische Karte im Maßstab 1:500.000, in nachfolgender Grafik zur besseren Abbildung dargestellt im vergrößerten Maßstab von 1:15.000.

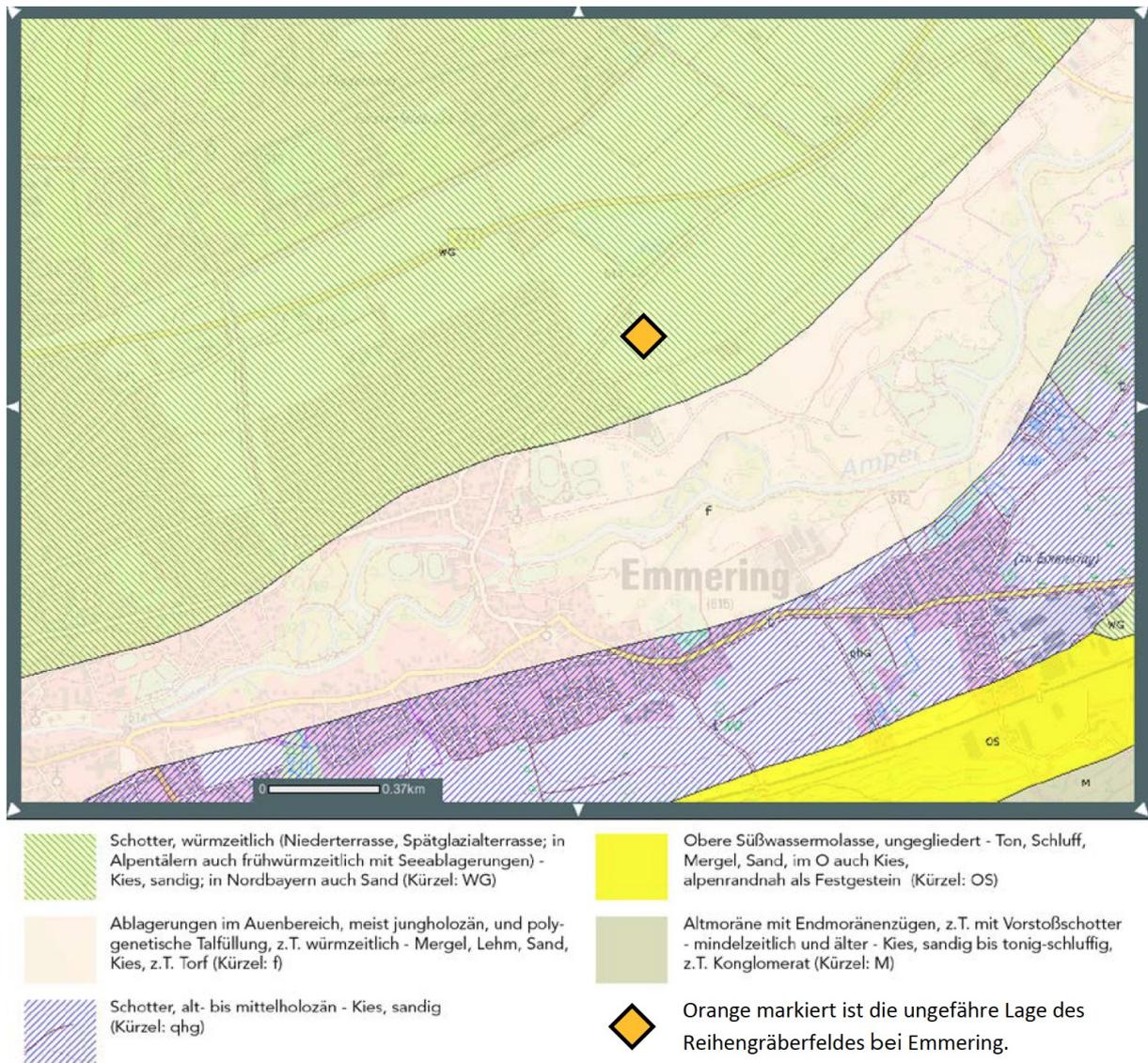


Abb. 10: Kartenausschnitt aus dem GeoFachdatenAtlas aus dem Bodeninformationssystem Bayerns des Bayerischen Landesamts für Umwelt (www.bis.bayern.de), mit Grundlage einer geologischen Karte 1:500.000, im Maßstab 1:15.000.

Die verschiedenen graphischen Überlagerungen in Abb. 10 sind als Legende unter dem Kartenausschnitt sichtbar. Die Umgebung des Reihengräberfeldes ist vorrangig von Schotter (grün schraffierte Überlagerung) geprägt. Im südwestdeutschen Raum sind diverse geologische Einheiten in überwiegendem Anteil vertreten. Deren Strontiumisotopen-Verhältnisse untersuchten Price et al. (2003). Zur Datenerhebung wurden Werte verschiedenartiger Gesteine, Sedimente und Böden zusammengetragen, so z.B. von Bentley et al. (2002), Bentley et al. (2003), Grupe et al. (1997), Horn et al. (1985),

Horwath (2000), Korte (1999), Matter et al. (1987), Rogers und Hawkesworth (1989), Schweissing und Grupe (2003a), Taylor et al. (1983), und Tütken (2003). Aufgrund dieser zahlreichen Quellen für den südwestdeutschen Raum kann eine Erwartungshaltung für die vorliegenden geologischen Strukturen aufgebaut werden.

Der süddeutsche Raum ergab für an lokalen Tieren gemessene Proben eine Wertespanne für $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ von 0,7071 – 0,7135 (Grupe et al. 2017). Für Emmering mit Lage im bayerischen Landkreis Fürstentfeldbruck lässt sich als Erwartung ebenfalls der Pricische Vertrauensbereich für die $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Signatur von 0,70722 bis 0,71211 annehmen.

2.2.3 Erwartungswerte für die Bleisotopie

Die Ergebnisse aus der Bleisotopenanalyse sollen wie die der Strontiumisotopenanalyse gegenüber einem Erwartungsbereich betrachtet werden. Dafür ist es nötig, passende Quellen für den Raum Süddeutschland zu betrachten. Dafür eignet sich Grupe et al. (2017) ideal, da hier der transalpine Bereich abgedeckt ist. Für Blei sind Werte für die Isotopensysteme $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ und $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ vorliegend. Die Erwartungswerte werden anhand der nahe Emmering vorliegenden Messpunkte gebildet und zeigen einen Ausschnitt der Wertespanne der gesamt in Deutschland gemessenen Werte.

Tab. 11: Erwartungswerte für verschiedene Bleisotopensysteme im Raum Süddeutschland anhand der Messpunkte nahe Emmering. Die Werte sind aus Grupe et al. (2017) entnommen.

System	Minimalwert	Maximalwert
$^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	2,435	2,472
$^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	1,179	1,222
$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	38,332	38,723
$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	15,616	15,792
$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	18,421	20,028

3. Methoden

Die verwendeten Chemikalien, Geräte, Laborwaren und Software sind in Anhang 9.1 (Tab. 84, S. 246 und Tab. 85, S. 247) gesondert aufgeführt.

3.1 Individualdaten

Anhand der morphologischen Untersuchung werden Überlieferungs- und Erhaltungsgrad, das vermutete Sterbealter und Geschlecht, die geschätzte Körpergröße, am Skelett manifestierte Pathologien sowie Aktivitätsmuster und anatomische Skelettvarianten bestimmt und im Befund festgehalten. Die erzielten Ergebnisse sind im Skelettkatalog im Anhang³¹ aufgelistet, das Skelettschema ist basierend auf der Arbeit von Perizonius (1982) übernommen. Diese morphologischen Daten bilden die Basis für eine Einschätzung der Zusammensetzung einer vergangenen Population.

3.1.1 Datenerfassung und Auswertung

Das Skelettmaterial wurde an die Staatssammlung für Anthropologie und Paläoanatomie München geliefert und vor der anthropologischen Analyse gewaschen und getrocknet. Die skelettalen Überreste wurden den Befundnummern zugeordnet und (sofern aufgrund des Erhaltungsgrades möglich) vermessen. Augenscheinlich postmortal entstandene Bruchstellen wurden mittels Holzleimes geklebt und anschließend mit Kreppband fixiert. Zu einem Individuum gehörige Knochen und Knochenfragmente wurden im jeweiligen Befundbogen aufgenommen. Überzählige Skelettelemente, also jene, welche nicht zum Individuum zugeordnet werden konnten, wurden entsprechend separat notiert. Dies kann insbesondere bei Mehrfachbestattungen hilfreich sein, ein in verschiedenen Befundnummern verteilt überliefertes Individuum in einen Gesamtkontext zu bringen. Pathologisch auffällige Strukturen am Knochen sowie Auflagerungen oder poröse Veränderungen am Knochen wurden festgehalten. Die Zahndaten und der Zahnstatus wurden im Befundbogen ebenfalls notiert. Degenerative Veränderungen, sowie Auffälligkeiten an Wirbeln und insbesondere an den vier großen Gelenken wurden erfasst.

Mit Hilfe einer digitalen Spiegelreflexkamera, einmal einer Canon EOS 500D, einmal einer Canon EOS 700D, wurden besonders auffällige Einzelfälle und wiederholt auftretende Krankheitsbilder zur genauen Dokumentation fotografisch festgehalten.

Die statistische Auswertung³² erfolgte unter anderem mit dem Softwareprogramm *R*, einer freien Softwareumgebung für statistische Datenverarbeitung, vgl. S. 83. Die Zahl der Skelette bzw. Datensätze, welche in die jeweilige Untersuchung eingehen, kann bei

³¹ vgl. Skelettkatalog im Anhang: 9.3.1.

³² vgl. Kapitel 4.7.

der Darstellung der Ergebnisse variieren. Als Bezugsgröße ist hierbei die Zahl der im Sinne der Fragestellung untersuchten Daten maßgeblich.

3.1.2 Überlieferungsgrad und Erhaltungsgrad

Einen Hinweis für den Zustand eines beliebigen Grabfundes geben der *Überlieferungs-* und der *Erhaltungsgrad* des vorliegenden Fundes. Der *Überlieferungsgrad* ist dabei definiert als Maß für die Vollständigkeit, wohingegen der *Erhaltungsgrad* die taphonomischen Schäden des erhaltenen Materials beschreibt.

Archäologisches Fundgut kann nur selten alle Knochen hervorbringen, weswegen in dieser Arbeit dann von Vollständigkeit gesprochen wird, solange diagnostisch relevante Knochen wie Schädel und Becken vorliegen. Fehlt eines davon, wird dieser Befund als *unvollständig* eingewertet. Zugleich sollen für die Einwertung *vollständig* höchstens ein Langknochen und Rippenknochen, sowie Elemente von Hand- und Fußskelett fehlen. Ist dies nicht erfüllt, gilt das Individuum ebenso als *unvollständig überliefert*.

Die Beurteilung des Erhaltungsgrades erfolgt in Bezug auf taphonomische Beschädigungen, also durch Bewertung des Zustands der Oberfläche der überlieferten Knochen. Es wurden dabei die folgenden fünf Stadien voneinander unterschieden, vgl. folgende Tabelle.

Tab. 12: Einteilung des Erhaltungsgrades der anthropologischen Befundung.

Stadium	Beschreibung
sehr gut	Keine taphonomischen Schäden sind erkennbar. Die Knochenoberfläche ist unversehrt vorhanden und überall am Skelettelement beurteilbar.
gut	Die Gelenke sind intakt. Es sind keine maßgeblichen Beschädigungen der Knochenoberfläche erkennbar.
mäßig	Es gibt taphonomische Schäden, welche sich größtenteils auf die Gelenke begrenzen.
schlecht	Die originäre Knochenoberfläche ist entweder gar nicht mehr oder nur an wenigen Stellen erhalten.
sehr schlecht	Die originäre Knochenoberfläche ist völlig vergangen oder fehlt durch Beschädigungen komplett.

3.1.3 Altersbestimmung

Die Bestimmung des Sterbealters eines Individuums geschieht auf Basis von altersbedingt erworbenen Ausprägungen oder typischer Veränderungen am Skelett. Es gibt eine grobe Unterscheidung zwischen erwachsenen sowie nicht-erwachsenen Individuen, für die teils unterschiedliche Methoden angewandt werden können. Es wurde eine Kombination verschiedener im Einzelfall geeigneter Methoden nach Herrmann et al. (1990) verwendet.

3.1.3.1 Erwachsene Individuen

Für adulte Individuen sind der Schluss der *Sphenobasilarfuge* oder die Obliteration von *endocranialen* (Broca 1861, Nemeskéri et al. 1960) wie *ektocranialen Craniumnähten* (Rösing 1977) altersvariable Merkmale. Zu diesen zählt auch der Zustand von *Facies*

auricularis (Lovejoy et. al. 1985) und *Facies symphysiales* (Nemeskéri et. al. 1960), sowie der Grad der Abrasion der Zähne (Miles 1963). Auch die Spongiosastruktur von *Humerus* und *Femur* sind altersbezogen variierende Merkmale erwachsener Individuen (Acsádi und Nemeskéri 1970).

Externe Einflüsse wie die individuelle Ernährung, körperliche Belastung durch Arbeit oder Pathologien können eigene Spuren am Knochen hinterlassen und den Knochen verändern. Daher ist als Altersbestimmung lediglich die Ermittlung des biologischen Alters möglich (Herrmann et al. 1990). Dabei kommt es zu einer Approximation an das tatsächliche kalendarische Alter (Ferembach et al. 1979, Kemkes-Grottenthaler 1997). Da stellenweise der Überlieferungsgrad zum einen sehr gering und zum anderen auch der Erhaltungsgrad der überlieferten Skelettelemente sehr schlecht ist, konnten selten alle altersabhängigen Merkmale zur Beurteilung herangezogen werden. Insgesamt vergrößerte dieser Umstand die Unsicherheit bzgl. Altersangaben innerhalb des Befundes. Grupe (1991b) legte dar, dass die Altersdiagnose ab einem Individualalter von 30 Jahren erschwert ist, da dann physiologische wie physische Faktoren verstärkt auf die Alterungsprozesse einwirken. Wie Nemeskéri et al. (1960) und Ferembach et al. (1979) berichteten, erzeugen zeitlich feiner abgestufte Altersgruppen zugleich eine größere Fehlerspanne. Aus diesem Grund werden für erwachsene Individuen die Altersspannen, wie in Tab. 13 dargelegt, verwendet.

Tab. 13: Altersklassen für die anthropologische Befundung.

Altersklasse	Jahre	Altersklasse	Jahre	Altersklasse	Jahre
Adult	20 – 39	Matur	40 – 59	Senil	60+

Bei einer feineren Abstufung wie z.B. *frühadult*, *adult* und *spätadult* sind die Altersstufen enger gezogen. Das Individuum wurde aufgrund einer Kombination verschiedener Eindrücke während der Befundung dann in das frühe, mittlere oder späte Stadium einer Altersklasse zugeordnet, vgl. Tab. 14. Die feinere Einteilung der Altersklassen wird beispielsweise bei der erweiterten Sterbetafel benötigt, vgl. Tab. 31.

Tab. 14: Feinere Einteilung der Altersklassen in frühes, mittleres und spätes Stadium, am Beispiel der Adultas.

Altersklasse	Jahre	Altersklasse	Jahre	Altersklasse	Jahre
Frühadult	20 – 26	Mitteladult	27 – 33	Spätadult	34 – 39

Ein wichtiger Bestandteil der Altersdiagnose ist auch die Begutachtung des Gebisses. Neben dem im nachfolgenden Abschnitt näher ausgeführten Durchbruchsalter der Zähne, kann auch der Abrasionsgrad ein Indiz auf ein höheres erreichtes Individualalter sein. Intravitale Zahnverluste oder degenerative Erscheinungen sollten nur ergänzend

zu einem bereits vorliegenden Merkmal eines Individuums im fortgeschrittenen Alter benutzt werden, da diese auch durch altersunabhängige Faktoren wie z.B. Fehlbelastungen in früherem Alter auftreten können (Großkopf 2007). Zu solchen altersunabhängigen Faktoren zählt auch das sog. *Chipping*. *Chipping* bezeichnet Beschädigungen, genauer Absplitterungen, welche sich durch festes Beißen auf ein hartes Objekt, wie kleinste Steinchen in der Nahrung (Grupe et al. 2015a).

3.1.3.2 Nicht-erwachsene Individuen

Für nichterwachsene Individuen gilt aufgrund der schnelleren Abfolge altersabhängiger Veränderungen, die eine kleine Variationsbreite und damit verbunden auch geringere Fehlereinschätzung aufweisen, dass sie in zeitlich fein unterteilte Altersspannen eingeteilt werden können (Schutkowski 1989). In dieser Arbeit werden die Bezeichnungen Infans I für 0 bis 6 Jahre, Infans II für 7 bis 12 Jahre und Juvenil für 13 bis 19 Jahre verwendet (Martin und Saller 1957).

Der Epiphysen- bzw. Apophysenstatus ist ein Merkmal, um auf das Alter eines Individuums zu schließen. Hierbei gibt es diskrete Zeiträume für den Verschluss, welcher nach Geschlecht zu unterscheiden ist (Schema z.B. bei Ferembach et al. 1980, Herrmann et al. 1990, Mays 1998, Scheuer und Black 2000, Scheuer et al. 2010). Je Individuum kann der Fugenverschluss der Epiphysen unterschiedlich verlaufen. Durch Kombination mehrerer aufgefundenen Merkmale kann jedoch eine Altersschätzung mit einem Vertrauensbereich von wenigen Jahren erzielt werden. Bis zu einem Zeitraum von ein bis zwei Jahren $\pm \frac{1}{3}$ nach der Ossifikation kann man die Epiphysenfugen noch als verdichtete Knochensubstanz erkennen (Ferembach et. al. 1980).

Auch bei subadulten Individuen bildet das Gebiss einen maßgeblichen Indikator zur Altersbestimmung. Das typische Durchbruchsalter der Zähne ist gut dokumentiert, diese unterliegen Schwankungen von etwa einem Drittel (Herrmann et. al. 1990). Die Entwicklung und Mineralisation der Zähne kann nach Ubelaker (1978) bei Kindern bis zum 14. Lebensjahr zur differenzierten Altersdiagnose verwendet werden, s. Seite 9. Weiterführende Studien von Volkmann et. al. (2006) bestätigen, dass schon in der sechsten pränatalen Woche die menschliche Gebissentwicklung in einem kontinuierlichen Prozess beginnt und dies unabhängig von exogenen Größen (Demirjian und Goldstein 1986). Dieser Reifungsprozess endet etwa mit dem 20. Lebensjahr (Duterloo 1997), vgl. S. 9.

Sofern überliefert und ausreichend erhalten, wurden die Langknochen nach der Methode von Stloukal und Hanáková (1978) ausgemessen. Juvenile Individuen wurden anhand verschiedener Merkmale, wie dem Zahnstatus nach Ubelaker (1978), des Verschlusses der Sphenobasilarfuge, den Flächen der Facies articularis sternalis der Clavicula (Szilvássy et al. 1979) und der Ossifikation der Knochen (vgl. S. 44) beurteilt.

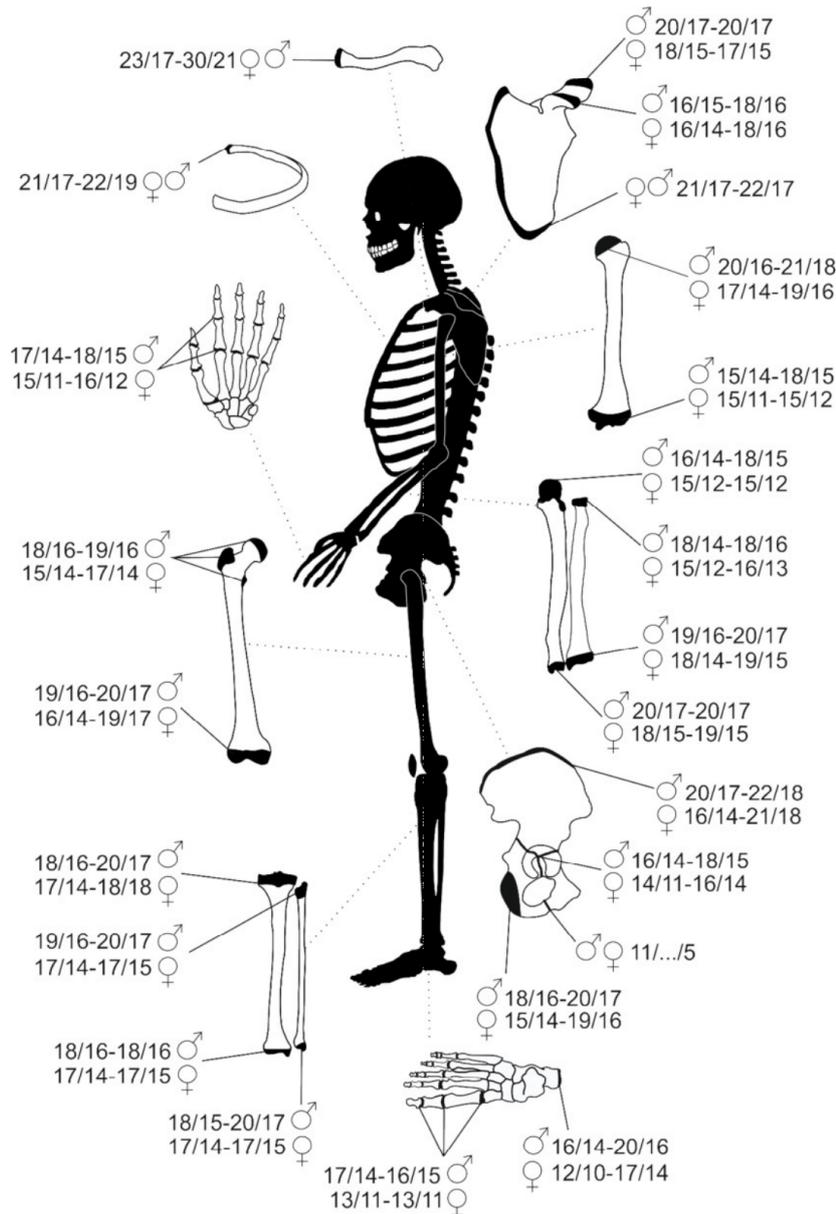


Abb. 11: Schema zur Altersdiagnose. Die Zahlen bezeichnen den kompletten knöchernen Anschluss von Epiphysen und Apophysen und sind in folgender Reihenfolge angeordnet: Alter des ältesten Individuums mit offenen Epiphysenfugen/Altersspannweite, in dem ein partieller Verschluss auftritt/Alter des jüngsten Individuums mit vollständigem Epiphysenschluss (Zeitangaben nach Scheuer et al. (2010), Abbildung: Grupe et al. (2015a)).

3.1.4 Geschlechtsdiagnose

Die Geschlechtsdiagnose anhand morphologischer Merkmale basiert auf der dimorphen Ausprägung weiblicher und männlicher Individuen. Die Ausprägung in Form und Größe am Skelett erlaubt die Bewertung des Geschlechtsdimorphismus (Ferembach et al. 1979, Herrmann et al. 1990). Generell sind die Knochen der Frauen kleiner und graciler ausgeprägt als die der Männer, welche über größere Wandstärken, Muskelmarken und eine höhere Robustizität verfügen (Herrmann et al. 1990). Es ist dabei allerdings immer innerhalb eines Kollektivs zu vergleichen, eine absolute Einteilung muss

zwangsläufig zu Fehlern führen, da es sehr wohl Populationen gibt, in denen die Frauen etwa so robust ausgeprägt sind wie die Männer in einem anderen Kollektiv. Zahlreiche Geschlechtsunterschiede manifestieren sich erst peri- bzw. postpubertär als morphognostisch erkennbar am Skelett. Die verschiedenen morphologischen Geschlechtskriterien wurden von der Arbeitsgruppe europäischer Anthropologen in eine empfohlene Reihenfolge gebracht (Ferembach et al. 1980). Diese Rangfolge der Merkmale muss jedoch kritisch begutachtet werden, da das Material zur Erhebung der Geschlechtskriterien aus inhomogener Zeitstellung und geographischer Herkunft stammt; zudem unterliegt die Einschätzung der Merkmalsausprägungen der subjektiven Beurteilung des Bearbeiters (Graw 1997). Erst das Zusammentragen aller Merkmale ermöglicht eine ziemlich sichere Aussage – oftmals sind aber gerade kritische Skelettelemente nicht oder nicht ausreichend überliefert. Fazekas und Kósa (1978) entwickelten eine Möglichkeit zur Geschlechtsbestimmung für subadulte Individuen. Sie arbeiteten mit Skelettmaterial von Feten und haben über aufwendige Messungen des *Meatus acusticus internus*, einem relativ kurzen Knochenkanal im Felsenbein, eine Möglichkeit zur Geschlechtsbestimmung generiert. Theoretisch ist also bereits im fetalen Skelett für erfahrene Osteologen der spätere Geschlechtsdimorphismus erkennbar (Fazekas und Kósa 1978). Insgesamt ist eine morphologische Geschlechtsbestimmung am präpubertären Skelett also mit Bestimmungssicherheiten zwischen 70 % (Schutkowski 1990) und 85 % (Graw et al. 2009) grundsätzlich möglich.

Die Einschätzung des Geschlechts wurde nach den Methoden von Ascádi und Neméskeri (1970), Ferembach et al. (1979), Schutkowski (1989) und Herrmann et al. (1990) durchgeführt. Das Becken wurde priorisiert verwendet und an diesem Skelettelement aufgefundene Merkmale wurden höher gewichtet als andere Attribute. Die Altersdiagnose sollte vor der Geschlechtsdiagnose erfolgen, da bei Männern die Ausprägung gewisser Schädelmerkmale erst im Laufe der dritten Lebensdekade erfolgt. Je nach Überlieferungs- und Erhaltungsgrad können am Schädel bis zu 17 Merkmale für die Geschlechtsbestimmung verwendet werden; hier wird vor allem dem Robustizitätsgrad Beachtung geschenkt. Mit Hilfe der morphologischen Bestimmung kann in 96 % aller Fälle das korrekte Geschlecht bestimmt werden (Herrmann et al. 1990).

Besonders geeignet sind insgesamt elf Merkmale am Becken mit unterschiedlicher Ausprägung, da die Anpassung weiblicher Individuen an Schwangerschaft und Geburt ein funktionelles und damit weitgehend sicheres Kriterium darstellen (Großkopf 2007). Ebenso unterliegen Schädel- bzw. Kiefermerkmale einem deutlichen Dimorphismus und stellen daher eine relativ verlässliche Basis zur Diagnose. Doch nach Graw (1997) zeigen mehrere Merkmale mit zunehmendem Individualalter eine „Maskulinisierung“, weswegen die morphologische Beurteilung des Schädels auf das 20. bis 55. Lebensjahr beschränkt sein sollte. Ausführliche Beschreibungen dieser und weiterer Merkmale sind bei Ferembach et al. (1980), Graw (1997) und Herrmann et al. (1990) zu finden.

3.1.5 Körperhöhenschätzung

Die Schätzung der Körperhöhe ist eine Methode, welche nach der anthropologischen Befundung durchgeführt wird, um einen näherungsweisen Einblick in die Größenverhältnisse der ehemaligen Lebendpopulation zu erhalten. Die Körperhöhe ist in der Osteometrie definiert als die vertikale Distanz von der Standfläche des Fußes, dem Calcaneus, bis zur höchsten Erhebung des Kopfes an den Scheitelbeinen. Bei der Messung steht die Person mit geschlossenen Füßen voll aufgerichtet. Der Kopf wird im Sinne der Frankfurter Horizontalen gehalten (Ballreich und Baumann 1988). Da meistens nur Teile eines Skeletts überliefert sind, wurden Verfahren entwickelt, die dennoch eine Schätzung ermöglichen. So ist die Schätzung der Lebend-Körperhöhe ein Verfahren, das in der Vergangenheit durch zahlreiche Autoren mit eigenen Regressionsformeln angegangen wurde. Bei der Körperhöhe spielen zahlreiche Faktoren eine Rolle, z.B. Ethnie, Lebensraum, Zeit, Geschlecht oder auch die soziale Schicht; daher kann es eine universell gültige Formel nicht geben (Wurm und Leimeister 1986). Um dennoch eine Körperhöhe abschätzen zu können, muss eine Formel verwendet werden, die mit bekannten Parametern des untersuchten Kollektivs übereinstimmt. Das Emmeringer Gräberfeld wurde vom 5. bis 8. Jahrhundert n.Chr. belegt. Es ist daher eine Formel zu wählen, welche die säkularen Trends, also die beschleunigte Entwicklung einer jüngeren Generation gegenüber vorherigen Generationen, bestenfalls nicht beinhaltet.

Die Körperhöhenschätzung wurde für adulte Individuen aus den gemessenen Längen der überlieferten Langknochen Humerus, Radius, Femur und Tibia (Martin 1928) über lineare Regressionsformeln berechnet. Für Frauen wurden die Formeln nach Bach (1965) und für Männer die von Breitingner (1937) verwendet. Kurth (1954) und Wurm (1986) haben durch vergleichende Untersuchungen belegt, dass sich diese Vorgehensweise für die Approximation an die tatsächliche Lebendkörperhöhe für den europäischen Raum anwenden lässt. In Teilen beruhen die Berechnungsverfahren auf Daten, welche erst nach Einsetzen der säkularen Trends aufgenommen wurden (Wurm und Leimeister 1986, Rösing 1988), daher können die errechneten Werte nur näherungsweise als Angaben zur Körperhöhe bewertet werden (Grimm 1990).

3.2 Paläodemografie

Das Ziel sowie die Aufgabe der Paläodemografie ist es, vor- und frühgeschichtliche Populationen zu untersuchen und deren Aufbau, Umfang und Entwicklung mit sozialen, kulturellen und ökonomischen Aspekten in Verbindung zu bringen (Acsádi und Nemeskéri, 1957, 1970; Weiss 1976). Demografische Profile und definierte Kennwerte, also die Rekonstruktion der Lebendbevölkerung, kann aus dem Ensemble Verstorbener heraus geleistet werden (Hoppa 2002).

Zur Berechnung von Sterbetafeln werden mathematische Modelle verwendet, um Kenndaten wie die Lebenserwartung oder die Sterbewahrscheinlichkeit hervorzubringen. In der Altersgruppe unter 20 Jahren wird eine Einteilung in Fünf-Jahres-Klassen gewählt. Adulte Individuen werden in 20-Jahres-Klassen eingeteilt. Folgend werden

mehrere paläodemografische Kenngrößen definiert und deren Werte anhand etablierter Formeln zur Berechnung ermittelt. Die dadurch erzielten Ergebnisse sollen zur Einwertung der ehemaligen Lebendbevölkerung dienen.

3.2.1 Variablendefinition

Um paläodemografische Kalkulationen durchführen zu können, müssen einige Variablen definiert werden. Diese Kenngrößen sind definiert nach Acsádi und Nemeskéri (1970). Die folgenden Variablen können textlich beschrieben werden:

- x = Altersklasse
- D = Gesamtzahl der Skelette
- D_x = Anzahl der in x gestorbenen Individuen
- a = Umfang der Altersklasse in Jahren

Es folgen die Berechnungsformeln von weiteren Variablen. Formel 2 bis Formel 9 gehen auf Acsádi und Nemeskéri (1970) zurück:

Formel 2: Relativer Anteil der Gestorbenen je Altersklasse d_x .

$$d_x = \frac{D_x \square 1000}{D}$$

Formel 3: Relativer Anteil der Überlebenden je Altersklasse l_x .

$$l_x = \square_{i=x}^j d_i$$

Formel 4: Sterbewahrscheinlichkeit innerhalb der Altersklasse q_x .

$$q_x = \frac{d_x}{l_x} \square 1000$$

Formel 5: Überlebenswahrscheinlichkeit innerhalb der Altersklasse p_x .

$$p_x = 1000 - q_x$$

Formel 6: Anzahl der durchlebten Jahre je Altersklasse L_x .

$$L_x = \frac{l_x + l_{x+1}}{2} \square a$$

Formel 7: Gesamtzahl der noch zu durchlebenden Jahre T_x .

$$T_x = \square_{i=x}^j L_i$$

Formel 8: Durchschnittliche Lebenserwartung mit Eintritt in die Altersklasse e_x .

$$e_x = \frac{T_x}{l_x}$$

Formel 9: Berechnung der Mortalitätsrate Q .

$$Q = 1 - \frac{l_{x+1}}{l_x}$$

3.2.2 Sterbetafel

Eine morphologische Bestimmung des Sterbealters ist niemals exakt genug. Die Abhängigkeit der morphologischen Alterskriterien von der entsprechenden Referenzserie führt zu Artefakten. So haben Bocquet und Masset (1982) eine kritische Diskussion um die Sinnhaftigkeit von Sterbetafeln entfacht, welche bis heute nicht abgeschlossen ist (Grupe et al. 2015a).

Die Sterbetafel bildet eine Basis zur Rekonstruktion und Interpretation der Bevölkerungsverhältnisse einer vergangenen Lebendpopulation. Eine Grundvoraussetzung zur demographischen Rekonstruktion ist eine solche valide berechnete Sterbetafel (Hoppa 2002). Eine kritische Größe innerhalb der Paläodemographie ist daher die Bestimmung des individuellen Sterbealters, da jedes Sterbealter, das in die Formel eingeht, relevant für das Ergebnis ist. Die Sterblichkeit, separiert nach Alter und Geschlecht der Individuen, dient als Grundlage zur Rekonstruktion der Lebendbevölkerung.

Zur Berechnung einer Sterbetafel wird vereinfachend von einer stationären Bevölkerung ausgegangen (Acsádi und Nemeskéri 1970), hier wird angenommen, dass die Geburtenrate der Sterberate gleichgesetzt werden kann. Weiters wird angenommen, dass die gefundenen Individuen zu einer Kohorte gehören. Das bedeutet im demographischen Kontext, dass alle Individuen im selben Zeitraum (meist: ein Jahr, kann aber auch eine Dekade umfassen) geboren wurden. In der Paläodemographie ist der Belegungszeitraum (bzw. der Belegungszeitraum einzelner Bestattungsareale) gemeint. Die Skelette werden den bekannten Altersklassen zugeordnet. Im subadulten Bereich bis 20 Jahre wurden dazu Gruppen im 5-Jahres-Segment gebildet, darüber ab der Adultas bis zur Senilis 7-Jahres-Segmente. Die höchste Altersklasse der Senilis wurde mit einer 20-Jahres-Klasse gebildet. Nach den Formeln im folgenden Abschnitt wurden dann demographische Kenngrößen berechnet und für das Reihengräberfeld bei Emmering ermittelt (nach Acsádi und Nemeskéri 1970, Grupe et al. 2005, Grupe et al. 2015a, Strott 2006).

Zur Berechnung der Sterbetafel werden zunächst demographische Kennwerte erhoben, wie beispielsweise die Sterblichkeitsverhältnisse der damaligen Bevölkerung oder die *mittlere ferne Lebenserwartung*. Wichtig ist, dass hierbei mehrere Modellannahmen getroffen werden, welche eine Berechnung überhaupt erst möglich machen. Für die Auswertung und Interpretation bedeutet dies damit zugleich, dass die ermittelten Ergebnisse das demographische Profil einer damaligen Lebendbevölkerung im besten Fall näherungsweise beschreiben können. Um die Daten mit einem gewissen Vertrauenswert betrachten zu können, muss die Datenerhebung nach standardisierten Methoden erfolgen (z.B. standardisierte Methode zur Bestimmung von Geschlecht und Sterbealter) und statistisch nachgewiesen sein, dass es sich beim untersuchten Skelettkollektiv um einen repräsentativen Ausschnitt der damaligen Lebendbevölkerung handelt (Grupe et al. 2015a).

Da die Anzahl von Frauen im reproduktionsfähigen Alter der limitierende Faktor für ein Bevölkerungswachstum ist (Grupe 1990), ist es ratsam, je Geschlecht eine eigene Sterbetafel zu erstellen (Grupe et al. 2015a).

3.2.3 Sterbewahrscheinlichkeit

Aus der Sterbetafel nach Acsádi und Nemeskéri (1970) können zwar die Sterbewahrscheinlichkeit im ersten Jahr (${}_1q_0$), in den ersten fünf Jahren (${}_5q_0$), sowie die Lebenserwartung zum Zeitpunkt der Geburt (e_x^0) abgelesen werden, jedoch haben die Berechnungen von Bocquet und Masset (1977) den Vorteil, dass sie die Altersgruppe der 0- bis 4-Jährigen nicht mit einbeziehen (vgl. Formel 10 für ${}_1q_0$, Formel 11 für ${}_5q_0$ und Formel 12 für e_x^0). Bei diesen Formeln ist der kritische Anteil von Kleinkindern nicht enthalten. Außerdem differenzieren diese Formeln nicht zwischen adulten, maturen oder senilen Altersgruppen, weil diese Altersgruppen in einer Altersklasse vereint werden. Auf diese Weise werden die größten und wahrscheinlichsten Schätzfehler umgangen (Grupe et al. 2015a). Folglich lauten die Formeln für die Sterbewahrscheinlichkeit:

Formel 10: Sterbewahrscheinlichkeit im ersten Lebensjahr nach Bocquet und Masset (1977), ω = maximal erreichbares Lebensalter.

$${}_1q_0 = 0,568 \sqrt{\log_{10}\left(\frac{200 \square D_{5-14}}{D_{20-\omega}}\right)} - 0,438 \pm 0,016$$

Formel 11: Sterbewahrscheinlichkeit in den ersten fünf Lebensjahren nach Bocquet und Masset (1977), ω = maximal erreichbares Lebensalter.

$${}_5q_0 = 1,154 \sqrt{\log_{10}\left(\frac{200 \square D_{5-14}}{D_{20-\omega}}\right)} - 1,014 \pm 0,041$$

3.2.4 Lebenserwartung

Die Lebenserwartung innerhalb einer erreichten Altersklasse gibt Auskunft über die Vitalität einer Population. Die Lebenserwartung zum Zeitpunkt der Geburt wird mit e_0^0 beschrieben und kann direkt aus der Sterbetafel abgelesen werden. Bocquet-Appel und Masset (1977) haben eine Formel entwickelt, über welche die Lebenserwartung zum Zeitpunkt der Geburt geschätzt werden kann. Diese ist der wichtigste Kennwert, da er das Ausmaß an Neugeborenen-Sterblichkeit widerspiegelt. Sie ist somit eine gute Messgröße für den Gesundheitszustand der Bevölkerung (Grupe et al. 2015a).

Wie anhand der Variablen innerhalb der Formel abgelesen werden kann, wird zur Berechnung die Altersklasse der 5-14-Jährigen verwendet; Kleinkinder gehen im Umkehrschluss also nicht in die Berechnung ein. Dies wiederum schließt eine Verfälschung des

Ergebnisses durch ein mögliches Kleinkinderdefizit³³ großteils aus (Strott 2006). Die Berechnung erfolgt über die nachstehende Formel:

Formel 12: Lebenserwartung zum Zeitpunkt der Geburt nach Bocquet und Masset (1977), ω = maximal erreichbares Lebensalter.

$$e_x^0 = 78,721 \cdot \log_{10} \sqrt{\frac{1}{\frac{D_{5-14}}{D_{20-\omega}}}} - 3,384 \pm 1,503$$

3.2.5 Repräsentanz der Skelettserie

Bei der Analyse der Demographie einer vergangenen Bevölkerung ist die Frage nach der Repräsentanz ebenjener Auswertung wichtig (Weiss 1973). Nur wenn die Repräsentanz gegeben ist, sind Rückschlüsse auf Populationsebene, basierend auf den Tabellen zur Paläodemographie, valide. Daher müssen gewisse Anforderungen an das Arbeitsfeld der Archäologie gestellt werden. Langenscheidt (1985) statuiert, dass nur eine vollständige Bergung aller Skelettreste sowie die genaue Kenntnis des Belegungszeitraumes des Gräberfeldes eine aussagekräftige demographische Rekonstruktion der Bevölkerung erlaubt. Ein vollständig ergrabenes Gräberfeld ist in der Praxis jedoch unwahrscheinlich, da es entweder historisch oder modern gestört sein kann. So trivial es klingen mag: Skelette können aufgrund von moderner Überbauung in einem Bereich liegen, der nicht Teil der Grabung ist, womit diese Skelette nicht erfasst werden können; selbst, wenn dann der fehlende Anteil des Bestattungsareals geschätzt werden kann, verbleibt noch immer die Frage offen, ob das vorliegende Material als repräsentativ für die damalige Lebendbevölkerung gelten kann (Grupe et al. 2015a). Auch ein komplett ausgegrabenes Bestattungsareal muss nicht zwingend repräsentativ sein, da z.B. ein Klosterfriedhof nur einen selektiven Ausschnitt der Bevölkerung abbildet.

Darüber hinaus kann die Berechnung der durchschnittlichen Lebenserwartung verfälscht werden, wenn Tote einer bestimmten Altersgruppe aus einer Bevölkerung aufgrund von Sonderbestattungen nicht im allgemeinen Bestattungsort aufgefunden werden (Schwidetzky 1967). Dies kann für bestimmte Bevölkerungsgruppen wie z.B. den Klerus gelten oder aber durch ein Schlachtereignis verursacht worden sein (Wahl 1994, Ulrich-Bochsler 1997). Der Begriff *paläodemografische Selektion* bezeichnet solche Ereignisse, welche zu Veränderungen zwischen der demografischen Population Verstorbener im Vergleich zu denen der ehemaligen Lebendbevölkerung führen und deren Einfluss nicht immer sicher rekonstruierbar ist (Grupe et al. 2012). Zu solchen Ereignissen zählt exemplarisch, dass sich unter den Bestatteten Individuen befinden, welche ursprünglich nicht Teil der ehemaligen Lebendbevölkerung waren. Außerdem können Individuen fehlen, welche einst Teil der Gesamtpopulation waren, dann jedoch abgewandert sind und andernorts bestattet wurden (Grupe et al. 2015a). Daher sind

³³ Als Kinderdefizit wird die Differenz von Kindersterblichkeitsrate und der tatsächlich beobachteten, bzw. archäologisch fassbaren Zahl von Kinderbestattungen in einer Epoche bezeichnet. Für frühmittelalterliche Gräberfelder wird angenommen, dass ein Kinderdefizit vorliegt (Kölbl 2004).

paläodemografische Analysen immer im Hinblick auf die erwartete Population in puncto Plausibilität und Wahrscheinlichkeit zu prüfen, ob der ergrabene Anteil von Skelettindividuen einen repräsentativen Ausschnitt der ehemaligen Lebendbevölkerung darstellen kann (Grupe et al. 2015a).

Um die Repräsentanz einer Skelettserie zu überprüfen, muss zunächst eine Methode zur Prüfung von Repräsentanzkriterien festgelegt werden. Basierend auf mathematischen Modellen zur Berechnung der Sterbetafeln (Acsádi und Nemeskéri 1970) kann die Sterbewahrscheinlichkeit der betrachteten Skelettserie errechnet werden (S. 49). Eine andere Möglichkeit ist der Vergleich mit den Modellsterbetafeln der Vereinten Nationen von 1955. Letzte Methode ist jedoch umstritten, da damit historische Bevölkerungen mit nahezu rezenter Bevölkerung verglichen würde (Herrmann et al. 1990).

Eine weitere Methode ist die Kalkulation nach Weiss (1973), deren Regel besagt, dass die 10 bis 14-jährigen einer Population die geringste Sterbewahrscheinlichkeit haben. Zeitgleich sollten juvenile und frühadulte Individuen ein geringeres Sterberisiko aufweisen als die Säuglinge. Es muss gelten: $Q_{10} < Q_{15}$ und $Q_0 > Q_{15}$.

Die Zahl der 5- bis 9-Jährigen soll nach Bocquet und Masset (1977) immer mindestens doppelt so hoch sein wie die Zahl der 10- bis 14-Jährigen (vgl. Formel 13), da sich im weltweiten Vergleich gezeigt hat, dass dieses Verhältnis als valide Kenngröße verwendet werden kann. Außerdem soll nach Bocquet und Masset (1977) gelten: das Verhältnis der 5- bis 14-Jährigen zu den über 20-Jährigen ist $\geq 0,1$ (vgl. Formel 14).

Formel 13: Verhältnis der verstorbenen 5- bis 9-Jährigen zu den verstorbenen 10- bis 14-Jährigen nach Bocquet und Masset (1977).

$$\frac{D_{5-9}}{D_{10-14}} \geq 2$$

Formel 14: Verhältnis der verstorbenen 5- bis 14-Jährigen zu den verstorbenen Erwachsenen, nach Bocquet und Masset (1977).

$$\frac{D_{5-14}}{D_{20-\infty}} \geq 0,1$$

Sind beide Formeln erfüllt, so kann davon ausgegangen werden, dass die ergrabene Skelettserie als repräsentativ für die ehemalige Lebendbevölkerung stehen kann.

3.2.6 Maskulinitätsindex

Neben der Repräsentanz einer Skelettserie gibt es auch weitere Indizes, welche einen Hinweis auf die Zusammensetzung einer Bevölkerung geben können. Dazu gehört der Maskulinitätsindex, abgekürzt *MI*, der aus dem zahlenmäßigen Verhältnis von erwachsenen Frauen und Männern einer Population gebildet wird (Chamberlain 2006). Die Berechnung geschieht über folgende Formel:

Formel 15: Berechnung des Maskulinitätsindex *MI*.

$$\text{MaskulinitätsIndex}(MI) = \frac{n(\text{Männer})}{n(\text{Frauen})} \square 100$$

Liegt der *MI* um den Wert 100, so ist das Geschlechterverhältnis ausgeglichen. Ein $MI < 100$ bedeutet einen Frauenüberschuss, wohingegen ein $MI > 100$ einen Männerüberschuss darstellt. Anhand des *MI* können Aussagen über das Entwicklungspotential einer Bevölkerung gemacht werden (Grupe et al. 2015a). Ein deutlich von 100 abweichender *MI* (S. 50) kann das Resultat einer paläodemographischen Selektion sein (Grupe et al. 2015a). Den limitierenden Faktor in Bezug auf das Bevölkerungswachstum stellen Frauen im reproduktionsfähigen Alter dar (Grupe 1990).

3.2.7 Abhängigenindex

Der Abhängigenindex *AI* bezeichnet das Verhältnis von wirtschaftlich abhängigen Mitgliedern der Bevölkerung von den gesunden und arbeitsfähigen Altersgruppen (Grupe et al. 2005). Es gibt wenige diachrone Vergleiche, welche deutliche Schwankungen des *AI* zwischen den Fundkomplexen aufzeigen (Acsádi und Nemeskéri 1970, Herrmann 1987, Strott 2006), jedoch keine plausible Interpretation erlauben.

Formel 16: Verhältnis der verstorbenen 0- bis 14-Jährigen zu den verstorbenen Erwachsenen, nach Bocquet und Masset (1977).

$$\text{Abhängigenindex}(AI) = \frac{\%D_{0-14} + \%D_{60-99}}{\%D_{15-59}}$$

Der *AI* ist somit eine mathematische Funktion des prozentualen Anteils von Individuen in den jeweiligen Altersklassen. Die anthropologische Untersuchung kann das Sterbealter Erwachsener nicht jahresgenau liefern. Darum unterliegt der *AI* immer einer gewissen Unschärfe. Diese verzerrt die gegebenen Verhältnisse aber nicht ernsthaft, da Skelette der Altersgruppe Senilis in der Regel gut bestimmbar sind (Grupe et al. 2015a).

Die Altersgruppen, welche von der Fürsorge anderer abhängig sind, sind in der Formel für moderne Demographie als Kinder und Heranwachsende bis zum 14. Lebensjahr, sowie Menschen ab dem 60. Lebensjahr definiert. Dafür ursächlich mag sein, dass der Index für rezente Populationen entwickelt, allerdings wenig kritisch auf historische Populationen übertragen wurde (Grupe et al. 2015a).

Die verwendeten Variablen scheinen unter Betrachtung der historischen Gegebenheiten zu weit gefasst zu sein. Nach Grupe et al. (1991b) besteht eine Unschärfe darin, dass Kinder und Jugendliche selbstverständlich bei der Versorgung der eigenen Familie mit eingebunden wurden. Arnold (1980) berichtet, dass Kinder im Mittelalter ab ihrem siebten Lebensjahr als alt genug angesehen wurden, einem eigenen Broterwerb nachzugehen oder zu dem der Familie beizutragen. Dass Jugendliche über 12 Jahren also

noch komplett versorgt worden sein sollen, ist daher kaum vorstellbar. Die Variable $\%D_{0-14}$ ist daher aller Wahrscheinlichkeit nach für (prä-) historische Bevölkerungen zu weit gefasst. Dass in dieser Zeit ältere Menschen ab dem 60. Lebensjahr mehrheitlich die Unterstützung der jüngeren Bevölkerungsanteile in Anspruch nahmen, ist hingegen denkbar (Herrmann 1987, Grupe et al. 2015a).

Unter Berücksichtigung dieser Umstände wurde für dieses Reihengräberfeld die Formel von Bocquet und Masset (1977) adaptiert. Als abhängig werden Individuen von Geburt bis zehn Jahren betrachtet, als versorgend gelten Individuen zwischen elf und 59 Jahren. Wiederum abhängig werden Menschen ab dem 60. Lebensjahr betrachtet. Somit ergibt sich folgende adaptierte Formel:

Formel 17: Verhältnis der verstorbenen 0- bis 10-Jährigen zu den verstorbenen 11 bis 59-Jährigen, adaptiert nach Bocquet und Masset (1977).

$$\text{Abhängigenindex}(AI) = \frac{\%D_{0-10} + \%D_{60-\omega}}{\%D_{11-59}}$$

3.2.8 Schätzung der Populationsgröße

Die Schätzung der ehemaligen Lebendpopulationsgröße ist eine Aufgabe der (Paläo-) Demografie. Aus den Daten der Sterbetafel heraus kann die Größe der Lebendpopulation geschätzt werden. Damit diese valide ermittelt werden kann, werden einige Variablen benötigt. Besonders wichtig ist die Belegdauer T des Bestattungsareales, diese ist in der Formel als Divisor enthalten und hat somit einen markanten Einfluss auf das Ergebnis. Eine nahe Eingrenzung der Belegdauer trägt somit zu einer adäquateren Schätzung der gleichzeitig lebenden Personen der damaligen Population bei (Grupe et al. 2015). Die Kenntnis der Belegdauer erlaubt neben der Schätzung der durchschnittlichen Populationsgröße auch die Anteile von Kindern und Alten pro Haushalt, die jeweilige Haushaltgröße, sowie Geburts-, Sterbe- und Zuwachsraten (Acsádi und Nemeskéri 1957, Angel 1969).

Variablendefinition:

P = Größe der Lebendpopulation

T = Belegdauer des Bestattungsareales

k = Korrekturfaktor

Formel 18: Berechnung der Kopfzahl der zum Gräberfeld zugehörigen Siedlung nach Acsádi und Nemeskéri (1987).

$$\text{Kopfzahl der zugehörigen Siedlung} \quad P = \frac{\sum D_x \cdot e^0}{T} + k$$

Korrekturfaktor $k = 10\%$

$$P \approx 1,1 \frac{D_x}{T} e$$

Der Korrekturfaktor k wird verwendet, um mögliche Fehler in der Bestimmung der Größe der Population auszugleichen. Dieser Wert von 10 % basiert auf historischen Daten. Zwei Eventualitäten sind hierbei die Abwanderung oder Bestattung von früheren Angehörigen der Bevölkerung auf anderen Gräberfeldern. Dies würde bei der Verwendung eines stationären Bevölkerungsmodells nicht berücksichtigt (Acsádi und Nemeskéri 1970, Drenhaus 1988, Herrmann 1987, Herrmann et al. 1990).

3.2.9 Mortalitätsrate

Die Mortalitätsrate einer Population ist ein Indiz für deren Entwicklung. Bocquet-Appel und Masset (1977) haben eine Regressionsgleichung zur Berechnung der Mortalitätsrate erstellt. Diese unterliegt der Prämisse, dass in einer stationären Bevölkerung die Mortalitätsrate m gleich der Natalitätsrate n ist. Herrmann (1987) führt aus, dass Langenscheidt (1985), auf Basis dieser Regressionsgerade, rechnerisch zahlreiche mittelalterliche Populationen rekonstruieren konnte.

Formel 19: Berechnung der Mortalitätsrate nach Bocquet-Appel und Masset (1977).

$$m = 0,127 \frac{D_{5-14}}{D_{20-\omega}} + 0,016 \pm 0,002$$

$$\text{Mortalitätsrate}(m) = \text{Natalitätsrate}(n)$$

3.2.10 Wachstumsrate

Auch die Kenntnis der Wachstumsrate einer vergangenen Population kann der Einschätzung dienlich sein. Dafür brachten Bocquet-Appel und Masset (1970) die nachfolgende Formel zur Berechnung der Wachstumsrate t hervor. Hierbei wird der proportionale Anteil von Jugendlichen (5 – 14 Jahre) und der alten Menschen (60 - ω) bezogen auf die Erwachsenen ab 20 Jahren. Dieser Bezug wurde empirisch ermittelt und berechnet die Wachstumsrate ohne auf die Variable *Lebenserwartung zum Zeitpunkt der Geburt* angewiesen zu sein.

Formel 20: Berechnung der Wachstumsrate einer Bevölkerung, nach Bocquet-Appel und Masset (1977).

$$t = 1,484 \left[\log_{10} \left(200 \frac{D_{5-14}}{D_{20-\omega}} \times \frac{D_{60-\omega}}{D_{20-\omega}} \right) \right]^{0,03} - 1,485 \pm 0,006$$

3.3 Veränderungen am Skelett durch Pathologien und Fremdeinwirkung

3.3.1 Aktivitätsmuster / Muskelansatzstellen

Die Betrachtung der Muskelansatzstellen erlaubt eine näherungsweise Interpretation der Bewegungsabläufe. Wie jeder unter physischer Beanspruchung stehende Komplex ist auch das Skelett mit seinen beweglichen Komponenten anfällig für natürliche Abnutzung, Fehlfunktionen und Verletzungen. Mögliche Ursachen dafür sind auch die

Folgen von Erkrankungen oder Gewalteinwirkung; ebenso kann eine angeborene Fehlbildung im weiteren Sinne Veränderungen am Skelett hervorrufen. Die meisten Umformungen am Skelett werden jedoch anhand von degenerativen Prozessen ausgelöst (Grupe et al. 2015a).

Ein großer Zugewinn für die Interpretation liegt daher in der Betrachtung der Auswirkung der jeweiligen skelettalen Veränderung auf die Bewegungsfähigkeit und möglicherweise damit verbunden den Tagesablauf des Betroffenen. Während der Gelenkstatus als ein wichtiges Merkmal zur Beurteilung dient, können Enthesiopathien und die Ausprägung der Muskelansatzstellen ebenso als Skelettmarker dienen, um die Folge mechanischen Stresses auf den Bewegungsapparat zu dienen (Grupe et al. 2015a). Die Beurteilung der Muskelansatzstellen wurde nach Methoden von Herrmann et al. (1990) durchgeführt und floss in den anthropologischen Befund ein.

3.3.2 Wirbelsäulenstatus

Aufgrund hoher physischer Belastung kann insbesondere die Wirbelsäule stark in Mitleidenschaft gezogen werden. Häufig tritt aufgrund einseitiger mechanischer Belastung eine *Spondylosis deformans* auf, welche grundsätzlich auch mit höherem Individualalter auftreten kann. Erkennbar ist sie anhand Randwulsten an Wirbelkörpern und knöchernen Überbrückungen, im Endstadium auch als Blockwirbel bekannt (Stloukal et al. 1970). Um den Status der Wirbelsäule beurteilen zu können, wurden die Wirbelkörper und Wirbelbogengelenke (sofern überliefert) von erwachsenen Individuen untersucht. Ebenso wurden nur solche Gelenke bewertet, welche mindestens zu 60 % beurteilt werden konnten. Nicht der Position zuordenbare Wirbel sind nicht in die Auswertung eingeflossen. Die Ausprägung einer degenerativen Veränderung wurde im Befundbogen nebst Verortung derselben deskriptiv festgehalten.

Ergänzend wurden *Schmorlsche Knorpelknötchen (SKK)* und aufgetretene *Osteophyten* notiert. *SKK* sind muldenförmige Impressionen eines Wirbelkörpers (Schmorl und Junghanns 1957, Dihlmann 1987). Sie entstehen nach belastungsbedingter Verschiebung des *Nucleus pulposus* der Bandscheibe. Dadurch entstehen *osteolytische Kavernen*, in welche der Knorpel eindringt und diese Kavernen auskleidet (Schultz 1988, Czarnetzki 1996). *Osteophyten* sind knöcherne Ausziehungen an den Rändern der Wirbelkörper mit einer Länge von bis zu 3 mm (Schultz 1988). Meist sind sie eine Folge einer fortschreitenden Bandscheibendegeneration (Czarnetzki 1996, Böcker et al. 2001). Sonstige aufgefallene pathologische Defekte an der Wirbelsäule, wie *Ankylosen* oder inflammatorische Prozesse werden ebenfalls vermerkt³⁴.

3.3.3 Zahnbefunde

Zur Erfassung des Befunds eines Gebisses wurden zahnärztliche Instrumente wie Zahnsonde und Mundspiegel verwendet. Postmortal ausgefallene Zähne wurden an der

³⁴ Die pathologischen Veränderungen wurden alle in der Excel-Datei „Inventar“ (vgl. Kapitel 4.2) neben dem zugehörigen Skelettelement, an welchem der Defekt aufgefunden wurde, festgehalten.

korrekten Stelle wieder in den Zahnbogen eingesetzt (Timmermann 2009). Zur Notation wurde ein internationales Schema verwendet: I = Incisivus, C = Caninus, P = Prämolare, M = Molar (FDI System 1971). Wie die Alveole beschaffen ist, also wie scharfkantig die Ränder ausfallen und ob es eine Auffüllung mit neu gebildetem Knochenmaterial gab, erlaubten eine Unterscheidung zwischen intravitalen und postmortalen Zahnverlusten (Herrmann et al. 1990).

3.3.3.1 Zahnstatus

Der individuelle Zahnstatus wurde nach einem standardisierten Schema notiert (vgl. Befundbogen im Anhang, S. 354 bzw. S. 355). Nach dem *Global History of Health Standard* (Steckel et al. 2006) wurden folgende Daten festgehalten:

- Zahl der beurteilbaren Zahnpositionen³⁵
- Zahl der vorhandenen, durchgebrochenen Zähne
- Zahl von Zähnen mit Karies
- Zahl intravital ausgefallener Zähne
- Zahl von apikalen Zahnwurzelabszessen

Grundsätzlich wurden nur Zähne des bleibenden Gebisses ausgewertet und nach dem FDI-Schema erfasst. Genauer gesagt wurde jeder Zahn betrachtet, der durch den Kieferbruch und den dortigen chemisch-physikalischen Bedingungen der Mundhöhle ausgesetzt war (Timmermann 2009). Milchzähne flossen nicht in die Auswertung ein. Es wurde eine makroskopische Betrachtung von Kiefer und Zähnen vorgenommen. Dies ist besonders für die dritten Molaren zu beachten. Sie befinden sich für eine lange Zeit im Kieferknochen verborgen und können erst spät die finale Stellung im Gebiss erreichen. Es ist daher möglich, dass vereinzelt dritte Molaren aus gerade genanntem Umstand nicht in den Befundbogen aufgenommen wurden.

3.3.3.2 Zahnpathologien

Eine Karies wird anhand ihrer Lokalisation am betroffenen Zahn und anhand des Ausprägungsgrades der Läsion beschrieben. Gibt es mehrere Läsionen an einem Zahn, so wird die stärkste Kavität bewertet. Mit der Karieslokation ist die Verortung an Zahnkrone oder Zahnhals gemeint.

Die Kariesfrequenz beschreibt den Anteil von an Karies erkrankten Individuen innerhalb eines Skelettkollektivs. Die Kariesintensität spiegelt die Anzahl erkrankter Zähne bezogen auf alle Zähne im Skelettkollektiv wider (Herrmann et al. 1990).

3.3.4 Traumata

Aufgabe der anthropologischen Untersuchung ist die Feststellung, ob aufgefundene Modifikationen am Knochen intravital, perimortal oder postmortal entstanden sind. Die Morphologie (und Färbung) nahe den Bruch-/Schnitt-/etc.-Kanten, wie auch der Umriss des Defekts kann hierüber Aufschluss geben (Grupe et al. 2015a). Die häufigsten traumatischen Ereignisse sind Frakturen, stumpfe Gewalteinwirkung, scharfe Ge-

³⁵ Bei einem voll ausgebildeten Erwachsenengebiss: 32 Zähne.

walteinwirkung, halbscharfe Gewalteinwirkung, Schussverletzungen und chirurgische Eingriffe (Herrmann et al. 1990, Grupe et al. 2015a). Befindet sich ein Knochen im Prozess der Frakturheilung, so kann ermittelt werden, in welcher Verheilungsphase sich das Skelettelement befindet. Dies kann einen Hinweis darauf geben, ob ein traumatisches Ereignis gut verheilt oder ggfs. perimortal einzuordnen ist. Wenn mehrere Knochen eines Individuums unverheilte Defekte oder Verletzungsspuren im gleichen Verheilungsschritt aufweisen, so charakterisiert dies ein Polytrauma (Grupe et al. 2015a).

Wenngleich Schussverletzungen für das Reihengräberfeld in Emmering aufgrund der Zeitstellung auszuschließen sind, können chirurgische Eingriffe im Bereich des Möglichen liegen. Zäuner (2016) beschrieb die älteste bekannte Handamputation, sie datiert auf etwa 4200 Jahre v.Chr.

Traumata wurden in der Excel-Datei „Inventar“ (vgl. Kapitel 4.2) neben dem zugehörigen Skelettelement, an welchem das Trauma aufgefunden wurde, notiert.

3.3.5 Weitere Pathologien und Discreta

Pathologische Befunde und Auffälligkeiten³⁶ wie *Cribra orbitalia*, *Cribra cranii* oder *Pacchionische Granulationen* wurden makroskopisch gesichtet und beurteilt, sowie im Befundbogen erfasst. Besondere Fälle wurden fotografisch dokumentiert.

3.3.6 Anatomische Skelettvarianten

Anatomische Skelettvarianten sind eine Gruppe morphologisch erfassbarer Strukturen, welche einige Hundert kraniale (Berry und Berry 1967) sowie postkraniale Skelettmerkmale (Brothwell 1981) umfassen. Sie bilden Varianten der mehrheitlich anzutreffenden anatomischen Merkmalsausprägung (Grupe et al. 2015a). Nach Saunders und Rainey (2008), mit Ergänzungen von Grupe et al. (2015a) haben folgende Kategorien, dargestellt in Tab. 105 im Anhang, praktische Bedeutung:

Aufgrund diverser Namensgebungen für diese Varianten³⁷ wird in dieser Arbeit der Empfehlung nach Grupe et al. (2015a) gefolgt, den Terminus *Anatomische Skelettvariante* (ASV) zu verwenden. Allgemein gilt für ASV, dass sie anatomische Normabweichungen in Bau, Größe und Form darstellen können. Anders als Fehlbildungen und Anomalien sind ASV nicht mit funktionellen Einschränkungen oder medizinischen Erscheinungen verbunden, schränken also üblicherweise den Alltag nicht ein oder sind unauffällig und werden manchmal vom Träger bis zu einem Zufallsbefund gar nicht

³⁶ Jede Pathologie wurde in der Excel-Datei „Inventar“ (vgl. Kapitel 4.2) neben dem zugehörigen Skelettelement, an welchem die Pathologie aufgefunden wurde, notiert. Bestand die Pathologie noch nicht, so wurde eine neue Spalte eingefügt. Bestand die Pathologie bereits, so wurde in der betreffenden Spalte und der zum Befund gehörigen Zeile die Anzahl der Häufigkeit des Auftretens festgehalten.

³⁷ Diverse Termini sind nach Rösing (1982), ergänzt durch neuere Nennungen aus Grupe et al. (2015a): Skelett-„Anomalien“ (Anderson 1968), diskontinuierlich variierende (Ossenberg 1970), semi-kontinuierliche (Reich et al. 1972) oder quasi-kontinuierliche (Thoma 1981) Discreta (Rösing 1982), nicht-metrische (Saunders 1989), epigenetische (Hauser und De Stefano 1989) oder anatomische Varianten (Herrmann et al. 1990).

bemerkt. Diese Abgrenzung ist nicht immer konsistent, da eine atavistische Halsrippe (ein Beispiel eines akzessorischen Knochens) zwar als ASV betrachtet wird, jedoch zu einem Skalenussyndrom (=Halsrippensyndrom) führen kann, welches medizinisch eine Beeinträchtigung der Nerven des Armgeflechts sowie der Blutzirkulation der *Arteria subclavia* oder *Vena subclavia* bedeuten kann (Urschel und Razzuk 1998).

3.4 Degenerative Veränderungen der vier großen Gelenke

Um die Aktivitätsmuster erschließen zu können, ist ebenfalls die Verteilung von degenerativen Veränderungen an den vier großen Gelenken relevant. Im Allgemeinen nehmen die Häufigkeit von primären degenerativen Veränderungen, sowie deren Ausprägung, mit höherem Individualalter zu. Wenn so geartete Veränderungen bereits in jungen Jahren auftreten, so muss von einer starken (Arbeits-)Belastung ausgegangen werden (Schmorl und Junghanns 1968). Als *Arthrosis deformans* oder Arthrose werden degenerative Erkrankungen der Gelenksflächen bezeichnet. Als Folge eines Missverhältnisses von Belastbarkeit und mechanischer Belastung eines Gelenks, entstehen diese Gelenkschäden (Cotta und Puhl 1993, Posselt 1997).

Die vier großen Gelenke der oberen und unteren Extremität sind: Schulter, Ellenbogen, Hüfte und Knie. Der Arthrosegrad, also die Ausprägung der degenerativen morphologischen Veränderungen an den Gelenken der jugendlichen und erwachsenen Individuen wird hierbei in sieben Schweregrade eingeteilt. Grad eins und zwei sind als normale altersbedingte Verschleißerscheinungen und somit nicht als pathologisch einzustufen. Ab einem Schweregrad von ≥ 2 wird das Gelenk als krankhaft verändert bezeichnet. Die Gelenkfläche und der Gelenkrand können separat voneinander beurteilt werden. Der sog. Arthroseindex ist kennzeichnend für die Schwere der Erkrankung eines Gelenks. Die Berechnung verläuft durch Ermittlung des arithmetischen Mittels der Schweregrade des jeweils untersuchten Gelenks.

3.5 Strontiumisotopenanalyse ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)

3.5.1 Probenvorbereitung zur Säulentrennung von Zahnschmelzproben

Testweise wurden an Unterstichproben die Strontiumisotopendaten untersucht. Die Probenaufreinigung wurde nach dem folgenden Schema für Spurenelemente (nach Toncala et al. 2017) mit Einweghandschuhen durchgeführt:

1. Die Zähne wurden im Ultraschallbad in einem Becherglas, gefüllt mit Aqua deion., bei 35 kHz gewaschen. Das Wasser wurde dabei so oft gewechselt, bis es klar blieb. Die Proben wurden zwei bis drei Tage zum Trocknen auf ein Vlies gelegt.
2. Der Zahnschmelz wurde vom Dentin mechanisch mittels eines Metallmörser getrennt.
3. Der Zahnschmelz wurde zweimal für fünf Minuten mit konzentrierter Ameisensäure (HCOOH) in einem Becherglas im Ultraschallbad bei 35 kHz angeätzt. Das Anätzen mit einer starken, ungepufferten Säure ist notwendig, um Kontaminationen durch Karbonate und diagenetisch verändertem Material zu entfernen, welches sich an der Oberfläche angelagert haben könnte (Price et al. 1992). Dann wurden die Proben gespült

- (mit Aqua deion.), bis sie einen pH-Wert von 5,5 erreichten, um leicht lösliche Rekrystallisationsprodukte zu entfernen.
4. Nun erfolgte die Veraschung der organischen Matrix in einem Muffelofen bei 500 °C für 12 Stunden. Dadurch wird die organische Fraktion (Kollagene und nicht-kollagene Proteine) aus den Proben entfernt. Das Aschegewicht wird nach Abkühlen auf Raumtemperatur notiert, um die Apatitausbeute zu erhalten.
 5. Als abschließenden Schritt werden die Proben mittels einer Kugelmühle (ZrO₂ Becher) zu einem feinen Puder homogenisiert.
 6. Von den so aufgereinigten Proben wurden jeweils 15-30 mg (max. 50 mg) mit der Feinwaage in Teflongefäße für 3 ml Volumen abgewogen.
 7. Für die Lösung in Säure wurde zu den Proben ca. 1 ml konzentrierte Salpetersäure (HNO₃^{**}, Supra-Qualität, 65 %) pipettiert. Die Teflongefäße wurden anschließend fest verschlossen bei 120 °C für ca. 24 h auf eine säureresistente Heizplatte gestellt.
 8. Die Säure anschließend über Nacht auf der Heizplatte im Abzug bei 120°C abrauchen.
 9. Die Proben wurden jeweils in 1 ml 6,5 N Salpetersäure (HNO₃^{***}, Ultra-Qualität) 20 Minuten lang auf einer Heizplatte bei 100 °C aufgelöst, und waren so bereit für die Säulentrennung.

Zur Überprüfung der Probenaufbereitung wurde ein Knochenstandard (National Bureau of Standards and Technology/USA NBS 1400 bone ash) derselben Prozedur unterzogen wie die zu untersuchenden Proben. Dieser wurde zunächst bei 50 °C im Trockenschrank erwärmt, anschließend für zehn Minuten geschüttelt und davon etwa 20 bis 30 mg in Teflonbecher eingewogen und aufgeschlossen.

3.5.2 Probenvorbereitung für die Säulentrennung von Bodenproben

Vor der Strontiumisotopenanalyse wurde die Probenaufreinigung an Bodenproben nach dem folgenden Schema für Spurenelemente (nach Schweissing und Grupe 2003a) durchgeführt:

1. Die Bodenproben werden mit einem 0,5 mm Netzsieb gesiebt, um nur Probenmaterial der gewünschten Granularität für die weitere Bearbeitung zu erhalten
2. 300 mg der Bodenprobe werden in 5 ml Teflonbecher eingewogen
3. Anschließend werden 2 ml 35 % Salzsäure (HCl supra) zugegeben
4. Proben bei 120 °C über Nacht auf der Heizplatte aufschließen
5. Proben bei 100 °C abrauchen (offener Deckel)
6. 1 ml Salpetersäure (HNO₃, 65 % supra) zugeben
7. Aufschluss bei 100 °C über Nacht
8. Überführen in 2 ml Eppendorf Tubes, bei 11.000 rpm³⁸ für 10 Minuten zentrifugieren
9. Überstand in kleine Teflonwürfel überführen
10. bei 100 °C abrauchen (offener Deckel)
11. bei Bedarf wiederholen (Schritte 6 bis 10)
12. 1 ml 6N HNO₃ zugeben und mind. 20 Minuten bei 100 °C auf Heizplatte stellen
13. Für die Säulentrennung 300 µL auf die Säule auftragen

Die Proben waren nun fertig vorbereitet für die Säulentrennung.

³⁸ Die rcf (relative centrifugal force) kann über die Formel errechnet werden: $rcf = 1,1118 \times 10^{-5} \times r \times rpm^2$
r steht für den Rotor-Radius in Zentimetern (8,5 cm für die Zentrifuge HERMLE Z233 MK-2, rpm für die eingesetzte Rotationsgeschwindigkeit. Dies ergibt hier eine $rcf = 11,435 \times g$.

3.5.3 Säulentrennung

Damit aus den Proben störende Elemente abgetrennt werden können, wird die Säulentrennung als Aufreinigung von Strontium aus den Proben durchgeführt. Allen voran ist Rubidium (Rb) aus der Probe zu entfernen, aber auch Kalzium (Ca), Barium (Ba) und Blei (Pb). ^{87}Rb und ^{87}Sr sind sog. Isobare: Atome von unterschiedlichen Elementen mit jedoch gleicher Masse. Nachdem im Massenspektrometer nach Masse voneinander getrennt wird, sind solche Isobare dort nicht voneinander unterscheidbar. Darum ist es kritisch, insbesondere das ^{87}Rb aus der Probe zu entfernen.

Die nach Extraktion der anorganischen Matrix des Zahnschmelzes erhaltenen Elemente werden über eine Extraktions-Chromatographie voneinander getrennt, nach einer Methode von Pin et. al (2003), modifiziert nach Vohberger (2011). Durch eine Änderung des pH-Wertes der mobilen Phase wird die Elution der verschiedenen Elemente erreicht. Sie werden aufgrund der differenten Säurestärken aus der Verbindung ans Kunstharz verdrängt. Eine große Stärke der in dieser Methode verwendeten Säulentrennung liegt darin, dass Rubidium sich nicht an das eingesetzte Kunstharz bindet. Aufgrund dieser Methoden kann bereits zu einem frühen Stadium erreicht werden, dass das Rubidium-Isobar aus der Probe entfernt wird.

Die im Rahmen der Säulentrennung verwendeten Säulen wurden aus einem Strumpfschlauch hergestellt. In die Fritte der Säule wurde ein feinporiger Filter eingesetzt; dieser diente insbesondere dazu, dass das genutzte Kunstharz (Sr spec resin) nach dem Einfüllen auch in der Säule verbleibt. Die Porengröße ist mit $< 50 \mu\text{m}$ so gewählt, dass das Sieb für die Probe durchlässig ist, jedoch zugleich kein Harzmaterial ($50 - 100 \mu\text{m}$) hindurchlässt. Folgende Schritte wurden anschließend durchgeführt:

1. Als ersten Schritt werden die Säulen für die Säulentrennung vorbereitet, also mit H_2O^{**} gefüllt, um die Durchlässigkeit und Durchlaufgeschwindigkeit zu testen. Läuft eine Säule überhaupt nicht, wird sie ausgetauscht.
2. Nach Abschluss des Einspülens werden $75 \mu\text{l}$ des in H_2O^{**} gelösten Kunstharzes (Sr spec resin) in die Säule pipettiert.
3. Nach Absetzen der in der Flüssigkeit schwebenden Kunstharzteile werden die Säulen mit etwa $1.000 \mu\text{l}$ $6,5 \text{ N HNO}_3^{***}$ gewaschen, damit eventuell vorhandene Verunreinigungen durch Spurenelemente entfernt sind.
4. Die Säule wird mit ca. $1.000 \mu\text{l}$ H_2O^{**} gewaschen.
5. Die Säule mit 6 N HCl^{***} waschen, um enthaltenes Blei zu entfernen.
6. Es folgt ein weiterer Wasch-Schritt mit ca. $1.000 \mu\text{l}$ H_2O^{**} .
7. Auftrag von $100 \mu\text{l}$ des Laufmediums, $6,5 \text{ N HNO}_3^{***}$ zur Konditionierung.
8. $300 \mu\text{l}$ der Probe werden in die Säule gegeben. Anschließend schrittweises Auftragen von ca. $1.100 \mu\text{l}$ $6,5 \text{ N HNO}_3^{***}$ ($100 \mu\text{l}$, $200 \mu\text{l}$, $600 \mu\text{l}$ und $200 \mu\text{l}$), um die Probe in die Säule einzuspülen. Rubidium wird in diesem Schritt ausgewaschen, während die 2-fach positiv geladenen Sr^{2+} Ionen an das Kationen-Austauschharz binden.
9. Das aufgereinigte Strontium mit $300 \mu\text{l}$ $0,005 \text{ N HNO}_3^{***}$ eluieren und in Teflonbechern auffangen.
10. Abschließend wird die Säure unter säurefestem Abzug auf einer Heizplatte verdampft.

Die Proben waren nun vorbereitet für die Messung am Feststoffmassenspektrometer. Die Massenspektrometrie wurde im Isotopenlabor am ZERIN³⁹ durchgeführt.

3.6 Bleiisotopenanalyse ($^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)

Da die Betrachtung eines einzelnen Isotopensystems eine Herkunftsbestimmung eher vage macht, soll die Bleiisotopenanalyse die Strontiumisotopenanalyse ergänzen. Testweise wurden daher an Unterstichproben auch die Bleiisotopendaten untersucht. Hierbei werden Proben von denjenigen Befunden entnommen, welche anhand der Strontiumisotopensignatur bereits als potentiell ortsfremd vermutet werden können. Um die Wahrscheinlichkeit zu senken, dass Material gemessen wird, welches durch fremdes Blei kontaminiert wurde, gehören bestimmte Aufbereitungsschritte mit in den Arbeitsprozess, wie die Oberflächenbehandlung mittels mechanischen Abschleifens und das Behandeln der Proben mit Säure. Messtechnische Schwierigkeiten können sich aufgrund des sehr viel niedrigeren Anteils von Blei gegenüber Strontium im Knochen ergeben (Grupe 1991b). Das grundlegende Prinzip der Bleiisotopenanalyse ähnelt dem der Strontiumisotopenanalyse. Die Methode ist jedoch schwieriger zu handhaben, da kontaminationsanfälliger. Ursache dafür ist, dass Blei ubiquitär und im Knochen bis zu 1.000-fach verdünnt ist.

3.6.1 Probenvorbereitung für die Säulentrennung, Zahnschmelzproben

Die Probenaufreinigung wurde nach dem folgenden Schema durchgeführt (Toncala et al. 2017). Die Arbeiten wurden mit Einweghandschuhen durchgeführt:

1. Die Zähne werden im Ultraschallbad in einem Becherglas, gefüllt mit Aqua deion., bei 35 kHz gewaschen. Das Wasser wird dabei so oft gewechselt, bis es klar bleibt. Die Proben werden zwei bis drei Tage zum Trocknen auf ein Vlies gelegt.
2. Der Zahnschmelz wurde vom Dentin mechanisch mittels eines Metallmörser getrennt.
3. Damit auch die inneren Oberflächen entfernt werden, werden die Zähne 10 Sekunden lang in konzentrierter Salzsäure (HCl^{**} 37 %) in einem Becherglas im Ultraschallbad bei 35 kHz angeätzt.
4. Dann werden die Proben gespült (mit Aqua deion.), bis sie einen pH-Wert von 5,5 erreichten, um leicht lösliche Rekrystallisationsprodukte zu entfernen. Die Proben werden luftgetrocknet und das Trockengewicht notiert.
5. Nun erfolgt die Veraschung der organischen Matrix in einem Muffelofen bei 800 °C für 12 Stunden. Dadurch wird die organische Fraktion (Kollagene und nicht-kollagene Proteine) aus den Proben entfernt. Das Aschegewicht wird nach Abkühlen auf Raumtemperatur notiert, um die Apatitausbeute zu erhalten.
6. Als abschließenden Schritt werden die Proben mittels einer Kugelmühle (ZrO_2 Becher) zu einem feinen Puder homogenisiert.

Zur Vorbereitung der Säulentrennung wurden für die Bleiisotopenanalyse ($^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ und $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$) folgende Schritte durchgeführt:

1. 200 μg ($\pm 1 \mu\text{g}$) von der homogenisierten Probe des Zahns werden in 1 ml konz. HNO_3^{***} gelöst und zwei Stunden lang unter Rotlicht verdampft.

³⁹ ZERIN: Zentrum für Rieskrater- und Impaktforschung Nördlingen. Das hier angesiedelte Isotopenlabor ist eine Einrichtung, die seit 2013 am Standort Nördlingen im Rieskrater an der Romantischen Straße angesiedelt ist und in Zusammenarbeit mit der LMU München betrieben wird.

2. Anschließend werden die Proben in geschlossenen Quarzgefäßen für vier Stunden bei 800 °C aufgeschlossen.
3. Die veraschte Probe wird anschließend mit konz. HBr angefeuchtet und 30 Minuten lang unter Rotlicht verdampft, danach im Ultraschallbad bei 35 kHz in 0,45 ml 0,5 N HBr für eine Minute lang in Lösung gebracht.
4. Die Lösung wird anschließend 3 Minuten lang bei 13.400 rpm⁴⁰ zentrifugiert und der Überstand zur Säulentrennung gegeben, welche in zwei Schritten erfolgt (Trennung des Pb, gefolgt von einem Aufreinigungsschritt).

3.6.2 Säulentrennung

Die Säulentrennung geschieht in zwei Schritten. Der erste Schritt ist die Trennung des Bleis, welches methodisch nach Toncala et al. (2017) wie folgt durchgeführt wurde:

1. Für die Elementtrennung werden die Säulen mit 40 µl Dowex (1x8) Anionentauscherharz gefüllt, welches zuvor mittels wiederholten Spülens mit 1 N HNO₃ und H₂O*** gewaschen wurde.
2. Nach dem Waschen Säulen konditionieren, durch Hinzufügen von 100 µl 0,5 N HBr.
3. Anschließend wird der gesamte Überstand eingegeben und das Blei gereinigt, indem drei Mal 200 µl 0,5 N HBr zugegeben wird.
4. Nach der Umwandlung zu Chlorid, nach Zugabe von 250 µl 2 N HCl, wird das aufgereinigte Blei durch Zugabe von zwei Mal 150 µl 6 N HCl eluiert und aufgefangen.
5. Die Probe wird dann bis zur Austrocknung verdampft.

Der Aufreinigungsschritt wurde wie folgt durchgeführt, es wird dabei das gleiche Harz wie oben verwendet, nach gleichem Waschen des Anionentauscherharzes:

1. Füllen der Säulen mit 40 µl Dowex (1x8) Anionentauscherharz (s.o.)
2. Nach Konditionieren der Säule (100 µl 2 N HCl) die Proben in 100 µl 2 N HCl laden.
3. Das Blei wird gereinigt, indem das Harz zwei Mal mit 100 µl 2 N HCl gespült wird.
4. Das gereinigte Blei wird nach Zugabe von zwei Mal 150 µl 6 N HCl in PFA Gefäße gegeben. Vor der Eluierung wird (während des Verdampfens unter Rotlicht) 1 µl HClO₄ in die Gefäße gegeben, um mögliche übrige organische Rückstände zu entfernen.

Alle Reagenzien liegen in *Ultra Qualität* vor (vgl. Tab. 85) und die verwendete Ausrüstung wurde vor der Benutzung sorgfältigst gereinigt. Die Proben waren nun fertig vorbereitet für die Messung am Feststoffmassenspektrometer. Die Massenspektrometrie wurde im Isotopenlabor am ZERIN³⁹ durchgeführt. Das NIST SRM (Standard Referenzmaterial) NBS 982 diente zur Qualitätskontrolle der Messung. Zusätzlich wurde das Standard Referenzmaterial SRM 1400 „Bone Ash“ (NIBS, Washington DC) gemessen, um die Aufbereitungsschritte im Labor zu validieren. Der Messfehler wird durch das Zusammenfassen von bis zu 19 Einzelmessungen je Probe (à drei Blocks) ermittelt.

3.7 Validierungsmethode: Isoplot

Das Microsoft Excel-basierte Makro Isoplot⁴¹ wurde von Kenneth R. Ludwig am Berkeley Geochronology Center entwickelt. Es dient ursprünglich der Berechnung (und Darstellung) von Isochronen. Da es generell zur Darstellung von radiogenen Isotopen verwendet werden kann, schließt das Strontium und Blei mit ein (Vohberger 2011).

⁴⁰ Berechnung der *rcf* wie in Fußnote 38 dargestellt, $rcf = 16,969 \times g$.

⁴¹ Die Installationsdateien sind im Anhang 9.1.9 referenziert und auf der Daten-DVD enthalten.

Der Nutzen für diese Arbeit ist neben der Berechnung robuster Mittelwerte auch die Ermittlung der inneren Grenzwerte der Daten. Dieser „interne“ Vertrauensbereich wird verwendet, um den lokalen Wertebereich näherungsweise zu ermitteln. Die Bezeichnung *intern* wird verwendet, weil die Daten aus sich selbst heraus und nicht anhand externer Referenzwerte gebildet werden (Ludwig 2009, Vohberger 2011).

Nach Eingabe der gemessenen Isotopenverhältnisse und der zur Messung zugehörigen Messfehler berechnet Isoplot einen Ausreißertest, σ -*Outlier-Test* genannt. Aus allen vorliegenden Daten werden dann der Mittelwert \bar{x} und die Standardabweichung (s) berechnet. Außerhalb des Vertrauensbereichs ($\bar{x} \pm 2s$) liegende Werte gelten als Ausreißer und werden in der weiteren Auswertung nicht mehr berücksichtigt. Diese Ausreißerererkennung wird viermal nacheinander berechnet. Diese Iterationsfolge wird als σ -*Outlier-Test* bezeichnet (Ludwig 2009).

Der Testfaktor σ beträgt bei der ersten Iteration den Wert 2. Als Ergebnis wird ein Mittelwert nebst Standardabweichung einer bestimmten Datenmenge n_x ausgegeben. Aus dieser Datenmenge werden die Freiheitsgrade n_{x-1} und der zugehörige *Student t-Faktor* (auf 95 %-igem Konfidenzintervall) festgelegt. Mit dem neu erzeugten Testfaktor σ kann die Iterationsfolge erneut durchgeführt werden, sofern der *Student-t-2 σ -Fehler* kleiner als die Standardabweichung s verbleibt. Dieses Procedere dient der Verfeinerung der internen Grenzwerte (Ludwig 2009). Die Ermittlung des nächsten σ *Testfaktors* und des in dieser Formel verwendeten prozentualen Fehlers für σ werden wie folgt berechnet:

Formel 21: Berechnung des σ *Testfaktors* für die Iterationsfolge des σ -*Outlier-Tests*.

$$\sigma_x = \sigma_{x-1} - \sigma \text{ Fehler}\% \square \text{ Student } T\text{-Faktor}$$

$$\sigma \text{ Fehler}\% = \frac{\text{STABW}}{\text{MW}} \square 100$$

Der prozentuale Fehler von σ wird also vom vorigen σ *Testfaktor* abgezogen. Durch die Verkleinerung des Testfaktors werden auch die internen Grenzen immer kleiner. Es ist unbedingt darauf zu achten, dass die Eingrenzung in einem sinnvollen Rahmen durchgeführt wird. Dies ist der Fall, sofern der Student-T-2 σ -Fehler die Standardabweichung nicht überschreitet (Grupe et al. 2015b, Ludwig 2009). Das Ergebnis ist ein gewichteter Mittelwert, der auf einer vierfachen Ausreißerererkennung und -bereinigung beruht. Mit jedem Durchlauf werden die erzeugten Mittelwerte miteinander verglichen und auch auf Homogenität getestet. So wird die Zugehörigkeit zur selben Grundgesamtheit geprüft (Grupe et al. 2015b, Ludwig 2009).

4. Methodenentwicklung: Umgang mit defekten Daten

Defekte Daten entstehen, wenn für die betrachtete Variable kein Wert ermittelt werden kann. Sie stellen somit ein Problem in der empirischen Forschung dar, denn sie können bei der Anwendung von statistischen Analyseverfahren zu Problemen führen, da diese in der Regel komplette Fälle oder Datensätze erfordern. Je mehr Variablen also mit fehlenden Werten behaftet sind, desto kleiner wird logischerweise auch die Schnittmenge von Fällen ohne fehlende Werte (also: komplette Fälle). Insgesamt gibt es drei Kategorien von fehlenden Werten⁴², die von Rubin (1976) definiert wurden. Sie unterscheiden sich dadurch, ob die beobachtete Variable von den Werten der Variable selbst oder einer anderen Variable abhängig sind.

Der Umgang mit defekten Daten in der Osteologie erfordert ein ausführliches Skelettinventar als Datenbasis. Da der Verlust von Daten keineswegs linear verläuft und zudem nicht stabil vorhergesagt werden kann, muss eine Methode gefunden werden, welche das fragmentarisch vorliegende Material verarbeiten kann. Die im Rahmen dieser Arbeit konzipierte Methode der *Inventarischen Auswertung* wird in diesem Kapitel näher vorgestellt. Sie soll eine Normalisierung schaffen, anhand welcher anthropologische Auswertungen in Bezug auf das tatsächlich im Skelettmaterial vorhandene Inventar bezogen wird.

Zunächst wurde die Skelettbefundung auf ihren Repräsentanzgrad hin untersucht. Dieser Repräsentanzgrad ist eine wichtige Kenngröße beim Vergleich verschiedener Skelettserien miteinander, da er mitunter Einfluss auf den Korrelationskoeffizienten sowie den *p-Wert* (auch: Signifikanzwert) innerhalb der statistischen Auswertung hat. Diese Werte geben einen Hinweis auf die Verteilung der Werte und zugleich auf die statistische Aussagekraft⁴³, welche aus einer beliebigen Werteserie erhoben wurde. Nach Durchführung der Methode der *Inventarischen Auswertung* auf jeweils einen Fundkomplex können verschiedene Gräberfelder hinsichtlich ihrer Kriterien miteinander verglichen werden. Natürlich ist die Aussagekraft im Rahmen der Rekonstruktion von Daten immer einer statistischen Wahrscheinlichkeit unterzogen, doch bietet dieser Ansatz den Vorteil, dass die Daten auf Basis eines normalisierten Niveaus miteinander verglichen werden.

Durch den Vergleich der verschiedenen Skelettserien sind aussagekräftige Informationen in Bezug auf beispielsweise bestimmte Pathologien, welche in allen Skelettserien zu beobachten waren, zu erwarten. Bereits zum Zeitpunkt der Ausgrabung wur-

⁴² Die fehlenden Werte sind nach Rubin (1976) definiert als: Missing completely at random (MCAR), Missing at random (MAR) und Missing not at random (MNAR).

⁴³ = statistische Power.

de die Vermutung geäußert, dass die damalige Population von Emmering vornehmlich nicht in kriegerischen Kontext gebracht werden könne (Scherer 1990). Dieser Verdacht hat sich im Zuge der anthropologischen Bearbeitung aufgrund von wenigen aufgefundenen Spuren von Gewalt verstärkt (vgl. Kapitel 5.3.3.2). Dies erhöht die grundsätzliche Wahrscheinlichkeit für das Auffinden von erlebten Pathologien im Reihengräberfeld von Emmering und damit die Ereignisdichte der mittels der Methode auswertbaren Elemente.

Im Folgenden hat man sich auf die Gelenke beschränkt, wenngleich die Methode für ein beliebiges Element durchgeführt werden kann. Zunächst wurden die zu untersuchenden Gelenke festgelegt, in dieser Arbeit die vier großen Gelenke: Schulter, Ellenbogen, Hüfte und Knie. Als folgenden Schritt wurden die Daten vorbereitet und in ein digitales Format (Excel-Sheets) übertragen. Von dieser Excel-Basis aus wurden die Daten anschließend in eine *Fragmentary Data Database* eingegeben. Von dort wurden die Daten exportiert und verifiziert, in den Statistikprogrammen *SPSS* und *R* statistisch ausgewertet und die Daten anschließend diskutiert. Diese Schritte werden in den folgenden Teilkapiteln genauer erläutert.

4.1 Teilgelenke der vier großen Gelenke

Die vier großen Gelenke, welche in dieser Arbeit auf defekte Daten hin untersucht werden, müssen für die digitale Eingabe klassifiziert werden. Dabei gibt es drei verschiedene Hierarchiestufen: das Gelenk selbst, seine Teilgelenke und die Skelettelemente, welche das Teilgelenk bilden. Da das Gelenk und die Teilgelenke einen ordnenden Charakter haben, in anthropologischem Kontext nur die Gelenksflächen beurteilt werden können, werden für diese verschiedene Status vergeben (vgl. Tab. 20).

Die nachfolgenden Tabellen listen die bildenden Skelettelemente der Teilgelenke der untersuchten vier großen Gelenke auf. Der Status dieser Gelenke muss aus dem anthropologischen Befund hervorgehen, um die *Inventarische Auswertung* auf die vier großen Gelenke anwenden zu können.

Tab. 15: Das Schultergelenk (*Articulatio humeri*) mit drei Teilgelenken und den zugehörigen bildenden Skelettelementen.

Teilgelenk	Bildende Skelettelemente
<i>Articulatio humeri</i>	<i>Caput humeri</i> <i>Cavitas glenoidalis / Glenoid</i>
<i>Articulatio acromioclavicularis</i>	<i>Facies articularis acromialis</i> <i>Clavicula</i>
<i>Articulatio sternoclavicularis</i>	<i>Sternum</i> <i>Clavicula (sternales Ende)</i>

Tab. 16: Das Ellenbogengelenk (*Articulatio cubiti*) mit drei Teilgelenken und den zugehörigen bildenden Skelettelementen.

Teilgelenk	Bildende Skelettelemente
<i>Articulatio humeroulnaris</i>	<i>Trochlea humeri</i> <i>Incisura trochlearis</i>
<i>Articulatio humeroradialis</i>	<i>Capitulum humeri</i> <i>Fovea articularis radii</i>
<i>Articulatio radioulnaris proximalis</i>	<i>Circumferentia articularis radii</i> <i>Incisura radialis ulnae</i>

Tab. 17: Das Hüftgelenk (*Articulatio coxae*) mit einem Teilgelenk und den zugehörigen bildenden Skelettelementen.

Teilgelenk	Bildende Skelettelemente
<i>Articulatio coxae</i>	<i>Acetabulum</i> <i>Caput Femoris</i>

Tab. 18: Das Kniegelenk (*Articulatio genus*) mit zwei Teilgelenken und den zugehörigen bildenden Skelettelementen.

Teilgelenk	Bildende Skelettelemente
<i>Articulatio femorotibialis</i>	<i>Condylus femoris medialis, Condylus femoris lateralis</i> <i>Condylus tibiae medialis, Condylus tibiae lateralis</i>
<i>Articulatio femoropatellaris</i>	<i>Facies patellaris</i> <i>Facies articularis patellaris</i>

Diese Skelettelemente sind auch die Basis für die digitale Dateneingabe (vgl. S. 75). Diese Gelenke haben miteinander gemeinsam, dass sie je Körperseite vorhanden sind, die Skelettelemente also für die rechte und linke Körperhälfte vorliegen.

4.2 Inventarisierung: Eingabe der Daten

Das Thema „Defekte Daten“ suggeriert, dass es sich um nicht aussagekräftige und fehlerhafte Daten handelt und dass diese nicht in die Bewertung mit einfließen dürfen. Im Umkehrschluss ist der Idealfall für eine Bewertung die Existenz von validen Daten. Valide Daten sollen definitionsgemäß gültig und zuverlässig sein. Dafür notwendig ist aber deren Vollständigkeit. Diese antizipierte Vollständigkeit kann im Kontext eines Reihengraberfeldes aus der Merowingerzeit nicht gegeben sein.

Eine Aufbereitung der vorliegenden Daten, nämlich die Normalisierung eines unbekanntes Datenpools auf eine valide Datenmenge, war somit unabdingbar für die weitere Datenverarbeitung. Dies betraf insbesondere die Digitalisierung. Die vorliegenden Befundbögen wurden in ein digitales Format übertragen.

4.3 Daten-Validierung

Der Bearbeiter hat zur Ermöglichung der Validierung als gemeinsamen Nenner eine Skala mit drei Abstufungsgraden festgelegt. Ganz entscheidend ist nämlich, dass egal in wie vielen Schweregraden eine Arthrose initial aufgenommen wurde, es doch immer möglich ist, die Schweregrade *leicht*, *mittel* und *schwer* voneinander zu unterscheiden. Diese wurden für die Einstufung noch um die Stufen *Skelettelement nicht vorhanden* und *gesund* ergänzt. Diese Einteilungen sind in Tab. 21 auf Seite 71 aufgeführt.

Durch diesen gemeinsamen Nenner können Pathologien und Schweregrade von skelettalen Veränderungen mit anderen Fundkomplexen verglichen werden. Die Herausforderung bestand hierin, dass Pathologien oft deskriptiv dokumentiert sind, was es schwer macht, diese in ein maschinell verarbeitbares System zu überführen. Aufgabe der Daten-Validierung war es also, ein grundlegendes Raster zu schaffen, welches diese Voraussetzungen erfüllt.

Die Datenquelle der anthropologischen Befundung aus Emmering unterscheidet sich von der anthropologischen Befundung des Skelettmaterials aus Unterirgling, welches als Vergleichsserie dienen soll. Aus diesem Grund mussten beide Datenquellen standardisiert werden, um eine valide Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Standardisierung ist notwendig, damit weitere (statistische) Analyseschritte zur Vergleichbarkeit beider Standorte vertrauenswürdige Ergebnisse liefern.

4.4 Vorbereitung der Vergleichsdaten aus Emmering

Die Vorbereitung der anthropologischen Vergleichsdaten aus Emmering hatte zum Ziel, die Befundungsdaten der vier großen Gelenke in ein standardisiertes Schema zu übertragen, um sie danach standardisiert weiterverarbeiten zu können. Die Daten aus der anthropologischen Befundung des Reihengräberfeldes bei Emmering lagen nach Abschluss der Befundung zunächst in Form der Befundbögen und nach Digitalisierung in einem Excel-Format vor.

Im Rahmen dieser Digitalisierung wurde das Skelett in 76 Segmente eingeteilt. Oftmals entspricht hierbei ein Segment einem einzelnen Skelettelement, wie beispielsweise bei den Langknochen oder den Elementen der Kalotte. Manche Segmente fassen auch mehrere Skelettelemente zusammen, wie beispielsweise das Segment der „oberen Rippen“, „mittleren Rippen“ und „unteren Rippen“. Die genaue Aufteilung des Skeletts ist im Anhang enthalten⁴⁴.

⁴⁴ Die Aufteilung des menschlichen Skeletts in 76 Segmente kann in der Excel-Datei (die auch auf der Daten-DVD enthalten ist) aus Anhang 9.2.2 nachvollzogen werden. Weiße Felder stehen für Skelettelemente die unabhängig von der Körperseite sind, rote Felder stehen für die linke Körperhälfte, grüne Felder stehen für die rechte Körperseite.

Pathologisch veränderte Funde wurden jeweils in einer neuen Spalte (mit Pathologie und Schweregrad benannt) neben dem zugehörigen Skelettelement aufgezeichnet und daneben die Häufigkeit des Auftretens mitgezählt. So wurde mit allen Befundbögen verfahren, bis alle Pathologien in der Inventarliste eingetragen waren.

4.4.1 Zuordnung der degenerativen Veränderungen zu Inventarschema

Diverse deskriptive Erfassungen von Pathologien wurden in die Einteilung eines *leichten, mittleren* oder *starken* Schweregrades überführt. Diese Einteilung geschah durch Zuordnung der jeweiligen Spalten zu den verschiedenen Schweregraden. Nach der Eintragung des kompletten Inventars in der *Excel*-Datei wurde ein eigener Reiter für die Eingabe der Pathologien eingefügt. Diese wurden von den Befundbögen detailliert übertragen. Neben jedem Skelettelement sind die an diesem Skelettelement aufgefallenen Pathologien in jeweils einer einzelnen Spalte notiert und die Häufigkeit addiert. Die Zuordnung zu den zugehörigen vier großen Gelenken erfolgte dadurch, dass diejenigen Pathologien betrachtet und kategorisiert wurden, welche an den Skelettelementen auftraten, welche die großen Gelenke bilden. Die bildenden Skelettelemente der Teilgelenke der vier großen Gelenke sind in Tab. 15 für die Schulter, Tab. 16 für den Ellenbogen, Tab. 17 für die Hüfte und Tab. 18 für das Kniegelenk aufgeführt. Da die Datenerfassung bereits einen großen Wert auf ein feingliedriges Inventar legte, war dieser Arbeitsschritt mit verhältnismäßig geringem Aufwand verbunden.

4.4.2 Anpassungen innerhalb der Bearbeitungsphase

Die verschiedenen Arten von verwendeten Befundbögen reichten von anfangs einem leeren Blatt mit manueller Inventarerfassung, hin zu einem ausdefinierten Befundbogen mit einer Skelettillustration zum Markieren des vorhandenen Inventars. Die verschiedenen Befundbögen sind in Anhang auf S. 354 und S. 355 beigelegt.

Das Notieren des Skelettinventars auf dem leeren Blatt (erste Form von Befundbogen), also der freitextlichen und deskriptiven Erfassung, sowie auf dem zweiten Befundbogen bargen das Hindernis, dass die Aufzeichnung nicht feingliedrig genug war, den Anforderungen der *Inventarischen Auswertung* zu genügen. Daher wurden vereinzelte Befunde erneut gesichtet, um den Gelenkstatus vollständig beurteilen zu können.

Das Aufnahmeverfahren des *Global History of Health* Projekts (Steckel et al. 2006) ist bereits so angelegt, dass die Eintragungen anschließend schnell und einfach digitalisiert werden können. Es inkorporiert zahlreiche standardisierte Methoden zur anthropologischen Befundung, welche in der Konsequenz standardisierte Ergebnisse liefern, welche Fundkomplexe miteinander vergleichbar machen sollen.

Die *Staatssammlung für Anthropologie und Paläoanatomie (SAPM)* veröffentlichte im Dezember 2014 eine Anleitung zur standardisierten Skelettdokumentation, welche als Leitfaden zur anthropologischen Befundung dienen soll (Harbeck 2014). Die Dokumentationsbögen der *SAPM* sind sehr detailliert. Dieser im Jahr 2018 nochmals überarbeitete Leitfaden (Harbeck 2018) ist nach Abschluss der anthropologischen Befundung des Emmeringer Befundmaterials veröffentlicht worden. Darum wurden die darin ent-

haltenen Dokumentationsbögen nicht in der praktischen Bearbeitung dieser Arbeit verwendet, jedoch schon für den theoretischen Ansatz berücksichtigt. Auch die Befundbögen der Anleitung zur standardisierten Skelettdokumentation der *SAPM* basieren auf dem *Global History of Health* Projekt.

Grundsätzlich sollen alle Daten untereinander konsistent sein. Im theoretischen Idealfall soll der Bearbeiter daher jedes Skelett unter denselben Bedingungen befunden. Das bedeutet, dass die Befundung mit den gleichen Methoden und Fertigkeiten durchgeführt wird. Somit soll die Datenerhebung jedes einzelnen Individuums unter denselben Voraussetzungen erfolgen. Dies ist jedoch ein rein theoretischer Zustand. In der Realität ist es so, dass die befundende Person mit jedem einzelnen Skelett etwas Neues dazu lernt. Dieser Lerneffekt ist nicht quantifizierbar.

Ein zweiter Lerneffekt ergibt sich bei der Betrachtung diverser Skelette des gleichen Fundkomplexes. Die Population eines Gräberfundes ist grundsätzlich als einzigartig anzunehmen, da schon die Verortung und die Zeitstellung ein schwer duplizierbares Datum darstellen. Eine Redundanz zu einem anderen Fund ist unwahrscheinlich. Noch unwahrscheinlicher ist daher die Annahme, dass der Bearbeiter bereits einen vergleichbaren Fund analysiert hat. Mit fortschreitender Bearbeitung akkumuliert der befundende Anthropologe daher auch ein fundspezifisches Wissen und kann eine auf dieses Fundmaterial bezogene interne Erwartungshaltung aufbauen: Welche Oberflächenstruktur typisch ist, wie der durchschnittliche Erhaltungsgrad ist und welche geschlechtsspezifischen Ausprägungen im Mittel vorliegen, können Teil dieser Erwartungshaltung sein. Es ist je nach Population und Zeitstellung durchaus möglich, dass weibliche Individuen eines Fundkomplexes eine Robustizität aufweisen, welche in einem anderen Fundkomplex eher typisch für männliche Individuen sind. Darüber hinaus ist anzunehmen, dass der Bearbeiter parallel zur Befundung Recherchen über den Fundkomplex anstellt. Dieser Zugewinn an Information kann die Erwartungshaltung ebenfalls beeinflussen. Eine Vorannahme für die Datenkonsistenz muss also lauten, dass der Bearbeiter jedes einzelne Skelett unter denselben Bedingungen befundet hat und so jeder Befund unter den gleichen anthropologischen Fertigkeiten entstanden ist.

4.5 Vorbereitung der Vergleichsdaten aus Unterigling

Die Vorbereitung der anthropologischen Befundung der Skelette aus Unterigling hatte ebenfalls zum Ziel, die Befundungsdaten der vier großen Gelenke in ein standardisiertes Schema zu übertragen. Die Daten aus Unterigling lagen als 195 Befunde vor. Dabei waren die Gelenkstatus durch die Bearbeiterin (Strott 2006) in einer Word-Tabelle aufgelistet, in welcher die Status zu den Skelettelementen zugeordnet und nach Körperseite separiert waren. Die Migration dieser Datensätze in das festgelegte Schema erforderte nur geringfügige Anpassungen, wie im folgenden Abschnitt beschrieben. Die Ermittlung des Gelenkstatus wurde für Unterigling von der Bearbeiterin (Strott 2006)

nach Schultz (1988) durchgeführt. Die Daten sind bei diesen Befundbögen im römischen Ziffernsystem niedergeschrieben worden. Insgesamt wurden neun verschiedene Kennzeichnungen für den Gelenkstatus verwendet, wie folgende Auflistung zeigt:

Tab. 19: Auflistung der Arthrosegrade nach Schultz (1988), ergänzt nach den Kennzeichen aus den Befundbögen von Unterigling (Strott 2006).

Kennzeichen	Wert	Beschreibung
Leerzeichen	„“	entspricht „Skelettelement nicht vorhanden“
Bindestrich	„-“	entspricht „nicht auswertbar“ z.B. durch Erosion der Knochenoberfläche
Grad 0:	0	Normales, also gesundes Gelenk
Grad 1:	I	Gesundes Gelenk mit geringfügigen Verschleißspuren
Grad 2:	II	Gelenk mit leicht krankhaften Veränderungen
Grad 3:	III	Gelenk mit mittleren krankhaften Veränderungen
Grad 4:	IV	Gelenk mit stark krankhaften Veränderungen
Grad 5:	V	Gelenk mit sehr stark krankhaften Veränderungen
Grad 6:	VI	Total zerstörtes Gelenk

Nach Sichtung aller Daten ist dabei der Grad 6 (VI) nicht ein einziges Mal vergeben worden. Die Tabelle zur Einteilung des Arthrosegrads ist zur weiteren Bearbeitung in Excel-Dateien übertragen worden. Damit die Daten maschinell verarbeitbar wurden, sind die römischen Zahlen in arabische Ziffern umgewandelt worden⁴⁵. Nach der Ziffernersetzung konnten diese Daten weiterverarbeitet werden. Wichtig war es, die verschiedenen Status in das Schema aus Tab. 21 zu migrieren. Das Ergebnis der Migration wurde in nachstehender Tabelle festgehalten:

Tab. 20: Migration der Arthrosegrade nach Schultz (1988), ergänzt nach den Kennzeichen aus den Befundbögen von Unterigling (Strott 2006), zum Inventarisierungs-Schema aus Tab. 21.

Kennzeichen	Beschreibung	Zuordnung zu Tab. 21
Leerzeichen	„“ entspricht „Skelettelement nicht vorhanden“	0 fehlt
Bindestrich	„-“ entspricht „nicht auswertbar“ z.B. durch Erosion der Knochenoberfläche	0 fehlt
Grad 0:	0 Normales, also gesundes Gelenk	1 gesund
Grad 1:	I Gesundes Gelenk mit geringfügigen Verschleißspuren	1 gesund
Grad 2:	II Gelenk mit leicht krankhaften Veränderungen	2 leicht
Grad 3:	III Gelenk mit mittleren krankhaften Veränderungen	3 mittel
Grad 4:	IV Gelenk mit stark krankhaften Veränderungen	4 schwer
Grad 5:	V Gelenk mit sehr stark krankhaften Veränderungen	4 schwer
Grad 6:	VI Total zerstörtes Gelenk	4 schwer

⁴⁵ Die Umwandlung ist im Anhang unter Kapitel 9.8.3 enthalten.

4.6 Inventarische Auswertung

Die Methodik der *Inventarischen Auswertung* bezeichnet eine detaillierte Nutzbarmachung der befundeten Daten. Sie zielt auf eine valide Bestimmung der Prävalenzrate von Gelenkserkrankungen ab, basierend auf einer anthropologischen Befundung des gesamten Skelettmaterials. Dabei werden für die zu untersuchende Pathologie einige Basisdaten aufgenommen und anschließend die nötigen Informationen der Einzelbefunde in die Datenmaske eingepflegt.

Diese Vorgehensweise macht es notwendig, zunächst festzulegen, welche Gelenkserkrankung untersucht werden soll. Anschließend werden die Grade der Pathologie-Einstufung festgelegt. Eine mögliche Einstufung ist in Tab. 21 aufgeführt. Weiters wird abgefragt, ob die Gelenkserkrankung auf beiden Körperseiten zu identifizieren ist (z.B. Hüftgelenksarthrose), oder nicht (z.B. Arthrose an *Dens Axis*). Als nächsten Schritt werden die beteiligten Teilgelenke des untersuchten Gelenks aufgelistet und zu jedem beteiligten Teilgelenk die bildenden Skelettelemente notiert.

Anhand dieser Basisdaten kann der Aufnahmebogen für die Eingabe der erhobenen Werte aus der anthropologischen Befundung befüllt werden. Im Aufnahmebogen werden die Befundnummer, die Körperseite (sofern zutreffend) und der Status der bildenden Skelettelemente zu jedem beteiligten Teilgelenk aufgenommen. Wenn die Gelenkserkrankung an beiden Körperseiten auftritt, so wird der Status auch beidseitig erfasst. Das System ist dadurch flexibel und kann sowohl durch Lateralität bestimmte, als auch nicht-laterale Skelettelemente erfassen. Durch die systematische Eingabe sind die Daten maschinell auszuwerten und werden dadurch vergleichbar.

Tab. 21: Mögliche Festlegung von Pathologie-Graden für die *Inventarische Auswertung*.

Kennzeichen	Wert	Beschreibung
Grad 0:	0	Skelettelement nicht vorhanden
Grad 1:	1	Gesund
Grad 2:	2	Leichte Ausprägung
Grad 3:	3	Mittlere Ausprägung
Grad 4:	4	Schwere Ausprägung

In dieser Arbeit wurden alle erhobenen Befunde auf die Grade aus Tab. 21 normiert, um sie dann miteinander vergleichen zu können. Es ist äußerst relevant, nur diejenigen Pathologien zu notieren, welche an dem untersuchten Gelenk auftreten können. Somit ist eine Auswahl aus der Gesamtheit der befundeten Pathologien am gesamten Skelettelement zu erstellen.

Damit die Auswertung nicht verzerrt wird, ist es ausdrücklich nötig, zwischen einem nicht vorhandenen Skelettelement und einem gesunden unterscheiden zu können. Beide haben gemeinsam, dass es an ihnen nicht möglich ist, pathologische Merkmale zu erkennen. Die Unterscheidung ist allerdings eklatant, denn: Ein fehlendes Skelet-

telement verändert nicht die Gesamtheit der Skelettelemente, welche potentiell die analysierte Pathologie zeigen können. Ein gesundes Skelettelement hingegen erhöht diese Zahl. Für die Auswertung macht dies einen Unterschied, da die Zahl der Skelettelemente, an welchen die untersuchte Pathologie erkannt werden kann, in die Berechnungsformel (vgl. S. 73) mit einfließt. Die Zuordnung der Skelettelemente in die verschiedenen Grade erfolgt nach den folgenden Kategorisierungen.

4.6.1 Untersuchung einer beliebigen pathologischen Erscheinung

Die Untersuchung einer beliebigen pathologischen Erscheinung nach der *Inventarischen Auswertung* bildet eine detaillierte Aufschlüsselung. Die Methode ist dabei nicht auf die in dieser Arbeit verwendeten vier großen Gelenke begrenzt, sondern kann für jedes beliebige Skelettelement durchgeführt werden. Sofern die Grundparameter erfüllt sind und die Vorgehensweise über das gesamte Befundmaterial stringent eingehalten wird, sind auch die nachfolgenden statistischen Schritte durchführbar und die Ergebnisse miteinander vergleichbar.

Um die Methode durchzuführen, muss eine pathologische Erscheinung in ein einheitliches Schema eingepasst werden, wie beispielsweise in Tab. 21 aufgeführt. Eine sehr hohe Anzahl an verschiedenen Schweregraden kann dazu führen, dass verschiedene Bearbeiter zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen (sog. *Interobserver Error*, vgl. Kapitel 1.7). Der Grund für die Reduktion auf drei Schweregrade liegt darin, die Grauzone einzuschränken. Bei mehreren Dutzend Schweregraden kann man verschiedene (naheliegende) Stufen miteinander verwechseln, doch die Einstufung zwischen *leicht*, *mittel* und *schwer* dürfte in den meisten Fällen ein nahezu identisches Befundungsergebnis hervorbringen. In den folgenden Abschnitten folgt die Definition der drei Einstufungen (vgl. 4.6.4 bis Abschnitt 4.6.6). Ein weiteres Argument, das für diese gröbere Einstufung spricht ist, dass es nicht möglich ist, von der Osteologie auf die individuelle Befindlichkeit zu schließen.

Es sei explizit darauf hingewiesen, dass die Schweregrade auch in anderen Abstufungen verarbeitet werden können, sofern dann die folgenden Schritte ebenfalls auf die abweichende Abstufungszahl angepasst würde. Die in dieser Arbeit verwendete Abstufung wird jedoch ausdrücklich empfohlen, da diese einen gemeinsamen Nenner für die größtmögliche Zahl von Arbeiten bildet.

4.6.2 Erkennung von Grad 0: fehlendes Skelettelement

Der Grad 0 steht für ein fehlendes Skelettelement und wird vergeben, wenn das zur Untersuchung bzw. Einschätzung des Schweregrads notwendige Skelettelement nicht vorhanden ist. Grad 0 wird ebenso vergeben, wenn die Oberfläche derart gestört ist (z.B. durch Erosion der Knochenoberfläche), dass eine Beurteilung unmöglich ist.

4.6.3 Erkennung von Grad 1: gesundes Skelettelement

Grad 1 ist für ein gesundes Skelettelement definiert. Er zeichnet sich dadurch aus, dass am Skelettelement keine Anzeichen von krankhaften Veränderungen des Gelenks festgestellt werden können. Dies spricht für ein gesundes Gelenk und auch für ein gesundes Gelenk mit geringfügigen Verschleißspuren, welche als altersregelrecht und nicht als pathologische Veränderungen klassifiziert werden können.

4.6.4 Erkennung von Grad 2: leichte Ausprägung

Der zweite Grad ist für die leichte Ausprägung von Pathologien bestimmt. Grad 2 zeichnet sich durch geringfügige Reaktionen des Knochenmaterials aus. Leicht krankhafte Veränderungen, welche je nach der untersuchten Pathologie einzeln zu betrachten sind, sind kennzeichnend für Grad 2.

4.6.5 Erkennung von Grad 3: mittlere Ausprägung

Grad 3 steht für eine mittelstarke Ausprägung der untersuchten Pathologie. Hierbei können krankhafte Veränderungen am Knochen bereits deutlich ausgemacht werden. Die typischen Knochenreaktionen im Krankheitsverlauf können am Skelettmaterial festgestellt werden. Ein mittelstarker Status lässt auch mit hinreichender Wahrscheinlichkeit erwarten, dass das Individuum die üblichen Symptome dieser Pathologie ausgeprägt hatte. Ob diese jedoch einen Einfluss auf das tägliche Leben, Bewegungsabläufe oder das Aktivitätsmuster hatten, darüber kann keine Aussage getroffen werden.

4.6.6 Erkennung von Grad 4: schwere Ausprägung

Der vierte Grad beschreibt eine stark krankhafte Veränderung des Knochenmaterials. Eine entsprechende Pathologie, z.B. *Arthrose*, ist also in schwerer Ausprägung vorliegend und kann am Knochenmaterial leicht erkannt werden. Die typischen Knochenreaktionen können am Skelettmaterial ausgemacht werden und können sogar über eine sehr schwere Form, bis hin zur Auflösung des kompletten Gelenks hin variieren. Schwere Ausprägungen können beispielsweise erkannt werden anhand der *Osteophytenlänge*⁴⁶, einer vorliegenden *Eburnisierung*⁴⁷, oder einer vorliegenden *Ankylose*⁴⁸.

4.6.7 Digitale Eingabe in die Maske zur Inventarischen Auswertung

Für die Bearbeitung der *Inventarischen Auswertung* wurde eigens eine digitale Eingabemaske entwickelt. Die Maske basiert auf einer dynamischen Fragenreihenfolge. Die Fragen dienen dem Ziel, die Eingabe der inventarisierten Daten so zügig und vollständig als möglich zu erledigen⁴⁹.

Dabei gibt es drei nacheinander gelagerte Prozessschritte. Der erste Prozessschritt wird einmalig durchgeführt und beschreibt den Befundkomplex allgemein. Prozess-

⁴⁶ *Osteophyten* sind degenerative, strukturelle Veränderungen in Form von knöchernen Ausläufern am Rand des Knochens.

⁴⁷ Elfenbeinartige Verdickung des Knochens, folgt auf die teilweise oder totale Zerstörung des Gelenkknopels (Gruppe et al. 2015a)

⁴⁸ Gelenkversteifung, auch Synostose, also knöcherne Verbindung zweier Knochen, die zuvor knorpelig oder bindegewebig verbunden waren.

⁴⁹ Die digitale Eingabemaske basiert auf einem CMS. Die Installationsdateien sind im Anhang unter 9.1.7 enthalten.

schritt zwei definiert die Fragenreihenfolge und ist demnach als Basis für die nachgelagerte Dateneingabe zu betrachten. Der dritte Prozessschritt ist die anschließende Dateneingabe anhand der Befundbögen und wird darum vielfach durchgeführt. Jede beantwortete Frage befüllt eine Variable, die in der Datenbank gespeichert wird. Die Datenbank kann dann im nachgelagerten Schritt der Auswertung ausgelesen werden; durch verschiedene Filter sind feingliedrige Auswertungen möglich.

4.6.7.1 Prozessschritt 1: Grundeinstellung

Für die Grundeinstellung eines Bestattungskomplexes werden drei allgemeingültige Werte gespeichert. Dazu gehören: die Bestattungsart, der Name des Grabfundes und die Gesamtanzahl der Befunde.

Reihenfolge	Name	Feld-Name	Typ
1	Allgemein		Tab
2	Bestattungsart	bestattungsart	Text einzeilig
3	Name des Grabfundes	name_des_grabfundes	Text einzeilig
4	Gesamtanzahl Befunde	gesamtanzahl_befunde	Numerisch

Abb. 12: Übersicht der Grundeinstellungswerte: Bestattungsart, Name des Grabfundes und Gesamtanzahl der Befunde.

Durch die freie Texteingabe kann die Methode auch für andere Bestattungsarten als das in dieser Arbeit vorliegende Reihengräberfeld verwendet werden, beispielsweise auch für Massengräber. Da die Werte aus Abb. 12 in der Datenbank hinterlegt sind und alle Dateneingaben innerhalb eines Bestattungskomplexes miteinander verknüpft sind, besteht auch bei den folgenden Eingaben eine Referenz, wodurch die Zuordnung zum Fundort immer gesichert ist.

4.6.7.2 Prozessschritt 2: Basisfragen für Datenmaske

Die Fragen, welche zum zweiten Prozessschritt führen, der sog. Basisfragen für die Datenmaske, lauten wie folgt:

1. „Welche Pathologie möchten Sie analysieren?“
2. „Welches Gelenk ist an der Pathologie beteiligt?“
3. „Ist das/sind die Skelett-Element(e) je Körperseite vorhanden?“
4. „Wie viele Teilgelenke bilden das gesamte Gelenk?“
5. „Wie viele Skelettelemente bilden das jeweilige Teilgelenk?“
6. Die Frage kann, abhängig von der Antwort auf Frage 5, nun eine oder mehrere Fragen erzeugen.
 6. a) Fall „ein Skelettelement bildet Teilgelenk“: „Wie heißt das Skelettelement?“
 6. b) Fall „mehrere Skelettelemente bilden Teilgelenk“: „Aus welchen Skelettelementen setzt sich das Gelenk zusammen?“
7. „Wie viele der Teilelemente sind überliefert, ausreichend erhalten UND enthalten den diagnostisch relevanten Part des Knochens (z.B. „caput femoris“)“

Zur Beantwortung dieser Fragen wurde eine Eingabemaske erzeugt. Die Eingabemaske speichert alle eingegebenen Werte und führt zu einem fein aufgeschlüsselten Inventar, welches sich auf die tatsächlich vorhandenen Skelettelemente bezieht.

4.6.7.3 Prozessschritt 3: Dateneingabe nach Fragenreihenfolge

Die Eingabe der pathologischen Auffälligkeiten eines Befundes in die digitale Eingabemaske erhält im ersten Prozessschritt, der Grundeinstellung, einige Variablen einge­füllt, welche dann die Fragen konkretisieren. So lauten die Fragen für eine Pathologie, welche an einem nicht von der Körperseite abhängigen Skelettelement aufgefunden werden kann wie folgt:

„Sie geben eine *[pathologie_name]* anhand des Gelenks *[pathologie_gelenk]* ein.“

1. „Bitte geben Sie die *[Befundnummer]* ein.“
2. „Bitte geben Sie die Ausprägung der *[pathologie_name]*, also den Status des Skelettelements *[pathologie_gelenk_teilgelenk_1_bezeichnung_1]* an.“

Für eine Pathologie, die an Teilgelenken analysiert werden kann, welche körperseitig beidseits auftreten, gibt es die folgenden Fragen. Dabei wird der Status für jedes einzelne Skelettelement des bildenden Teilgelenks notiert.

„Sie geben eine *[pathologie_name]* anhand des Gelenks *[pathologie_gelenk]* ein.“

1. „Bitte geben Sie die *[Befundnummer]* ein.“
2. „Bitte geben Sie die Ausprägung der *[pathologie_name]*, also den Status der bildenden Skelettelemente an.“
 2. a) „Status des Skelettelem. *[pathologie_gelenk_teilgelenk_1_bezeichnung_1]*“
 2. b) „Status des Skelettelem. *[pathologie_gelenk_teilgelenk_1_bezeichnung_2]*“

In einem iterativen Prozess wird so jedes Teilgelenk des insgesamt betrachteten Gelenks überprüft. Durch die Untersuchung jedes einzelnen Skelettelements der überlie­ferten Teilgelenke wird der Erkrankungsstatus ganzheitlich geprüft. Mittels der vorbe­reiteten Eingabe der Ausprägungsgrade der Pathologie (vgl. Tab. 21), welche mit der Ziffer 0 auch das Fehlen eines Skelettelements (bzw. genauer: das Fehlen des diagnos­tisch relevanten Teils des untersuchten Skelettelements, z.B. caput humeri am Hume­rus) aufzeichnet, ist die *Inventarische Auswertung* sehr feingliedrig und damit verbun­den aussagekräftig.

Die nachfolgende Abb. 13 zeigt die Dateneingabe für eine Schultergelenksarthrose.

Sie geben eine [Arthrose] anhand des Gelenks [Schultergelenk] ein.
Bitte geben Sie die [Befundnummer] ein:

78

Schulter Arthrose

Altersgruppe
spätadult

Geschlecht
männlich

Gelenke

	Körperseite	links
	Wie ist der Status von Teilgelenk: Articulatio humeri - Skelettelement: Caput humeri	0
	Wie ist der Status von Teilgelenk: Articulatio humeri - Skelettelement: Cavitas glenoidalis	0
1	Wie ist der Status von Teilgelenk: Articulatio acromioclavicularis - Skelettelement: Facies articularis acromialis	0
	Wie ist der Status von Teilgelenk: Articulatio acromioclavicularis - Skelettelement: Clavicula (mittlerer Part)	2
	Wie ist der Status von Teilgelenk: Articulatio sternoclavicularis - Skelettelement: Sternum	0
	Wie ist der Status von Teilgelenk: Articulatio sternoclavicularis - Skelettelement: Clavicula sternales Ende	1
	Körperseite	rechts
	Wie ist der Status von Teilgelenk: Articulatio humeri - Skelettelement: Caput humeri	1
	Wie ist der Status von Teilgelenk: Articulatio humeri - Skelettelement: Cavitas glenoidalis	2
2	Wie ist der Status von Teilgelenk: Articulatio acromioclavicularis - Skelettelement: Facies articularis acromialis	1
	Wie ist der Status von Teilgelenk: Articulatio acromioclavicularis - Skelettelement: Clavicula (mittlerer Part)	2
	Wie ist der Status von Teilgelenk: Articulatio sternoclavicularis - Skelettelement: Sternum	0
	Wie ist der Status von Teilgelenk: Articulatio sternoclavicularis - Skelettelement: Clavicula sternales Ende	1

Abb. 13: Ansicht der Dateneingabemaske mit Eingabe von Befundnummer, Altersgruppe, Geschlecht und Gelenkstatus je Körperseite.

Es werden zu jedem Befund die Befundnummer, die Altersgruppe und das Geschlecht eingetragen. Anschließend wird je Körperseite der Status jedes Skelettelements eingegeben, das zu den bildenden Teilgelenken des untersuchten Gelenks (hier: das Schultergelenk) gehört.

4.6.7.4 Zusatzfelder bei der Dateneingabe

Für die Eingabe wurden durch den Nutzer selbst kalibrierbare Zusatzfelder erzeugt, welche die Eingabe an die individuelle Befundung anpassen sollen. Dabei sollte das Zusatzfeld [befund_koerperseite] nicht verändert werden, da es mit seinen drei Werten alle nötigen Eingaben für menschliche Überreste abbildet:

- 0 = Skelettelement ist nicht von Körperseite abhängig (z.B. Sternum)
- 1 = links
- 2 = rechts

Das Zusatzfeld [befund_geschlecht] kann ebenfalls selbst kalibriert werden. Standardmäßig ist die Voreinstellung in den Graden „weiblich“, „eher weiblich“, „eher männlich“, „männlich“ und „unbestimmbar“ gesetzt.

Ein weiteres Zusatzfeld namens [befund_altersgruppe] kann in den Einstellungen angelegt werden. Hier kann ebenfalls ein individuelles Schema hinterlegt werden. So ist es möglich, zwischen den klassischen Altersklassen Infans I, Infans II, Juvenis, Adultas, Maturitas und Senilis zu unterscheiden. Ebenso ist es möglich, eine feinere Aufgliederung zu verwenden, z.B. Infans I, Infans II, frühjuvenil, spätjuvenil, frühadult, adult, spätadult, frühmatur, matur, spätmatur und senil. In dieser Arbeit wird standardmäßig mit den letztgenannten elf Altersklassen gearbeitet.

Das Zusatzfeld [pathologie_grade] beantwortet die Frage, in wie vielen Graden eine Pathologie gemessen wird. Null bildet dabei immer den Start und es kann bis zu einer beliebigen Zahl hochgezählt werden. Ein gutes Raster für valide Grade, welches auch in dieser Arbeit verwendet wird, bilden die Werte 0 bis 4, vgl. Tab. 21. Sie stehen dabei für die folgenden Aussagen:

- 0 = Skelettelement fehlt
- 1 = Skelettelement gesund
- 2 = leichte Ausprägung der Pathologie
- 3 = mittelschwere Ausprägung
- 4 = starke Ausprägung.

Es gibt verschiedene Raster zur Beurteilung von Pathologien, wie die bereits vorgestellte Einteilung der Arthrosegrade nach Schultz (1988) oder Tönnis (1984). Unabhängig von der Feingliedrigkeit des Beurteilungsrasters kann dieses, egal ob es wie in dieser Arbeit vier oder 27 Grade (Schultz 1988) verwendet, immer zwischen einer leichten, mittelschweren oder starken Ausprägung unterscheiden. Daher ist dieses Raster so gut einzusetzen. Den Betrachtungen zu arthrotischen Veränderungen am Skelett sei vorausgeschickt, dass eine zu feinteilige Aufgliederung der Schweregrade einer Arthrose aus biologischer Sicht kaum Sinn ergibt, denn von der Osteologie alleine kann man noch nichts über die individuelle Befindlichkeit aussagen.

4.6.7.5 Variablen

Durch die weiter oben erläuterte Grundeinstellung (4.6.7.1) und der Basisfragen der Datenmaske werden einige Variablen erzeugt und befüllt. Das Arbeiten mit Variablen ermöglicht es, dieses Grundschema auf vielfältige pathologische Erscheinungen anzuwenden, ohne jedes Mal dafür den Fragenkatalog anpassen oder einen eigenen Fragenkatalog entwickeln zu müssen. Die Fragen sind daher so gehalten, dass sie universell einzusetzen sind. Folgende Variablen werden durch die Fragen erzeugt und befüllt:

Tab. 22: Erzeugung sowie Befüllung von Variablen durch die Fragen aus Prozessschritt 2, der sog. „Basisfragen für Datenmaske“, vgl. S. 74.

Variable	Aus Frage	Beispiel-Wert
[pathologie_name]	Basis	Arthrose
[pathologie_grade]	Zusatzfeld	4 (vgl. Tab. 21)
[pathologie_gelenk]	2	Schultergelenk
[pathologie_gelenk_rechts_links]	2	Ja, beidseitig
[pathologie_gelenk_teilgelenke_anzahl]	4	3
[pathologie_gelenk_teilgelenke_anzahl_elemente_1]	5	2
[pathologie_gelenk_teilgelenke_anzahl_elemente_2]	5	2
[pathologie_gelenk_teilgelenke_anzahl_elemente_3]	5	2
[pathologie_gelenk_teilgelenk_1_bezeichnung_1]	6b)	Caput humeri
[pathologie_gelenk_teilgelenk_1_bezeichnung_2]	6b)	Cavitas glenoidalis
[pathologie_gelenk_teilgelenk_2_bezeichnung_1]	6b)	Facies art. acromialis
[pathologie_gelenk_teilgelenk_2_bezeichnung_2]	6b)	Clavicula
[pathologie_gelenk_teilgelenk_3_bezeichnung_1]	6b)	Sternum
[pathologie_gelenk_teilgelenk_3_bezeichnung_2]	6b)	Clavicula (sternal)

Zur Befüllung der Variablen können folgende Werte eingegeben werden: für die Körperseite eine Auswahl aus zwei Optionen (rechts und links); die Anzahl der Teilgelenke erzeugt je Teilgelenk die Frage, aus wie vielen Elementen dieses Teilgelenk besteht. Anschließend werden diese mit dem entsprechenden Namen des Teilgelenks und der bildenden Skelettelemente beschrieben. Nach dieser Variablendefinition können die Befunddaten eingegeben werden. Hierzu werden die Variablen aus Tab. 23 benötigt.

Tab. 23: Erzeugung sowie Befüllung von Variablen durch die Fragen aus Prozessschritt 3, der sog. „Dateneingabe nach Fragenreihenfolge“, vgl. S. 75.

Variable	Beispiel-Wert
[befund_nummer]	78
[befund_altersgruppe]	spätadult
[befund_geschlecht]	männlich
[koerperseite]	Rechts
[pathologie_gelenk_status_teilgelenk1_element1]	1
[pathologie_gelenk_status_teilgelenk1_element2]	2
[pathologie_gelenk_status_teilgelenk2_element1]	1
[pathologie_gelenk_status_teilgelenk2_element2]	2
[pathologie_gelenk_status_teilgelenk3_element1]	0
[pathologie_gelenk_status_teilgelenk3_element2]	1

Bei der Dateneingabe wird je Befund einmalig die Befundnummer, Altersgruppe und das Geschlecht eingegeben. Anschließend werden für beide Körperseiten die Status der jeweiligen Skelettelemente aller Teilgelenke des untersuchten großen Gelenks eingegeben. Wie auf Seite 76 ausgeführt, wird der Grad der arthrotischen Schädigung auf drei Abstufungen limitiert, ergänzt um einen Status für „Skelettelement fehlt“ und „Skelettelement ist gesund“. Der Eingabeprozess wird für jede Befundnummer wiederholt und die Werte werden abschließend kontrolliert. Die Speicherung der Daten in einer Datenbank ermöglicht nach Eingabe eine fein justierbare Auswertung, vgl. S. 79.

4.6.7.6 Auswertung nach Dateneingabe

Abfragen an die *Fragmentary Data* Datenbank:

Durch den allgemeinen Datenbankstandard MySQL 5.5 können diverse Abfragen mittels SQL an die Datenbank gesendet werden. Da die pathologischen Ereignisse aus den Befundbögen durch die digitale Eingabe zu Zahlen überführt wurden, können diese anhand verschiedenster Dimensionen aus der Datenbank exportiert und aufgelistet werden. Filtern der eingegebenen Daten ist anhand des untersuchten Gelenks, der Körperseite, des Alters und des Geschlechts möglich, vgl. Abb. 14.

Abb. 14: Filtermöglichkeiten der vorliegenden Daten in der Datenbank. Filtern ist nach Teilgelenk, Körperseite, Altersgruppe und Geschlecht möglich.

Da neben der Körperseite standardmäßig fünf Werte für den Pathologiegrad, fünf Abstufungen für das Geschlecht und weitere elf für die Altersklasse existieren (vgl. Kap. 4.6.7.5), sind detaillierte Antworten auf verschiedenste Fragestellungen möglich.

Export aus der *Fragmentary Data* Datenbank:

Das Ergebnis der Abfrage wird im unteren Bereich der Suchmaske in tabellarischer Form ausgegeben, wie Abb. 15 zeigt.

Befundnummer	Alter	Geschlecht	Körperseite	Caput Humeri	Cavitas glenoidalis	Facies articularis acromialis	Clavicula (mittlerer Part)	Sternum	Clavicula sternales Ende
389	spätadult	unbestimmbar	links	0	0	0	0	0	0
376	spätjuvenil	männlich	links	1	1	1	1	0	1
456	adult	eher männlich	links	0	1	1	1	0	1
308	matur	männlich	links	1	1	1	1	0	1
304	adult	männlich	links	1	1	1	1	0	1
439	matur	eher männlich	links	0	0	0	3	0	2
444	Infans I	unbestimmbar	links	0	0	0	0	0	0

Abb. 15: Ergebnis einer Suche an die „Fragmentary Data“ Datenbank; gesucht wurde nach einer Schulterarthrose, hierbei alle drei möglichen Teilgelenke (Articulatio Humeri, Articulatio Acromioclavicularis und Articulatio Sternoclavicularis) für die linke Körperseite (alle Altersklassen und Geschlechter).

Das Ergebnis kann als Excel-Datei abgespeichert werden. Die Kopfzeilen werden dabei zur Benennung der Spalten mit übernommen.

Erstellung einer *Excel Masterdatei* als Basis zur statistischen Bearbeitung:

Nach der Selektion der gewünschten Daten, beispielsweise aller Schulterarthrosen aller Altersklassen und aller Geschlechter von einer Körperseite, werden diese in eine Excel-Datei übertragen, damit sie für die statistischen Hilfsmittel verarbeitbar sind. Die hier entstehende Excel-Datei nennt sich *Fragmentary Data Excel Master.xlsx*⁵⁰ und soll alle Gelenkschäden in dem vom Statistik-Programm *R* benötigten Format enthalten. Hierfür sind zwei Schritte nötig:

1. Für jedes der vier großen Gelenke müssen die Werte je Körperseite in einen eigenen Reiter in Excel gebracht werden, also: Schulter links, Schulter rechts, Ellenbogen links, Ellenbogen rechts, Hüfte links, Hüfte rechts, Knie links und Knie rechts.
2. Zusammenfassen der Werte, welche für die Gelenkschäden stehen, in einem einzigen Arbeitsblatt, neben Befundnummer, Altersgruppe und Geschlecht.

Nachdem nicht jeder Befund eine arthrotische Schädigung an jedem Gelenk aufgewiesen hat, gibt es zwischen den jeweiligen Excel-Reitern der vier großen Gelenke unterschiedlich viele Zeilen. Damit die Gelenkschäden der vier großen Gelenke aller Befunde in der zusammenfassenden Master-Datei in eine Zeile gelangen, müssen also „Lücken“ zwischen den Befundnummern aufgefüllt werden. Fehlt also eine Befundnummer bei einem Gelenk und einer Körperseite, so wird eine Zeile mit lauter Nullen eingefügt, da dann kein einziges Skelettelement vorhanden war, auch kein gesundes, und demnach nicht eingegeben werden konnte.

Werte-Transformation zur Aufbereitung der Daten zur Bearbeitung in *R*:

Für die statistische Bearbeitung ist der Grad der Schädigung zweitrangig. Für die mathematische Verarbeitung ist es daher nur wichtig, ob ein Gelenk beschädigt ist oder nicht. Ziel für die Verarbeitung im Statistik-Programm *R* ist daher ein Excel-Arbeitsblatt, welches als Werte nur noch drei Werte aufweist:

- 0 für „Gelenk vorhanden und gesund“
- 1 für „Gelenk vorhanden und erkrankt“
- 2 für „Gelenk fehlt“

Dieser Wert soll demnach eine Gesamtaussage für den Zustand des ganzen Gelenks darstellen. Dies macht eine Werte-Transformation nötig, da in der Dateneingabe zum einen Werte für die Skelettelemente jedes Teilgelenks eingegeben wurden, nicht für das gesamte Gelenk, zum anderen wurden die Werte in einer Skala von 0 bis 4 eingegeben, nicht von 0 bis 2. Um also diese Transformation durchzuführen, muss eine Zeile aus den Excel-Reitern der jeweiligen großen Gelenke, welche ja für einen Befund stehen, zu einem gesamtgültigen Wert zusammengefasst werden.

Für die Umwandlung gibt es drei Formeln. Die erste Formel prüft, ob in einem Befund alle Skelettelemente fehlen. Wenn ja, so gilt für das gesamte Gelenk der Status „2“, also: das Gelenk fehlt. Die zweite Formel prüft, ob es in einem Befund nur gesunde (und ggfs. auch fehlende), nicht aber beschädigte Gelenke gibt. Wenn ja, so gilt für das

⁵⁰ Die aufbereitete Master-Datei ist im Anhang 9.12.6 referenziert und auf der Daten-DVD enthalten.

gesamte Gelenk der Status „0“, also: Gelenk vorhanden und gesund. Sobald mindestens ein Skelettelement eines Teilgelenks des untersuchten großen Gelenks eine leichte, mittlere oder schwere Form der Arthrose aufweist, so gilt für das gesamte Gelenk der Status „1“, also: Gelenk vorhanden und erkrankt.

Die Werte-Transformation wird für jeden einzelnen Datensatz der vier großen Gelenke à zwei Körperseiten durchgeführt, sodass insgesamt 542 transformierte Werte aus 8 Reitern in der *Fragmentary Data Master Tabelle* mit der jeweiligen Befundnummer, Alter und Geschlecht zusammengeführt werden. Diese Übersichtstabelle gibt Aufschluss über den Status eines einzelnen Individuums in Bezug auf arthrotische Schädigungen der vier großen Gelenke. Wenn nun in einer Zeile mehrfach die Zahl 2 vorliegt, so lässt sich daran ersehen, dass dieses Individuum mehrere beschädigte Gelenke aufweist. Ob diese in einem kausalen Zusammenhang zueinander stehen, kann logischerweise nur anhand des Individualbefundes diskutiert werden.

Datenprüfung mittels der statistischen Datenverarbeitungsumgebung *R*:

Die Prüfung der erhobenen Daten aus der Methode der *Inventarischen Auswertung* erfolgt über *R Studio*, vgl. Kapitel 4.7.3. Zur Arbeit mit *R Studio* wird Quelltext in der Syntax *R* benötigt. Die in dieser Arbeit verwendeten *R* Skripte sind im Anhang enthalten⁵¹.

Das Skript beginnt mit dem Setzen des Arbeitsverzeichnisses, welches den Ordner angibt, in welchem die benötigte CSV Datei mit den zu verarbeitenden Werten enthalten ist. Anschließend folgt das Einlesen der Quelldatei. Diese hält in jeweils einer Spalte Werte für die folgenden Beschriftungen: Befundnummer, Alter, Geschlecht, Zustand Schulter links, Zustand Schulter rechts, Zustand Ellenbogen links, Zustand Ellenbogen rechts, Zustand Hüfte links, Zustand Hüfte rechts, Zustand Knie links und Zustand Knie rechts. Die Werte für den Zustand des Gelenks können dabei entweder 0, 1 oder 2 einnehmen, vgl. S. 80.

Da die Werte der Befundnummer nach sortiert sind, wird im folgenden Abschnitt des Skripts die Sortierung der Alters- und Geschlechts-Werte in die korrekte Reihenfolge gebracht, wie im Kapitel 4.6.7.4 angegeben.

Nachfolgend wird ein Überblick über die Daten erzeugt, indem die Anzahl der verschiedenen Alters- und Geschlechtsbestimmungen summiert wird.

Als nächster Schritt wird das Vorkommen der Werte 0, 1 oder 2 für das gewählte große Gelenk und die gewählte Körperseite summiert. Diese Anzahlen sind die Basis für die Berechnung des gewichteten Mittels und hier ein Kontrollschritt, da die Summe dieser Werte die Kardinalität des eingegebenen Datenpools treffen muss, um sicherzustellen, dass alle Daten erfasst sind.

⁵¹ vgl. Kapitel 9.10.2.

Der folgende Skriptabschnitt berechnet das gewichtete Mittel und ist das komplexe Herzstück des *R* Quelltexts. Zunächst wird der Datenrahmen gesteckt; die soeben eingelesenen Daten werden gesamt erfasst. Dann werden die gerade aufbereiteten Daten in Variablen aufgegriffen und je Alterswert und Geschlechtswert durch die Formel iteriert. Es sind also zwei Schleifen, die ineinander verschachtelt ablaufen und somit eine hohe Zahl von Iterationszyklen verursachen. Hierbei werden eigene Variablen definiert, welche temporär im Ablauf einer Schleife benötigt werden.

Tab. 24: Im Rahmen der Hauptiteration des *R* Skripts verwendete Variablen.

Nummer	Variable
1	Anzahl der Personen ⁵² insgesamt
2	Anzahl der Personen ⁵² und defekt
3	Anzahl der Personen ⁵² und gesund
4	Anzahl der Personen ⁵² und unbekannt

Dabei werden die Variablen Nummer 2 und 3 (vgl. Tab. 24) jeweils von den Datensätzen, die fehlten, bereinigt.

Es folgt ein Kontrolltest, der prüft, ob die gesamte Anzahl mit der Summe von Anzahl der defekten am Gelenk und Körperseite, Anzahl der gesunden und Anzahl der Unbekannten übereinstimmt. Diese Prüfung muss positiv erfolgen, damit mit dem Datensatz weitergearbeitet werden kann.

Als Ergebnisse folgen dann drei Werte:

1. Anteil der defekten, bereinigt nach Alter und Geschlecht, für die Gesamtpopulation
2. Anteil der defekten, an den Individuen, wo eine Information vorliegt
3. Anteil der defekten für die Gesamtpopulation

Von besonderem Wert ist das Ergebnis 2, da dieses in Bezug zum tatsächlich vorhandenen Skelettmaterial steht. Die Werte 1 und 3 sind eher als Kontrollwerte erzeugt worden. Wert 3 zeigt dabei den Anteil der ausgezählten defekten Gelenke in Relation zur gesamten Population (unabhängig davon, ob Gelenke vorhanden waren oder nicht); für die Auswertung ist dieser Wert nicht verwertbar, da er in falscher Relation steht, doch muss der Wert theoretisch immer kleiner als Wert 2 sein⁵³. Wert 1 zeigt den Anteil der defekten, bereinigt nach Alter und Geschlecht, also mit dem jeweiligen Gewichtungsfaktor multipliziert und ist ebenso als Kontrollwert zu verstehen. Er darf nicht > 1 liegen, da dies bei korrekter Dateneingabe rechnerisch unmöglich ist. Die Werte 1 und 3 dienen somit als Marker, ob Wert 2 vertraut werden kann oder nicht.

⁵² mit dem zur Iteration stehenden Alter und Geschlecht.

⁵³ außer es würden bei einem Gelenk alle Elemente überliefert sein und es keine fehlenden Skelettelemente geben; dies ist in der Praxis für Emmering jedoch nicht der Fall.

4.7 Statistische Hilfsmittel

Die statistische Auswertung erfolgte basierend auf verschiedenen Softwareprogrammen. Die verwendeten Programme, die für statistische Kalkulationen verwendet wurden, sind nachfolgend aufgeführt.

4.7.1 IBM SPSS Statistics

Das Softwareprogramm IBM SPSS Statistics 25 für Windows diente zur statistischen Auswertung. Der χ^2 -Test wurde zur Prüfung von nominal- und ordinalskalierten Variablen verwendet. Dies geschah zur Überprüfung bei Unterschieden in der Individualverteilung und bei pathologischen Veränderungen.

4.7.2 R

R ist eine freie Softwareumgebung für statistische Datenverarbeitung und Graphenerzeugung. In dieser Arbeit wurden folgende Versionen verwendet:

- Auf macOS Sierra 10.12.6: Version R 3.4.1
*R-3.4.1.pkg*⁵⁴, bestehend aus:
 - R 3.4.1 Framework
 - R.app GUI 1.70 für 64bit Intel Mac Prozessoren
 - Tcl/Tk 8.6.6 X11 Bibliothek
 - Texinfo 5.2
- Auf Windows 10 Ultimate: Version R 3.4.1
*R-3.4.1-win.exe*⁵⁵, bestehend aus obigen Komponenten, adaptiert für Windows PCs.

Das *R Framework* selbst kann mittels der Konsole gesteuert werden, also über eine Kommandozeilen-Eingabe. Da dieser Weg zur Bearbeitung zwar technisch funktioniert, praktisch aber umständlich durchzuführen ist, empfiehlt sich der Einsatz einer zusätzlichen Software, welche eine graphische Oberfläche zur erleichterten Bedienung des komplexen statistischen Programmiergerüsts *R* bereitstellt.

4.7.3 RStudio

R Studio ist ein Ensemble von integrierten Werkzeugen, welche dafür ausgelegt sind, das Arbeiten mit *R* komfortabler und produktiver zu gestalten. Es beinhaltet eine Konsole, einen Editor, welcher die Syntax der programmierten Eingaben farblich markiert und hervorhebt und ebenso das direkte Verarbeiten des eingegebenen Codes ermöglicht. Darüber hinaus bietet R Studio eine Vielzahl von Werkzeugen zur graphischen Darstellung und Datenexploration.

- Auf macOS Sierra 10.12.6: Version R Studio 1.0.153, *Rstudio-1.0.153.dmg*⁵⁶
- Auf Windows 10 Ultimate: Version R Studio 1.0.153, *Rstudio-1.0.153.exe*⁵⁷

⁵⁴ Die Installationsdateien sind im Anhang 9.1.3 referenziert und auf der Daten-DVD enthalten.

⁵⁵ Die Installationsdateien sind im Anhang 9.1.4 R für Windows PC referenziert und auf der Daten-DVD enthalten.

⁵⁶ Die Installationsdateien sind im Anhang 9.1.5 referenziert und auf der Daten-DVD enthalten.

⁵⁷ Die Installationsdateien sind im Anhang 9.1.6 referenziert und auf der Daten-DVD enthalten.

4.7.4 Statistische Tests

Der *Kolmogorov-Smirnov-Test* wurde eingesetzt, um Daten auf ihre Normalverteilung hin zu prüfen. Für den Grad der Vergleichbarkeit zweier Stichproben verwendete der Bearbeiter einen Korrelationstest nach Pearson (bei normalverteilten Daten) oder nach Spearman (bei nicht-normalverteilten oder bei ordinal-skalierten Daten). Die nachfolgende Tabelle zeigt die in der Arbeit verwendeten statistischen Tests:

Tab. 25: Übersicht der verwendeten statistischen Tests. Notiert sind hier die Bedingungen, die an die Daten gestellt werden, die zugehörige Nullhypothese H_0 und was der Test zeigen soll (Florentz 1974, Lorenz 1996, Sachs 1969), zusammengestellt und adaptiert nach Vohberger (2011).

Test	Bedingungen	Nullhypothese H_0	zu zeigen
Korrelation nach Pearson	Normalverteilung Messdaten		
Korrelation nach Spearman	Rangkoeffizient		
Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest (keine Varianzanalyse)	2 Zufallsvariablen/ Einstichprobenverteilung	„Die Daten sind normalverteilt“	„nicht normalverteilt“
t-Test	Bei 2 Gruppen Normalverteilung	„wahre Mittelwerte gleich“	„im Mittel verschieden“
Levene-Test der Varianzgleichheit (Homoskedastizität)	Zwei oder mehr Gruppen	„Die Varianzen sind gleich“	„mindestens ein Gruppenpaar hat ungleiche Varianzen“

Für die neue Methode der *Inventarischen Auswertung* ist es wichtig, einige Begriffe zu definieren. Bevor eine empirische Untersuchung durchgeführt wird, muss vor der Stichprobenziehung die Definition der Grundgesamtheit erfolgen. Es ist zwischen der angestrebten Grundgesamtheit („target population“) und der Auswahlgesamtheit („sampling frame“) zu unterscheiden. Die Grundgesamtheit hält als Konzept alle Elemente, über die Aussagen getroffen werden sollen. Die Auswahlgesamtheit wiederum umfasst alle Elemente, welche prinzipiell in eine Stichprobe gelangen können (Moore 2000).

Es gibt zwei mögliche sog. *coverage error*, welche die Stichprobe verfälschen können. Ein Fehler ist der *Undercoverage Error*; Elemente, die in der Stichprobe enthalten sein sollten, aber aus einem bestimmten Grund nicht abgebildet werden können, fallen aus der Erfassung heraus. Dieser Fehler reduziert die Daten einer Stichprobe. Der andere mögliche Fehler ist der *Overcoverage Error*. Dieser überhöht die Daten in der Stichprobe. Wichtig ist, dass es trotz genauer Definition von Grund- und Auswahlgesamtheit Faktoren gibt, welche die Stichprobe in verschiedenartiger Form beeinflussen. Insgesamt

samt besteht der Sinn einer Stichprobenziehung darin, Aussagen über die Grundgesamtheit zu tätigen (Moore 2000).

Die relevante Grundgesamtheit bezeichnet Cochran (1977) als „target population“ und definiert sie als „the population about which information is wanted“. Für Emmering ist die angestrebte Grundgesamtheit die gesamte historische Population. Die Auswahlgesamtheit ist das vollständige Skelettmaterial aller im Reihengräberfeld bestatteten Individuen. Die Inferenzpopulation ist dann das tatsächlich geborgene und überlieferte Skelettmaterial aus dem Reihengräberfeld von Emmering. Die Inferenzpopulation bildet somit sozusagen eine „Stichprobe aus einer Stichprobe“.

5. Ergebnisse

5.1 Individualdaten aus Emmering

5.1.1 Zahl der Körpergräber, Überlieferungs- und Erhaltungsgrad

Überlieferungs- und Erhaltungsgrad stellen einen Indikator für den Zustand der skelettalen Relikte aus einem beliebigen Grabfund dar. Insgesamt gibt es 578 Befundnummern, davon enthielten 542 Befunde Skelettelemente. Es gab Befunde mit tierischen Überresten. Es gab einen Befund, betitelt mit „verworfenen Skelettreste“ (Emm 48-2); diese konnten vollständig dem Befund Emm 48 zugeordnet werden und den Überlieferungsgrad dieses Befundes erhöhen, sie bilden jedoch kein neues Individuum.

Nach diesen Anpassungen verbleiben von 578 vergebenen Befundnummern insgesamt 539 Befunde mit menschlichen Überresten. Davon sind elf Befunde vollständig, die restlichen 528 sind unvollständig überliefert. Somit ist ein verschwindend geringer Anteil (2,0 %, n = 11) vollständig zur anthropologischen Untersuchung überliefert. Mehr als 90 Prozent des Skelettmaterials sind *mäßig* oder *schlecht* erhalten. Ausgehend von diesen Werten ist der Erhaltungsgrad in folgender Tab. 26 aufgetragen (die Definition zum Erhaltungsgrad findet sich in Tab. 11 auf Seite 39):

Tab. 26: Erhaltungsgrad der Emmeringer Population, tabellarisch aufgetragen.

Erhaltungsgrad	Absolut	prozentual
sehr gut	0	0,0 %
gut	31	5,8 %
mäßig	260	48,2 %
schlecht	234	43,4 %
sehr schlecht	14	2,6 %
Gesamt	539	100,0 %

Die Palette von Dekompositionerscheinungen reicht von *gut* (5,8 %, n = 31) erhaltenen Knochen bis hin zu *sehr schlecht* (2,5 %, n = 14) erhaltenen Knochen. Als *sehr gut erhalten* zu beschreibende Skelettelemente sind im Befundmaterial von Emmering nicht vorgekommen (vgl. obige Tab. 26). Der Erhaltungsgrad wurde im Zuge der anthropologischen Befundung bewertet und im Befundbogen festgehalten. Um zu prüfen, ob zwischen dem Erhaltungsgrad und dem Überlieferungsgrad der skelettalen Überreste ein Zusammenhang besteht, wurde segmentiert, welche Verteilung über die Erhaltungsgrade es je Überlieferungsgrad gab. Die Verteilung ist in Tab. 27 aufgetragen. Aufgrund der niedrigen Zahl von als *vollständig erhalten* beurteilten Befunden (n = 11), kann diese nicht zwingend als valide Referenz verwendet werden. Es ist auffällig, dass alle als *vollständig erhalten* beurteilten Befunde von der Erhaltung her als *gut* klassifiziert wurden. Es gibt keinen einzigen Befund, welcher vollständig überliefert ist, aber von der Erhaltung her als *mäßig*, *schlecht* oder *sehr schlecht* zu bewerten war.

Bei den als *unvollständig überliefert* eingestuften Befunden hingegen liegt der überwiegende Anteil des Skelettmaterials im Bereich *mäßig bis schlecht erhalten*. Auch kommt einzig bei den unvollständig überlieferten Befunden Skelettmaterial vor, welches als *sehr schlecht erhalten* einzustufen war (vgl. Abb. 16). Bei unvollständigen Individuen überwiegen also schlecht erhaltene Knochen, wohingegen diese bei vollständigen Individuen nicht aufzufinden waren.

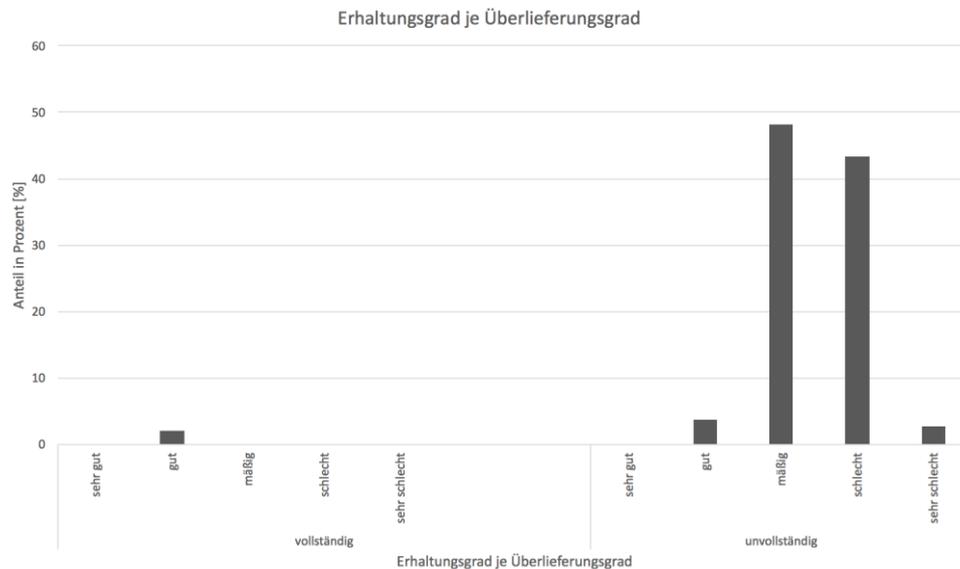


Abb. 16: Erhaltungsgrade des Skelettmaterials aus Emmering, nach Überlieferungsgrad segmentiert und graphisch dargestellt.

Dieser Zustand kann plausibel erscheinen, wenn die schlechte Erhaltung einen Grund für den Verlust von Knochenmaterial bedeutet. Zusammengefasst liegt das Material in einem *mäßigen bis schlechten* Zustand für die Auswertung vor.

5.1.2 Altersbestimmung

Nicht alle untersuchten Befunde konnten ausreichend Daten für eine sichere Zuordnung zu einer spezifischen Altersklasse liefern. Bei 16 Individuen konnte somit das Alter nur als *mindestens erwachsen* deklariert werden; diese Individuen konnten jedoch nicht gesichert in eine der Altersklassen *Adultas*, *Maturitas* oder *Senilis* eingeordnet werden. Dies ist nicht zuletzt auf den großteils *mäßigen bis schlechten*, teilweise *sehr schlechten*, Erhaltungsgrad der Skelettelemente zurückzuführen. Der vereinzelt mangelhafte Überlieferungsgrad verstärkt diesen Status.

Die meisten Individuen sind in den Altersklassen *Adultas* (36,55 %) und *Maturitas* (30,98 %) verstorben. Der Peak liegt demnach in der Altersklasse *Adultas*. Auch bei Ausklammerung der 16 Individuen, welche nur als *mindestens adult* bestimmt werden konnten, verbleibt der Peak in der Altersstufe *Adultas*. Der Kardinalität nach absteigend folgen die Altersgruppe *Senilis* (12,62 %), anschließend *Infans I* (8,44 %). Die am wenigsten vertretenen Altersgruppen sind *Juvenis* (7,24 %) und *Infans II* (4,17 %). Es handelt sich hierbei aber um eine organische Population. Für Gräberfelder aus dem Frühmittelalter ist bekannt, dass (Klein-)Kinder oft nicht auf dem Gräberfeld bestattet

sind (Herrmann et al. 1990, Kölbl 2004). Die Verteilung auf die verschiedenen Altersklassen ist in der nachfolgenden Tabelle aufgetragen.

Tab. 27: Altersverteilung der Emmeringer Population, tabellarisch aufgetragen.

Altersklasse	Anzahl absolut	Prozentualer Anteil
Infans I	45,5	8,44 %
Infans II	22,5	4,17 %
Juvenis	39	7,24 %
Adultas	197	36,55 %
Maturitas	167	30,98 %
Senilis	68	12,62 %
Gesamt	539	100,0 %

19,85 % der Bevölkerung, in Summe 107 Individuen, verstarben vor Erreichen der *Adultas*. 13,19 % der in der Altersklasse *Infans I* verstorbenen Kleinkinder, also sechs Individuen, verstarben im Alter von 0 – 2 Jahren.

5.1.3 Geschlechtsdiagnose

5.1.3.1 Geschlechtsdiagnose unter Einbezug archäologischer Daten

Der Anteil unbestimmbarer Individuen lag mit 85 von 539 Individuen bei 15,8 %. Die teils schlechte Erhaltung und der stellenweise geringe Überlieferungsgrad des Skelettmaterials bringen Befunde hervor, in welchen das Geschlecht nicht sicher oder gar nicht zu bestimmen ist. Das Ergebnis zeigt einen geringen Männerüberschuss (vgl. Tab. 28). Der Anteil nicht bestimmbarer Individuen ist aufgrund des vorstehend erwähnten Erhaltungsgrads relativ hoch. Ebenso spielt der Anteil an Kleinkindern, bei welchen eine sichere Geschlechtsbestimmung aufgrund der noch nicht erfolgten Pubertät erschwert ist, eine Rolle und erhöht abermals die Zahl nicht bestimmbarer Individuen.

Im Rahmen der interdisziplinären Zusammenarbeit mit dem Archäologen Tobias Georg Albrecht konnten archäologische Fundstücke als Indizien für eine Geschlechtszuordnung verwendet werden. Dadurch wurde ermöglicht, das Geschlecht für 20 davor unbestimmbare Individuen in eine *wahrscheinliche* oder eine *relativ sichere* Zuordnung zu bringen. Hintergrund der Zuweisung sind bekannte Bestattungsriten. Grundsätzlich gilt für alle Gräber, in denen durch anthropologische Bestimmung mehrere Individuen nachweisbar sind, dass sich die Funde in dieser Grabgrube nicht einer Person speziell zuordnen lassen, weswegen hier nicht aufs Geschlecht geschlossen werden kann (obwohl die Funde ggfs. geschlechtstypisch wären) ⁵⁸.

Der von Herrn Rolf Marquardt⁵⁹ übergebenen Grabliste mit ebenfalls archäologischer Geschlechtszuordnung, welche im Rahmen der Ausgrabung geschehen ist, konnte für 18 Individuen eine Geschlechtszuordnung entnommen werden. Beide Listen ergaben

⁵⁸ Albrecht, Tobias Georg (LMU München, Fakultät für Kulturwissenschaften, Department für Kulturwissenschaften und Altertumskunde), mündliche Notiz vom 18.04.2017.

⁵⁹ bis März 2017 Leiter des Arbeitskreises für Vor- und Frühgeschichte des Historischen Vereins für die Stadt und den Landkreis Fürstenfeldbruck e.V. (HVF).

für 22 der 85 anthropologisch nicht einem Geschlecht zuordenbaren Individuen eine Zuordnung zu einem Geschlecht. Es gab hierbei keine Konflikte zwischen der Liste von Herrn Marquardt und der von Herrn Albrecht: beide Bearbeiter wiesen bei allen Individuen auf das gleiche Geschlecht hin. Die archäologischen Geschlechtszuweisungen wurden übernommen. Gab es mehrere Zuweisungen pro Individuum, wurde jeweils die weniger angreifbare Zuordnung verwendet. Als Beispiel soll Individuum 92 dienen. Durch die Liste von Rolf Marquardt wird dieses Individuum als *sicher weiblich* zugeordnet und durch die Liste von Herrn Albrecht als *eher weiblich*. *Eher weiblich* ist davon die stärker belastbare Aussage und wurde in die Tabelle übernommen.

Tab. 28: Geschlechterverteilung der Emmeringer Population, mit Einbezug der archäologischen Geschlechtszuordnung, tabellarisch aufgetragen.

Geschlecht	Anzahl absolut	Prozentualer Anteil
weiblich	134	24,9 %
eher weiblich	99	18,4 %
männlich	166	30,8 %
eher männlich	77	14,3 %
unbestimmbar	63	11,7 %
Gesamt	539	100,0 %

Der Anteil an Frauen liegt bei 43,2 % (n = 233), der von Männern bei 45,1 % (n = 243). Unbestimmbar verblieben 11,7 % (n = 63). Aus diesen belastbaren Daten wird auch der Maskulinitätsindex berechnet (vgl. Kapitel 5.2.5).

5.1.3.2 Geschlechtsdiagnose unter Einbezug archäologischer Daten, ohne Kinder

Aufgrund der nur unsicher möglichen Aussage zum Geschlecht am kindlichen Skelett wurde eine gefilterte Datenansicht für die Geschlechtsbestimmung erstellt. Diese zeigt die Geschlechterverteilung für diejenigen Altersgruppen, an welchen eine Geschlechtsbestimmung mit den durchgeführten Methoden erfolgsversprechend und mit vertrauensvollem Ergebnis durchgeführt werden konnte. Durch diese Filterung „ohne Kinder“ verbleiben 471 Individuen zur Bewertung. Die gefilterte Auswertung gibt einen genaueren Aufschluss über die erfolgte Geschlechtsdiagnose am Skelettmaterial aus dem Emmeringer Reihengräberfeld, wie folgende Tabelle und Abbildung demonstrieren. Es sei an dieser Stelle anzumerken, dass von den 63 vom Geschlecht her unbestimmbaren Individuen, 55 Stück in die Altersklassen *Infans I* oder *Infans II* fallen. Demnach dürfen die anhand des archäologischen Materials ermittelten Geschlechtszuordnungen dieser Individuen in der gefilterten Liste (ohne Kinder) nicht verwendet werden. Von den 22 ermittelten Geschlechtern fallen darum 17 Stück weg. Das sind die Befundnummern 61 (Kind), 83, 92, 105, 130, 132, 134, 146, 171, 195 (Kind), 210, 394, 406, 499, 527, 538 und 543. Es verbleiben fünf Geschlechtszuordnungen für mindestens juvenile Individuen, welche die Liste ohne Kinder noch bereichern können. Diese sind Befundnummer 46 (eher männlich) und 502 (männlich) in der Altersklasse *Juvenis* sowie 188 (weiblich), 190 (männlich) und 301 (männlich) in der Altersklasse *Adultas*, vgl. Tab. 29.

Tab. 29: Geschlechterverteilung der Emmeringer Population, ohne Einbezug der Kinder, mit Einbezug archäologischer Geschlechtszuordnung, tabellarisch aufgetragen.

Geschlecht	Anzahl absolut	Prozentualer Anteil
weiblich	123	26,1 %
eher weiblich	87	18,5 %
männlich	164	34,8 %
eher männlich	71	15,1 %
unbestimmbar	26	5,5 %
Gesamt	471	100,0 %

Der Einbezug der archäologischen Geschlechtszuordnungen ergab eine minimale Veränderung in der Geschlechtsverteilung. Der Anteil an Frauen stieg um 1,3 % an und liegt nun bei 44,6 % (davon 26,1 % als *sicher weiblich* und 18,5 % als *eher weiblich* bestimmt). Der Männeranteil stieg um 4,8 % auf 49,9 % an (davon 34,8 % als *sicher männlich* und 15,1 % als *eher männlich* bestimmt). Der einzige Anteil der um 6,2 % Prozentpunkte auf 5,5 % abgesunken ist, ist der unbestimmbaren Geschlechts. Der in Kapitel 5.2.5 bestimmte Maskulinitätsindex wird dadurch nicht beeinflusst, da dessen Berechnung die Tab. 28 zugrunde liegt.

5.1.4 Körperhöhenschätzung

Der nun folgende Absatz beantwortet die Fragestellung **O3** dieser Arbeit, nämlich: „zu welcher Körperhöhe wuchsen die Individuen?“.

Für Frauen wurde anhand von 35 Datensätzen (insgesamt: 106 Langknochen, davon 83 *sicher weiblich* und 23 *eher weiblich* eingestuft) eine mittlere Körperhöhe von ca. $165,11 \pm 4,0$ cm (nach Bach 1965) ermittelt. Für Männer wurde nach Breiting (1937) anhand von 72 Datensätzen (insgesamt: 266 Langknochen, davon 241 *sicher männlich* und 25 *eher männlich*) eine Körperhöhe von $171,76 \pm 4,9$ cm ermittelt. Um die Statistik nicht zu verfälschen, wurde bei denjenigen Individuen, von welchen mehrere zur Messung geeigneten Langknochen vorliegen, zunächst eine individuelle Körperhöhenschätzung durchgeführt. Diese wurde dann jeweils mit den anderen Werten für die Durchschnittsermittlung zusammengeführt.

An Individualdaten sind neben der Zahl der Körpergräber und dem Überlieferungs- wie auch Erhaltungsgrad des vorliegenden Skelettmaterials auch das Alter, die Körperhöhe und das Geschlecht der Individuen bestimmt worden. Letztgenannte Geschlechtsdiagnose wurde unter Berücksichtigung der archäologischen Informationen gegliedert betrachtet, was Raum zur Diskussion eröffnet.

5.1.5 Einschub zu bestimmten Fundnummern

Um im späteren Verlauf auf bestimmte Befundnummern Bezug nehmen zu können, seien an dieser Stelle einige Individuen hervorgehoben:

Das Individuum Emm 83 betrifft ein etwa 3 Jahre \pm 12 Monate junges Kleinkind unbestimmten Geschlechts. Die archäologischen Fundstücke, zwei Eisenschnallen, eine Perle und ein Knochenkammfragment, sind potentiell ortsfremd. Die Überlieferung ist sehr lückenhaft, neben Schädelfragmenten, einzelnen Zähnen und Teilen der Halswirbelsäule sind insbesondere Teile der Hüfte und unteren Extremitäten erhalten. Der Zahnstatus ermöglichte die Alterseingrenzung. Archäologisch ist die Bestattungszeit etwa auf das Jahr 575 bis 600 datiert worden.

Bei Emm 184 handelt es sich um ein eher männliches Individuum in der senilen Altersklasse. Merkmale am Zahn, wie intravitaler Zahnverlust des Zahns 27 und lose Molaren, bei denen nur noch die Wurzel erhalten ist, deuten auf starke Karies hin. Diese kann auch in jüngeren Lebensjahren auftreten, doch ist der Schluss der Schädelnähte ein zusätzliches Merkmal für ein höheres Lebensalter. Es ist eine Auflagerung vom rechten zum linken Os parietale zu sehen, welche auf eine Kette hindeuten kann. Zu den archäologischen Funden (Tonscherben) ist hier aber kein zwingend ortsfremder Bezug vermerkt gewesen.

Individuum Emm 376 wurde bestimmt als juveniles männliches Individuum. Diverse Merkmale am Skelett stützen die Einstufung in die Altersklasse der *Juvenis*. Anhand der archäologischen Fundstücke (eine Schnalle mit Dornfragment, eine blattförmige, abgebrochene Pfeilspitze, ein Fragment eines Feuerstahls und drei weitere Fragmente von vmtl. einem Feuerstein) wurde das Individuum auch als männlich eingestuft. An geeignetem Material dieses Individuums wurde sowohl eine Strontium- als auch eine Bleiisotopenanalyse durchgeführt.

Individuum Emm 479 wurde als mittel- bis spätadulte, eher weibliche Person bestimmt. Die zierlichen Langknochen und der Abrasionsgrad der Zähne passen zu dieser Altersklasse. Archäologische Funde waren nicht zu verzeichnen. Es wurde am Material sowohl eine Strontium- als auch eine Bleiisotopenanalyse durchgeführt.

Das Individuum Emm 530 wurde anhand des archäologischen Funds (Eisenschnalle) als männlich deklariert. Die Überlieferung des Skeletts ist unvollständig, doch sind außer der Halswirbelsäule viele Körperregionen repräsentiert. Wenngleich das Skelettmaterial in nur mäßigem Zustand erhalten ist, wurde durch die anthropologische Untersuchung diese Einschätzung bestätigt, es handelt sich um ein männliches Individuum im frühmaturen Alter. An fünf Zähnen trat eine extreme Zahnhalskaries auf.

Das Individuum Emm 567 ist männlich und in der Altersklasse der *Adultas*, eher 30 – 40 Jahre alt. Es weist eine Ankylose zwischen fünftem Lendenwirbel zum *Os sacrum* auf. Generell sind bei den Lendenwirbeln auf der linken Körperseite die *Facies articulares superior* vergrößert. An den Brustwirbeln können *Schmorl'sche Knorpelknötchen* festgestellt werden, welche in einem Stadium sind, dass sie vermutlich noch keine

Schmerzen hervorgerufen haben, im späteren Lebensalter aber zu Beschwerden geführt hätten. Auch sind ossifizierte *Ligamentum flavum* an vereinzelt Brustwirbeln zu erkennen. An der linken *Fibula* sind am distalen Ende periostale Veränderungen aufgetreten, eine Periostitis ist am medialen Teil des Knochens zu erkennen. Weiters hat das Individuum schon einen intravitalen Zahnverlust am Zahn 27 zu verzeichnen, die ersten Molaren 16 und 26 weisen eine massive Karies auf. Es liegt nahe, dass es sich hier um ein Individuum handelt, welches starker physischer Belastung ausgesetzt war. Fundstücke gab es zu dieser Fundnummer keine.

5.2 Paläodemografie

Anhand der Ergebnisse verschiedener Methoden der Paläodemografie können valide Rückschlüsse über die Zusammensetzung vergangener Populationen gezogen werden. Dieser Abschnitt fasst die Ergebnisse dieser Methodik zusammen.

5.2.1 Repräsentanz der Skelettserie

Die Repräsentanz einer Skelettserie ist die Voraussetzung für weitere Analysen durch paläodemografische Methoden, daher bildet dieser Abschnitt hier den Einstieg. Es sind diverse verschiedene Formeln zur Überprüfung der Repräsentanz einer Skelettserie berechnet worden, vgl. S. 49 und S. 50. Anhand der vorliegenden Daten lassen sich approximiert folgende Mortalitätsraten errechnen:

Formel 22: Mortalitätsraten des Emmeringer Reihengräberfeldes, nach Weiss (1973).

$$Q_0 = 1 - \frac{l_{5-9}}{l_{0-4}} = 0,06864564$$

$$Q_{10} = 1 - \frac{l_{15-19}}{l_{10-14}} = 0,044210526$$

$$Q_{15} = 1 - \frac{l_{20-24}}{l_{15-19}} = 0,04845815$$

Für die Formeln nach Bocquet und Masset (1977) gelten die nachstehenden Ergebnisse und die in Tab. 30.

$$Q_{10} < Q_{15} = 0,044210526 < 0,04845815 \quad \rightarrow \text{erfüllt}$$

$$Q_0 > Q_{15} = 0,06864564 > 0,04845815 \quad \rightarrow \text{erfüllt}$$

$$\frac{D_{5-9}}{D_{10-14}} \square 2 \quad \frac{D_{5-9}}{D_{10-14}} = 2,4375 \quad \rightarrow \text{erfüllt}$$

$$\frac{D_{5-14}}{D_{20-\omega}} \square 0,1 \quad \frac{D_{5-14}}{D_{20-\omega}} = 0,12910798 \quad \rightarrow \text{erfüllt}$$

Tab. 30: Auflistung der errechneten Variablen zur Modellierung der Paläodemographie.

Formel Nummer	Variable	Ergebnis
Formel 10	${}_1q_0 =$	$0,215870237 \pm 0,016 = 0,216 \pm 0,016$
Formel 11	${}_5q_0 =$	$0,314461714 \pm 0,041 = 0,314 \pm 0,041$
Formel 12	$e_x^0 =$	$35,02455117 \pm 1,503 = 35,025 \pm 1,503$
Formel 13	$D_{5-9}/D_{10-14} =$	2,4375
Formel 14	$D_{5-14}/D_{20-\omega} =$	0,12910798
	$Q_{10} =$	0,044210526
	$Q_{15} =$	0,04845815
	$Q_0 =$	0,06864564
	$Q_{15} =$	0,04845815

Die errechneten Variablen aus den verschiedenen Formeln aus dem Methodenkatlog der Paläodemographie bilden Basisdaten zur Auswertung und Einschätzung einer vergangenen Population. Mittels dieser Ergebnisse und weiterer Formeln werden in den nachfolgenden Abschnitten zusätzliche paläodemographische Kennwerte berechnet, um die Basis zur Diskussion zu bilden.

5.2.2 Sterbetafel

Für die Berechnung der Sterbetafel werden von jedem Individuum sowohl das Sterbealter als auch das vermutete Geschlecht benötigt. Da für vier Individuen aufgrund einer marginalen Überlieferung keine Altersbestimmung möglich war, ist die Gesamtzahl an Werten in der Sterbetafel nicht bei 539 (vgl. Tab. 26), sondern bei 535⁶⁰. Um allen Anforderungen der paläodemografischen Auswertung gerecht zu werden, ist es nötig, die Altersklasse der Kinder in einer feiner aufgeschlüsselten Betrachtungsweise festzuhalten; dies ergab folgende, fein granuliert Sterbetafel (vgl. Tab. 31). Anhand der Sterbetafel können wichtige paläodemografische Werte, wie z.B. die Lebenserwartung, abgelesen werden.

Bei Emmering liegt, wie für frühmittelalterliche Gräberfelder typisch, ein Kleinkinderdefizit³³ vor. Das bedeutet, es sind deutlich weniger Kinder im Befund aufgefunden worden, als man typischerweise von einer historisch gewachsenen Population erwarten würde. Die Korrektur ermöglicht die Berechnung der Anzahl von fehlenden Individuen (Vorgriff auf Kapitel 6.2.1). Diese Korrektur führt zum rechnerischen Hinzufügen von 136 Kleinkindern und damit zu einer Gesamtindividuenzahl von 671. Die Sterbetafel der Emmeringer Bevölkerung zeigt zum Zeitpunkt der Geburt eine durchschnittliche Lebenserwartung (e_x) von 29,9 Jahren (Tab. 31). Beim Erreichen der Adulitas beträgt die Lebenserwartung noch weitere 24,9 Jahre.

⁶⁰ Die nicht-korrigierte Sterbetafel ist im Anhang enthalten, vgl. 9.4.1.

Tab. 31: Sterbetafel der Emmeringer Population, Anzahl n = 671, mit feinerer Aufschlüsselung von Individuen im Kindesalter⁶¹.

x	a	D _x	d _x	l _x	q _x	p _x	L _x	T _x	e _x
0-1	1	19	28,3	1.000,0	28,3	971,7	985,8	29.888,2	29,9
2	1	9	13,4	971,7	13,8	986,2	965,0	28.902,4	29,7
3	1	28	41,7	958,3	43,5	956,5	937,4	27.937,4	29,2
4	1	75	111,8	916,5	122,0	878,0	860,7	27.000,0	29,5
5	1	42	62,6	804,8	77,8	922,2	773,5	26.139,3	32,5
6	1	8	11,9	742,2	16,1	983,9	736,2	25.365,9	34,2
7-9	5	22	32,8	730,3	44,9	955,1	2.141,6	24.629,7	33,7
10-14	5	16	23,8	697,5	34,2	965,8	3.427,7	22.488,1	32,2
15-19	5	26	38,7	673,6	57,5	942,5	3.271,2	19.060,4	28,3
20-26	7	30	44,7	634,9	70,4	929,6	4.287,6	15.789,1	24,9
27-33	7	137	204,2	590,2	346,0	654,0	3.416,5	11.501,5	19,5
34-40	7	34	50,7	386,0	131,3	868,7	2.524,6	8.084,9	20,9
40-46	7	26	38,7	335,3	115,6	884,4	2.211,6	5.560,4	16,6
47-53	7	99	147,5	296,6	497,5	502,5	1.559,6	3.348,7	11,3
54-60	7	37	55,1	149,0	370,0	630,0	850,2	1.789,1	12,0
60-∞	20	63	93,9	93,9	1.000,0	0,0	938,9	938,9	10,0
		671							

Von der Geburt bis zum Eintritt in das Erwachsenenalter sinkt die Lebenserwartung ab (vgl. Tab. 32). Von *Infans I*⁶² zu *Infans II*⁶³ steigt sie um 2,2 Jahre (die Lebenserwartung sinkt negativ ab). Mit einem höheren Wert von 4,7 Jahren beim Übergang von *Infans II* zur *frühen Juvenis* sinkt die Lebenserwartung bis zum Übergang von der *späten Juvenis* zur *frühen Adultas* ab zum Endwert von 3,4 Jahren.

Tab. 32: Veränderung der Lebenserwartung zwischen den Altersklassen.

Von Altersklasse	Zu Altersklasse	Absinken der Lebenserwartung
Infans I	Infans II	-2,2
Infans II	Früher Juvenis	4,7
Frühe Juvenis	Späte Juvenis	3,9
Späte Juvenis	Frühe Adultas	3,4
Frühe Adultas	Adultas	5,4
Adultas	Späte Adultas	-1,4
Späte Adultas	Frühe Maturitas	4,3
Frühe Maturitas	Maturitas	5,3
Maturitas	Späte Maturitas	-0,7
Späte Maturitas	Senilis	2,0
Senilis	Exodus	10

⁶¹ Berechnung nach Acsádi und Nemeskéri (1970). D = Gesamtzahl der Skelette, x = Altersklasse, a = Umfang der Altersklasse in Jahren, D_x = Skeletanzahl je Altersklasse, d_x = relativer Anteil der in x gestorbenen Individuen [%] in Promill, l_x = relativer Anteil der Überlebenden in x [%], q_x = Sterbewahrscheinlichkeit in x [%], p_x = Überlebenswahrscheinlichkeit innerhalb der Altersklasse [%], L_x = Anzahl der insgesamt gelebten Jahre je Altersklasse [%], T_x = Anzahl der insgesamt noch zu lebenden Jahre [%], e_x = durchschnittliche Lebenserwartung in x .

⁶² Durchschnitt der Lebenserwartung für die Altersklasse *Infans I*: 30,8 Jahre.

⁶³ Durchschnitt der Lebenserwartung für die Altersklasse *Infans II*: 33,0 Jahre.

Ein deutlich höherer Abfall der Lebenserwartung ist von früher *Adultas* (24,9 Jahre) zu früher *Maturitas* (16,6 Jahre) zu verzeichnen, hier sinkt der Wert um mehr als 8 Jahre ab. In der nachfolgenden Altersklasse der maturaen Individuen (40 – 59 Jahre) sinkt die Lebenserwartung nur noch um 5 Jahre und sinkt in der Altersklasse *Senilis* (60 – ω) wieder stärker (vgl. Tab. 31 und Abb. 19).

Die Erstellung einer eigenen Sterbetafel je Geschlecht wird lt. Grupe et al. (2015a) an-geraten. Anhand separat vorliegender Sterbetafeln kann verglichen werden, ob die Sterblichkeit zwischen den Geschlechtern variiert. Unterschiedliche Absterbefolgen zwischen den Geschlechtern können einen merklichen Einfluss auf das Entwicklungspotenzial einer Population haben.

Insgesamt betrachtet existieren noch die vom Geschlecht her unbestimmbaren Individuen. Diese belaufen sich auf 16 Stück in den Altersklassen *Adultas*, *Maturitas* und *Senilis*. Darum ergeben die summierten Werte, z.B. Spalte D_x aus der Sterbetafel der Frauen (Tab. 33) und Männer (Tab. 34), eine geringere Zahl als die gesamte Sterbetafel (Tab. 106); 410 Individuen statt 535. Die 410 Individuen setzen sich zusammen aus 190 weiblichen und eher weiblichen Individuen sowie 220 männlichen und eher männlichen Individuen. Die Differenz zur gesamten Sterbetafel (535) beträgt 125 und wird aus 16 vom Geschlecht her unbestimmbaren Individuen und den 109 subadulten Individuen (die Altersklassen *Infans I*, *Infans II*, frühe und späte *Juvenis*) gebildet. Anhand der detaillierten Befundliste kann eine Sterbetafel nur für die Frauen der Emmeringer Population entwickelt werden, vgl. Tab. 33.

Tab. 33: Sterbetafel der Frauen aus der Emmeringer Population. Anzahl = 539⁶¹. Die Werte subadulten Individuen sind ausgeblendet.

X	a	D_x	d_x	l_x	q_x	p_x	L_x	T_x	e_x
20 – 26	7	17	56,9	635,5	89,5	910,5	4.249,2	15.806,0	24,9
26 – 33	7	57	190,6	578,6	329,5	670,5	3.382,9	11.556,9	20,0
34 – 40	7	13	43,5	388,0	112,1	887,9	2.563,5	8.173,9	21,1
40 – 46	7	12	40,1	344,5	116,5	883,5	2.270,9	5.610,4	16,3
46 – 53	7	44	147,2	304,3	483,5	516,5	1.615,4	3.339,5	11,0
54 – 60	7	21	70,2	157,2	446,8	553,2	854,5	1.724,1	11,0
60 – ω	20	26	87,0	87,0	1.000,0	0,0	869,6	869,6	10,0
Summe		190							

Analog zur Sterbetafel der Frauen kann die Sterbetafel der Männer erzeugt werden. Diese ist in der nachfolgend gelisteten Tabelle aufgeführt.

Tab. 34: Sterbetafel der Männer aus der Emmeringer Population. Anzahl = 539⁶¹. Die Werte subadulter Individuen sind ausgeblendet.

X	a	D _x	d _x	l _x	q _x	p _x	L _x	T _x	e _x
20 – 26	7	13	39,5	668,7	59,1	940,9	4.542,6	17.220,4	25,8
27 – 33	7	66	200,6	629,2	318,8	681,2	3.702,1	12.677,8	20,1
34 – 40	7	20	60,8	428,6	141,8	858,2	2.787,2	8.975,7	20,9
40 – 46	7	14	42,6	367,8	115,7	884,3	2.425,5	6.188,4	16,8
47 – 53	7	55	167,2	325,2	514,0	486,0	1.691,5	3.762,9	11,6
54 – 60	7	15	45,6	158,1	288,5	711,5	946,8	2.071,4	13,1
60 – ∞	20	37	112,5	112,5	1.000,0	0,0	1.124,6	1.124,6	10,0
Summe		220							

5.2.3 Sterbewahrscheinlichkeit

Die Sterbewahrscheinlichkeit fällt vom Säuglingsalter bis zur späten *Juvenis* ab. Der Tiefstwert wird dabei in der frühen *Juvenis* erreicht. Danach steigt die Sterbewahrscheinlichkeit stark an (Abb. 17). In der Altersklasse der 20 – 39-Jährigen sind anteilig die meisten Individuen verstorben. Die Sterbewahrscheinlichkeit ist in dieser Altersklasse sehr hoch (Tab. 31, Abb. 19).

Die oben aufgezeigten Berechnungen⁶⁴ nach Acsádi und Nemeskeri (1970) zeigen leichte Abweichungen in den Ergebnissen, verglichen mit der Berechnung von Bocquet und Masset (1977). Nach den Formeln von Bocquet und Masset (1977) liegt die Sterbewahrscheinlichkeit der Emmeringer Bevölkerung des ersten Lebensjahres (${}_1q_0$) bei etwa 21,6 %. In den ersten fünf Lebensjahren (${}_5q_0$) liegt sie bei ca. 31,4 %.

Der Anteil der Sterbewahrscheinlichkeit in den ersten fünf Lebensjahren liegt für die Emmeringer Bevölkerung, entnommen der Sterbetafel, berechnet nach Acsádi und Nemeskeri (1970), bei $q_x \approx 8,4$ %. Die Lebenserwartung der Emmeringer Bevölkerung beträgt zum Zeitpunkt der Geburt e_{0-4} ca. 29,9 Jahre (vgl. Tab. 31). Nach Bocquet und Masset (1977), der ausschlaggebenden Quelle, liegt sie bei $35 \pm 1,503$ Jahren.

Somit weisen die beiden Berechnungsarten bei der Lebenserwartung eine Abweichung von 5,1 Jahren $\pm 1,503$ Jahren auf. Die Abweichung liegt bei ca. 14,6 %. Bei der Sterbewahrscheinlichkeit innerhalb der ersten fünf Lebensjahren liegt die Abweichung bei 23 Prozentpunkten und ist somit als sehr groß einzustufen. Die Abweichung muss auch gegeben sein, da Bocquet und Masset das Kleinkinderdefizit korrigieren bzw. Kleinkinder in der Berechnung weglassen (vgl. Formel 12).

⁶⁴ z.B. in Tab. 30, s.S. 99.

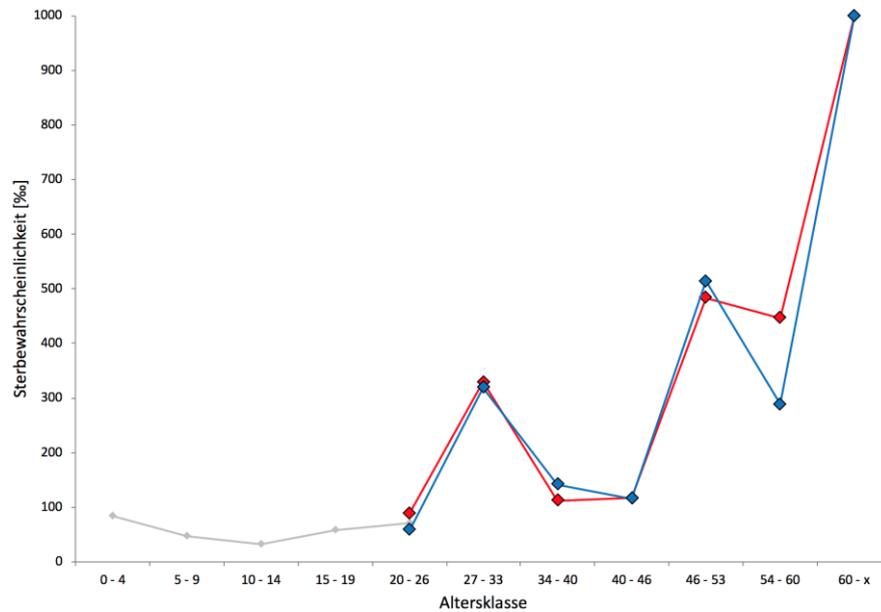


Abb. 17: Sterbewahrscheinlichkeit der Emmeringer Bevölkerung ab früher *Adultas*, aufgetragen nach Altersklassen. Die rote Linie zeigt den Verlauf der Frauen an, die blaue Linie den der Männer. Die graue Linie zeigt die gesamte Sterbewahrscheinlichkeit beider Geschlechter bis zur frühen *Adultas*.

Nur in der Altersklasse der späten *Maturitas* zeigt sich eine mehr als marginale Abweichung zwischen den geschlechtsspezifischen Kurven. Es fallen Unterschiede in der Sterbewahrscheinlichkeit zwischen Männern und Frauen in der Altersklasse *späte Adultas* (34-40) und *späte Maturitas* (54-60) auf.

5.2.4 Lebenserwartung

In der folgenden Abbildung ist die Lebenserwartung der Männer und Frauen aufgetragen, um geschlechtsspezifische Unterschiede erkennbar zu machen.

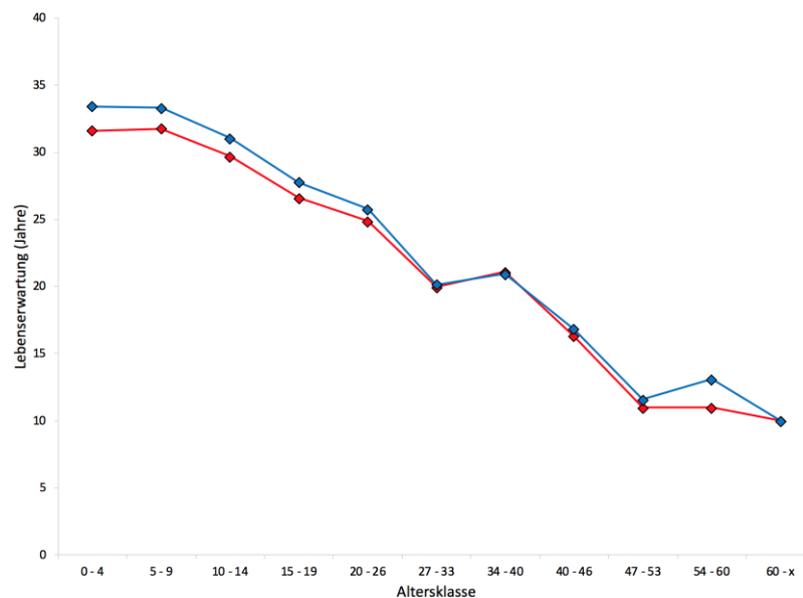


Abb. 18: Durchschnittliche Lebenserwartung (Jahre) der Emmeringer Bevölkerung in den jeweiligen Altersklassen; Frauen sind rot, Männer sind blau markiert. Die Gesamtzahl der Individuen beträgt $n = 539$. Berechnung nach Acsádi und Nemeskeri (1970).

Anhand des Kurvenverlaufs in Abb. 18 ist das starke Absinken der Lebenserwartung in der mittleren *Adultas* und der mittleren *Maturitas* zu erkennen. Auf beide stark abgesunkenen Werte folgen mit der späten *Adultas* und der späten *Maturitas* deutlich höhere Werte. Diese Abfolge erzeugt in obiger Abbildung die beiden ersichtlichen Stufen. Diese Umschlagspunkte sind relevant und werden später diskutiert. Auf demographischer Ebene betrachtet sind diese Sprünge nach oben, genauso wie die Unterschiede zwischen den Geschlechtern, als groß zu bezeichnen. Die Differenz von 1,8 Jahren in der Altersklasse 0 - 4 sinkt stetig bis zur Differenz von 0,9 Jahren in der Altersklasse *Adultas* ab; die Differenz beträgt in der späten *Maturitas* sogar über zwei Jahre.

Aus den vorliegenden Zahlen konnten auch Graphen zur Veränderung der Lebenserwartung erzeugt werden. In nachfolgender Abb. 19 ist das Absinken der Lebenserwartung gemeinsam mit den Altersklassen dargestellt. Es gibt Unterschreitungen der Abszissenachse. Bei Werten unter Null ist das Absinken negativ, dementsprechend sinkt hier die Lebenserwartung nicht ab, sondern steigt in dieser Altersklasse an.

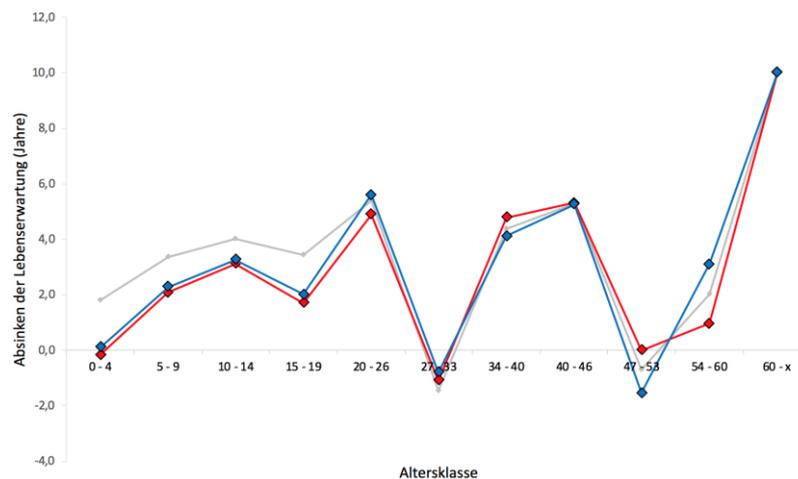


Abb. 19: Absinken der Lebenserwartung in Jahren, aufgetragen nach Altersklassen. Graue Linie = Kurve der gesamten Population (inkl. vom Geschlecht her unbestimmbarer Individuen). Rot sind die Frauen markiert, blau die Männer.

Der Kurvenverlauf in Abb. 19 ist unruhig. Bei Männern und Frauen liegt das Absinken der Lebenserwartung der subadulten Individuen erkennbar niedriger als im Vergleich zur gesamten Population. Dies erklärt sich dadurch, dass in dieser Altersklasse bei zahlreichen Individuen das Geschlecht nicht sicher bestimmt werden konnte. Die Kurvenverläufe von Männern und Frauen sind daher im subadulten Bereich nahezu identisch.

Ähnlich wie bei der Sterbewahrscheinlichkeit ist das Absinken der Lebenserwartung zwischen beiden Geschlechtern ab dem adulten Bereich beinahe deckungsgleich. Es gibt eine Abweichung in der frühen und der späten *Maturitas*; bei den Frauen liegt das Absinken in der frühen *Maturitas* beinahe bei Null, in der späten *Maturitas* bei etwa einem Jahr. In der frühen *Maturitas* liegen die Frauen damit über dem Mittelwert beider Geschlechter, in der späten *Maturitas* darunter. Die Männer haben in der späten

Maturitas sogar einen negativen Wert für das Absinken der Lebenserwartung, das bedeutet: Die Lebenserwartung steigt sogar an. In der späten *Maturitas* liegt der Wert der Männer über dem Schnitt beider Geschlechter.

Der Kurvenverlauf zum Absinken der Lebenserwartung hingegen ist nicht konstant. Hier liegt keinerlei linearer Zusammenhang vor. Die Werte scheinen keiner Gesetzmäßigkeit zu folgen. Genau das ist das Spannende an der Biologie hinter der Emmeringer Bevölkerung, zeigen doch Männer und Frauen (wenige Abweichungen ausgenommen) ähnliche Verläufe. Altersspezifische Sterbegipfel sind biologisch (s. Abb. 18).

Aus den erhobenen Daten der Kapitel 5.1 bis 5.2.4 können nachfolgende Indizes berechnet werden. Diese stellen weitere paläodemografische Kenngrößen dar und werden in der Diskussion zur Beschreibung der Population benötigt.

5.2.5 Maskulinitätsindex

Der Maskulinitätsindex quantifiziert das zahlenmäßige Verhältnis von erwachsenen Männern zu erwachsenen Frauen im Kollektiv (Chamberlain 2006). Die Zahlen zur Berechnung können Tab. 28 entnommen werden. Ein Maskulinitätsindex von 104,29 bedeutet, dass es in der Population einen geringfügigen Männerüberschuss gab (s.S. 90).

5.2.6 Abhängigenindex

Der Anteil der Bevölkerung, welcher auf die Fürsorge der arbeitenden Altersgruppen angewiesen ist, wird durch den Abhängigenindex (*AI*) definiert. Die Werte können der Sterbetafel (Tab. 31) entnommen werden. Der Abhängigenindex der Emmeringer Population liegt ohne Korrektur gerundet bei 0,32⁶⁵, mit Korrektur des Kleinkinderdefizits bei 0,66⁶⁵.

5.2.7 Schätzung der Populationsgröße

Nach Formel 18 von Acsádi und Nemeskéri (1970) wurde die durchschnittliche Personenzahl der zum Gräberfeld zugehörigen Siedlung mit $P \approx 80$ zeitgleich lebenden Personen berechnet.

5.2.8 Mortalitätsrate

Die Mortalitätsrate m wurde nach Bocquet-Appel und Masset (1977) lt. Formel 19 als $4,2 \pm 0,2$ % p.a. berechnet. Das entspricht 4,2 Todesfällen pro Jahr pro 100 Individuen.

5.2.9 Wachstumsrate

Die Wachstumsrate wurde durch Formel 20 von Bocquet-Appel und Masset (1977) als $t \approx -0,012 \pm 0,006$ ermittelt. Damit kann eine Abnahme der Emmeringer Bevölkerung verzeichnet werden.

Nachdem nun die Individualdaten erhoben sind und Daten zur Repräsentanz der gesamten Population vorliegen, wird im nächsten Kapitel näher auf die zu Lebzeiten er-

⁶⁵ bezogen auf ein Maximalalter abhängiger Personen von 10 Jahren, vgl. Formel 17 auf S. 56.

worbenen skelettalen Veränderungen der Vertreter dieser Population eingegangen. Die Daten aus Kapitel 5.4 bilden die Grundlage für den Kern der Arbeit, nämlich die Betrachtung der arthrotischen Veränderungen an den vier großen Gelenken.

5.3 Veränderungen am Skelett durch Pathologien und Fremdeinwirkung

5.3.1 Wirbelsäulenstatus, degenerative Erkrankungen der Wirbel

Das Skelettmaterial von Emmering brachte zahlreiche *spondylotische Veränderungen* der Wirbel hervor. Diese traten geschlechtsunabhängig vorwiegend im Bereich der Hals- und Lendenwirbelsäule auf. Das Vorkommen von *Schmorl'schen Knorpelknötchen* überwog bei Männern. Blockwirbel wurden an zwei Individuen nachgewiesen. Aufgrund überwiegend mäßiger oder schlechter Erhaltung des Skelettmaterials ist eine exakte Verortung innerhalb der Wirbelsäule für viele Wirbelkörper nicht möglich. Darum sind die aufgefundenen Pathologien an der Halswirbelsäule (Tab. 101), Brustwirbelsäule (Tab. 102), Lendenwirbelsäule (Tab. 103) und am Kreuzbein (Tab. 104) in tabellarischer Form im Anhang aufgelistet. An der Halswirbelsäule konnten insgesamt 201 pathologische Veränderungen identifiziert werden. An der Brustwirbelsäule waren 144 und an der Lendenwirbelsäule 100 solcher Fälle aufzufinden.

Osteophyten sind am *Dens Axis* im gesamten Befundmaterial 42-mal aufgetreten. Besonders starke Ausprägungen waren an Befund 446 und 332 (an diesem Befund mit *Eburnisierung*) zu finden, vgl. Abb. 20:



Abb. 20: *Osteophyten* am *Dens Axis*, links Befund 446, rechts Befund 332 mit zusätzlicher *Eburnisierung*.

Verschiedenste Schädigungen der Wirbelsäule sind am Skelettmaterial von Befund 63 aufgetreten. Neben *Osteophyten* sind auch *Schmorl'sche Knorpelknötchen* und arthrotisch belastete *Facies articulares* zu erkennen (vgl. Abb. 21). Befund 63 zeigt außerdem eine Blockwirbelbildung von Lumbalwirbel 4 und 5 (vgl. Abb. 22).



Abb. 21: An der Wirbelsäule von Befund 63 sind *Osteophyten*, *Schmorl'sche Knorpelknötchen* und veränderte *Facies articulares* zu erkennen.



Abb. 22: Blockwirbelbildung von Lumbalwirbel 4 und 5 (Befund 63).

5.3.2 Zahnbefunde

5.3.2.1 Zahnstatus

Es konnten Gebisse am Befundmaterial von 307 Individuen mit gesamt 1.308 Zähnen untersucht werden (vgl. folgende Tabelle), davon 38,8 % im Oberkiefer und 61,2 % im Unterkiefer; 2.079 Zahnfächer konnten ausgezählt werden, 38,4 % davon im Oberkiefer und 61,6 % im Unterkiefer. Am Oberkiefer wurden 2.063 Zähne aufgefunden, am Unterkiefer 3.704. Der Zahnverlust ist in Tab. 36 aufgetragen.

Tab. 35: Absolut aufgefundene Zähne im Befundmaterial des Emmeringer Reihengräberfeldes. Die Tabelle listet die Zähne nach dem FDI Zahnschema für Menschen auf.

18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28
61	166	241	172	152	88	79	56	80	88	108	173	170	208	157	64
177	326	328	220	215	195	156	158	143	176	209	219	268	341	352	221
48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	38

Tab. 36: Aufteilung des Zahnverlustes der Emmeringer Bevölkerung, unterschieden je Kieferquadrant. Beim Zahnverlust wurde unterschieden zwischen *intravital* (i.v.), *postmortal* (p.m.) und *unbekannt* (?). 100 % entsprechen den 2.079 Zahnfächern, an denen eine Aussage über das Vorliegen oder Fehlen eines Zahnes möglich war.

Verlustart	re. Oberkiefer	li. Oberkiefer	li. Unterkiefer	re. Unterkiefer
intravital	18 (0,9 %)	16 (0,8 %)	89 (4,3 %)	88 (4,2 %)
postmortal	131 (6,3 %)	113 (5,4 %)	293 (14,0 %)	274 (13,0 %)
unbekannt	0 (0 %)	2 (0,1 %)	3 (0,1 %)	3 (0,1 %)

Der intravitale Zahnverlust ist ebenso wie der postmortale Zahnverlust am Unterkiefer signifikant deutlich häufiger als im Oberkiefer. Für einen geringen Anteil der Zähne (insgesamt 8 Zähne, Gesamtanteil 0,4 %) konnte die Verlustart nicht sicher bestimmt werden. Der intravitale Zahnverlust beträgt 10,2 %, der postmortale Zahnverlust 39,0 %, vgl. Tab. 36. In den folgenden Tabellen Tab. 37 und Tab. 38 sind die Häufigkeiten der Zahnverluste eingetragen, getrennt nach den Verlustarten.

Tab. 37: Zahnverlust des Oberkiefers, gelistet nach den verschiedenen Verlustarten.

Verlustart	18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28
intravital	6	5	3	1	1	1	0	1	2	2	1	2	2	3	2	2
postmortal	8	5	8	19	17	23	24	27	21	21	22	18	12	6	7	6
unbekannt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1

Tab. 38: Zahnverlust des Unterkiefers, gelistet nach den verschiedenen Verlustarten.

Verlustart	48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	38
intravital	17	19	28	14	4	2	4	1	2	2	2	7	12	23	22	18
postmortal	17	21	13	33	45	54	53	57	59	53	53	38	33	12	15	11
unbekannt	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1

5.3.2.2 Abrasion

Zur Untersuchung der Abrasion standen 1.332 Zähne zur Verfügung. 82,3 % der Emmeringer Bevölkerung weisen Abrasion auf.

Tab. 39: Häufigkeiten der Abrasionsgrade der Emmeringer Bevölkerung. Grad 1 steht für gesunde Individuen, gefolgt von aufsteigenden Graden mit ansteigendem

Abrasionsgrad, bis hin zu vollständiger Abrasion der Krone bis zum Wurzelhals bei Grad 5.

Abrasionsgrad	Anzahl	Häufigkeit
Grad 1	232	17,9 %
Grad 2	358	27,6 %
Grad 3	397	30,6 %
Grad 4	168	13,0 %
Grad 5	142	10,9 %
Summe	1.297	100,0 %

Bei knapp 60 % wurde der Schmelz angeschliffen, oder es liegen einzelne Teile des Zahnbeins frei. Bei 13 % ist der gesamte Schmelz der Zähne abgerieben. Der Anteil vollkommenen Abriebs der Zahnkrone bis zum Wurzelhals liegt bei 10,9 %, vgl. Tab. 39.

Die durchschnittliche Abrasionsrate liegt bei 2,5. Wie an Abb. 23 zu sehen ist, weisen die Frontzähne und ersten Molaren den höchsten Abrasionsgrad von ca. 3 auf. Im Verlauf der Seitenzähne gibt es beinahe einen linearen Abfall bis zu den Prämolaren. Die dritten Molaren weisen die niedrigste Abrasionsrate auf. Gesamt ist die Abrasionsrate aber vorsichtig zu betrachten, da diese ernährungsabhängig ist.

Durchschnittliche Abrasionsrate

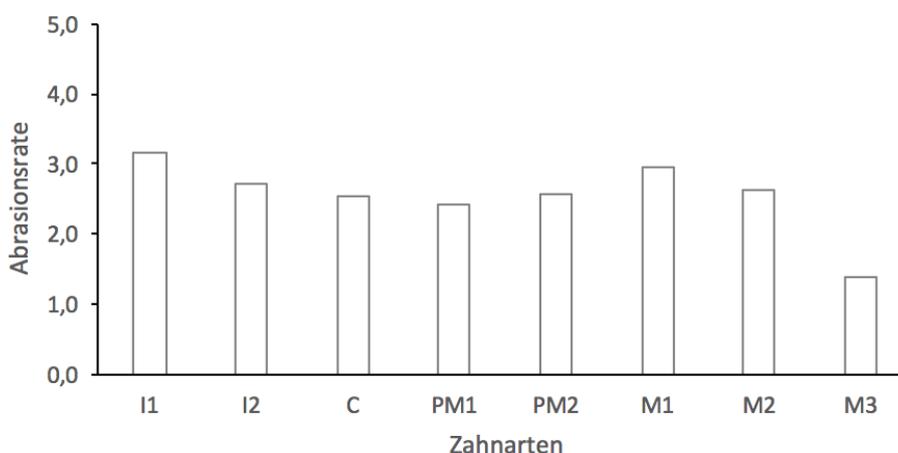


Abb. 23: Durchschnittliche Abrasionsrate der Emmeringer Bevölkerung, aufgeteilt nach den unterschiedlichen Zahnarten.

Es passt zur Erwartungshaltung, dass der M1 die höchste Abrasionsrate der Molaren besitzt, da er ja auch am längsten im Kiefer ist, gefolgt von den Incisiven.

5.3.2.3 Zahnpathologien

Insgesamt wurden im Emmeringer Befundmaterial 161 Pathologien an Zähnen aufgefunden. Diese beinhalten vorwiegend Schädigungen des Zahns durch Zahnstein und Karies, ebenso traten Schmelz-Hypoplasien und Wurzelspitzenabszesse auf. In Abb. 24 ist exemplarisch ein Wurzelspitzenabszess von Individuum 383, an Zahn 46 verortet, abgebildet.



Abb. 24: Wurzelspitzenabszess an Individuum 383, an Zahn 46. Links: gesamtes Skelettelement. Rechts: Detailaufnahme.

5.3.2.4 Kariesfrequenz

Die nächste Tabelle listet die Kariesfrequenz der Emmeringer Population auf.

Tab. 40: Kariesintensität und -frequenz der Emmeringer Bevölkerung im Alters- und Geschlechtervergleich.

	In- fans I	In- fans II	Juvenil	Adult	Matur	Senil	♀	♂
<u>Kariesintensität:</u>								
Vorhandene Zähne (n)	514	283	443	2.253	1.925	826	2.351	3.078
Kariöse Zähne (n)	0	1	9	82	67	56	71	136
Kariöse Zähne [%]	0	0,4	2,0	3,6	3,5	6,8	3,0	4,4
<u>Kariesfrequenz:</u>								
Untersuchte Gebisse (n)	12	13	20	123	119	52	135	177
Gebisse mit Karies (n)	-	-	7	22	26	12	31	35
Gebisse mit Karies [%]	0	0	35,0	17,9	21,8	23,1	22,9	19,8

Zwei der von Karies betroffenen Individuen sind vom Geschlecht her unbestimmbar. Daher gibt es eine Diskrepanz zwischen der Summe der ausgezählten kariösen Zähne und der in Tab. 40 aufgeführten Werte.

5.3.2.5 Kariesintensität

In der folgenden Tabelle ist die Kariesintensität von Emmering aufgetragen.

Tab. 41: Kariesintensität aus Emmering im Alters- und Geschlechtervergleich.

	Infans I	Infans II	Juvenil	Adult	Matur	Senil
--	----------	-----------	---------	-------	-------	-------

Frauen:

Vorhandene Zähne (n)	52	59	197	889	839	315
----------------------	----	----	-----	-----	-----	-----

Männer:

Vorhandene Zähne (n)	21	26	177	1.333	1.038	483
----------------------	----	----	-----	-------	-------	-----

5.3.3 Traumata**5.3.3.1 Traumata**

Traumata wurden in Bezug auf Knochenbrüche in verschiedenen Stadien der Verheilung aufgefunden. Traumatische Verletzungen waren im Vergleich zu degenerativen Erscheinungen seltener vorhanden.

Es zeigten sich an diversen Befunden traumatische Verletzungen, welche aber nicht auf einen kriegerischen Kontext bezogen sein müssen, sondern z.B. durch einen Sturz hervorgerufen worden sein könnten. Ein Beispiel für eine derartige Krafteinwirkung soll der Bruch einer Tibia von Befundnummer 380 sein, welche disloziert wieder zusammengewachsen ist und deren Knochenoberfläche nach Rekonstruktion des Knochens vermuten lässt, dass diese Verletzung längere Zeit überlebt wurde, vgl. Abb. 34. Repräsentativ werden einige Befunde mit auffälligen Traumata aufgelistet. Die vollständige Liste von Pathologien und Traumata ist im Anhang enthalten.

Befund 446:

Befund 446 zeigte bei gesamter Betrachtung eine robuste Ausprägung, diverse Anzeichen arthrotischer Gelenkschäden, sowie weitere Pathologien, wie einen deutlich ausgeprägten Osteophyten am *Dens Axis*, Randleisten an zwei *Phalangen* der rechten Hand, Arthrose im linken *Acetabulum*, Karies an zwei Molaren und eine Osteomyelitis an der linken *Clavicula*. Die Schnittverletzung am Fragment des hinteren linken *Os parietale* zeigten geglättete Schnittkanten; dies ist ein Hinweis darauf, dass die Verletzung trotz der Länge und Ausprägung der Schnittführung überlebt wurde und ein Heilungsprozess eingesetzt hat.

Befund 3:

An diesem Befund zeigte sich eine unverheilte Schnittspur am linken *Os frontale*, welche von der rechten zur linken Seite ausgeprägt ist. Die Schnittspur ist unverheilt, was nahelegt, dass sie recht kurz vor Todeseintritt zugefügt wurde. Anhand der Ausprägung und Tiefe der Verletzung ist diese alleine nicht zwingend als letal einzustufen. Es ist daher anzunehmen, dass es eine weitere Verletzung gegeben hat, welche zum Tod des Individuums geführt hat. Diese kann an Weichgewebe oder nicht überlieferten Skelettelelementen zugefügt worden sein, womit sie außerhalb der Sphäre des Bearbeiters liegen und diagnostisch nicht zu erfassen sind. Befund 3 wies außerdem eine *Sutura metopica* auf, zahlreiche *Worm'sche Knochen* an der *Lambda-Naht* und eine verheilte Fraktur an der linken *Ulnadiaphyse*. Aufgrund des Robustizitätsunterschieds der *Humeri* kann das Individuum als Rechtshänder beschrieben werden.

Befund 182:

Der Befund 182 zeigte einen Frakturkallus an der linken *Ulna*, möglicherweise eine Folge einer Parietfraktur. Am obersten Lumbalwirbel wurde an der *Facies articularis inferior* rechts eine arthrotische Degeneration festgestellt.

Befund 564:

Auch Befund 564 zeigte sich eine Parietfraktur. Weiters zeigten sich ein Enthesiophyt am *Dens Axis*, sowie eine beginnende Arthrose im linken *Acetabulum*.

Befund 212:

Beide Schnittverletzungen am Befund 212, sowohl die an der Hüfte, als auch die am Fuß, sind ganz klar unverheilt, was anhand der Ausprägung der Schnittmarken zu erkennen ist. Wären diese abgerundet oder geglättet, oder sogar wieder mit Knochenmaterial aufgefüllt, so würde dies für eine Verheilung der zugefügten Wunde und des zugefügten Knochenschadens sprechen. Bei beiden Schnittmarken ist dies nicht der Fall.

Der Schnitt am Fuß war sicher nicht letal. Zur Beurteilung der Wunde an der Hüfte muss betrachtet werden, wie diese zugefügt wurde. Die Schnittspur liegt *anterior-inferior* am *Os coxae*. Um dort eine Wunde zuzufügen, muss die Klinge rechts am Ansatz des rechten Beines eingedrungen sein. Es ist möglich, dass hierbei zeitgleich zur Verletzung des Gewebes auch eine große Arterie durchtrennt wurde, was zum Verbluten geführt haben kann. Ob dies nach wenigen Momenten oder infolge einer Sepsis innerhalb weniger Stunden oder Tage geschah, kann nicht sicher eingeschätzt werden. Jedenfalls wurden diese Verletzungen nicht lange überlegt, da es keine Anzeichen von Verheilung an den Schnittspuren gab.

Es können noch weitere Verletzungen zugefügt worden sein, welche mit anthropologischen Methoden nicht erfasst werden konnten. Sei es, weil das Skelettelement mit der Verletzung nicht überliefert ist, oder weil es eine Verletzung im Weichgewebe ohne Spuren am Knochen war, wie z.B. ein Stich in die Bauchregion oder den Brustkorb. Beschädigte Rippen werden oftmals aufgrund mangelndes Erhaltungsgrades nicht aufgefunden. Es ist naheliegend, dass beide Schnittverletzungen an Fuß und Hüfte zum gleichen Zeitpunkt zugefügt wurden und ein Ereignis nahe zum Todeszeitpunkt darstellen. Diese Person hat möglicherweise auf einem Pferd gesessen, als der Angriff geschah.

Befund 63:

An Befund 63 wurde eine Fraktur aufgefunden, welche als potentiell perimortal einzu-stufen ist, da es keine Anzeichen eines Verheilungsprozesses gibt und die Frakturkanten auch keinerlei rezente Schädigungen aufzeigt, wie sie z.B. durch eine Schaufel während der Ausgrabung auftreten können. Es handelt sich um eine Fraktur an der linken

Tibia, die möglicherweise durch eine Hiebverletzung zugefügt wurde. Generell zeigte dieses Individuum diverse arthrotische Erscheinungen, zum Beispiel ein stark degenerativ verändertes *Glenoid* an der rechten *Scapula*, an beiden *Claviculae* eine stark ausgezipfelte *Impressio ligamenti costoclaviculare*. Das *Acetabulum* zeigte beidseitig starke arthrotische Degeneration, an Lumbalwirbel 4 und 5 zeigte sich eine Blockwirbelbildung. Auch die Wirbelsäule war durch Osteophyten, Schmorl'sche Knorpelknötchen und arthrotische Erscheinungen an den *Facies articulares* stark degenerativ verändert.

Befund 380:

Das Polytrauma an Befund Nummer 380, ein als männlich und spät matur bis senil bestimmtes Individuum, zeigt auf beeindruckende Art und Weise die Genesungsfähigkeit des menschlichen Körpers. Der extrem dislozierte Bruch der rechten Tibia verwuchs zu einem großen Kallus, mit welchem auch die rechte *Fibula* zusammengewachsen ist, weist eine glatte Oberfläche auf und deutet somit darauf hin, dass diese Bruchstelle verheilt ist und das Individuum den Bruch längere Zeit überlebt haben muss. Darauf deutet ebenfalls das verbogene linke *Femur* hin. Hieran sieht man eine starke Gelenkbelastung, möglicherweise durch Humpeln aufgrund des starken Unterschieds zwischen dem rechten und linken Bein. Dies wäre eine biomechanische Folge des verheilten Traumas. Die Fraktur des rechten *Ulnaschaftes* kann als klassische Parierfraktur bezeichnet werden.

Auch die Randleisten an den Wirbeln können durch eine veränderte Körperhaltung hervorgerufen worden sein. Eine atypische Belastung hat eine Überbeanspruchung der Gelenke zur Folge, wodurch diese stärker abgenutzt werden und früher sowie stärkere Verschleißerscheinungen aufweisen. Durch die Fraktur und die disloziert wieder verwachsene *Tibia* ist das rechte Bein kürzer als das linke gewesen. Ein normaler, aufrechter Gang war ohne ein stützendes Hilfsmittel wie z.B. einen Stock oder eine Krücke nicht möglich. Ob das Individuum Krücken verwendet hat oder nicht, verbleibt offen zur Interpretation. Zwingend erforderlich war ein Gang auf Krücken nicht, die Fortbewegung kann auch humpelnd erfolgt sein, doch die stark ausgeprägten Muskelansatzstellen nebst Knochensporn am rechten *Humerus*, die Arthrose im distalen rechten Humerusgelenk, sowie die Randleisten an der rechten *Cavitas glenoidalis* sind ein Indiz für eine über Gebühr starke Belastung der rechten oberen Körperhälfte.

Befund 308:

Auch an Befund 308 ist ein Polytrauma zu verzeichnen gewesen. Individuum 308 ist als männlich und matur, ca. 45-50 Jahre alt, befundet worden. An der linken Ulna ist anhand des verheilten Frakturkallus eine klassische Parierfraktur zu sehen. Die Veränderung am linken Radius auf Bruchhöhe weist auf eine Störung im Interosseum hin, wodurch sich die Knochenwulst ausgebildet hat. Nach Ausprägung des Kallus und dessen Oberflächenstruktur zu urteilen, liegt das Frakturereignis etwa sechs Monate vor dem Tod des Individuums. Die proximal am *Humerus* gelegenen Auflagerungen, sowie

die an der *Scapula*, deuten darauf hin, dass sich das Polytrauma über Schulter und Unterarm erstreckte.

Bakterien können über die offene Wunde eingewandert sein und eine systemische Entzündung hervorgerufen haben. Dies kann zu einer Sepsis geführt haben.

5.3.3.2 Schnittverletzungen und Spuren von Gewalt

Spuren von interpersoneller Gewalt dokumentieren unweigerlich einen vergangenen Konflikt. Während der Untersuchung wurde daher ein besonderes Augenmerk auf mögliche Spuren von Gewalteinwirkung gelegt. Mehrere Skelette zeigen definitiv Spuren von interpersoneller Gewalt, was die Fragestellung **M2**⁶⁶ beantwortet. Diese Spuren von Gewalt sind nachfolgend aufgeführt:

An Befund 446, einem sicher männlichen Individuum in der Altersklasse *Maturitas*, wurde eine Schnittspur an einem Fragment des *Os parietale* (links dorsal gelegen) aufgefunden. Das Individuum zeigte insgesamt eine robuste Ausprägung und diverse Zeichen von Gelenkschädigungen. Dazu eine leichte Zahnkaries an zwei Molaren. Belastungen der Wirbelsäule zeigen sich durch *Osteophyten* am *Dens Axis* (vgl. Abb. 20) und Randleisten an den Wirbelkörpern. Auch zwei *Phalangen* der rechten Hand weisen Randleisten auf. Das Individuum hatte eine ausgeprägte *Osteomyelitis* an der linken *Clavicula*, medial gelegen. Dies ist eine typische Lokalisation für eine aseptische, nicht-bakterielle *Osteomyelitis*. Im Gegensatz zu einer bakteriellen *Osteomyelitis* sind betroffene Personen häufig in einem guten Allgemeinzustand und leiden vorwiegend an ausgeprägten lokalen, häufig auch nachts vorhandenen Knochenschmerzen. Gelegentlich kann auch eine lokale Schwellung, Rötung oder Überwärmung festgestellt werden.



⁶⁶ Gibt es Hinweise auf einen kriegerischen Kontext? Sind Söldner oder Mitglieder römischer Grenztruppen mit hinreichender Wahrscheinlichkeit anzunehmen?

Abb. 25: Schnittspur an Fragment des linken hinteren *Os parietale* (Befund 446).

Befund 3 brachte eine unverheilte Schnittspur mit Führung von der rechten zur linken Seite am linken *Os frontale* zum Vorschein.



Abb. 26: Unverheilte Schnittspur am linken *Os frontale* (Befund 3), die Schnitfführung erfolgte von der rechten zur linken Seite.

Befund 182 zeigte einen Frakturkallus einer Parietalfaktur an der linken *Ulna* (Abb. 27). Bei Individuum 564 (Abb. 28) wurde ebenso eine Parietalfaktur an der linken *Ulna* gefunden; eine typische Verletzung, welche bei Abwehr eines Hiebes auftreten kann.



Abb. 27: Die linke *Ulna* zeigt einen *Frakturkallus* (Befund 182).



Abb. 28: Parietfraktur an linker Ulna (Befund 564).

Es zeigten sich zwei weitere Spuren an einem einzigen Individuum, Befundnummer 212: Eine Schnittverletzung am rechten *Os ilium*, *anterior-inferior* an der *Spina iliaca* gelegen, also oberhalb des *Acetabulum*, siehe Abb. 29. Am selben Individuum wurde eine Schnittverletzung gefunden, die am rechten Spann, sowohl am *Os cuneiforme intermedium* als auch quer über die *Metatarsalia III, IV* und *V*, siehe Abb. 30.



Abb. 29: Schnittspur am rechten *Os ilium*, *anterior-inferior* an der *Spina iliaca* gelegen, nebst Detailaufnahme (Befund 212).



Abb. 30: Unverheilte Schnittspur am rechten *Os cuneiforme II*, sowie Schnittführung über den rechten *Metatarsus III, IV* und *V* (Befund 212).

An Befund 63 fiel eine potentiell perimortale Hiebverletzung oder Fraktur auf:



Abb. 31: Perimortale Fraktur, ggfs. Hiebverletzung, an linker *Tibia* (Befund 63). Oben: Gesamtaufnahme, Ideallage simuliert. Unten: Detailansicht der Frakturkante.

Diese Fraktur ist eine klassische *Messerer Fraktur*. Diese beschreibt die Bruchform im Knochen, wenn eine direkte Gewalteinwirkung zur Biegung z.B. eines Unterschenkelknochens führt. Dabei kommt es zur Aussprengung eines keilförmigen Bruchstücks, wobei die Basis des ausgesprengten Keils auf der Seite des betroffenen Knochens liegt, aus welcher die Gewalt kam.

5.3.4 Polytrauma

5.3.4.1 Befund Nummer: 380

An Befundnummer 380 konnte ein *Polytrauma* aufgefunden werden. Das Auftreten einer solchen Häufigkeit von traumatischen Erscheinungen ist im gesamten Fundkomplex auffällig und herausragend.

An Individuum 380 konnten starke Randleisten an der *Cavitas glenoidalis* der rechten *Scapula* aufgefunden werden (vgl. Abb. 32), ebenso ein enormer Sehensporen und ausgeprägte Muskelansatzstellen am rechten *Humerus*, vgl. Abb. 33. Die rechte *Ulna* zeigt am Ende ein Trauma, sowie eine starke Verdickung an der Bruchstelle. Dies spricht für eine klassische Parierfraktur. Der rechte *Radius* ist nicht überliefert, demnach kann kein vollständiges Bild gezeichnet werden. Darüber hinaus wurde ein Knorpelsporn am *Dens Axis*, sowie eine Fraktur an einer Rippe gefunden. An den Wirbeln sind diverse Randleisten zu sehen. Das linke *Femur* ist stark verbogen. Die rechte *Tibia* weist einen Bruch, sowie eine dislozierte Verwachsung der Fragmente auf. Die Fraktur liegt im Vergleich mit der linken *Tibia* mittig im Schaft, weist eine Dislozierung und Abkippung nach hinten auf. Die rechte *Fibula* ist auf Bruchhöhe mit der defekten *Tibia* verwachsen und bildet dort einen großen, verheilten Kallus, sh. Abb. 34.



Abb. 32: Rechte *Cavitas glenoidalis* von Befund 380. Die stark ausgeprägte Randleiste ist deutlich im Foto zu erkennen.



Abb. 33: Rechter *Humerus* von Befund 380 mit ausgeprägter Muskelansatzstelle proximal, sowie einem Knochensporn medial gelegen. Links: proximales Ende, rechts: distales Ende. Oben: Übersicht des ganzen Knochens. Unten links: ausgeprägte Muskelansatzstelle. Unten rechts: Knochensporn.



Abb. 34: Rechte *Tibia* mit dislozierter Fraktur von Befund 380, rechts proximales Ende, links distales Ende. Oben: Ansicht posterior. Unten links: Ansicht von medial. Unten mittig: Ansicht anterior. Unten rechts: Ansicht von lateral.

5.3.4.2 Befund Nummer: 308

Ein *Polytrauma* ist auch an Befund Nummer 308 aufgefunden worden. Die linke *Ulna* ist mittig aufgetrieben und zeigt einen verheilten Frakturkallus nach einem Bruch. Der linke *Radius* ist auf Höhe des Bruches leicht ausgezogen. Der linke *Humerus* zeigt proximal eine große, mehrschichtige Auflagerung. Ebenso gibt es eine Auflagerung an der linken *Scapula*. Ggfs. handelte es sich bei dem Bruch an der linken *Ulna* um einen offenen Bruch, der zu einer Sepsis geführt haben kann.

5.3.5 Weitere Pathologien und Discreta

Degenerative Gelenkerkrankungen, Traumata, Pathologien und mögliche Infektionsgeschehen wurden im Zuge der anthropologischen Befundung notiert. Die detaillierte Auflistung von aufgefundenen Pathologien und Discreta am Schädel sind im Anhang aufgeführt. 417 Arten pathologischer Veränderungen und Discreta⁶⁷ traten mit einer Gesamtanzahl von 1.625 Vorkommnissen auf. Die davon am häufigsten aufgefundenen Pathologien sind Arthrosen der Hüfte und Schulter sowie Veränderungen entlang der Wirbelsäule⁶⁸. Folgend sind die häufigsten Pathologien und Discreta benannt, die nicht in vorstehenden Kapiteln enthalten sind. Die meisten Vorkommnisse bildeten *Hockfacetten* (21 Stück sind medial rechts, 25 Stück medial links gelegen; lateral rechts und links lagen jeweils 18 Stück). Weiters traten *Pacchionische Granulationen* häufig auf (26 Fälle am *Os frontale*, 19 Fälle mittig intracranial am rechten *Os parietale*), ebenso die ASV *Sutura metopica* mit 24 Vorkommnissen und *Cribralia orbitalia* in 19 Fällen.

Anzeichen von Infekten konnten am Knochenmaterial festgestellt werden, beispielsweise anhand der aufgefundenen periostalen Knochenauflagerungen oder der skelettalen Relikte von ausgeprägten Formen von *Osteomyelitis*. Ebenso konnten verschiedene an der Wirbelsäule lokalisierte Auffälligkeiten beobachtet werden. Hierzu zählt z.B. die Krankheit *Morbus Scheuermann*, welche durch Wachstumsstörungen entsteht.

An Befund 63 wurde sowohl am rechten und linken *Talus* eine *Osteochondrosis dissecans* im *Calcaneusgelenk* festgestellt, vgl. Abb. 35:



Abb. 35: Rechter und linker *Talus* zeigen eine *Osteochondrosis dissecans* am *Calcaneusgelenk* (Befund 63).

Befund 380 zeigte Osteome am *Os frontale*, siehe folgende Abbildung:

⁶⁷ Einige Pathologien, z.B. Arthrose, traten an unterschiedlichen Skelettelementen auf und sind daher mehrfach enthalten, vgl. Anhang 9.2.3.

⁶⁸ Diese wurden in den Kapiteln 5.4 und 5.3.1 behandelt.



Abb. 36: Osteome extracranial am *Os frontale* (Befund 380).

5.3.6 Anatomische Skelettvarianten (ASV)

Seit *Anatomische Skelettvarianten (ASV)* als Merkmale im Rahmen der anthropologischen Untersuchung beobachtet werden, gab es diverse Studien, welche den Einfluss von genetischer Disposition, Alter und Geschlecht, sowie Körperhöhe und -gestalt, ethnischer Zugehörigkeit oder Körperseite zum Thema hatten (Grupe et al. 2015a). Sowohl genetische als auch umweltbedingte Einflüsse könnten die Ursache für das Auftreten von ASV sein; möglicherweise in Kombination. Nach Sjøvold (1988) können ASV eventuell Aufschluss über Verwandtschaften geben; welchem Erbgang diese aber folgen, ist mehrheitlich nicht bekannt. Der analytische Wert, ihre Anwendung und der Grund für die Ausprägung von ASV sind bis heute nicht vollständig geklärt, weswegen der diagnostische Wert dieser Merkmale limitiert ist (Tyrrell 2006).

Des Öfteren wurde eine *Achillodynie* aufgefunden; dies ist eine Veränderung an der Achillessehne, welche vom Ansatz des *Calcaneus* ihren Ausgang nimmt und mit Verkalkungen einhergeht (Pschyrembel 2000). Die Ursache einer solchen Erkrankung kann verschiedenartig sein, zumeist gibt es vor der Ausbildung des Krankheitsbildes eine lokale, chronische Überbeanspruchung der Achillessehne. Diese kann durch ständig gleichförmige Belastungen (Marschieren, Langstreckenlauf) genauso verursacht werden wie durch kurze aber ungewohnte Tätigkeiten. *Achillodynien* können ebenso als Folge weiterer Erkrankungen wie einer *Arthrose* des Fußgelenks auftreten (Pschyrembel 2000). Eine *Achillodynie* kann gemildert werden und bei günstigem Verlauf sogar vollständig abklingen. Um Schmerzen zu lindern wurde sicherlich eine Schonhaltung eingenommen und mit einem Gehstock oder auf Krücken gegangen. Das Aktivitätsmuster des Gehens mit einer Gehhilfe kann folglich zu Belastungen anderer Gelenke führen. So können durch die ungewohnte Belastung bei entsprechender Intensität so-

gar skelettale Veränderungen auftreten, so am Schulter-, Ellenbogen- und Handgelenk (hier besonders am Daumensattelgelenk) und ebenso an der gegenüberliegenden Hüfte und dem zugehörigen Knie. Als Beispiel dient ein vermutlicher Reiter, dessen Hüftgelenk eine sog. *Reiterfacette* zeigt, eine Gelenkflächenerweiterung am Oberschenkelkopf, die eine spezifische Ausprägung darstellt. Vereinzelt zeigen Individuen Korrelationen mit arthrotischen Veränderungen.

Die im Skelettmaterial aufgefundenen Pathologien bestehen großteils aus degenerativen Erscheinungen. Allgemein nimmt die Häufigkeit degenerativer Veränderungen mit dem Individualalter zu. Das erreichte individuelle Lebensalter scheint dabei plausibel zum Auftreten von altersregelrechten Veränderungen, wie z.B. arthrotischen Schädigungen der Schulter- sowie Hüftgelenke.

5.4 Degenerative Veränderungen der vier großen Gelenke, welche Daten sind defekt?

Relevant zur Interpretation von Aktivitätsmustern ist die Verteilung der degenerativen Veränderungen an den großen Gelenken. Mit höherem Individualalter nimmt die Häufigkeit (und Intensität) an degenerativen Erkrankungen zu. Treten solche degenerativen Veränderungen bereits in jungem Individualalter auf, kann eine hohe Arbeitsbelastung die Ursache dafür bilden (Schmorl und Junghanns 1968). Aktivitätsmuster können also auf dauerhaft wiederkehrende Bewegungsabläufe, beispielsweise beruflicher Natur, hinweisen. Sie spiegeln sich in charakteristischen Pathologien, in degenerativen Erkrankungen von Wirbeln und Gelenken, sowie in diversen Auffälligkeiten am Skelett, wie verstärkten Muskelmarken, wider (Strott 2006).

Eine nähere Analyse der Gelenke und ihrer Veränderungen (oder Erkrankungen) kann dazu beitragen, eine möglicherweise vorliegende pathologische Aberration zu identifizieren. Typische Bewegungsmuster durch bestimmte Tätigkeiten können zu ebenso typischen Aktivitätsmustern und in der Folge zu korrespondierenden Gelenksveränderungen führen. Das lässt sich anhand der verschiedenen Berufsgruppen Kleriker, Jäger und Sammler, Handwerker, Soldat oder Ackerbauer leicht nachvollziehen; der tägliche Ablauf im Berufsleben erfordert unterschiedliche Bewegungsmuster, wobei die mechanische Belastung, wiederholte Bewegungsabläufe, die jeweilige Gelenkanatomie und in logischer Folge auch das individuelle Alter und Geschlecht selbstverständlich Einfluss auf die Ausprägung haben. Gesamt betrachtet ist es unter Berücksichtigung dieser Faktoren fast nicht möglich, eine einzelne Ursache als Grund für eine individuelle Ausprägung festzulegen (Capasso et al. 1999, Grupe et al. 2015a).

Für Emmering konnten insgesamt bewertet werden: 1.370 Teilgelenke der Schulter, gesamt 337 linke und 344 rechte Schultergelenke; 1.867 Teilgelenke des Ellenbogens, gesamt 406 linke und 420 rechte Ellenbogengelenke, 647 Teilgelenke der Hüfte, ge-

samt 265 linke und 426 rechte Hüftgelenke, 1.678 Teilgelenke der Knie, gesamt 458 linke und 470 rechte Kniegelenke. Im Folgenden werden die vier großen Gelenke einzeln betrachtet.

5.4.1 Schultergelenk

Das Schultergelenk bildet das erste große Gelenk der oberen Extremitäten. Es besteht aus drei Teilgelenken⁶⁹, der *Articulatio humeri*, *Articulatio acromioclavicularis* und der *Articulatio sternoclavicularis*. Um einen Vergleich zwischen verschiedenen Gräberfeldern möglich zu machen, wurde im Rahmen dieser Arbeit die Methode der *Inventarischen Auswertung* entwickelt. Diese bezieht sich grundsätzlich nur auf den überlieferten Anteil des Skelettmaterials und bildet damit eine statistisch validierbare Aussage.

Tab. 42: Häufigkeit arthrotischer Veränderungen am Schultergelenk im Befund von Emmering, aufgeteilt nach Körperseiten⁷⁰.

Geschlecht	Häufigkeit links ⁷¹	Häufigkeit rechts	Anzahl Skelettelemente links	Anzahl Skelettelemente rechts
Weiblich	2 %	3 %	278	281
Männlich	9 %	10 %	375	387

Die folgende Abbildungszusammenstellung⁷² zeigt den Arthrosestatus des Schultergelenks als Zusammenstellung der bildenden Teilgelenke.

⁶⁹ Die zum gesamten Gelenk zugehörigen Tabellen und Graphen der bildenden Teilgelenke sind im Anhang ab 9.3.9 aufgeführt.

⁷⁰ Veränderungen von leichtem, mittlerem und schwerem Grad sind gleichgewichtet eingeflossen, um eine relative Häufigkeit vergleichen zu können. Die Häufigkeiten in dieser Tabelle beziehen sich jeweils auf die Anzahl der Skelettelemente des betrachteten Geschlechts (z.B. weiblich) für die rechte und linke Körperseite. Die Teilbetrachtung verändert nicht die Verhältnisse zwischen den Körperseiten, liefert dafür aber Daten im Prozentbereich. Die absolute Häufigkeit in Bezug auf alle Geschlechter kann in den Tabellen im Anhang, vgl. Kapitel 9.8 abgelesen werden.

⁷¹ Die Häufigkeit wird berechnet durch Bilden des Quotienten von veränderten Skelettelementen zur Gesamtzahl der auf der linken (679 Stück: 278 weiblich, 375 männlich und 26 unbestimmbare) bzw. rechten Körperseite (691 Stück: 281 weiblich, 387 männlich und 23 unbestimmbare) vorhandenen Skelettelemente.

⁷² Die Abbildungszusammenstellung zeigt zusammenfassend den Arthrosestatus der bildenden Teilgelenke, jeweils gruppiert nach den Altersklassen. Auf der linken Seite ist die Auswertung der linken Körperseite abgebildet, auf der rechten Seite entsprechend die der rechten Körperhälfte. Es wurden außerdem einzelne Graphen für die einzelnen Geschlechtszuordnungen erzeugt. Die Graphen sind daher jeweils mit Geschlecht und Körperseite beschriftet.

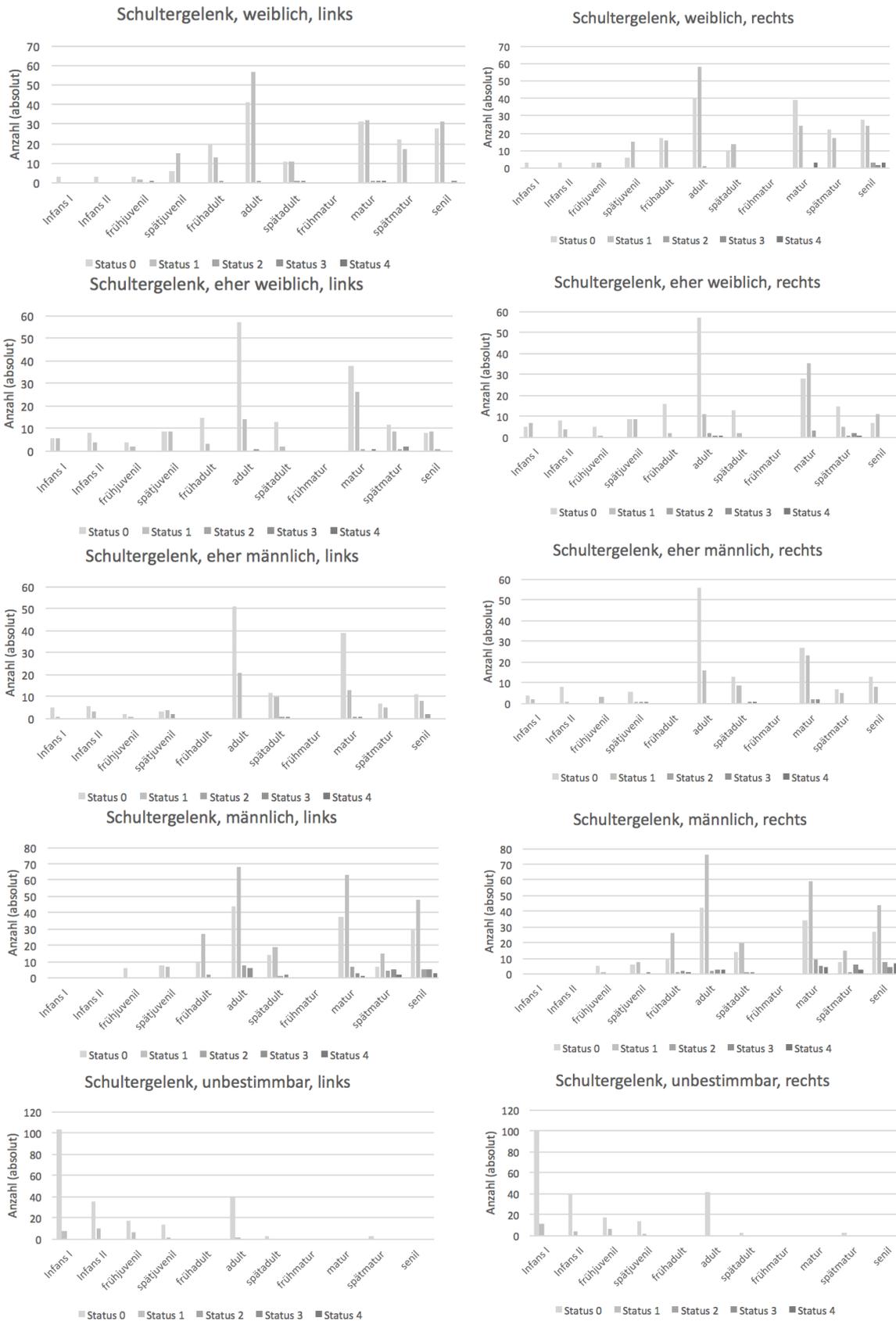


Abb. 37: Differenzierter Gelenkstatus aller Teilgelenke der Schulter für das Reihengraberfeld Emmering. Die Abszisse zeigt den Arthrosestatus; dieser ist gruppiert nach den Altersklassen: *Infans I*, *Infans II*, *frühjuvenil*, *spätjuvenil*, *frühadult*, *adult*, *spätadult*, *frühmatur*, *matur*, *spätmatur* und *senil*. Die Ordinate zeigt die absolute Häufigkeit der aufgetretenen Status.

In der summierten Abbildung der bildenden Teilgelenke (Abb. 37) wird der Trend, der aus den einzelnen Teilgelenken (vgl. folgende Seiten) ebenfalls erkennbar ist, besonders deutlich: grundsätzlich scheint das Verhältnis zwischen rechter und linker Körperseite recht ausgewogen.

Die bildenden Teilgelenke werden im folgenden Verlauf einzeln betrachtet.

5.4.1.1 Schulterhauptgelenk *Articulatio humeri*

Bei vollständiger Überlieferung wären 1.078 Skelettelemente zu beurteilen gewesen. Für die linke Körperseite sind bei 255 Befunden keine Skelettelemente zur Beurteilung der *Articulatio humeri* überliefert. Zu diesem Teilgelenk kann also bei 255 Befunden keine Aussage getroffen werden. Für die rechte Körperseite fehlen Skelettelemente zur Beurteilung der *Articulatio humeri* bei 265 Individuen (vgl. Tab. 43). In der Zusammenstellung von Abbildungen im Anhang ist der Arthrosestatus aufgetragen (vgl. Anhang 9.3.9.1), nach Altersgruppen gruppiert. Innerhalb einer Altersgruppe sind jeweils die Status 0 bis 4, wie in Tab. 21 aufgeführt, aufgetragen.

Anhand der vorliegenden Graphen lässt sich feststellen, welche Arthrosegrade in welchen Altersklassen auftraten. Ebenso lässt sich feststellen, ob diese bei einem Geschlecht stärker ausgeprägt waren. Die Verteilung zwischen der rechten und linken Körperseite ist sehr stabil; es gibt kaum Abweichungen zwischen den Körperseiten⁷³.

5.4.1.2 Schulternebengelenk *Articulatio acromioclavicularis* (Schulter-Eck-Gelenk)

Für die linke Körperseite sind bei 267 Individuen keine Skelettelemente der *Articulatio acromioclavicularis* überliefert, demnach konnten diese nicht beurteilt werden. Auf der rechten Körperseite sind bei 273 Individuen keine Skelettelemente der *Articulatio acromioclavicularis* überliefert (vgl. Tab. 43).

Wie bereits für Abb. 65 im Anhang (vgl. 9.3.9.2) gilt auch hier, dass sich die Verteilung der Arthrosegrade über die Altersklassen und Körperseiten anhand dieser Graphen ablesen lassen kann. Die Verteilung zwischen den Körperseiten ist als sehr stabil zu beschreiben, es gibt kaum Abweichungen zwischen der rechten und linken Körperseite.

5.4.1.3 Schulternebengelenk *Articulatio sternoclavicularis* (Sterno-Klavikular-Gelenk)

Die Skelettelemente der linken *Articulatio sternoclavicularis* sind bei 367 Befunden nicht überliefert. Für die rechte Körperseite sind 345 Stück nicht überliefert (vgl. Tab. 43).

Wie an den Tabellen im Anhang (9.3.9.3) zu erkennen ist, steigen die Häufigkeiten von Arthrosen mit höherem Lebensalter an. Zugleich steigt auch der Schweregrad der vorgefundenen Arthrosen entsprechend an. Es ist auffällig, dass bei den unbestimmbaren

⁷³ Die Datentabellen sind im Anhang unter 9.3.9.1 enthalten.

Individuen auch sehr hohe Anteile von Status 0, also fehlenden Skelettelementen, auftreten. Die Verteilung zwischen den Körperseiten ist größtenteils ausgeglichen.

Tab. 43: Auflistung der Schulterteilgelenke und deren fehlender Elemente. Der Status ist in den Abbildungen Abb. 65, Abb. 66 und Abb. 67 enthalten.

Gelenk	Seite	Anzahl fehlende Elemente
<i>Articulatio humeri</i>	links	255 (47,31 %)
	rechts	265 (49,17 %)
<i>Articulatio acromioclavicularis</i>	links	267 (49,54 %)
	rechts	273 (50,65 %)
<i>Articulatio sternoclavicularis</i>	links	367 (68,09 %)
	rechts	345 (64,01 %)

Die Werte der drei Schulter-Teilgelenke bilden in Summe und nach der weiteren Bearbeitung im Rahmen der *Inventarischen Auswertung* die Werte der zusammengefassten Tab. 57, s.S. 142.

5.4.2 Ellenbogengelenk

Das Ellenbogengelenk ist das zweite Gelenk an den oberen Extremitäten. Es wird durch die drei Teilgelenke *Articulatio humeroulnaris*, *Articulatio humeroradialis* und *Articulatio radioulnaris proximalis* gebildet.

Tab. 44: Häufigkeit arthrotischer Veränderungen am Ellenbogengelenk im Befund von Emmering, aufgeteilt nach Körperseiten⁷⁰.

Geschlecht	Häufigkeit links ⁷⁴	Häufigkeit rechts	Anzahl Skelettelemente links	Anzahl Skelettelemente rechts
Weiblich	0 %	1 %	381	407
Männlich	2 %	3 %	472	461

Im Folgenden ist der Arthrosestatus, summiert aus den bildenden Teilgelenken, als Abbildungszusammenstellung⁷² aufgeführt.

⁷⁴ Die Häufigkeit wird berechnet durch Bilden des Quotienten von veränderten Skelettelementen zur Gesamtzahl der auf der linken (926 Stück: 382 weiblich, 472 männlich und 73 unbestimmbare) bzw. rechten Körperseite (941 Stück: 407 weiblich, 461 männlich und 73 unbestimmbare) vorhandenen Skelettelemente.

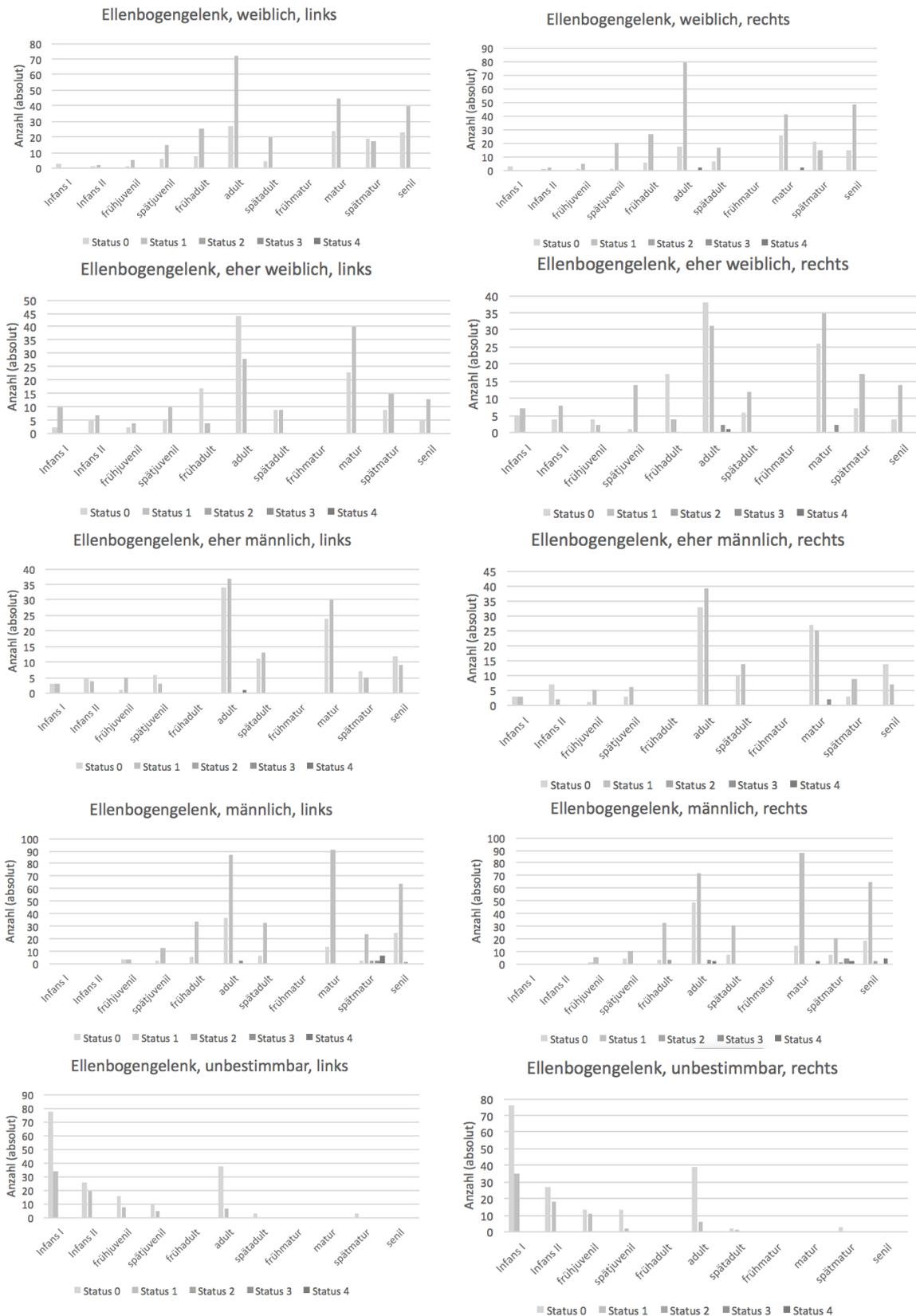


Abb. 38: Differenzierter Gelenkstatus aller Teilgelenke der Ellenbogen für das Reihengräberfeld Emmering. Beschriftung wie in Abb. 37.

Die Betrachtung des Ellenbogengelenks in Abb. 38 zeigt jeweils zwischen den Körperseiten über alle Geschlechter ein sehr ausgewogenes Verhältnis. Die Häufigkeiten von fehlenden, gesunden und kranken Elementen von beispielsweise *eher männlich* bestimmten Individuen ist zwischen linker und rechter Körperseite annähernd gleich. Auffällig sind starke Belastungen, durch Status 4 bei *weiblich* rechts in der *Adultas* und *Maturitas*, sowie bei *eher weiblich* rechts, ebenfalls in der Altersklasse *Adultas* und *Maturitas*. Für die rechte Körperhälfte wurden bei Frauen somit stärker belastete Gelenke aufgefunden. Bei den Männern gestaltet sich die Aufteilung derart, dass es für *eher männlich* bestimmte Individuen im linken Ellenbogengelenk einen Fall von schwerer Arthrose in der *Adultas* gab. Im rechten Ellenbogengelenk sind es zwei Fälle in der *Maturitas*. Sicher männlich bestimmte Individuen zeigten in höheren Altersklassen stärkere Beschädigungen. Gesamt fanden sich stärkere Arthrosegrade bei männlichen im Vergleich zu weiblichen Individuen. Vom Geschlecht nicht bestimmbare Befunde sind, wie bereits am Schultergelenk aufgetreten, besonders im subadulten Bereich vertreten.

Die Teilgelenke, welche das Ellenbogengelenk bilden, werden nun einzeln betrachtet.

5.4.2.1 Articulatio humeroulnaris

Für die *Articulatio humeroulnaris* gab es insgesamt potentiell 1.078 Skelettelemente zu befunden. Einige davon fehlten: für die linke Körperhälfte fehlten bei 182, für die rechte Körperhälfte bei 180 Befunden die zur Bildung der *Articulatio humeroulnaris* nötigen Skelettelemente.

Anhand der Tabellen im Anhang (vgl. 9.3.10.1) kann abgelesen werden, dass die rechte Körperseite stärker belastet ist, als die linke. Bei *weiblich* und *eher weiblich* klassifizierten Individuen trat der stärkste Belastungsgrad bereits im adulten und maturen Alter auf. Die Häufungen und Peaks sind mit Ausnahme der als *unbestimmbar* vermerkten Individuen zwischen den Geschlechtern und Körperseiten ausgewogen. Die stärkere Belastung, also das Auftreten eines höheren Arthrosegrads in jüngeren Altersklassen, lässt sich auch für männliche Individuen nachweisen: für die linke Körperseite mit einem Fall in der Altersklasse *Adultas* mit der höchsten Einstufung und zwei Fällen in der späten *Maturitas*, für die rechte Körperseite je ein Fall des höchsten Arthrosegrads in der *Adultas*, *Maturitas*, späten *Maturitas* und zwei Fällen in der *Senilis*. Auch bei den Männern war die rechte Körperseite stärker belastet, als die linke.

Wie auch für das Schultergelenk ist bei vom Geschlecht her unbestimmbaren Individuen eine auffällige Häufung im subadulten Bereich zu verzeichnen.

5.4.2.2 Articulatio humeroradialis

Für die *Articulatio humeroradialis* waren potentiell 1.078 Skelettelemente zu beurteilen. Davon fehlten bei der linken Körperhälfte 267, für die rechte Körperhälfte bei 265 Befunden die zur Bildung der *Articulatio humeroradialis* nötigen Skelettelemente.

Die *Articulatio humeroradialis* zeigt in der Abbildungszusammenstellung (vgl. 9.3.10.2) ein deutlich heterogeneres Bild als die soeben betrachtete *Articulatio humeroulnaris*. *Männliche* und *eher männliche* Individuen zeigen gegenüber *weiblichen* und *eher weiblichen* Individuen von der absoluten Anzahl her annähernd gleich viele fehlende Skelettelemente für die *Adultas* und den Schweregrad eins (gesund, keine Ausprägung von Arthrose). Bei den weiblichen Individuen stehen diesem Grad eins nur ein geringer Anteil von nicht überlieferten Gelenken in der *Adultas* gegenüber, bei eher weiblich bestimmten Individuen hingegen überwog der Anteil der nicht überlieferten Elemente (Stufe 0) den der gesunden Ausprägung (Stufe 1) um den Faktor drei. Eher männliche Individuen zeigen ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen Stufe 0 und Stufe 1 für die *Adultas*, wohingegen bei männlichen Individuen der Anteil von gesunden Skelettelementen (Stufe 1) den der fehlenden Skelettelemente (Stufe 0) auf der rechten Körperseite leicht und auf der linken Körperseite stark überwiegt. Stark arthrotisch veränderte Gelenke traten zwischen rechter und linker Körperhälfte in gleicher absoluter Häufigkeit auf, für die weiblichen und eher weiblichen Individuen ausschließlich in der *Adultas* und auf der rechten Körperseite, für die linke Körperseite wurde ein Fall schwerer Arthrose bei eher männlich und als adult bestimmten Individuen gefunden und zwei Fälle schwerer Arthrose bei männlichen und spätmaturen Individuen.

Subadulte Individuen sind bei den geschlechtsspezifisch unbestimmbaren Individuen deutlich häufiger vertreten als ältere Altersklassen.

5.4.2.3 Articulatio radioulnaris proximalis

An der *Articulatio radioulnaris proximalis* waren gesamt 1.078 Skelettelemente potentiell zur Befundung möglich. Davon fehlten auf der linken Seite 182 und auf der rechten Seite 180 Stück (vgl. Tab. 45).

Die Verteilung zwischen linker und rechter Körperhälfte ist für jedes der Geschlechter ähnlich. An der *Articulatio radioulnaris proximalis* lassen sich zwischen linker und rechter Körperhälfte ähnlich häufig auftretende Arthrosegrade über die Altersklassen hinweg beobachten. Für weibliche Individuen trat an der rechten Körperseite ein schwerer Fall von Arthrose in der *Maturitas* auf. *Eher weiblich* definierte Individuen wiesen ebenfalls auf der rechten Seite Arthrose auf, einmal in der *Adultas* und einmal in der *Maturitas*, jeweils in mittlerem Schweregrad. *Eher männlich* bestimmte Individuen wiesen zwei Fälle von schwerer Arthrose auf der rechten Körperseite in der *Maturitas* auf. Sicher männlich bestimmte Individuen hatten auf der linken Körperseite in der *Adultas* einen Fall mittelschwerer Arthrose, in der späten *Maturitas* je einen Fall von leichter und mittlerer, sowie zwei Fälle von schwerer Arthrose. Bei gleichem Geschlecht und gleicher Altersgruppe gab es einen Fall von leichter Arthrose bereits in der frühen *Adultas*. Die *Adultas* wies einen Fall mittlerer und schwerer Arthrose auf. Die *Maturitas* brachte ein Vorkommen von schwerer Arthrose hervor, die späte *Maturitas* zwei Fälle mittlerer Arthrose und einen Fall von schwerer Arthrose. Auch die *Seni-*

lis hatte beschädigte Gelenke: eine leichte und zwei schwere Ausprägungen von Arthrose. Gesamt kann das Vorkommen von Arthrose vor Allem auf der rechten Körperseite beobachtet werden. Vom Geschlecht her unbestimmbare Individuen wiesen von der Anzahl her eine Häufung im subadulten Bereich auf, ebenso sind die rechte und linke Körperhälfte von den Anzahlen her gleichförmig.

Tab. 45: Auflistung der Ellenbogenteilgelenke und deren fehlender Elemente. Der Status ist in den Abbildungen Abb. 68, Abb. 69 und Abb. 70 enthalten.

Gelenk	Seite	Anzahl fehlende Elemente
<i>Articulatio humeroulnaris</i>	links	182 (33,58 %)
	rechts	180 (33,21 %)
<i>Articulatio humeroradialis</i>	links	267 (49,26 %)
	rechts	265 (48,89 %)
<i>Articulatio radioulnaris proximalis</i>	links	182 (33,58 %)
	rechts	180 (33,21 %)

Die summierten Werte der Teilgelenke des Ellenbogens bilden in Summe und nach der weiteren Bearbeitung im Rahmen der *Inventarischen Auswertung* die Werte der zusammengefassten Tab. 57.

5.4.3 Hüftgelenk

Die *Articulatio coxae*, das Hüftgelenk, ist das erste Gelenk an den unteren Extremitäten. Es wird durch das *Acetabulum* und den *Caput femoris* gebildet. Der Arthrosestatus des Gelenks ist im Anhang aufgeführt (vgl. 9.3.11). Arthrotische Veränderungen am Hüftgelenk haben die größten Anteile aller vier großen Gelenke (vgl. Tab. 42, Tab. 44, Tab. 46 und Tab. 48). Die linke Körperseite ist (bei identischer Anzahl von Skelettelementen der linken und rechten Seite) stärker belastet als die rechte.

Tab. 46: Häufigkeit arthrotischer Veränderungen am Hüftgelenk im Befund von Emmering, aufgeteilt nach Körperseiten⁷⁵.

Geschlecht	Häufigkeit links ⁷⁵	Häufigkeit rechts	Anzahl Skelettelemente links	Anzahl Skelettelemente rechts
Weiblich	13 %	8 %	106	169
Männlich	17 %	14 %	124	184

Schäden am Hüftgelenk treten bei Männern und Frauen bereits in der späten *Juvenis* auf. Beide Geschlechter zeigen eine Korrelation von höherem Individualalter mit größeren Häufigkeiten von arthrotischen Veränderungen und höheren Arthrosegraden. Männer sind stärker belastet als Frauen. Für beide Geschlechter ist die linke Körperseite stärker belastet als die rechte (vgl. Tab. 147, s.S. 330).

Nachdem das Hüftgelenk, anders als Schulter, Ellenbogen oder Knie, aus nur einem Teilgelenk besteht, ist der Status des Teilgelenks gleichbedeutend mit dem Hüftgelenk.

⁷⁵ Die Häufigkeit wird berechnet durch Bilden des Quotienten von veränderten Skelettelementen zur Gesamtzahl der auf der linken (243 Stück: 106 weiblich, 124 männlich und 13 unbestimmbare) bzw. rechten Körperseite (404 Stück: 169 weiblich, 184 männlich und 51 unbestimmbare) vorhandenen Skelettelemente.

Der Status der *Coxarthrose* kann also direkt aus der im Anhang enthaltenen Abbildungscollage⁷² abgelesen werden. Maximal hätten für die Beurteilung der *Articulatio coxae* je Körperseite 1.078 Skelettelemente zur Verfügung gestanden. Wie sich Tab. 47 entnehmen lässt, waren von der rechten Seite mehr als 21 % und von der linken Seite mehr als 51 % der Skelettelemente für eine Beurteilung entweder gar nicht überliefert oder nicht ausreichend erhalten.

Anhand der aufgetragenen Werte in Abb. 71 (s.S. 273) ist bereits zu erkennen, dass sich hier zwischen rechter und linker Körperseite ein deutlich heterogeneres Bild abzeichnet. Die Ordinate ist (innerhalb einer Geschlechtsgruppe) jeweils auf die gleiche Höhe skaliert, um einen relativen Vergleich zu ermöglichen. Wie anhand von Tab. 47 zu ersehen ist, fehlen von der rechten Körperseite deutlich mehr Skelettelemente als von der linken. Die aufgetretenen Fälle von Arthrose sind an diesem Gelenk relativ häufig, was daran liegen kann, dass dieses Gelenk aufgrund der Robustizität seiner bildenden Skelettelemente gut erhalten überliefert wurde und somit eine Diagnose der Arthrosen möglich war.

Für weibliche Individuen wurden an der linken Körperhälfte folgende Arthrosetatus aufgefunden: eine schwere Arthrose in der späten *Juvenis* und der frühen *Adultas*. Je zwei leichte, mittlere und schwere Arthrosen in der *Adultas*. Die späte *Adultas* brachte drei mittlere Arthrosen hervor. In der *Maturitas* gab es vier leichte Vorkommen und ein schweres Vorkommen von Arthrose. Die *Senilis* zeigte zwei leichte, eine mittlere und drei schwere Arthrosen. Auf der rechten Seite gab es eine schwere Arthrose in der frühen *Adultas*, eine leichte und mittlere Arthrose, sowie zwei schwere Arthrosen in der *Adultas* und eine schwere Arthrose in der späten *Adultas*. Die *Maturitas* brachte eine leichte, vier mittlere und eine schwere Form von Arthrose hervor, die *Senilis* drei mittlere Formen von Arthrose.

Eher weibliche Individuen zeigten an der linken Seite eine mittlere Arthrose in der *Adultas*, je eine leichte und mittlere, sowie zwei schwere in der *Maturitas*, gefolgt von je einer leichten und mittleren Arthrose in der späten *Maturitas*, bis hin zu einer schweren Arthrose in der *Senilis*. An der rechten Seite zeigte sich eine schwere Arthrose in der *Adultas*, eine leichte und zwei mittlere Arthrosen in der *Maturitas*, sowie eine leichte Arthrose in der späten *Maturitas*.

Eher männliche Individuen zeigten eine mittlere Arthrose und zwei schwere Arthrosen in der *Adultas*, sowie eine leichte Arthrose in der späten *Adultas*. Die *Maturitas* zeigte eine mittlere Arthrose. Die rechte Körperseite war hier stärker belastet, mit zwei mittleren Schweregraden und einem starken Schweregrad in der *Adultas*, sowie einer leichten Form von Arthrose in der späten *Adultas*. Je zwei mittlere und schwere Arthrosen konnten in der *Maturitas* aufgefunden werden.

Sicher männlich bestimmte Individuen brachten in der *Adultas* eine leichte, vier mittlere und zwei schwere Arthrosen hervor. In der späten *Adultas* je eine Ausprägung von leichter und mittlerer Arthrose. Die *Maturitas* zeigte vier mittlere und sieben schwere Grade von Arthrose; die späte *Maturitas* zwei mittlere und fünf schwere Formen von Arthrose. Die *Senilis* wies sechs mittelstarke und eine schwere Form von Arthrose auf.

Unbestimmbare Individuen zeigten je eine schwere Arthrose in der späten *Adultas* auf der rechten und der linken Körperseite. Ansonsten sind bei unbestimmbaren Individuen ausschließlich fehlende oder gesunde Gelenke aufgetreten, vorwiegend gehäuft im subadulten Bereich.

Tab. 47: Auflistung des Hüftgelenks und seiner fehlenden Elemente. Der Status ist in der Abb. 71 enthalten.

Gelenk	Seite	Anzahl fehlende Elemente
<i>Articulatio coxae</i>	links	280 (51,66 %)
	rechts	115 (21,22 %)

Die Werte des-Hüftgelenks bilden nach der weiteren Bearbeitung im Rahmen der *Inventarischen Auswertung* die Werte der zusammengefassten Tab. 57.

5.4.4 Kniegelenk

Das Kniegelenk ist das zweite Gelenk an den unteren Extremitäten. Gebildet wird es durch die zwei Teilgelenke *Articulatio femorotibialis* und *Articulatio femoropatellaris*.

Tab. 48: Häufigkeit arthrotischer Veränderungen am Kniegelenk im Befund von Emmering, aufgeteilt nach Körperseiten⁷⁰.

Geschlecht	Häufigkeit links ⁷⁶	Häufigkeit rechts	Anzahl Skelettelemente links	Anzahl Skelettelemente rechts
Weiblich	2 %	1 %	350	357
Männlich	3 %	4 %	385	384

Männer und Frauen zeigen bereits in der späten *Juvenis* arthrotische Merkmale, Frauen in mittlerer und Männer in starker Form. Die wenigen gefundenen Arthrosen zeigen für Männer und Frauen bereits in der *Adultas* eine starke Ausprägung. Insgesamt sind Männer in den Altersklassen *Maturitas* und *Senilis* deutlich öfters belastet und zugleich ist diese Belastung stärker ausgeprägt, vgl. Tab. 148.

Wie der differenzierte Gelenkstatus der bildenden Teilgelenke ausfällt, kann im Anhang (9.3.12) gesehen werden. Die folgende Diagrammzusammenstellung⁷² zeigt den Arthrosestatus, summiert aus den bildenden Teilgelenken.

⁷⁶ Die Häufigkeit wird berechnet durch Bilden des Quotienten von veränderten Skelettelementen zur Gesamtzahl der auf der linken (831 Stück: 350 weiblich, 385 männlich und 96 unbestimmbare) bzw. rechten Körperseite (847 Stück: 357 weiblich, 384 männlich und 106 unbestimmbare) vorhandenen Skelettelemente.

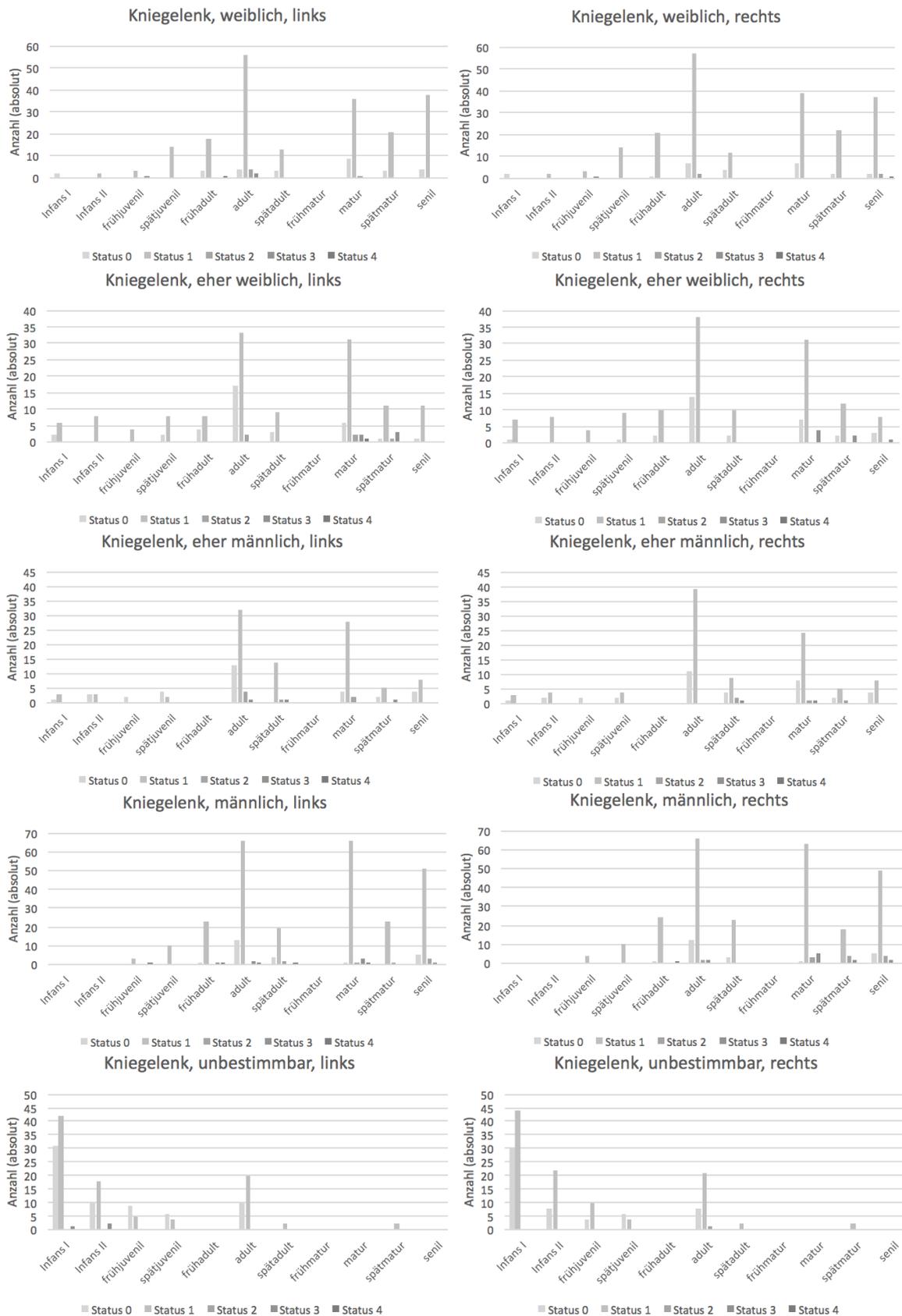


Abb. 39: Differenzierter Gelenkstatus aller Teilgelenke der Knie für das Reihengräberfeld Emmering. Beschriftung wie in Abb. 37. Die Verteilung ist je Geschlechtsgruppe zwischen beiden Körperseiten sehr ausgewogen, jeweils die Fälle von Arthrose sind distinkt verteilt. Die einzelnen Teilgelenke werden nun gesondert betrachtet.

5.4.4.1 *Articulatio femorotibialis*

Für das Teilgelenk *Articulatio femorotibialis* wären bei vollständiger Überlieferung maximal 1.078 Skelettelemente zu beurteilen gewesen. Es fehlten dabei von der linken Körperhälfte 84 Stück und von der rechten 75 Stück vollständig, sodass über diese Gelenke keine Aussage getroffen werden konnte. Für die anderen existierte wenigstens eines der nötigen Skelettelemente, aus denen das Teilgelenk gebildet wird.

Die *Articulatio femorotibialis* weist in der Abbildungszusammenstellung (vgl. 9.3.12.1) zwischen den Körperseiten innerhalb einer Geschlechtsgruppe eine recht gleichförmige Verteilung auf. Etwa gleich viele Gelenke sind in den jeweiligen Altersgruppen verloren, gesund oder beschädigt. Auffällig ist für weibliche Individuen an der linken Körperseite die mittlere Arthrose, welche bereits für ein Individuum in der frühen *Juvenis* festgestellt werden konnte. Ein schwerer Fall von Arthrose war in der frühen *Adultas*, zwei leichte Formen und eine mittelschwere Form in der *Adultas*. Es war noch eine leichte Arthrose in der *Maturitas* aufzufinden.

Für die rechte Körperseite konnte eine mittelschwere Arthrose in der frühen *Juvenis* festgestellt werden (übrigens am selben Individuum wie auf der linken Seite, Befund 570). Auf der rechten Seite gab es sonst eine leichte und eine schwere Arthrose in der *Senilis*.

Eher weiblich bestimmte Individuen zeigten für die linke Körperseite in der *Adultas* eine leichte Form von Arthrose, in der *Maturitas* je eine leichte, eine mittlere und eine schwere Arthrose. Die späte *Maturitas* brachte eine leichte und zwei schwere Arthrosen hervor. Auf der rechten Körperseite waren zwei mittelschwere Formen in der *Maturitas* und in der späten *Maturitas* aufzufinden, ebenso eine mittelschwere Arthrose in der *Senilis*.

Eher männliche Individuen zeigten auf der linken Körperseite zwei leichte Arthrosen in der *Adultas*, eine leichte Form von Arthrose in der späten *Adultas*, sowie in der *Maturitas*. Eine mittlere Arthrose wurde in der späten *Maturitas* gefunden. Für eher männliche Individuen wurde auf der rechten Körperseite je eine leichte und mittelschwere Arthrose in der späten *Adultas* gefunden. Eine leichte Arthrose war in der *Maturitas* und in der späten *Maturitas* zu finden.

Sicher männlich bestimmte Individuen zeigten auf der linken Körperseite eine schwere Arthrose in der frühen *Juvenis* und eine mittelschwere Arthrose in der frühen *Adultas*. Die *Adultas* selbst brachte eine schwere Arthrose hervor, die späte *Adultas* eine leichte und eine schwere. In der späten *Maturitas* wurde eine leichte Arthrose gefunden, in der *Senilis* zwei leichte Arthrosen.

Sicher männliche Individuen hatten auf der rechten Körperseite eine leichte und eine mittelschwere Arthrose in der *Adultas*, drei leichte und zwei schwere Arthrosen in der *Maturitas*, sowie je eine leichte und mittelschwere Arthrose in der späten *Maturitas*. Je zwei leichte und mittlere Arthrosen wurden für senile Individuen diagnostiziert.

5.4.4.2 *Articulatio femoropatellaris*

Das Teilgelenk *Articulatio femoropatellaris* könnte bei der vorliegenden Individuenzahl potentiell an 1.078 Skelettelementen beurteilt werden. Für die linke Körperhälfte fehlten 117, für die rechte Körperhälfte 107 der Gelenke komplett für eine Beurteilung.

Die Abbildungszusammenstellung für die *Articulatio femoropatellaris* (vgl. 9.3.12.2) ist jeweils innerhalb einer Geschlechtsgruppe und zwischen den Körperseiten sehr ausgewogen. Die Menge von fehlenden, gesunden wie beschädigten Gelenken ist je Körperseite etwa gleich hoch.

Sicher weiblich bestimmte Individuen hatten zwei Formen von leichter Arthrose und eine Form mittelschwerer Arthrose in der *Adultas* auf der linken Seite. Auf der rechten Seite zwei leichte Arthrosen in der *Adultas* und eine leichte Arthrose in der *Senilis*.

Eher weiblich bestimmte Individuen zeigten je eine leichte Ausprägung in der *Adultas* und in der *Maturitas*, sowie je eine mittelschwere Ausprägung in der *Maturitas* und der späten *Maturitas* auf der linken Seite. Auf der rechten Seite wurden zwei mittelschwere Arthrosen in der *Maturitas* festgestellt.

Für eher männlich bestimmte Individuen konnten an der linken Körperseite zwei leichte Arthrosen und eine mittelschwere Arthrose in der *Adultas* gefunden werden. Dazu noch eine mittelschwere Arthrose in der späten *Adultas* und eine leichte Arthrose in der *Maturitas*. Auf der rechten Körperseite gab es eine leichte Arthrose in der späten *Adultas* und eine mittlere Arthrose in der *Maturitas*.

Sicher männlich bestimmte Individuen wiesen für die linke Körperseite eine schwere Arthrose in der frühen *Adultas* auf, zwei mittelschwere Ausprägungen in der *Adultas*, sowie eine leichte Arthrose in der späten *Adultas*. In der *Maturitas* waren eine leichte, drei mittelschwere und eine schwere Arthrose zu finden. Die *Senilis* brachte je eine leichte und eine mittelschwere Arthrose hervor. Für die rechte Körperseite waren in der frühen *Adultas* eine schwere Arthrose, in der *Adultas* je eine leichte und eine mittlere Arthrose aufzufinden. Die *Maturitas* wies drei mittelschwere Formen von Arthrose auf, die späte *Maturitas* drei leichte Formen und eine mittelschwere Form von Arthrose. Die *Senilis* zeigte zwei leichte Arthrosen.

Die folgende Tabelle zeigt die komplett fehlenden Elemente der Teilgelenke des Knies.

Tab. 49: Auflistung der Knieeigelenke und deren fehlender Elemente. Der Status ist in den Abbildungen Abb. 72 und Abb. 73 enthalten.

Gelenk	Seite	Anzahl fehlende Elemente
<i>Articulatio femorotibialis</i>	links	84 (15,50 %)
	rechts	75 (13,84 %)
<i>Articulatio femoropatellaris</i>	links	117 (21,59 %)
	rechts	107 (19,74 %)

Die Zahlen der zwei Knie-Teilgelenke bilden in Summe und nach der weiteren Bearbeitung im Rahmen der *Inventarischen Auswertung* die Werte der zusammengefassten Tab. 57.

5.4.5 Große Gelenke Unterigling

Das Skelettmaterial aus Unterigling dient als Vergleichsserie. Die hierzu publizierten Literaturdaten werden zum Vergleich herangezogen. Die neu entwickelte Methode der *Inventarischen Auswertung* mit einer publizierten Skelettserie zu vergleichen, ist ein großes Anliegen dieser Arbeit. Es soll geprüft werden: Wie können publizierte Daten standardisiert werden? Insgesamt konnten bewertet werden: 228 Teilgelenke der Schulter, gesamt 136 linke und 139 rechte Schultergelenke; 595 Teilgelenke des Ellenbogens, gesamt 150 linke und 153 rechte Ellenbogengelenke, 259 Teilgelenke der Hüfte, gesamt 156 linke und 156 rechte Hüftgelenke, 484 Teilgelenke der Knie, gesamt 151 linke und 159 rechte Kniegelenke.

Die Ergebnisse der anthropologischen Befundung aus Unterigling von Strott (2006) wurden auf dieselbe Art verarbeitet wie die anthropologischen Ergebnisse der Befunde von Emmering. Bei der Verarbeitung der Daten für die Schulter trat jedoch eine deutliche Abweichung auf: in Strott (2006) sind für die Schulter nur die Daten des Teilgelenks *Articulatio humeri* vorhanden, nicht für die *Articulatio acromioclavicularis* und die *Articulatio sternoclavicularis*. Demnach wurden für die Schulter nur die Daten des einen Teilgelenks verwendet. Bei allen anderen Gelenken sind die betrachteten Teilgelenke vollständig repräsentiert und konnten anhand der Befundbögen übernommen und verarbeitet werden.

5.4.6 Schultergelenk

In diesem Abschnitt werden die Daten für alle Teilgelenke der gesamten Schulter dargestellt. Da für die Teilgelenke *Articulatio acromioclavicularis* und *Articulatio sternoclavicularis* keine Daten vorliegen, zählen diese komplett als fehlende Skelettelemente ein. Dies sind defekte Daten.

Es wurden aus den Daten des Schultergelenks⁷⁷ die erkrankten Elemente (Status 2, 3 und 4) gegenüber gesunden Elementen (Status 1) gezählt⁷⁸. Nachdem fehlende Ele-

⁷⁷ vgl. Kapitel 9.3.13.1.

mente (Status 0) ausgeblendet wurden, ergaben sich für die sicher geschlechtsbestimmten Individuen folgende Häufigkeiten von Arthrose am untersuchten Gelenk:

Tab. 50: Häufigkeit arthrotischer Veränderungen am Gelenk *Articulatio humeri* im Befund von Unterigling, aufgeteilt nach Körperseiten⁷⁰.

Geschlecht	Häufigkeit links ⁷⁹	Häufigkeit rechts	Anzahl Skelettelemente links	Anzahl Skelettelem. rechts
Weiblich	19 %	14 %	53	52
Männlich	21 %	19 %	59	59

Tabelle und Abbildung des vorliegenden Teilgelenks sind im Anhang⁸⁰ enthalten. Die folgende Abbildungscollage⁷² summiert für das Schultergelenk die vorliegenden Daten der *Articulatio humeri* und der beiden fehlenden Teilgelenke.

⁷⁸ vgl. Tab. 57 auf S. 149.

⁷⁹ Die Häufigkeit wird berechnet durch Bilden des Quotienten von veränderten Skelettelementen zur Gesamtzahl der auf der linken (114 Stück: 53 weiblich, 59 männlich und 2 unbestimmbare) bzw. rechten Körperseite (114 Stück: 52 weiblich, 59 männlich und 3 unbestimmbare) vorhandenen Skelettelemente.

⁸⁰ vgl. 9.3.13.

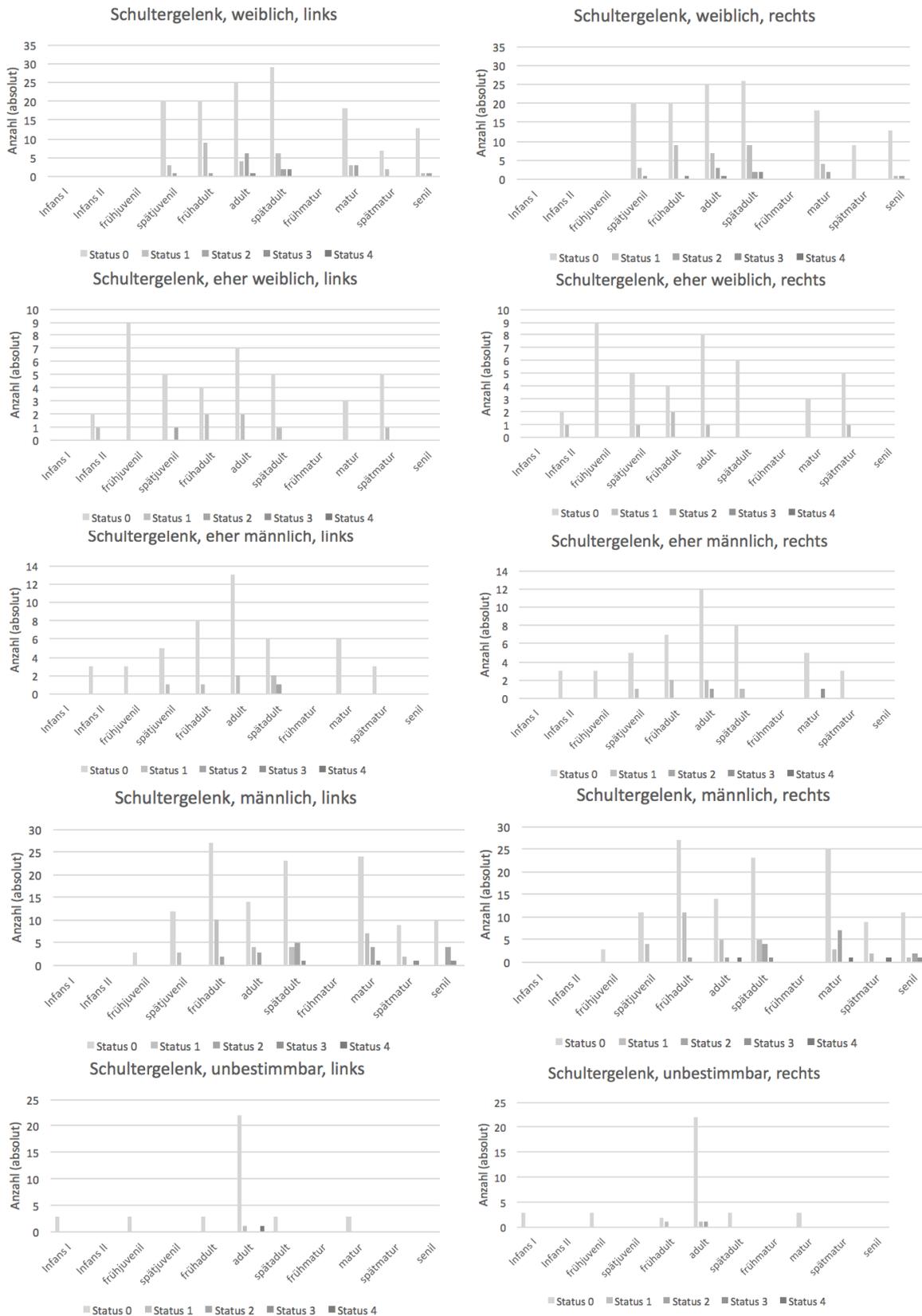


Abb. 40: Differenzierter Gelenkstatus aller Teilgelenke der Schulter für Unterigling⁸¹. Beschriftung wie in Abb. 37.

⁸¹ Die Abszisse zeigt den Arthrosestatus; dieser ist gruppiert nach den Altersklassen: Infans I, Infans II, frühjuvenil, spätjuvenil, frühadult, adult, spätadult, frühmatur, matur, spätmatur und senil. Die Ordinate zeigt die absolute Häufigkeit der aufgetretenen Status.

Da die Daten von zwei Teilgelenken fehlen, konnte nur das vorliegende Teilgelenk betrachtet werden. Die Abbildungen der gesamten Schulter und der *Articulatio humeri* unterscheiden sich daher nur aufgrund der fehlenden Datensätze. Deswegen ist der Anteil an Fehlenden beim einzelnen Teilgelenk deutlich niedriger.

Die theoretische Gesamtanzahl von befundbaren Skelettelementen für das Schultergelenk beträgt 566 Skelettelemente. Davon sind links und rechts jeweils 114 Stück vorhanden. Die linke Körperseite der Frauen (*weiblich* und *eher weiblich* bestimmt) war mit 15 leichten und drei mittelschweren Arthrosen häufiger arthrotisch verändert als die rechte, welche acht leichte und ebenso drei mittelschwere Arthrosen aufwies. Männer (*sicher* und *eher männlich* bestimmt) zeigten höhere Anzahlen von Arthrosen: 19 leichte und vier mittlere Formen von Arthrose auf der linken und 16 Formen leichter, zwei Formen mittlerer und drei Formen schwerer Arthrose auf der rechten Körperseite. Altersregelrecht traten mit höherem Alter mehr und intensivere Schäden auf.

5.4.7 Ellenbogengelenk

Der Gelenkstatus der bildenden Teilgelenke des Ellenbogengelenks ist im Anhang differenziert aufgeführt (vgl. 9.3.14).

Tab. 51: Häufigkeit arthrotischer Veränderungen am Ellenbogengelenk im Befund von Unterigling, aufgeteilt nach Körperseiten⁷⁰.

Geschlecht	Häufigkeit links ⁸²	Häufigkeit rechts	Anzahl Skelettelemente links	Anzahl Skelettelem. rechts
Weiblich	11 %	10 %	129	126
Männlich	14 %	15 %	159	154

Für beide Geschlechter waren rechte und linke Körperseite annähernd gleich stark belastet. Insgesamt wiesen die Gelenke der Männer einen höheren Beschädigungsgrad auf, vgl. Tab. 51. Wie der Tabelle ebenso zu entnehmen ist, ist die absolute Anzahl von Skelettelementen zwischen rechter und linker Körperhälfte je Geschlecht nahezu identisch; darum dürfen die relativen Häufigkeiten als valide angesehen werden.

In der folgenden Abbildung ist der Arthrosestatus summiert⁷² aufgeführt.

⁸² Die Häufigkeit wird berechnet durch Bilden des Quotienten von veränderten Skelettelementen zur Gesamtzahl der auf der linken (301 Stück: 129 weiblich, 159 männlich und 13 unbestimmbare) bzw. rechten Körperseite (294 Stück: 126 weiblich, 154 männlich und 14 unbestimmbare) vorhandenen Skelettelemente.

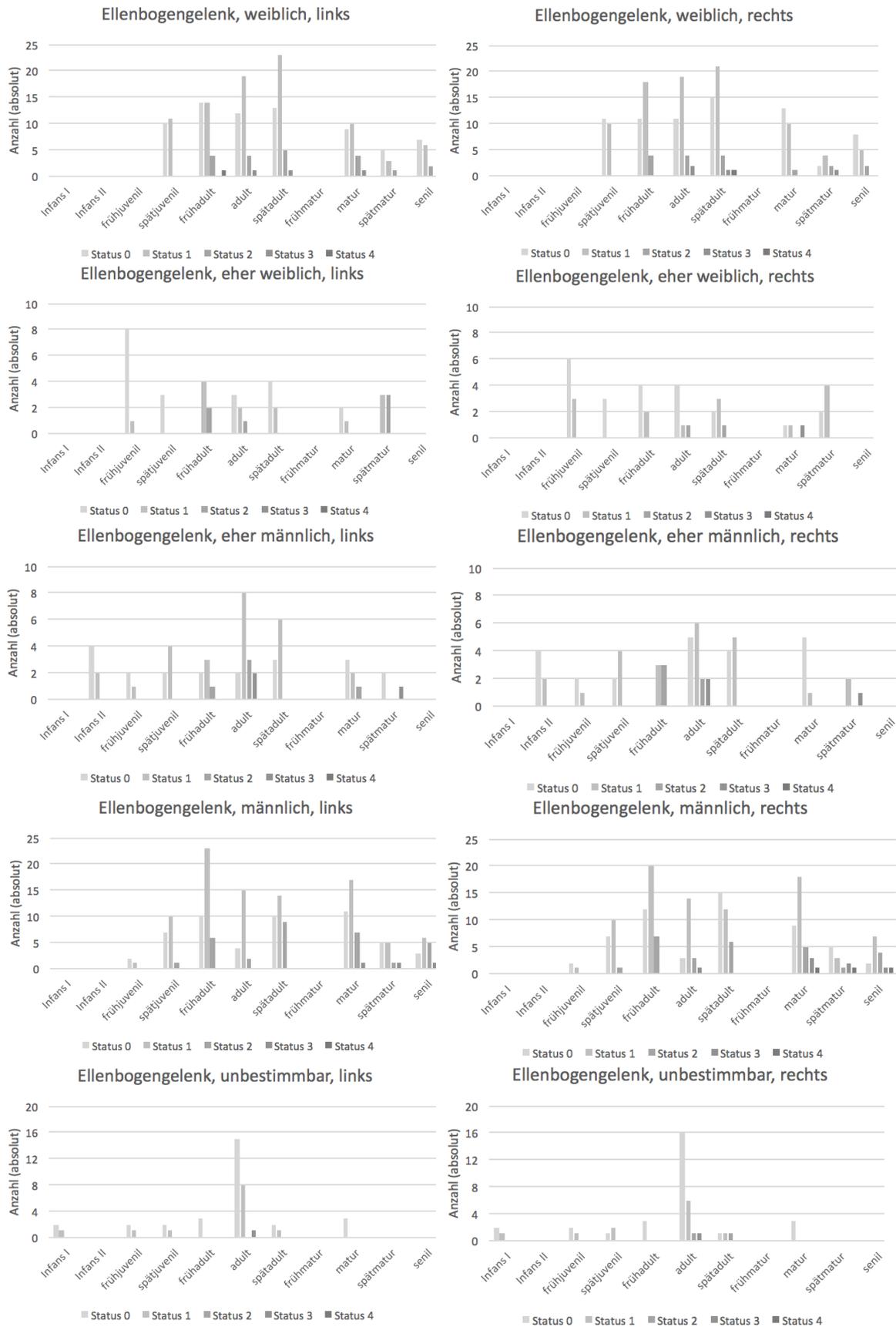


Abb. 41: Differenzierter Gelenkstatus aller Teilgelenke der Ellenbogen für das Reihengräberfeld Unterigling. Beschriftung wie in Abb. 37.

Grundsätzlich existiert zwischen linker und rechter Körperhälfte ein eher ausgewogenes Verhältnis bezüglich des Vorliegens von arthrotischen Schädigungen. Vereinzelt Abweichungen sind an dieser Stelle vorhanden, besonders auffällig ist dabei, dass die rechte Körperhälfte von Männern in den Altersklassen *Maturitas* und *Senilis* markant stärker belastet war als die linke (14 leichte und vier mittlere Arthrosen links im Vergleich zu zehn leichten, sieben mittleren und drei schweren Arthrosen rechts). Bei den Frauen überwog in diesen Altersklassen hingegen die Belastung der linken leicht die der rechten Körperseite (in *Maturitas* und *Senilis* zehn leichte und eine mittelschwere Arthrose links gegenüber fünf leichter und zwei mittelschweren Arthrosen rechts).

Geschlechtsbezogen unbestimmbare Individuen wiesen überwiegend gesunde Skelettelemente auf, die rechte Körperseite war mit zwei leichten und einer mittelschweren Form von Arthrose häufiger belastet als die linke Körperseite mit einer mittelschweren Form von Arthrose.

Die bildenden Teilgelenke werden nun einzeln betrachtet.

5.4.7.1 *Articulatio humeroulnaris*

Die potentielle Gesamtmenge von Skelettelementen der *Articulatio humeroulnaris* beträgt 566 Stück. Links waren 99 Stück vorhanden, rechts 96 Stück. Für sicher bestimmte Frauen war an diesem Teilgelenk die linke Körperseite mit 14 leichten Arthrosen und drei mittelschweren Arthrosen stärker belastet als die rechte Körperseite (neun leichte und vier mittelschwere Fälle), vgl. Anhang 9.3.14.1. Die stärkste Form der Arthrose trat ausschließlich bei der rechten Körperseite der Männer auf (ebd.).

5.4.7.2 *Articulatio humeroradialis*

Die *Articulatio humeroradialis* kann an 93 linken und 88 rechten Knochen bewertet werden. Die graphische Auftragung (vgl. 9.3.14.2) visualisiert die Daten und zeigt zwar keine massiven Abweichungen zwischen den Körperhälften, kann aber auch nicht als gleichförmig beschrieben werden.

Frauen wiesen an der linken Körperhälfte in der *Adultas* zehn leichte und vier mittelschwere Arthrosen vor, in der *Maturitas* zwei leichte Arthrosen. Die rechte Körperhälfte zeigte in der *Adultas* acht leichte und zwei mittlere Ausprägungen von Arthrose. In der *Maturitas* lagen eine leichte und eine mittlere Arthrose vor. Die Schäden an der linken Körperseite überwogen. Bei Männern waren in der Altersklasse *Adultas* beidseits nur leichte Arthrosen existent: links 17, rechts 16 Stück. Bei unbestimmbaren Individuen existierten auf der rechten Körperseite in der *Adultas* zwei leichte Arthrosen, sonst lagen nur gesunde Elemente vor.

5.4.7.3 *Articulatio radioulnaris proximalis*

Für die *Articulatio radioulnaris proximalis* sind 109 linke und 110 rechte Knochen gefunden worden. Die Visualisierung in Kapitel 9.3.14.3 zeigt deutlich, dass kaum be-

schädigte Gelenke vorliegen. Bei Frauen lagen gesamt nur zwei schwere Arthrosen vor. Diese in der *Adultas*, jeweils eine je Körperseite. Bei den Männern lag auf der linken Körperseite eine mittelschwere Arthrose in der *Adultas* vor, auf der rechten Körperseite eine mittelschwere Form von Arthrose in der *Adultas* und zwei schwere Ausprägungen in der *Maturitas*.

An Skelettelementen unbestimmbarer Individuen traten keine Arthrosemarker auf.

Tab. 52: Auflistung der Ellenbogenteilgelenke und fehlender Elemente. Der Status ist in den Abbildungen Abb. 75, Abb. 76 und Abb. 77 enthalten.

Gelenk	Seite	Anzahl fehlende Elemente
<i>Articulatio humeroulnaris</i>	links	184 (65,02 %)
	rechts	187 (66,08 %)
<i>Articulatio humeroradialis</i>	links	190 (67,14 %)
	rechts	195 (68,90 %)
<i>Articulatio radioulnaris proximalis</i>	links	174 (61,48 %)
	rechts	173 (61,13 %)

Die summierten Werte der Teilgelenke des Ellenbogens bilden in Summe und nach der weiteren Bearbeitung im Rahmen der *Inventarischen Auswertung* die Werte der zusammengefassten Tab. 62.

5.4.8 Hüftgelenk

Der Status des Gelenks ist im Anhang aufgeführt⁸³. Da das Hüftgelenk aus nur einem Teilgelenk besteht, kann der Arthrosestatus direkt aus der dortigen Abbildungsscollage⁷² abgelesen werden.

Tab. 53: Häufigkeit arthrotischer Veränderungen am Hüftgelenk im Befund von Unterigling, aufgeteilt nach Körperseiten⁷⁰.

Geschlecht	Häufigkeit links ⁸⁴	Häufigkeit rechts	Anzahl Skelettelemente links	Anzahl Skelettelem. rechts
Weiblich	42 %	36 %	64	59
Männlich	42 %	43 %	66	69

Bei den Frauen war die linke Hüfte stärker beschädigt als die rechte. Bei den Männern hingegen war die rechte Hüfte mit 44 % etwas häufiger arthrotisch verändert als die linke Hüfte. Bei den Männern begann die *Coxarthrose* bereits in der späten *Juvenis* und ist in der *Adultas* häufiger aufgefunden worden als in der *Maturitas* und *Senilis*.

Für die *Articulatio coxae* sind im Befundmaterial von Unterigling 130 Skelettelemente der linken und 129 der rechten Körperhälfte überliefert und beurteilbar gewesen. Bei

⁸³ vgl. 9.3.15.

⁸⁴ Die Häufigkeit wird berechnet durch Bilden des Quotienten von veränderten Skelettelementen zur Gesamtzahl der auf der linken (130 Stück: 64 weiblich, 66 männlich und 0 unbestimmbare) bzw. rechten Körperseite (129 Stück: 59 weiblich, 69 männlich und 1 unbestimmbares) vorhandenen Skelettelemente.

der Abbildung aller Skelettelemente der Hüfte im Anhang (vgl. Kapitel 9.3.15) zeigte sich ein wenn auch nicht von den absoluten Zahlen her passgenaues, doch von den Häufungen her gleichförmiges Bild. Das Hüftgelenk wies von allen betrachteten Gelenken die größte Anzahl und höchste Intensität von Arthrosen auf.

Frauen zeigten auf der linken Körperseite in der *Juvenis* vier leichte Formen und eine schwere Form von Arthrose. Die *Adultas* wies 26 leichte, sieben mittelschwere und zwei stark ausgeprägte Arthrosen auf. Die *Maturitas* brachte sechs leichte, zwei mittlere und eine schwere, die *Senilis* zwei leichte und zwei mittlere Arthrosen sowie eine schwere Arthrose hervor. Die rechte Körperseite zeigte in der *Juvenis* drei leichte Arthrosen und keine stärkeren Ausprägungen. Die *Adultas* zeigte 19 leichte, zehn mittlere und zwei schwere Arthrosen. In der *Maturitas* sind sechs leichte, vier mittlere und eine schwere Form von Arthrose aufgefallen, in der *Senilis* eine leichte und mittlere Form. Für Männer gab es in der späten *Juvenis* an der linken Körperseite fünf leichte Arthrosen und eine mittelstarke arthrotische Veränderung. Die *Adultas* zeigte 19 leichte, acht mittlere und eine schwere Arthrose. In der *Maturitas* waren acht leichte, fünf mittelschwere und zwei starke Ausprägungen von Arthrose zu sehen. Die *Senilis* wies eine leichte, drei mittelstarke und eine starke Form auf. An der rechten Körperseite der Männer kamen in der *Juvenis* drei leichte, zwei mittelstarke und eine schwere Arthrose vor. Die *Adultas* zeigte 23 leichte und sechs mittelstarke Arthrosen. In der Altersklasse *Maturitas* hatten elf Individuen leichte, und vier mittelstarke Arthrosen; ein Individuum hatte eine starke Arthrose. Die *Senilis* brachte zwei leichte und zwei mittlere Arthrosen sowie eine schwere Arthrose hervor.

Unbestimmbare Individuen zeigten eine mittelschwere Arthrose in der späten *Adultas* auf der rechten Körperseite. Ansonsten sind bei unbestimmbaren Individuen ausschließlich fehlende Gelenke aufgetreten, vorwiegend gehäuft im adulten Bereich.

Tab. 54: Auflistung des Hüftgelenks und seiner fehlenden Elemente. Der Status ist in der Abb. 78 enthalten.

Gelenk	Seite	Anzahl fehlende Elemente
<i>Articulatio coxae</i>	links	153 (54,06 %)
	rechts	154 (54,42 %)

Die Werte des-Hüftgelenks bilden nach der weiteren Bearbeitung im Rahmen der *Inventarischen Auswertung* die Werte der zusammengefassten Tab. 62.

5.4.9 Kniegelenk

Wie der differenzierte Status der gelenkbildenden Elemente ausfällt, kann im Anhang (9.3.12) gesehen werden.

Tab. 55: Häufigkeit arthrotischer Veränderungen am Kniegelenk im Befund von Unterirgling, aufgeteilt nach Körperseiten⁷⁰.

Geschlecht	Häufigkeit links ⁸⁵	Häufigkeit rechts	Anzahl Skelettelemente links	Anzahl Skelettelem. rechts
Weiblich	20 %	22 %	109	111
Männlich	31 %	27 %	126	134

Die folgende Grafik⁷² zeigt den Arthrosestatus dieser Teilgelenke:

⁸⁵ Die Häufigkeit wird berechnet durch Bilden des Quotienten von veränderten Skelettelementen zur Gesamtzahl der auf der linken (236 Stück: 109 weiblich, 126 männlich und 1 unbestimmbares) bzw. rechten Körperseite (248 Stück: 111 weiblich, 134 männlich und 3 unbestimmbare) vorhandenen Skelettelemente.

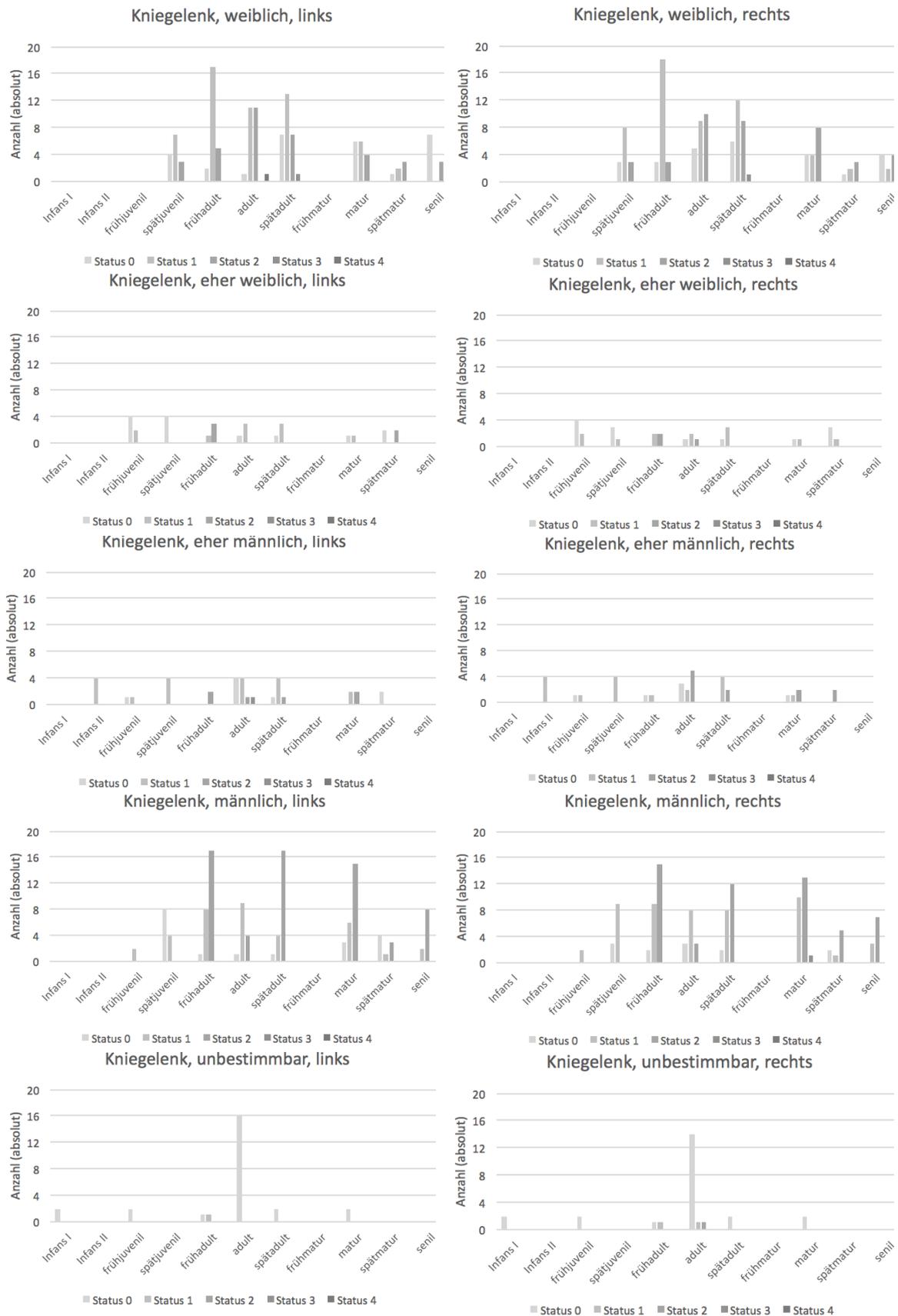


Abb. 42: Differenzierter Gelenkstatus aller Teilgelenke der Knie für das Reihengräberfeld Unterigling. Beschriftung wie in Abb. 37.

Die Verteilung ist je Geschlechtsgruppe zwischen beiden Körperseiten sehr gleichförmig, jeweils die Fälle von Arthrose sind distinkt verteilt. Die einzelnen Teilgelenke werden nun gesondert betrachtet.

5.4.9.1 *Articulatio femorotibialis*

Vom Teilgelenk *Articulatio femorotibialis* sind 119 linke und 120 rechte Skelettelemente zu beurteilen. Aus der Abbildungszusammenstellung (vgl. 9.3.12.1) und der zugehörigen Datentabelle ist abzulesen, dass die sicher bestimmten Geschlechter mehr Skelettelemente aufwiesen als *eher weiblich* und *eher männlich* bestimmte Individuen. Weibliche Individuen hatten an der linken Körperseite drei leichte Arthrosen in der späten *Juvenis*, zwölf leichte Arthrosen in der *Adultas*, vier leichte Arthrosen in der *Maturitas* und eine leichte Arthrose in der *Senilis*. Zudem existierte eine schwere Form von Arthrose in der *Adultas*. Die rechte Körperseite war ausschließlich mit leichten Arthrosen belastet: zwei in der späten *Juvenis*, zwölf in der *Adultas*, vier in der *Maturitas* und eine in der *Senilis*. Dies ist beinahe deckungsgleich mit der linken Körperseite.

Männer sind in Bezug auf Arthrose in der Altersklasse *Juvenis* belastungsfrei. Die linke Körperseite wies 23 leichte Arthrosen in der *Adultas*, neun leichte Arthrosen in der *Maturitas* und fünf leichte Arthrosen in der *Senilis* auf. Eine mittlere Form von Arthrose existiert linkerseits in der Altersklasse *Adultas*.

Die rechte Körperseite zeigte 16 leichte Arthrosen in der *Adultas*, elf in der *Maturitas* und vier in der *Senilis*. Eine mittelschwer ausgeprägte Arthrose lag in der Altersklasse *Maturitas*. Vom Geschlecht her unbestimmbare Individuen wiesen ausschließlich gesunde Elemente auf.

5.4.9.2 *Articulatio femoropatellaris*

Das Teilgelenk *Articulatio femoropatellaris* ist an 117 linken und 128 rechten Skelettelementen zu beurteilen. Die differenzierte Auftragung für die *Articulatio femoropatellaris* (vgl. 9.3.12.2) ist jeweils innerhalb einer Geschlechtsgruppe und zwischen den Körperseiten sehr ausgewogen. Die Menge von fehlenden, gesunden wie beschädigten Gelenken ist je Körperseite beinahe gleich hoch.

Frauen zeigten auf der linken Körperseite an leichten Arthrosen zwölf Stück in der *Adultas*, fünf in der *Maturitas* und zwei in der *Senilis*. Die *Adultas* wies außerdem eine mittelstarke Arthrose auf. Rechts existierte eine leichte Arthrose bereits in der späten *Juvenis*, gefolgt von 13 Fällen in der *Adultas*, sieben in der *Maturitas* und zwei in der *Senilis*. Eine mittelschwere Form von Arthrose lag in der *Adultas* vor.

Männer waren in der *Juvenis* unbelastet. Die linke Seite hatte 19 leichte Arthrosen in der *Adultas*, elf mittelstarke in der *Maturitas* und drei in der *Senilis*. Rechts lagen 21 leichte Arthrosen in der *Adultas* vor, ebenfalls elf in der *Maturitas* und drei in der *Senilis*. Stärkere Formen von Arthrose lagen bei Männern nicht vor.

Geschlechtsbezogen nicht bestimmbare Individuen zeigten eine leichte Form von Arthrose in der *Adultas* auf der rechten Körperseite. Die nachfolgende Tabelle zeigt alle fehlenden Elemente der Teilgelenke des Knies.

Tab. 56: Auflistung der Knieteilgelenke und deren fehlender Elemente. Der Status ist in den Abbildungen Abb. 79 und Abb. 80 enthalten.

Gelenk	Seite	Anzahl fehlende Elemente
<i>Articulatio femoritibialis</i>	links	164 (57,95 %)
	rechts	163 (57,60 %)
<i>Articulatio femoropatellaris</i>	links	166 (58,66 %)
	rechts	155 (54,77 %)

Die Zahlen der zwei Knieteilgelenke bilden in Summe und nach der weiteren Bearbeitung im Rahmen der *Inventarischen Auswertung* die Werte der zusammengefassten Tab. 62. Anhand dieser durchgängig hohen Prozentwerte deutlich über 50 % sieht man, wie wichtig der Umgang mit defekten Daten ist.

5.5 Umgang mit defekten Daten, wie korrigiere ich?

Im Folgenden sind die Ergebnisse der *Inventarischen Auswertung* des Fundortes Emmering, gefolgt von den Ergebnissen der *Inventarischen Auswertung* aus Unterirgling aufgelistet und stehen dann für die anschließende Diskussion zur Verfügung.

5.5.1 Inventarische Auswertung der Daten aus Emmering

Die Verarbeitung der *Inventarischen Auswertung* mittels des Statistik Programms *R Studio* ergab unter Verwendung der angefertigten *R* Skripte⁸⁶ für alle vier großen Gelenke und jeweils beide Körperseiten im Kontrolltest ein positives Ergebnis. Die Berechnung konnte ohne Fehlerwerte durchgeführt werden und alle internen Qualitätskontrollen innerhalb der *R* Skripte wurden eingehalten. Als zusätzliche Kontrolle wurden die Altersverteilung⁸⁷ und die Geschlechtsverteilung⁸⁸ ausgegeben. Eine Übereinstimmung mit der anthropologischen Befundung (vgl. S. 87 und 88) bestätigt, dass alle Werte korrekt an *R* übergeben wurden. Demnach durfte mit den vorliegenden Daten weitergearbeitet werden.

Besonders interessant ist die Anzahl der Gelenkstatus *gesund*, *beschädigt* und *fehlend*, aufgeteilt auf die jeweilige Körperseite und die vier großen Gelenke. Diese bilden die Basis für die statistische Auswertung der Daten. Nachfolgende Tabelle gibt einen konkreten Überblick über die Daten. Die Gelenke sind jeweils paarig je Körperseite nacheinander genannt:

⁸⁶ vgl. programmiertes R-Skript im Anhang 9.10.2.

⁸⁷ vgl. Überblick in Tab. 149.

⁸⁸ vgl. Überblick in Tab. 150.

Tab. 57: Status der vier großen Gelenke aus Emmering, nach Körperseite sortiert. Der Anteil fehlender Skelettelemente ist prozentual angegeben.

	Schulter links	Schulter rechts	Ellenbogen links	Ellenbogen rechts	Hüfte links	Hüfte rechts	Knie links	Knie rechts
Wert 0 ⁸⁹	286	274	392	286	178	357	416	432
Wert 1 ⁸⁹	58	63	14	58	87	69	42	38
Wert 2 ⁸⁹	197	204	135	197	276	115	83	71
Fehlend in [%]	36,41	37,71	24,95	36,41	51,02	21,26	15,34	13,12

Der Mittelwert an fehlenden Gelenken liegt bei 29,53 %. Die einfache Standardabweichung liegt bei 13,00. Werte von 16,53 % bis 42,53 % liegen innerhalb der einfachen Standardabweichung um den Mittelwert. Die Werte des Gelenks *Hüfte links* mit 51,02 % und beider Kniegelenke (Bei *Knie links* fehlen 15,34 %, bei *Knie rechts* fehlen 13,12 %) liegen außerhalb der einfachen Standardabweichung.

Um die Aufteilung der fehlenden Gelenke zwischen rechter und linker Körperhälfte besser bewerten zu können, wurden die absoluten Werte aus Tab. 57 in den nachfolgenden vier Grafiken visualisiert. Eine Abbildung zeigt jeweils das Verhältnis des Status des untersuchten Gelenks zwischen rechter und linker Körperhälfte. Zur besseren Vergleichbarkeit ist die Ordinate auf gleich Höhe skaliert, siehe Abb. 43. Daran wird ersichtlich, wie viele der Gelenke gesund, krank oder nicht überliefert sind.

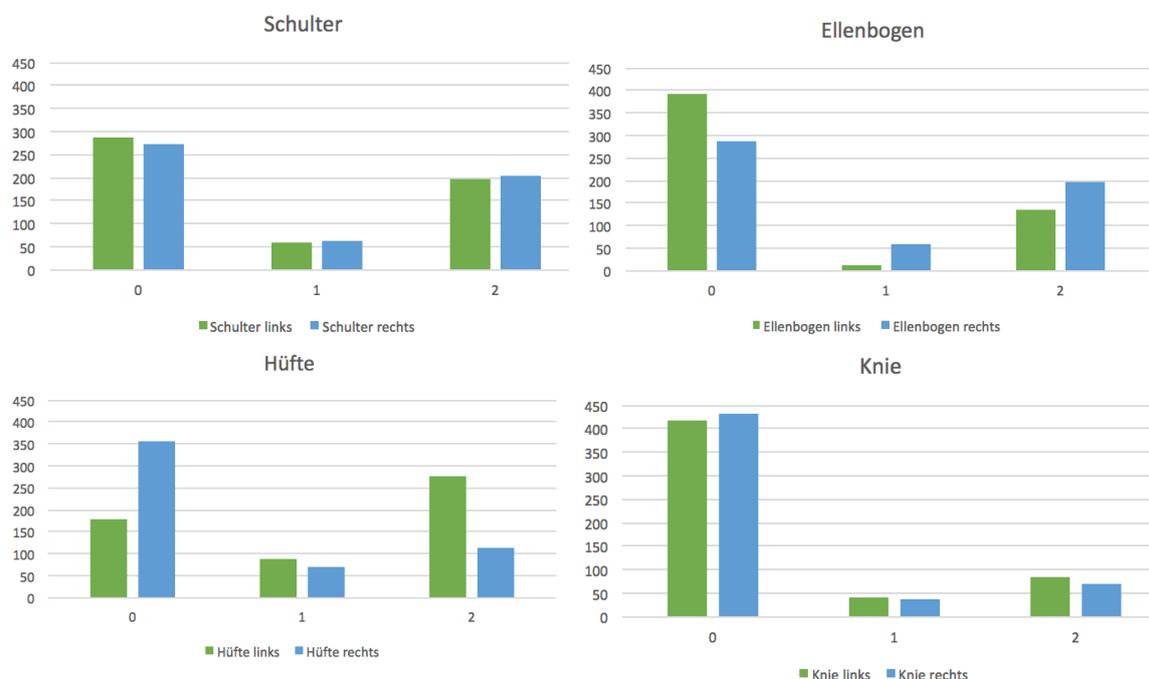


Abb. 43: Absolute Anzahlen des Status der vier großen Gelenke von Emmering zum Vergleich zwischen den Körperseiten. Grün = linke Körperseite, blau = rechte Körperseite⁸⁹.

⁸⁹ 0 steht für „gesundes Gelenk“, 1 steht für „beschädigtes Gelenk“, 2 steht für „kein Gelenk vorhanden“, also fehlendes Gelenk.

Die folgenden vier Tabellen (Tab. 58, Tab. 59, Tab. 60 und Tab. 61) listen detailliert die absoluten Fälle und die relativen Häufigkeiten von gesunden und kranken Individuen auf. Dies geschieht unter der gleichzeitigen Betrachtung der Variablen Altersklasse, Geschlecht und Körperseite. Nacheinander werden die vier großen Gelenke betrachtet. Für die Altersklassen wurden dabei *frühadult*, *mitteladult* und *spätadult* zur Altersklasse *Adultas* zusammengefasst, ebenso *frühmatur*, *mittelmatur* und *spätmatur* zur Altersklasse *Maturitas*. Die *Senilis* existiert solitär. Beim Geschlecht wurden *eher weiblich* und *sicher weiblich* bestimmte Individuen zur Gruppe *weiblich* zusammengefasst, ebenso wurde mit den Männern verfahren.

Tab. 58: Dreidimensionale Kontingenztafel mit absoluten und relativen Häufigkeiten⁹⁰.

Schulter \ Geschlecht	Weiblich		Männlich	
	Links	Rechts	Links	Rechts
In Adultas gesund	46 (46,94 %)	52 (53,06 %)	59 (49,58 %)	60 (50,42 %)
In Adultas krank	5 (55,56 %)	4 (44,44 %)	13 (54,17 %)	11 (45,83 %)
In Maturitas gesund	50 (54,95 %)	41 (45,05 %)	48 (52,17 %)	44 (47,83 %)
In Maturitas krank	7 (46,67 %)	8 (53,33 %)	18 (45,00 %)	22 (55,00 %)
In Senilis gesund	20 (52,63 %)	18 (47,37 %)	19 (50,00 %)	19 (50,00 %)
In Senilis krank	2 (25 %)	6 (75,00 %)	11 (52,38 %)	10 (47,62 %)
Summe	130	129	168	166

Tab. 59: Dreidimensionale Kontingenztafel mit absoluten und relativen Häufigkeiten⁹⁰.

Ellenbogen\Geschlecht	Weiblich		Männlich	
	Links	Rechts	Links	Rechts
In Adultas gesund	65 (50,00 %)	65 (50,00 %)	79 (50,97 %)	76 (49,03 %)
In Adultas krank	-	5 (100,00 %)	2 (28,57 %)	5 (71,43 %)
In Maturitas gesund	58 (50,88 %)	56 (49,12 %)	69 (50,36 %)	68 (49,64 %)
In Maturitas krank	1 (20,00 %)	4 (80,00 %)	19 (47,37 %)	10 (52,63 %)
In Senilis gesund	21 (44,68 %)	26 (55,32 %)	29 (52,73 %)	26 (47,27 %)
In Senilis krank	-	-	2 (28,57 %)	5 (71,43 %)
Summe	145	156	200	190

⁹⁰ Betrachtet werden die Variablen: Altersklasse, Geschlecht und Körperseite für das Schultergelenk (Status: gesund und beschädigt). Die relativen Häufigkeiten bezogen auf die Spalten (Körperseite) je Geschlecht und Altersklasse sind in Klammern notiert.

Tab. 60: Dreidimensionale Kontingenztafel mit absoluten und relativen Häufigkeiten⁹⁰.

Hüfte \ Geschlecht	Weiblich		Männlich	
	Links	Rechts	Links	Rechts
In Adultas gesund	31 (32,98 %)	63 (67,02 %)	40 (38,10 %)	65 (61,90 %)
In Adultas krank	11 (61,11 %)	7 (38,89 %)	16 (55,17 %)	13 (44,83 %)
In Maturitas gesund	32 (39,02 %)	50 (60,98 %)	29 (37,66 %)	48 (62,34 %)
In Maturitas krank	13 (54,17 %)	11 (45,83 %)	23 (46,94 %)	26 (53,06 %)
In Senilis gesund	8 (27,59 %)	21 (72,41 %)	10 (29,41 %)	24 (70,59 %)
In Senilis krank	8 (72,73 %)	3 (27,27 %)	12 (63,16 %)	7 (36,84 %)
Summe	103	155	130	183

Tab. 61: Dreidimensionale Kontingenztafel mit absoluten und relativen Häufigkeiten⁹⁰.

Knie \ Geschlecht	Weiblich		Männlich	
	Links	Rechts	Links	Rechts
In Adultas gesund	69 (47,59 %)	76 (52,41 %)	76 (47,80 %)	83 (52,20 %)
In Adultas krank	6 (75,00 %)	2 (25,00 %)	11 (68,75 %)	5 (31,25 %)
In Maturitas gesund	59 (47,58 %)	65 (52,42 %)	72 (52,94 %)	64 (47,06 %)
In Maturitas krank	8 (66,67 %)	4 (33,33 %)	8 (33,33 %)	16 (66,67 %)
In Senilis gesund	25 (53,19 %)	22 (46,81 %)	29 (50,88 %)	28 (49,12 %)
In Senilis krank	-	3 (100,00 %)	4 (44,44 %)	5 (55,56 %)
Summe	167	172	200	201

5.5.2 Inventarische Auswertung der Daten aus Unterigling

Die *Inventarische Auswertung* brachte für das Befundmaterial von Unterigling folgende Anteile gesunder und kranker, sowie fehlender Gelenke hervor:

Tab. 62: Status der vier großen Gelenke aus Unterigling, nach Körperseite sortiert. 0 steht für „gesundes Gelenk“, 1 steht für „beschädigtes Gelenk“, 2 steht für „kein Gelenk vorhanden“, also fehlendes Gelenk. Der Anteil der fehlenden Skelettelemente ist in Prozent angegeben.

	Schulter links	Schulter rechts	Ellenbogen links	Ellenbogen rechts	Hüfte links	Hüfte rechts	Knie links	Knie rechts
Wert 0	79	88	27	33	24	26	55	68
Wert 1	57	51	123	120	132	130	96	91
Wert 2	59	56	45	42	39	39	44	36
Fehlend [%]	30,26	28,72	23,08	21,54	20,00	20,00	22,56	18,46

Im Mittel fehlen im Unteriglinger Befundmaterial die Gelenke zu 23,08 %. Die Standardabweichung des fehlenden Anteils in [%] beträgt 4,25 %. Die einfache Standardabweichung als Bereich um den Mittelwert herum angelegt, ergibt eine Werte-

spanne von 18,83 bis 27,32 %. Hieraus fallen die Gelenke *Knie rechts* (darunter) und *Schulter links* sowie *Schulter rechts*, diese liegen beide darüber.

Folgende Abbildung trägt die Anteile von gesunden, arthrotisch veränderten und fehlenden Gelenken aus Tab. 62 visuell auf. Abb. 44 trägt das Verhältnis des Gelenkstatus zwischen rechter und linker Körperhälfte auf. Für eine bessere Vergleichbarkeit ist die Ordinate jeweils auf gleich Höhe skaliert. Daran ist zu sehen, wie viele der Gelenke gesund, krank oder nicht überliefert sind.

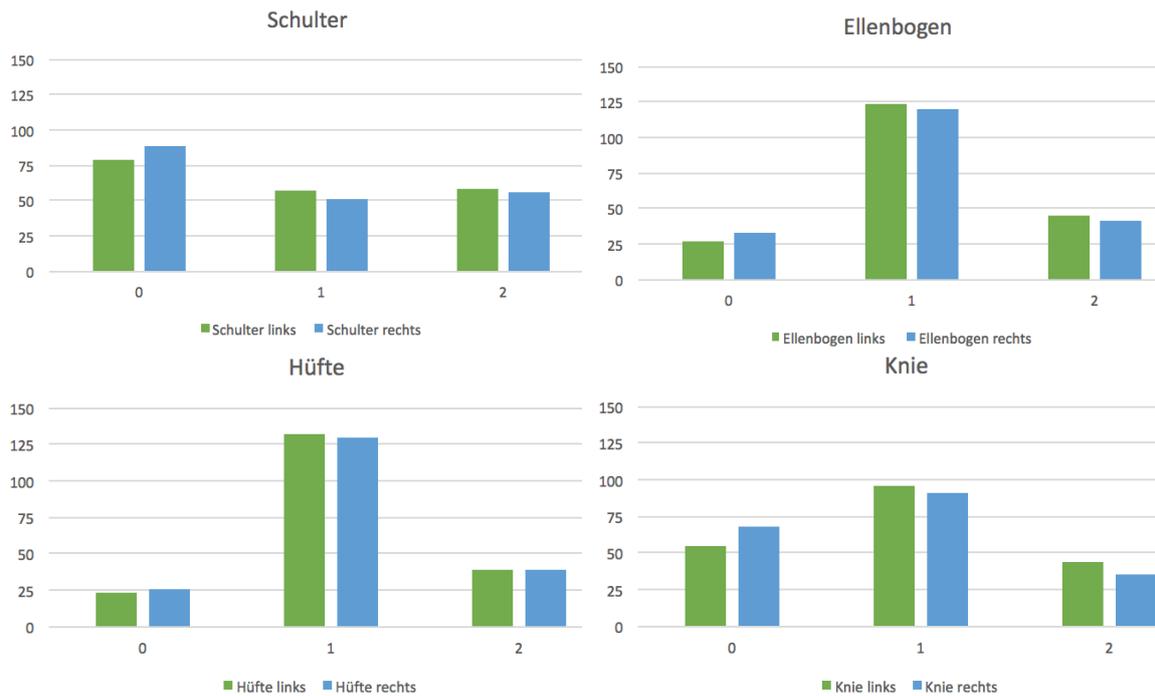


Abb. 44: Absolute Anzahlen des Status der vier großen Gelenke von Unterigling zum Vergleich zwischen den Körperseiten. Grün = linke Körperseite, blau = rechte Körperseite. 0 = gesundes Gelenk, 1 = beschädigtes Gelenk, 2 = Gelenk fehlt.

Die folgenden vier Tabellen (Tab. 63, Tab. 64, Tab. 65 und Tab. 66) listen detailliert die absoluten Fälle und die relativen Häufigkeiten von gesunden und kranken Individuen auf. Dies geschieht unter der gleichzeitigen Betrachtung der Variablen Altersklasse, Geschlecht und Körperseite. Nacheinander werden die vier großen Gelenke betrachtet. Für die Altersklassen wurden dabei *frühadult*, *mitteladult* und *spätadult* zur Altersklasse *Adultas* zusammengefasst, ebenso *frühmatur*, *mittelmatur* und *spät matur* zur Altersklasse *Maturitas*. Die *Senilis* existiert solitär. Beim Geschlecht wurden *eher weiblich* und *sicher weiblich* bestimmte Individuen zur Gruppe *weiblich* zusammengefasst, ebenso wurde mit den Männern verfahren.

Tab. 63: Dreidimensionale Kontingenztafel mit absoluten und relativen Häufigkeiten⁹⁰.

Schulter \ Geschlecht	Weiblich		Männlich	
	Links	Rechts	Links	Rechts
In Adultas gesund	24 (46,15 %)	28 (53,85 %)	23 (46,94 %)	27 (53,06 %)
In Adultas krank	12 (57,14 %)	9 (42,86 %)	12 (57,14 %)	9 (42,86 %)
In Maturitas gesund	9 (56,25 %)	7 (43,75 %)	12 (52,17 %)	11 (47,83 %)
In Maturitas krank	8 (50,00 %)	8 (50,00 %)	14 (43,75 %)	18 (56,25 %)
In Senilis gesund	1 (50,00 %)	1 (50,00 %)	-	1 (100,00 %)
In Senilis krank	1 (50,00 %)	1 (50,00 %)	5 (62,50 %)	3 (37,50 %)
Summe	55	54	66	69

Tab. 64: Dreidimensionale Kontingenztafel mit absoluten und relativen Häufigkeiten⁹⁰.

Ellenbogen\Geschlecht	Weiblich		Männlich	
	Links	Rechts	Links	Rechts
In Adultas gesund	8 (53,33 %)	7 (46,67 %)	5 (83,33 %)	1 (16,67 %)
In Adultas krank	24 (48,00 %)	26 (52,00 %)	34 (47,89 %)	37 (52,11 %)
In Maturitas gesund	3 (33,33 %)	6 (66,67 %)	3 (37,50 %)	5 (62,50 %)
In Maturitas krank	15 (57,69 %)	11 (42,31 %)	29 (51,79 %)	27 (48,21 %)
In Senilis gesund	1 (50,00 %)	1 (50,00 %)	-	-
In Senilis krank	3 (60,00 %)	2 (40,00 %)	5 (50,00 %)	5 (50,00 %)
Summe	54	53	76	75

Tab. 65: Dreidimensionale Kontingenztafel mit absoluten und relativen Häufigkeiten⁹⁰.

Hüfte \ Geschlecht	Weiblich		Männlich	
	Links	Rechts	Links	Rechts
In Adultas gesund	5 (38,46 %)	8 (61,54 %)	8 (50,00 %)	8 (50,00 %)
In Adultas krank	34 (53,13 %)	30 (46,88 %)	29 (49,15 %)	30 (50,85 %)
In Maturitas gesund	3 (75,00 %)	1 (25,00 %)	-	-
In Maturitas krank	16 (47,06 %)	18 (52,94 %)	30 (48,39 %)	32 (51,61 %)
In Senilis gesund	-	-	-	-
In Senilis krank	5 (71,43 %)	2 (28,57 %)	5 (50,00 %)	5 (50,00 %)
Summe	63	59	72	75

Tab. 66: Dreidimensionale Kontingenztafel mit absoluten und relativen Häufigkeiten⁹⁰.

Knie \ Geschlecht	Weiblich		Männlich	
	Links	Rechts	Links	Rechts
In Adultas gesund	18 (47,37 %)	20 (52,63 %)	11 (44,00 %)	14 (56,00 %)
In Adultas krank	20 (52,63 %)	18 (47,37 %)	29 (54,72 %)	24 (45,28 %)
In Maturitas gesund	7 (70,00 %)	3 (30,00 %)	4 (26,67 %)	11 (73,33 %)
In Maturitas krank	10 (41,67 %)	14 (58,33 %)	25 (54,35 %)	21 (45,65 %)
In Senilis gesund	-	-	-	-
In Senilis krank	2 (40,00 %)	3 (60,00 %)	5 (50,00 %)	5 (50,00 %)
Summe	57	58	74	75

Die Tabellen besagen die verschiedenen Anteile von gesunden zu kranken Gelenken. Die Besonderheit besteht darin, dass die Werte auf die tatsächlich vorhandenen Skelettelemente bezogen und nivelliert sind. Vergleiche von auf diese Weise standardisierten Werten können jetzt zwischen verschiedenen Fundkomplexen erfolgen. Somit kann eine valide Gegenüberstellung eines Krankheitsbildes zwischen zwei separaten Gräberfeldern durchgeführt werden. Die Datenbasis der vorliegenden Werte für Emmering und Unterigling bilden den Ausgangspunkt für die Diskussion defekter Daten.

5.6 Strontiumisotopenanalyse ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)

5.6.1 Standardmessungen und Qualitätskontrollen der Strontiumanalytik

Die Messdaten aller in dieser Arbeit gemessenen Proben sind in der Ergebnisliste im Anhang enthalten, vgl. Kapitel 9.5, dort insbesondere Tab. 110.

Durch das Mitführen des Knochenstandard NBS 1400 wurde der Aufschlussweg für die Strontiumisotopenanalyse kontrolliert, damit mögliche Fehler im Ablauf und Kontaminationen festgestellt werden können. Es wurden neun Proben des SRM 1400 aufgeschlossen und analysiert. Es wurde ein Mittelwert von $0,713031 \pm 0,000042$ gemessen. Der Standardfehler liegt bei $0,000040$, in Prozent: $0,0044$. Der Maximalwert beträgt $0,71316$, der Minimalwert $0,71285$ ⁹¹. Alle Werte befinden sich innerhalb der zweifachen Standardabweichung, vgl. Abb. 81: im Anhang. Da es keine Herstellerangabe für die Strontiumisotopie gibt, muss ein laborinterner Vergleich als Kontrolle dienen. Der Labormittelwert liegt bei $0,713104 \pm 0,000019$ und stimmt sehr gut mit dem gemessenen Mittelwert überein.

Der Standard SRM 987 wurde in jedem Magazin, welches insgesamt über 13 Messplätze verfügt, bei jedem Messablauf mitgeführt und gemessen. Dadurch kann ausgeschlossen werden, dass das Messergebnis durch falsche Kalibrierungen verfälscht ist. SRM 987 dient zur Korrektur der Fraktionierung im Massenspektrometer und wird vom NIST ausgegeben (Wise und Watters 2007). Die Isotopen fallen dabei wie folgt aus⁹²:

$$^{88}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 8,308509 \pm 0,000999$$

$$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,710263 \pm 0,000039$$

$$^{84}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,048394 \pm 0,000030$$

Bei sieben durchgeführten Standard-Messungen wurde ein Mittelwert für die $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Isotopie von $0,710263 \pm 0,000039$ ermittelt; das Minimum liegt bei $0,710224$ und das Maximum bei $0,710302$. Der Standardfehler liegt bei $0,000019$. Der zweifache Standardfehler liegt bei $0,000038$, in Prozent ausgedrückt sind das $0,0054\%$. Der als Maximum ermittelte Wert des Fehlers liegt bei $0,000054$, das Minimum bei $0,000021$, vgl. folgende Tabelle. Alle Werte liegen innerhalb der zweifachen Standardabweichung.

⁹¹ vgl. Tab. 109 im Anhang, Kapitel 9.5.2.

⁹² Mittelwerte der NBS 987 Messungen, vgl. Werte aus Anhang: 9.5.1, S. 304.

Tab. 67: Überprüfung der NBS 987 Standardmessungen der Emmeringer Proben.

n = 7	
Mittelwert	0,710263
Standardfehler	0,000019
Standardabweichung	0,000039
zweifacher Standardfehler	0,000038
zweifacher Standardfehler [%]	0,005386
Minimalwert des Fehlers	0,000021
Maximalwert des Fehlers	0,000054

Der wichtigste Wert ist hierbei der zweifache Standardfehler in Prozent. Als Erfahrungswert werden nur Messergebnisse behalten, deren zweifacher Standardfehler unter 0,0055 % liegt.

5.6.2 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Verhältnisse im Zahnschmelz

Untersucht wurden die $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Verhältnisse im Zahnschmelz der ersten Dauermolaren (n = 50). Die Messergebnisse streuen in einem beachtlichen Rahmen von 0,708373 bis 0,718835 (vgl. Tab. 68). Zunächst wurde eine Analyse auf deskriptive Statistik durchgeführt⁹³.

Tab. 68: Deskriptive Statistik der Strontium-Messdaten aus Emmering.

n = 50			
Minimalwert	0,708373	Standardabweichung	0,001935
Maximalwert	0,718835	Varianz	< 0,000
Mittelwert	0,709910	Schiefe ν	3,114
Standardfehler	0,000274	Standardfehler der Schiefe	0,337

Aufgrund der Schiefe im positiven Bereich, $\nu = 3,114$ mit einem Standardfehler von 0,337 (vgl. Tab. 68), ist die Werteverteilung als *rechtsschief* zu beschreiben. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest mit Signifikanzniveau $p = 0,05$ führt zu dem Ergebnis, dass die Nullhypothese verworfen werden muss. Somit muss eine Normalverteilung auf 5 %-igem Signifikanzniveau verworfen werden⁹⁴.

Ein geeigneter Zahn konnte von 320 der 539 untersuchten Individuen zur Beprobung isoliert werden. Insgesamt wurden 61 Proben auf ihre Strontiumisotopenwerte hin analysiert. Die Messungen der Proben Emm 90, Emm 304, Emm 317, Emm 350 und Emm 515 wurden nachgemessen und ergaben dann für Emm 350 einen validen Messwert, welcher im Datenmaterial inkorporiert ist. Es liegen damit 50 valide Messergebnisse vor; die Werte sind in der nachfolgenden Abbildung aufgetragen:

⁹³ Stimmen Mittelwert und Median überein, so ist das ein Hinweis auf eine symmetrische Verteilung. Weichen sie voneinander ab, so ist eine schiefe Verteilung der Daten zu erwarten.

⁹⁴ vgl. Anhang 9.5.4.1, Tab. 111.

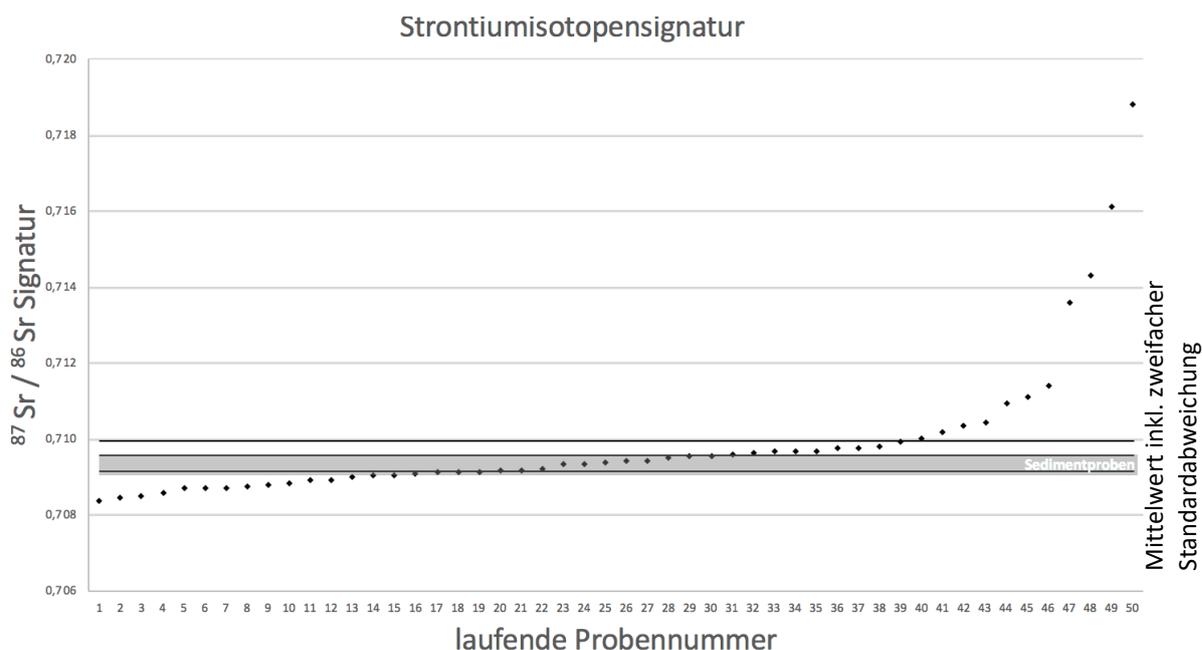


Abb. 45: Verteilung der $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Isotopenverhältnisse, sortiert nach aufsteigendem Signaturwert. Horizontal ist die laufende Probennummer, vertikal die $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Signatur aufgetragen. Mit Linien eingezeichnet ist der Mittelwert mit zweifacher Standardabweichung ($0,70956 \pm 0,000396$). In grau ist der Erwartungsbereich für Sedimentproben eingezeichnet.

In 50 Messungen war der zweifache Standardfehler in Prozent kleiner oder gleich 0,01. Dieses Qualitätskriterium stellt sicher, dass nur gültige Messdaten zur Interpretation weiterverwendet wurden.

5.6.3 Datennetz zur Einpassung der lokalen Sr-Signatur: Sedimentproben

Die Emmeringer Sedimentproben ergaben stabile $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Strontiumisotopensignaturen mit einem Mittelwert von 0,70956 und einer Standardabweichung von 0,000198 (vgl. Abb. 45). Der Standardfehler liegt bei 0,000099. Das Minimum liegt bei 0,709373, das Maximum bei 0,709793 (vgl. Tab. 69).

Tab. 69: Liste der Messwerte der Strontium-Messungen Emmeringer Sedimentproben:

Probe	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	1 SD	Standardfehler	Standardfehler in %
Emm 218	0,70937	0,000036	0,000016	0,0022
Emm 357	0,70942	0,000044	0,000016	0,0023
Emm 365	0,70966	0,000065	0,000023	0,0033
Emm 536	0,70979	0,000057	0,00002	0,0028
Mittelwert	0,70956	0,000051	0,000064	0,0027

Die vier gemessenen Bodenproben aus der würmzeitlich überprägten Schotterebene bei Emmering lieferten einen sehr engen Wertebereich. Dieser kann potentiell als Erwartungswert für die lokale Isotopie dienen und liegt innerhalb des Erwartungsbereiches für den Raum Süddeutschland und zugleich inmitten des Plateaus der Strontiumisotopenwerte aus den untersuchten Molaren (vgl. Abb. 46).

5.6.4 Einpassung der $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Verhältnisse im Gesamtkontext

Die Verteilung der Messergebnisse (vgl. Abb. 45, S. 149) verlangt nach einer genaueren Differenzierung; die Ergebnisse müssen gruppiert werden, um eine statistische Auswertung und Diskussion zu ermöglichen. Zur Einteilung in verschiedene Gruppen wird eine externe Konstante benötigt, sonst wäre die Gruppierung willkürlich. Als Anhaltspunkt dienen hierbei gesteins- oder ökologietypische Isotopen. Diese sind in nachfolgender Tabelle aufgeführt:

Tab. 70: Strontium-Isotopen definierter Böden, nach Price et al. 2003.

Boden	Karbonat	Löss	Flusssediment	Garnit/Gneis
Minimum	0,70772	0,70878	0,70820	0,71000
Maximum	0,70895	0,70990	0,70970	0,71000+

Bereits anhand dieser Daten zeigt sich, dass sich die Isotopen von Karbonat, Löss und Fluss-Sediment gegenseitig überlappen. Nach Eintragung dieser Werte sowie des Erwartungsbereiches für die Strontiumisotopensignatur (vgl. S. 39) in obenstehende Abb. 45 ist klar ersichtlich, dass die Zuordnung der Individuen in den Überlappungsbereichen zu einer charakteristischen Isotopie nicht ohne die Diskussion mit dem archäologischen Befund möglich ist. Die gesamte Darstellung ist in folgender Abb. 46 zu sehen:

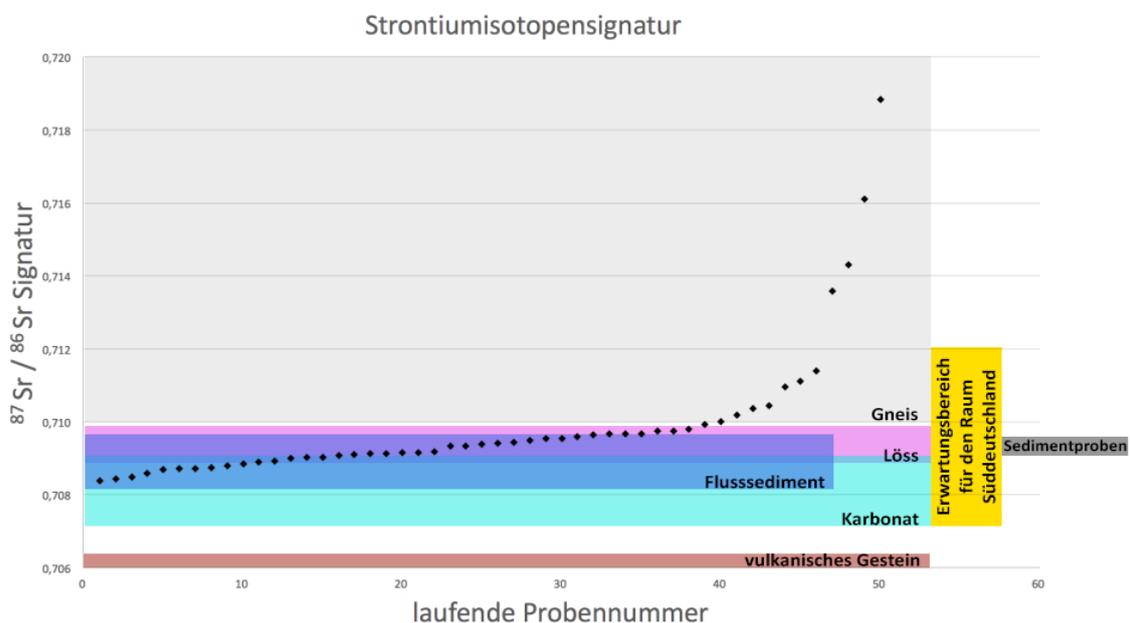


Abb. 46: Verteilung der $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Isotopenverhältnisse, sortiert nach aufsteigendem Signaturwert, mit eingetragenen Erwartungsbereichen für verschiedene Bodentypen. Ergänzt um die Erwartungsbereiche der Signatur für den Raum Süddeutschland (gelb, rechts), sowie die gemessenen Sedimentproben aus dem Fundort (grau, rechts).

Die Datentabelle inkl. zweifachem Standardfehler in Prozent ist im Anhang unter Kapitel 9.5.3 enthalten.

5.6.5 Statistische Verifikation der Strontiumanalytik

Der mit $SE\%$ angegebene Messfehler wird als Marker für die Validität eines Messwertes verwendet. Die erlaubte Grenze für Strontiumisotopenanalysen liegt bei 0,0055, wodurch zunächst vier Werte hätten ausgeschlossen werden müssen. Nach Vohberger (2011) ist bei derart hohen Messfehlern eine Nachmessung nicht angeraten, da sie keine Verbesserung hervorbringen würde. Das kann größtenteils bestätigt werden, denn für die $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Werte aus Emmering konnten fünf Nachmessungen einen validen Wert hervorbringen.

Ein höherer Messfehler bedeutet, dass die Werte der 33 Einzelmessungen beim Messen mehr gestreut haben als mit niedrigerem Messfehler. Vier Werte von Proben aus Emmering wiesen Messfehler über dem erlaubten Limit von 0,01 auf (s.o.). Die hohen Schwankungen können durch starke Verunreinigungen der Probe durch Spurenelemente wie Kalzium, Barium, etc., oder aber auch durch eine inhomogene Probe erklärt werden. Verunreinigungen zeigen sich passiv auch während der Messung, wenn das Signal schwach ist, oder stark schwankt. Werden die validen Werte berücksichtigt, so weisen diese einen mittleren Messfehler von $\overline{SE\%} = 0,0030$ auf, mit dem kleinsten Messfehler $SE\%_{\text{MIN}} = 0,0015$ bei Probe Emm 18-1 und dem größten Messfehler $SE\%_{\text{MAX}} = 0,0050$ bei Probe Emm 350. Die Werte sind in Tab. 71 aufgeführt.

Tab. 71: Deskriptive Statistik der Messfehler in Emmering ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Isotopensignatur).

Boden	Anzahl n	Minimum	Maximum	Mittelwert
SD	50	0,000058	0,000201	0,000121
SE	50	0,000022	0,000011	0,000036
SE%	50	0,0015	0,0050	0,0040

5.6.6 Definition der lokalen Strontiumsignatur von Emmering

5.6.6.1 σ -Outlier-Tests

Die von Isoplot verwendete Berechnung beruht auf Methoden der Geochronologie und stellt die Berechnung eines stabilen, gewichteten Mittelwertes dar, welcher in einer vierfachen Iteration von Ausreißern befreit wird. Dazu wurden σ -Outlier-Tests in mehreren Iterationsschleifen mit kleiner werdenden *cut off values*⁹⁵, beginnend mit dem Faktor 2,0 berechnet. Um die Werteentwicklung bestmöglich nachverfolgen zu können, wurden die einzelnen Iterationen manuell in SPSS berechnet. Auszuschließende Werte wurden je Iteration innerhalb der Datenansicht als „missing data“ eingefügt. Das Ergebnis der Deskriptiven Statistik der vier Iterationen nebst abschließendem Student'schen t -Test ist in Tab. 112 (s.S. 298) zusammengefasst dargestellt⁹⁵. Die Einzelschritte sind dem Anhang (ebd.) beigelegt.

⁹⁵ vgl. Kapitel 9.5.4 und 9.7.1.

Eine wichtige Erkenntnis liefern die Entwicklung der verbleibenden Probenzahl n_{Rest} ⁹⁶, der Mittelwert, die Standardabweichung, der Standardfehler und die Schiefe.

5.6.6.2 Test auf Validität der internen Grenzwerte der σ -Outlier-Tests

Es besteht die Gefahr, dass aufgrund zu eng gesetzter *cut off values*⁹⁷ Datensätze zu radikal entfernt werden. Um zu prüfen, ob ein Iterationsvorgang am Ende noch plausible und vertrauenswürdige Daten bereitstellt, kann über die Student-*t*-Verteilung getestet werden, ob der iterativ geschmälerter Datenbestand noch derselben Grundgesamtheit entspricht wie die Ursprungsdaten.

Tab. 72: Vergleich der verschiedenen Iterationsschleifen mit unterschiedlichen Testfaktoren. Der verbleibende Bereich zwischen den *cut off values* und die Zahl der Ausreißer geben ergänzend zu weiteren aufgeführten Daten einen Hinweis auf die Robustizität des geschmälerter Datenbestandes.

Faktor	Mittelwert	ST _{Dev} (1s)	95% Student t Fehler (2s)	<i>cut</i> (Mittelwert - ST _{Dev} *Faktor)	<i>off</i> _{min} (Mittelwert - ST _{Dev} *Faktor)	<i>cut off</i> _{max} (Mittelwert + ST _{Dev} *Faktor)	Zahl der Ausreisser
2,00	,709283	,000509	,000141754	,708266	,710301	9	
1,86	,709229	,000454	,000133440	,708385	,710073	11	
1,73	,709226	,000371	,000123480	,708506	,709947	14	
1,62	,709247	,000345	,000118220	,708596	,709898	16	

Die eingegrenzten Datensätze erfüllen die Anforderungen aus Kapitel 3.7, da der Student-*t*-2 σ -Fehler kleiner der Standardabweichung bleibt (Ludwig 2009). Beim Faktor von 1,62 sind die internen Grenzwerte jedoch sehr eng gesetzt (vgl. Tab. 72), wodurch die Zahl der Ausreißer bei 32 % der gesamten Datenmenge liegt. Da dies aufgrund des engen Vertrauensbereichs einen enorm hohen Wertausschluss darstellt, erzeugt dies nach Vohberger (2011) keinen natürlichen Wertebereich und sollte daher abgelehnt werden. Die inneren Grenzwerte der Faktoren 2, 1,86 und 1,73 verbleiben. Diese sind in der nachfolgenden Tabelle eingetragen und in der Tabelle als auch in Abb. 47 mit der gleichen Farbe markiert.

Tab. 73: Ausreißer der ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr Isotopendaten der Emmeringer Proben nach σ -Outlier-Test mit Faktor 1,73, vgl. Tab. 72.

Ausschluss σ -Outlier-Test	aufgrund	Σ , Kardinalität	Proben
> 2 σ Grenzwerte		9	Emm 33, Emm 354, Emm 356, Emm 376, Emm 449, Emm 515, Emm 521, Emm 525, Emm 526
> 1,86 σ Grenzwerte		2	Emm 102, Emm 500
> 1,73 σ Grenzwerte		3	Emm 30, Emm 317, Emm 413

⁹⁶ vgl. Werteentwicklung in Kap. 9.7.2.

⁹⁷ Grenzwerte.

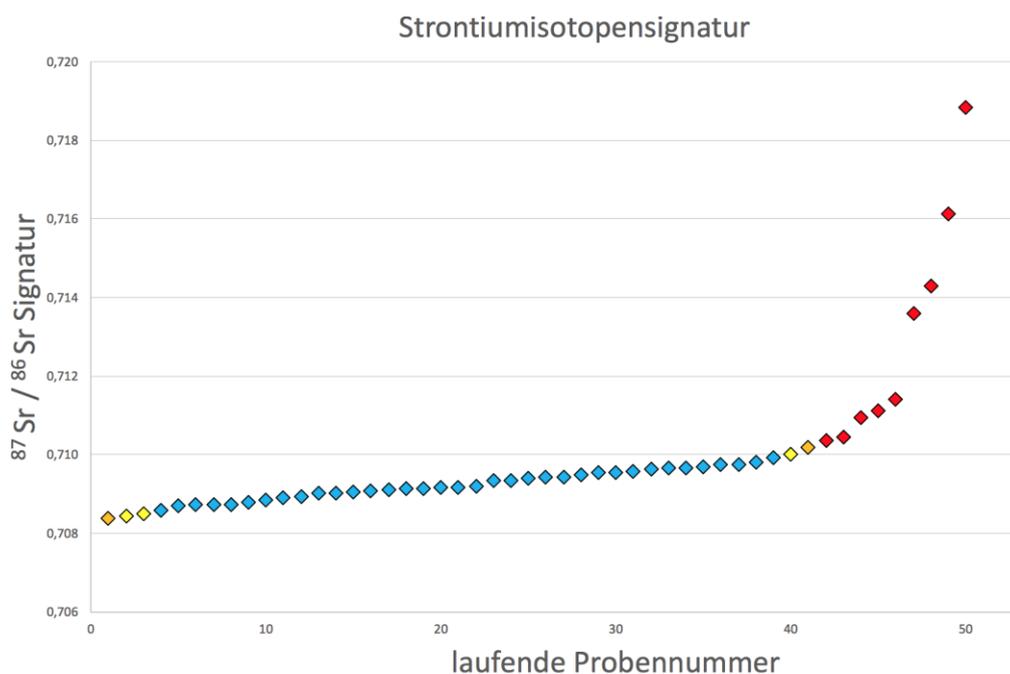


Abb. 47: Graphische Auftragung des σ -Outlier-Tests der $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Isotopenverhältnisse, sortiert nach aufsteigendem Signaturwert. Die blauen Punkte markieren als *sicher lokal* eingestufte Datensätze. Gelbe Punkte zeigen Ausreißer über der $1,73\sigma$ -Grenzmarke, orange Punkte entsprechend Ausreißer über der $1,86\sigma$ -Grenzmarke. Rote Punkte liegen außerhalb des 2σ -Vertrauensbereiches.

Diese Vertrauensbereiche werden noch mit dem Referenzsystem an Bodenproben abgeglichen.

5.6.6.3 Bodenproben

Nachfolgend sind die Ergebnisse zur Eingrenzung der lokalen $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Isotopensignatur tabellarisch aufgelistet. Literaturwerte für den süddeutschen Raum nach Price et al. (2003) dienen ebenso als Referenz.

Tab. 74: Ergebnisse der zur Eingrenzung der lokalen $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Isotopensignatur angestrebten Berechnungen über verschiedene Modelle. Kursiv gestellt und auf grau sind die Werte, welche untauglich sind.

Berechnungsmodell	Unterer Grenzwert	Oberer Grenzwert	Nicht-lokale Anzahl [abs.]	Nicht-lokal Häufigkeit [%]
<i>Literaturwerte für Süddeutschland</i>	<i>,70772</i>	<i>> ,71000</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
Bodenproben	,70917	,70996	32	64
<i>Mathematisch: 2σ</i>	<i>,70604</i>	<i>,71377</i>	<i>5</i>	<i>10</i>
Iterativ: 2σ	,70827	,71030	9	18
Iterativ: $1,86\sigma$,70839	,71007	11	22
Iterativ: $1,73\sigma$,70851	,70995	14	28
<i>Iterativ: $1,62\sigma$</i>	<i>,70860</i>	<i>,70990</i>	<i>16</i>	<i>32</i>

Weiter gearbeitet wurde mit den Werten nach Iteration mit Faktor $1,73\sigma$, da diese ein valides Ergebnis hervorgebracht haben.

5.7 Bleiisotopenanalyse ($^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)

Insgesamt wurden aus 33 Proben Bleidaten erhoben. Davon waren für die Systeme $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ und $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ jeweils 25 Stück und für die Systeme $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ und $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ je 22 Messungen gültig (vgl. folgender Abschnitt). Wie auch bei der Strontiumisotopenanalyse wurde auch für die Bleiisotopenanalyse ein σ -*Outlier-Test* durchgeführt. Für jedes Isotopenverhältnis wurde der Test mit internen Grenzen von 2σ begonnen. Anschließend wurde der jeweils nächste Isoplot Berechnungsfaktor ermittelt und ein σ -*Outlier-Test* mit diesem Faktor berechnet. Dies wurde so lange durchgeführt, bis die internen Grenzwerte zu eng lagen und kein vertrauenswürdiger Rest-Datenpool übrigblieb. Dies ist der Fall, wenn der 2σ -Fehler des Student'schen t -Tests größer ist als die Standardabweichung (Ludwig 2009). Die Ergebnisse der σ -*Outlier-Tests* sind nach dem folgenden Abschnitt zu Ergebnissen der Qualitätskontrollen aufgeführt.

5.7.1 Standardmessungen und Qualitätskontrollen in der Bleianalytik

Die Messdaten der Bleiprobe sind in der Ergebnisliste im Anhang enthalten, vgl. Kapitel 9.6, dort Tab. 116. Die Massenfraktionierung wurde mittels $-0,1 \pm 0,05$ % pro atomarer Masseneinheit korrigiert⁹⁸. Folgende Tabelle zeigt den Vertrauensbereich für Messergebnisse der Bleiisotopenanalyse.

Tab. 75: Vertrauensbereich für Messergebnisse der Bleiisotopenanalyse in den verschiedenen Isotopensystemen (Grupe et al. 2017).

System	Erlaubter Wert für 2SE % (Mean)
$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	< 0,22
$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	< 0,17
$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	< 0,13
$^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	< 0,0520
$^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	< 0,0515

Für die Systeme $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ und $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ sowie $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ werden in dieser Arbeit die erlaubten Werte aus Tab. 75 angewendet. Die Messergebnisse des NBS SRM 982 ergab folgende Verhältnisse: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 36,64819 \pm 0,03561$. $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb} = 2,15217 \pm 0,00085$, $n = 7$. Der Standard NBS SRM 1400 wurde bei jedem Messablauf mitgeführt und gemessen. Dabei ergaben sich für NBS 1400 die Verhältnisse: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18,37457 \pm 0,01010$, $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb} = 1,17481 \pm 0,00050$, $n = 7$ ⁹⁹.

- Als Mittelwert für die $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ -Isotopie des NBS 1400 wurde $18,37457 \pm 0,00713$ berechnet. Das Minimum liegt bei 18,36138, das Maximum bei 18,38473. Der Standard-

⁹⁸ Diese Korrektur ist eine Ableitung von wiederholten Analysen mit dem internationalen Standard NBS 982. Das NIST SRM (Standard Referenzmaterial) NBS 982 diente zur Qualitätskontrolle der Messung. Zusätzlich wurde das Standard Referenzmaterial SRM 1400 „Bone Ash“ (NIBS, Washington DC) gemessen, um die Aufbereitungsschritte im Labor zu validieren.

⁹⁹ vgl. Kapitel 9.6.1.

fehler liegt bei 0,00269. Die zweifache Standardabweichung liegt bei 0,01426, in Prozent ausgedrückt sind das 0,08 %¹⁰⁰.

- Für die $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ -Isotopie des NBS 1400 wurde ein Mittelwert von $1,17539 \pm 0,00026$ berechnet. Das Minimum liegt bei 1,17459, das Maximum bei 1,17480. Der Standardfehler liegt bei 0,00009. Die zweifache Standardabweichung liegt bei 0,00053, in Prozent ausgedrückt 0,05 %¹⁰¹.

Ein Großteil der Werte liegt innerhalb der einfachen Standardabweichung, alle Werte liegen innerhalb der zweifachen Standardabweichung. Die Korrelationslinie von $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ zu $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ aus Emmering wurde als folgende Gleichung ermittelt und anschließend mit der *ESLP*¹⁰² in einem Diagramm aufgetragen:

Formel 23: Gleichung für die Korrelation der $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ zu $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ Isotopenverhältnisse, gemessen an Zahnschmelz von geeigneten Molaren des Emmeringer Gräberfeldes, mit Bestimmtheitsmaß R^2 .

$$y = -0,1461 + 0,4791x \quad R^2 = 0,888 \quad x = \frac{^{208}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}} \quad y = \frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$$

Wichtig zu berücksichtigen ist, dass die Skalierung von Abb. 48 eine andere ist als die von Abb. 6 aus der Einleitung, wo die *ESLP* erstmalig in dieser Arbeit dargestellt wird. In Abb. 48 bedeutet eine Hilfslinie auf der Abszisse einen Schritt von 0,01, auf der Ordinate 0,02. In Abb. 6 wiederum bedeutet eine Hilfslinie auf der Abszisse einen Schritt von 0,01 und ebenso 0,01 auf der Ordinate. Demnach ist die Kurve in Abb. 48 optisch flacher, dies liegt aber rein an der Skalierung des Koordinatensystems. Die dahinter liegende Formel für die *ESLP* ist die korrekte Version aus Formel 1, vgl. S. 27.

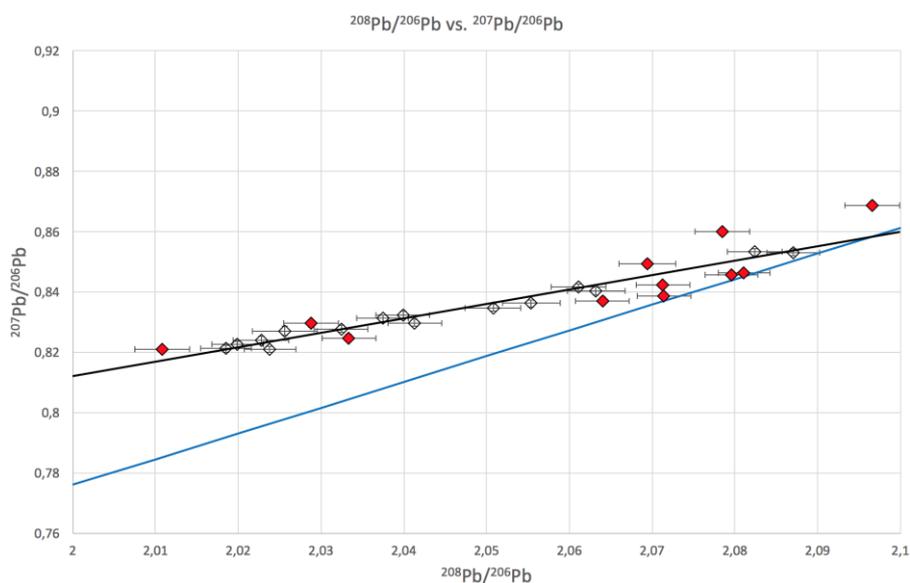


Abb. 48: Graphische Auftragung von $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ gegen $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ Isotopenverhältnisse mit rot markierten Ausreißern, vgl. Abb. 49. Schwarz eingetragen ist die Korrelationslinie des Emmeringer Gräberfeldes, blau ist die *ESLP* eingezeichnet.

¹⁰⁰ vgl. Kapitel 9.6.2.

¹⁰¹ vgl. Kapitel 9.6.3.

¹⁰² *ESLP* steht für European Standard Lead Pollution line und ist Korrelationslinie, welche verschiedenste Bleikon-taminationen enthält, vgl. Kapitel 1.8.2.3.

Die Korrelationslinie der Messwerte aus Emmering hat eine ganz andere Steigung und Verlauf als die *ESLP*. Das bedeutet, dass die beibehaltenen Messwerte nicht einer Kontamination unterliegen müssen.

5.7.2 Statistische Verifikation der Bleianalytik

Die Messfehler der Bleiisotopenanalysen sind in Tab. 76 aufgelistet. 25 Messfehler bei Messung der Isotopenverhältnisse von $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ und $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, sowie 23 von $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ und $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ liegen innerhalb der erlaubten Wertebereiche aus Tab. 75. Diese Werte wurden in die weitere Betrachtung einbezogen.

Tab. 76: Deskriptive Statistik der Messfehler der Bleimessungen von Emmering Die ermittelten Isotopensignaturen sind $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ und $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ¹⁰³.

	Anzahl n	Min	Max	Mittelwert	Min	Max	Mittelwert
		<u>$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$</u>			<u>$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$</u>		
SD	25	0,192673	0,209441	0,198916	0,058854	0,066320	0,061909
SE	25	0,038535	0,041888	0,039783	0,011771	0,013264	0,012382
SE%	25	0,100240	0,108788	0,103553	0,075294	0,084573	0,079019
		<u>$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$</u>					
SD	25	0,046604	0,058585	0,051794			
SE	25	0,009321	0,011717	0,010359			
SE%	25	0,056187	0,062480	0,055337			
		<u>$^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$</u>			<u>$^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$</u>		
SD	23	0,002914	0,003057	0,002996	0,001393	0,001488	0,001450
SE	23	0,000608	0,000637	0,000625	0,000290	0,000310	0,000302
SE%	23	0,025030	0,025861	0,025481	0,025040	0,025693	0,025271

Aufgrund der Messfehler wurden wenige Werte ausgeschlossen. Die verbliebenen Daten sind als valide anzusehen.

5.7.3 σ -Outlier-Tests

Von 33 Messdaten waren 7 Stück Standardmessungen, wodurch 26 Messergebnisse verblieben. Je nach Isotopenverhältnis mussten unterschiedlich viele Werte ausgeschlossen werden, da der 2σ -Fehler des Student'schen *t*-Tests außerhalb der erlaubten Grenzen lag (vgl. Tab. 75). Für die einzelnen Isotopenverhältnisse sind das:

- Ein Wert für $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (Emm 12), 25 Werte verbleiben
- Ein Wert für $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (Emm 12), 25 Werte verbleiben
- Ein Wert für $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (Emm 12), 25 Werte verbleiben
- Drei Werte für $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ (Emm 136, Emm 304, Emm 317), 23 Werte verbleiben
- Drei Werte für $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ (Emm 136, Emm 304, Emm 317), 23 Werte verbleiben

¹⁰³ vgl. Kap. 9.7.5, 9.7.6, 9.7.7, 9.7.8 und 9.7.9.

σ -Outlier-Test für $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ¹⁰⁴:

Die gesamte Variabilität der verbliebenen 25 Messwerte von $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ reicht von 37,595 bis 38,717, was eine Wertespanne von $\Delta = 1,122$ bedeutet. Der *σ -Outlier-Test* ergab nur mit internen Grenzen von 2σ ein Ergebnis, das die Anforderungen aus Kapitel 3.7 erfüllt. Fünf Werte von 25 liegen außerhalb dieses Vertrauensbereiches.

σ -Outlier-Test für $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ¹⁰⁵:

Die gesamte Variabilität der verbleibenden 25 Messwerte von $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ reicht von 15,580 bis 15,706, was eine Wertespanne von $\Delta = 0,126$ bedeutet. Der *σ -Outlier-Test* lieferte mit dem Wert $1,79\sigma$ eine valide Eingrenzung, die fünf der 25 Werte entfernte.

σ -Outlier-Test für $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ¹⁰⁶:

Die gesamte Variabilität der verbleibenden 25 Messwerte von $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ reicht von 17,931 bis 19,123, was eine Wertespanne von $\Delta = 1,192$ bedeutet. Nur mit einem *cut-off value* von 2σ konnte ein valides Ergebnis erzielt werden; hierdurch wurden zwei der 25 Werte ausgeschlossen.

σ -Outlier-Test für $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ¹⁰⁷:

Der *σ -Outlier-Test* brachte für das Isotopenverhältnis $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ mit dem Faktor $1,57\sigma$ einen stabilen Rest-Datenpool nach den Anforderungen aus Kapitel 3.7. Demnach wurden vier der 23 Werte ausgeschlossen.

σ -Outlier-Test für $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ¹⁰⁸:

Der *σ -Outlier-Test* wurde ebenso für das Isotopenverhältnis $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ mit dem Faktor 2σ durchgeführt. Dabei waren zwei von 23 Werten auszuschließen.

5.7.4 Outlier-Test durch Betrachtung von $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ zu $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$

Die Betrachtung des Verhältnisses von $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ gegenüber $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ hat den Vorteil, dass das ^{204}Pb -Isotop, welches nur in geringem Anteil verfügbar ist und technische Probleme mit sich bringt, zugleich auch hohe Messfehler in der Massenspektrometrie aufweisen kann, in dieser Auftragung gar nicht vorkommt. Die Abszisse zeigt mit $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ das ursprüngliche Uran/Thorium-Verhältnis der erzbildenden Schmelze, die Ordinate zeigt mit $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ das Alter der Erzablagerungen (Durali-Müller et al. 2007), vgl. Abb. 49 unten. Durch die Fehlerindikatoren wird dargestellt, in welchem Rahmen die Werte um den tatsächlich gemessenen Messwert streuen können. Verbleibt ein Wert innerhalb dieser Toleranzgrenzen, so wird er weiterhin als valide betrachtet.

¹⁰⁴ vgl. Kap. 9.7.3.1 und 9.7.3.2.

¹⁰⁵ vgl. Kap. 9.7.3.3 bis 9.7.3.5.

¹⁰⁶ vgl. Kap. 9.7.3.6 und 9.7.3.7.

¹⁰⁷ vgl. Kapitel 9.7.3.8 und 9.7.3.9.

¹⁰⁸ vgl. Kapitel 9.7.3.10 und 9.7.3.11.

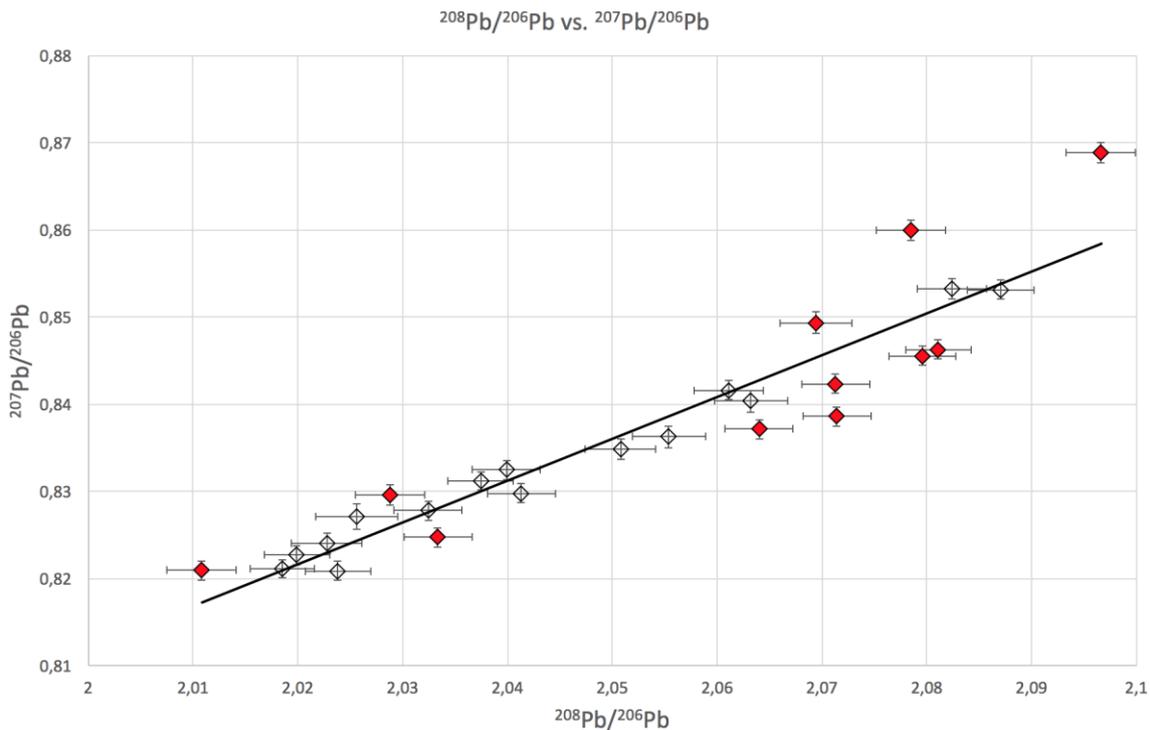


Abb. 49: Graphische Auftragung der $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ Isotopenverhältnisse gegen die $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ Isotopenverhältnisse. Rot markiert sind Ausreißer, deren Werte (auch unter Berücksichtigung des zweifachen Standardfehlers) nicht mit der Trendlinie überlappen.

Eine Ermittlung von Ausreißern kann durchgeführt werden, indem Messwerte als nicht mit der lokalen Isotopie in Einklang zu bringen bezeichnet werden, die trotz Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Toleranzgrenzen nicht in Berührung mit der Korrelationslinie gelangen. Entsprechend wurden Ausreißer für $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (Abszisse) und $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (Ordinate) in der obigen Abb. 49 rot markiert. All solche Werte können als *potentiell nicht-lokal* betrachtet werden.

5.7.5 Ausreißerermittlung der betrachteten Bleisotopenverhältnisse

Um die Ausreißer aus den zuletzt betrachteten Isotopenverhältnissen in eine übersichtliche Darstellung zu bringen, wurden sie nebst dem Grund für die Ausreißererkenntnis in nachfolgende Tabelle (Tab. 77) überführt.

Tab. 77: Ausreißer der verschiedenen Bleiisotopensysteme nach dem iterativen Isoplot-Modell, kombiniert mit der Ausreißerermittlung durch Auftragung von $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ gegen $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$.

System	Ausreißer-erkennung	auszuschließende Proben
$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$> 2\sigma$	Emm 184, Emm 229, Emm 350, Emm 479, Emm 530
$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$> 2\sigma$ $> 1,79\sigma$	Emm 530 Emm 83, Emm 184, Emm 350, Emm 479
$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$> 2\sigma$	Emm 479, Emm 530
$^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	$> 2\sigma$ $> 1,57\sigma$	Emm 479, Emm 530 Emm 184, Emm 567
$^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	$> 2\sigma$	Emm 479, Emm 530
$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ vs $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	keine Überlap-pung mit Trendli-nie	Emm 63, Emm 83, Emm 120, Emm 136, Emm 184, Emm 220, Emm 376, Emm 449, Emm 479, Emm 530, Emm 567

Somit kann aus Tab. 77 abgelesen werden, dass es bei den Bleiisotopendaten aus Emmering insgesamt 13 Ausreißer gibt. Folgende sieben Proben wurden durch ein System als Ausreißer ermittelt: Emm 63, Emm 120, Emm 136, Emm 220, Emm 229, Emm 376 und Emm 449. Drei Proben wurden durch zwei Systeme als Ausreißer erkannt: Emm 83, Emm 350 und Emm 567. Eine Probe, Emm 184, konnte aus vier Systemen als Ausreißer ausgemacht werden. Letztlich wurden zwei Proben in allen sechs Systemen¹⁰⁹ als Ausreißer festgestellt: Emm 479 und Emm 530.

Die genaue Interpretation dieser Ergebnisse ist Gegenstand aktueller Forschung. Der Zerfall zu ^{208}Pb verläuft aus dem radioaktiven Isotop ^{232}Th . ^{206}Pb ist das Endprodukt des radioaktiven Zerfalls von ^{238}U (Uran-Radium-Reihe), ^{207}Pb von ^{235}U (Uran-Actinium-Reihe). Die Aufnahme in den Körper können für die verschiedenen Bleiisotope ganz unterschiedlich Quellen, z.B. Inhalation, sein. Wie auch in Grupe et al. (2017), verhalten sich zwei Isotopenverhältnisse, nämlich $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ und $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ähnlich. Bei den Proben, welche in zwei Systemen als Ausreißer erkannt wurden, ist daher von Bedeutung, in welchen Systemen dies erfolgte. Für das Individuum Emm 83 sind das die Systeme $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ und $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ vs. $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$. Da das Isotop ^{207}Pb im zweiten System selbst vorkommt und auch aus einer Uranzerfallsreihe stammt, kann der Ausreißer dort eine Folge des ersten Ausreißers sein und bildet damit keine Bestätigung in sich selbst; dies wäre ein Zirkelschluss.

Bei Individuum Emm 350 wiederum gibt es Ausreißer in den Systemen $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ und $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$. Da ^{208}Pb und ^{207}Pb aus unterschiedlichen Isotopen und in unterschiedlichen Zerfallsreihen entstehen, nämlich ^{232}Th und ^{235}U , kann dieser Ausreißer-

¹⁰⁹ Die sechs Systeme sind: $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$, $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ und $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ vs. $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$.

erkennung in von Endprodukten aus zwei verschiedenen Zerfallsreihen mehr Vertrauen geschenkt werden.

Das Individuum Emm 567 weist den höchsten Wert von $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ und liegt daher außerhalb des Vertrauensbereiches. In der Auftragung von $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ vs $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ liegt der Punkt von Emm 567 auch außerhalb des zweifachen Standardfehlers. Auch hier gilt es zu berücksichtigen, ob nicht der außerhalb des Vertrauensbereiches liegende Wert von ^{208}Pb auch hier zu einem Zirkelschluss führen könnte. Da bei Betrachtung des Datenpunkts aber sowohl die Isotopie von ^{208}Pb als auch die von ^{207}Pb weit von der Trendlinie abweichen, ist auch hier plausibel, dass es sich um ein ortsfremdes Individuum handelt, da sowohl die Zerfallsreihe von ^{232}Th (^{208}Pb) und auch die Zerfallsreihe von ^{235}U (^{207}Pb) betroffen sind.

5.7.6 Vergleich mit vorhandenen Datennetzen

Die Daten werden in verschiedenen bivariaten Plots, beispielsweise $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ und $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ aufgetragen. Im Plot $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ist zu berücksichtigen, dass es für jedes System Werte gibt, welche aufgrund der Qualitätskriterien nicht einbezogen werden können. Die auszuschließenden Werte sind in diesen drei Isotopendaten deckungsgleich. Das sind die der Proben Emm 12, Emm 97, Emm 164, Emm 246, Emm 321 und Emm 498, sowie die Nachmessung von Emm 12. In der folgenden Abbildung sind die Isotopendaten für $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ zugleich gegen $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ und $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ aufgetragen; mit dieser Auftragung gegenüber Werten aus Grupe et al. (2017) soll geprüft werden, ob die Messdaten zur Region Südbayern passen.

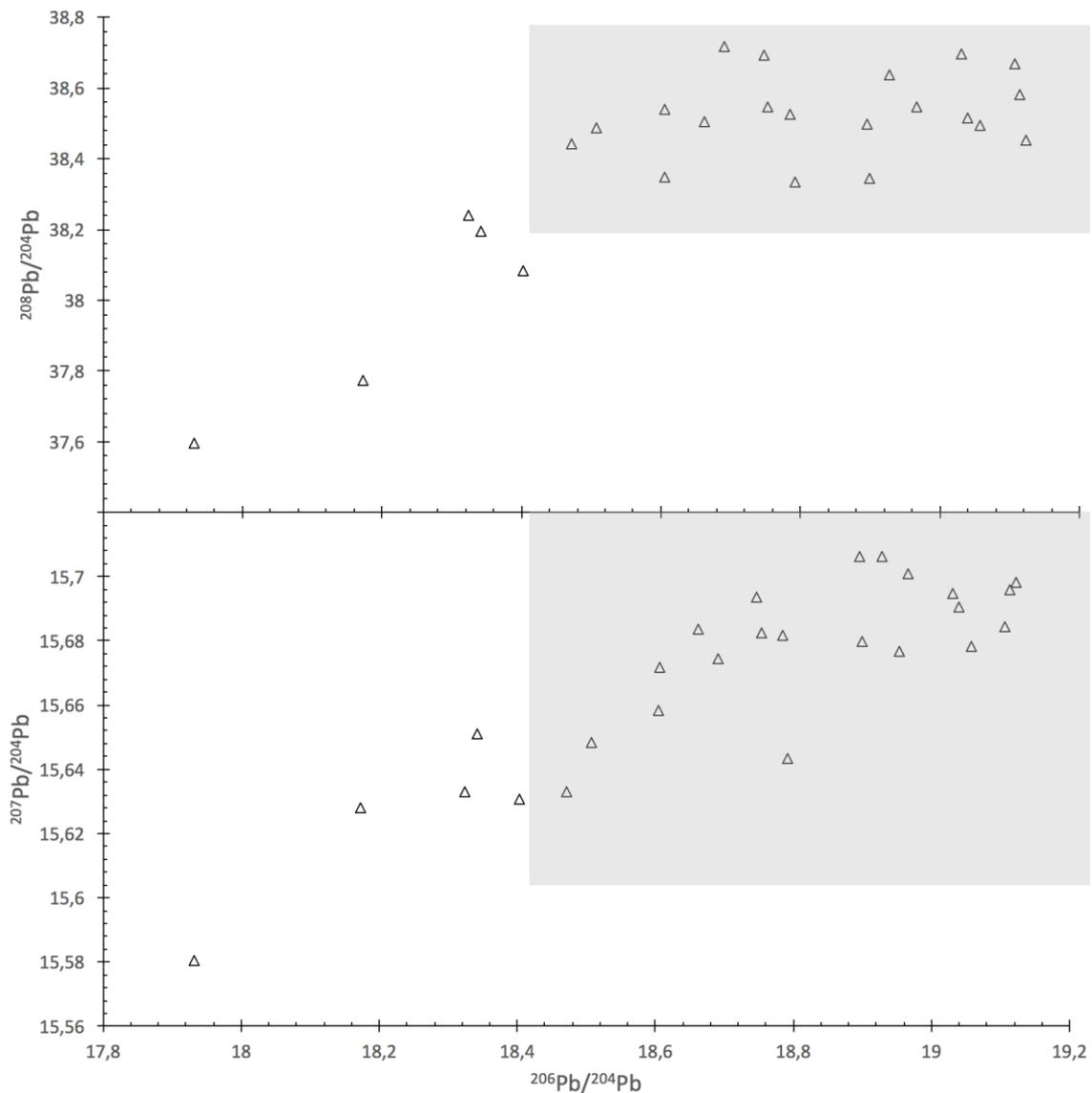


Abb. 50: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ aufgetragen gegen die $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ und $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ Isotopenverhältnisse aus Molaren aus Emmering. Zum Vergleich sind in den grauen Kästen Pb Isotopendaten aus Süddeutschland eingezeichnet. Die Daten stammen von Grupe et al. (2017) und weisen folgende Wertespannen auf: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18,421$ bis $21,397$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15,604$ bis $15,857$ und $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 38,188$ bis $38,777$.

Ein Großteil der Messdaten liegt innerhalb der zum Vergleich herangezogenen Werte von Süddeutschland aus Grupe et al. (2017). Die Erwartungshorizonte der Regionen Deutschland, Österreich und Italien aus Grupe et al. (2017) werden mit den ermittelten Messwerten aus Emmering überlagert in einer Gesamtdarstellung aufgetragen. Anschließend wird mit den Daten von deutschen Lagerstätten und römischen als auch keltischen Bleiartefakten aus Durali-Müller et al. (2007) einzeln überlagert.

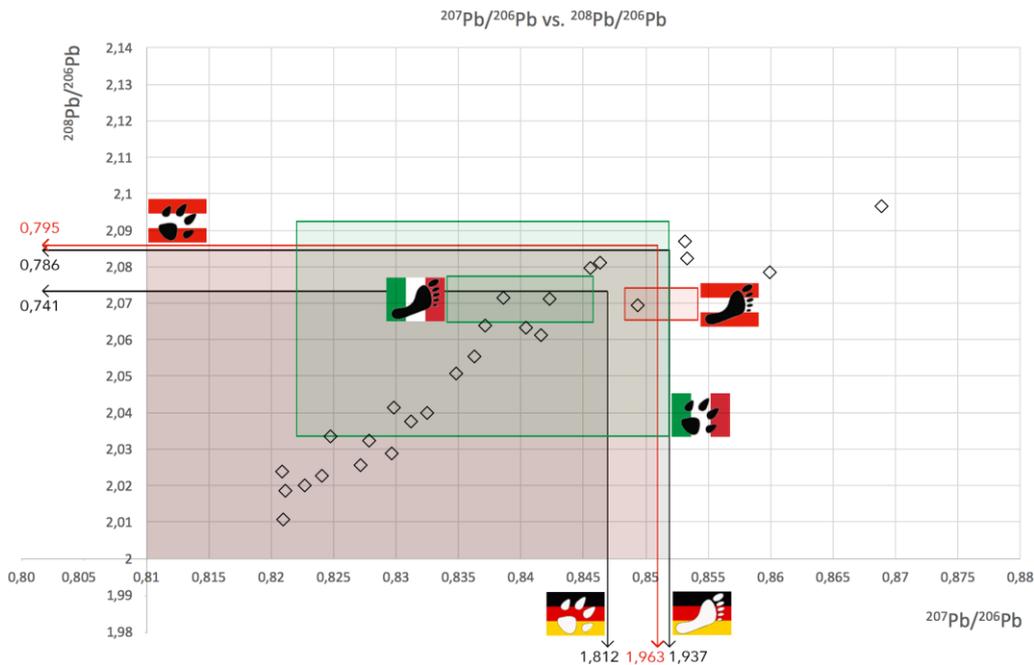


Abb. 51: Auftragung von $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ gegen $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ Isotopenverhältnisse der Emmeringer Messwerte. Vergleiche mit Minimal- und Maximalwerten für den Alpenraum (Deutschland), das Inntal (Österreich) und Italien aus Grupe et. al. (2017) für Tiere und Menschen¹¹⁰ sind mit farblichen Schattierungen hinterlegt. Die Pfeilspitzen deuten an, dass die Schattierung noch deutlich weiter gehen würde, als in der Abbildung darstellbar.

Die Auftragung von $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ zu $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ Isotopenverhältnissen mit der Spanne der Minimal- und Maximalwerte für Tiere und Menschen aus dem deutschen Alpenraum (vgl. Abb. 51) zeigt im Vergleich, dass ein Großteil der Werte in diesem Vertrauensbereich liegt. Vier Messwerte aus Emmering liegen außerhalb des Bereiches, welcher anhand von menschlichen Proben aus Deutschland ermittelt wurde, wobei zwei Werte davon statistische Ausreißer sind (die beiden rot markierten Punkte rechts im Koordinatensystem, vgl. Abb. 52 unten).

Im Vergleich mit dem Wertebereich von Tieren aus Österreich liegen die gleichen vier Werte aus Emmering außerhalb; in dem engen Wertebereich, der empirisch anhand von Proben von Menschen aus Österreich ermittelt wurde, liegt ein Messwert aus Emmering, welcher ein statistischer Ausreißer ist (vgl. Abb. 51). Österreich ist dennoch als potentielle Herkunft für die Bevölkerung aus Emmering denkbar. Da dies anhand dieser Werte für Menschen noch nicht belegbar ist, werden noch weitere Datensätze aus dem Inntal mit den Daten aus Emmering verglichen.

Verglichen mit den $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - und $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Verhältnissen von Tieren und Menschen aus Italien ist ein kleinerer Teil der Werte überlappend. 14 der 26 Werte liegen

¹¹⁰ Die Grenzen von Minimal- und Maximalwerten aus Grupe et al. (2017) sind im Koordinatensystem für Tiere mit dem Symbol *Pfote* und für Menschen mit dem Symbol *Fußabdruck* auf der Flagge markiert. Die Datenflächen ergeben sich aus Tab. 144 in Kapitel 9.7.4 im Anhang.

innerhalb des Erwartungshorizonts für Tiere aus Italien. Der Erwartungsbereich für Menschen aus Italien stellt einen kleinen Ausschnitt aus dem Wertebereich für Tiere aus Italien dar. Zwei Werte aus Emmering liegen innerhalb dieser Wertespanne. Beide Werte sind statistische Ausreißer (vgl. Abb. 51 unten).

Die folgende Abbildung zeigt die Ausreißer für $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ und $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ¹¹¹:

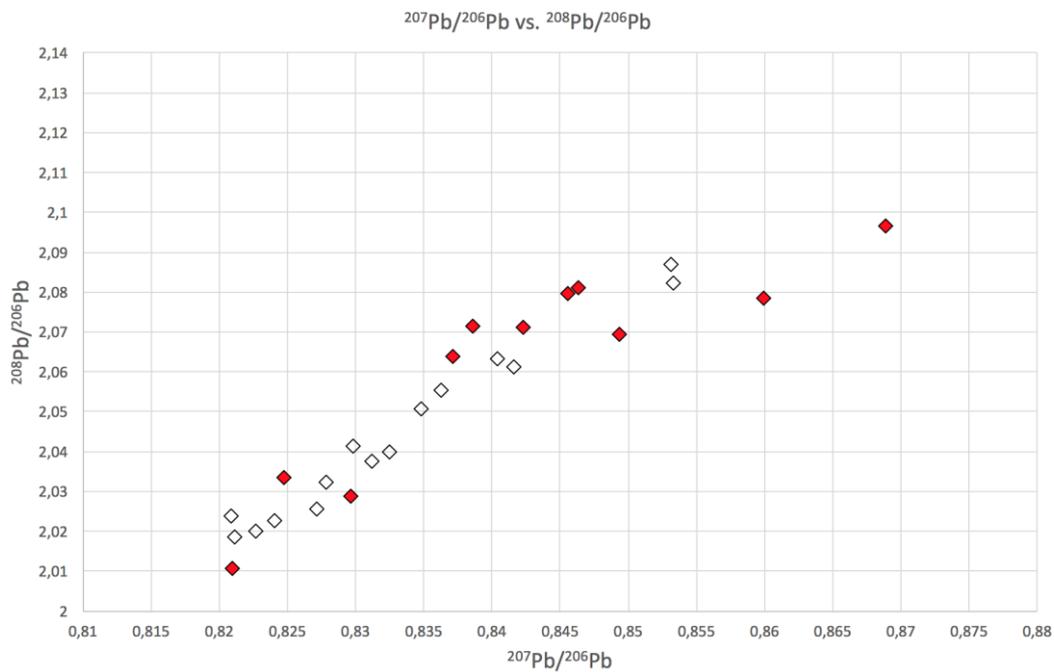


Abb. 52: Ausreißermarkierung innerhalb der graphischen Auftragung von $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ gegen $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$. Ausreißer, deren Werte (unter Berücksichtigung des zweifachen Standardfehlers) nicht mit der Trendlinie überlappen, sind rot markiert¹¹¹. Die Abbildung ist identisch skaliert zur vorigen Abb. 51, damit die Datenpunkte gleich liegen und direkt miteinander abgeglichen werden können.

In folgenden Abbildungen sind Bleiisotopenverhältnisse verschiedener süddeutscher Fundorte gegen die Messwerte aus Emmering aufgetragen. Die Gruppierung erfolgt dabei nach geographischer Nähe für München Zentrum, München Umland, Lechtal und Inntal. Um die Übersichtlichkeit zu wahren, sind nicht sämtliche Daten in einer Grafik enthalten, sondern einzelne Abbildungen erstellt worden. Darüber hinaus sind von den Messpunkten aus Emmering (weiß markiert) nur die validen Werte ohne Ausreißer eingezeichnet worden. Dies schafft eine optimale optische Vergleichbarkeit.

¹¹¹ Anders als in der Darstellung in Kapitel 5.7.4, Abb. 49; sind zur besseren Vergleichbarkeit mit den in diesem Kapitel erstellten Abbildungen Abszisse und Ordinate getauscht.

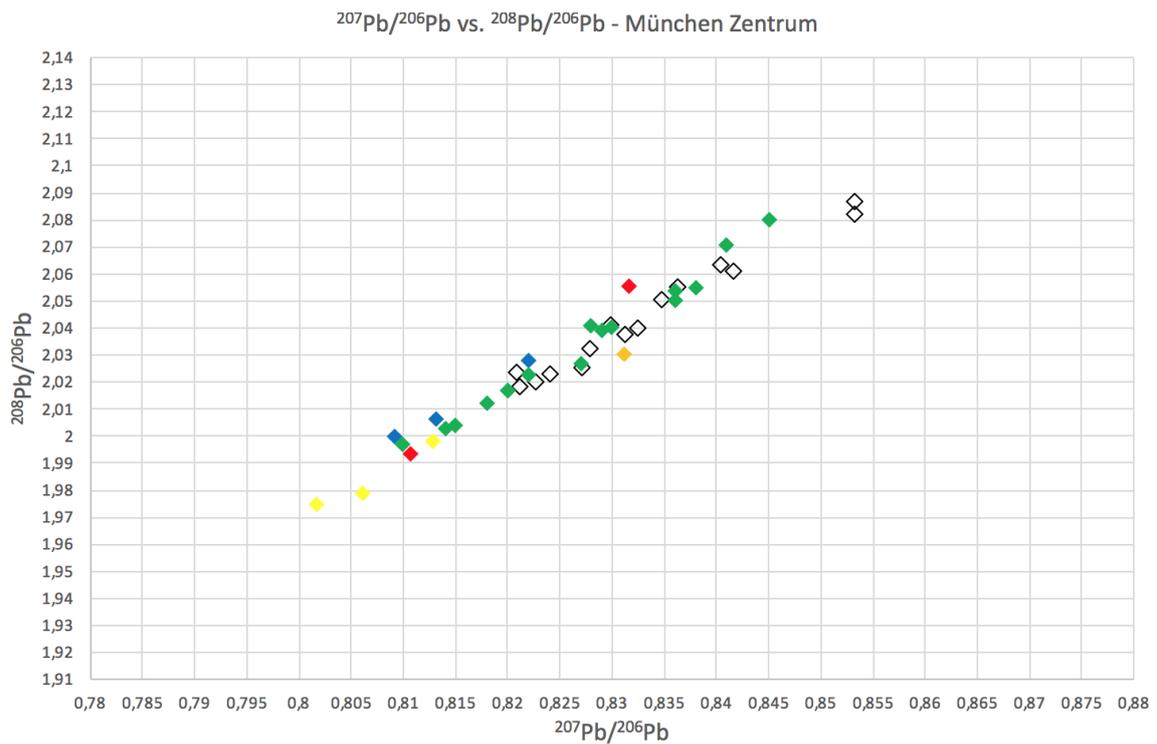


Abb. 53: $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ vs. $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ Isotopenverhältnisse der Emmeringer Messwerte. Vergleich mit Werten süddeutscher Fundorte aus Grupe et al. (2017). Legende zu Fundorten: weiß = Emmering, blau = Aubing, grün = Obermenzing, rot = Engschalking, orange = München-Residenz, gelb = Trudering¹¹².

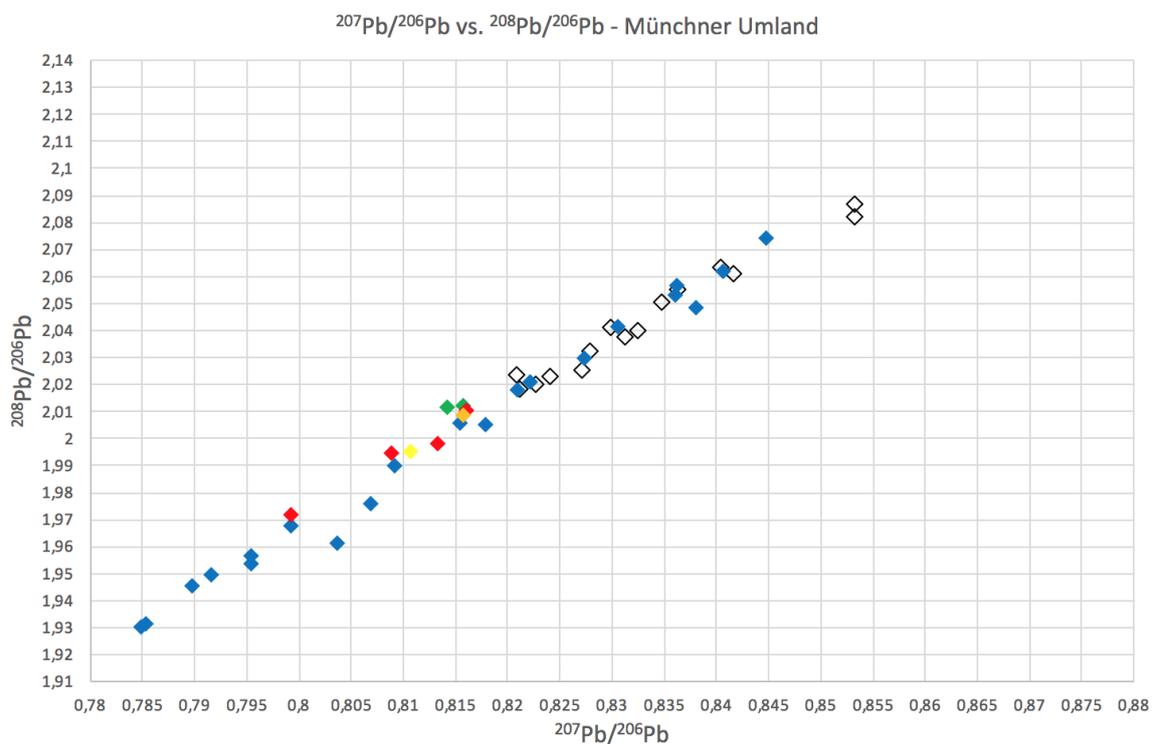


Abb. 54: $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ vs. $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ Isotopenverhältnisse der Emmeringer Messwerte. Vergleich mit Messwerten für süddeutsche Fundorte aus Grupe et al. (2017). Legende zu den Fundorten: weiß = Emmering, blau = Eching, grün = Forstinning, rot = Grünwald, orange = Gernlinden, gelb = Poing¹¹².

¹¹² vgl. Tab. 118 im Anhang unter Kapitel 9.6.5, Werte aus Grupe et al. (2017).

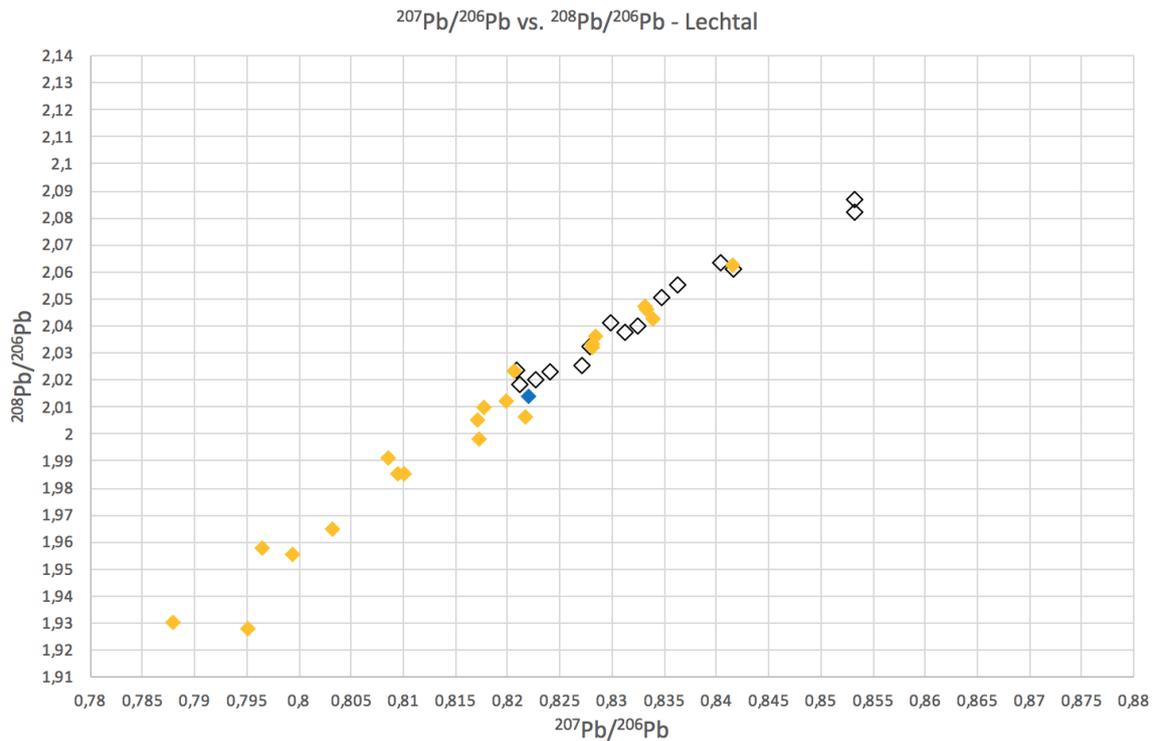


Abb. 55: $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ vs. $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ Isotopenverhältnisse der Emmeringer Messwerte. Vergleich mit Messwerten für süddeutsche Fundorte aus Grupe et al. (2017).
Legende zu den Fundorten:
weiß = Emmering, blau = Königsbrunn-Zeller, orange = Kleinaitingen¹¹².

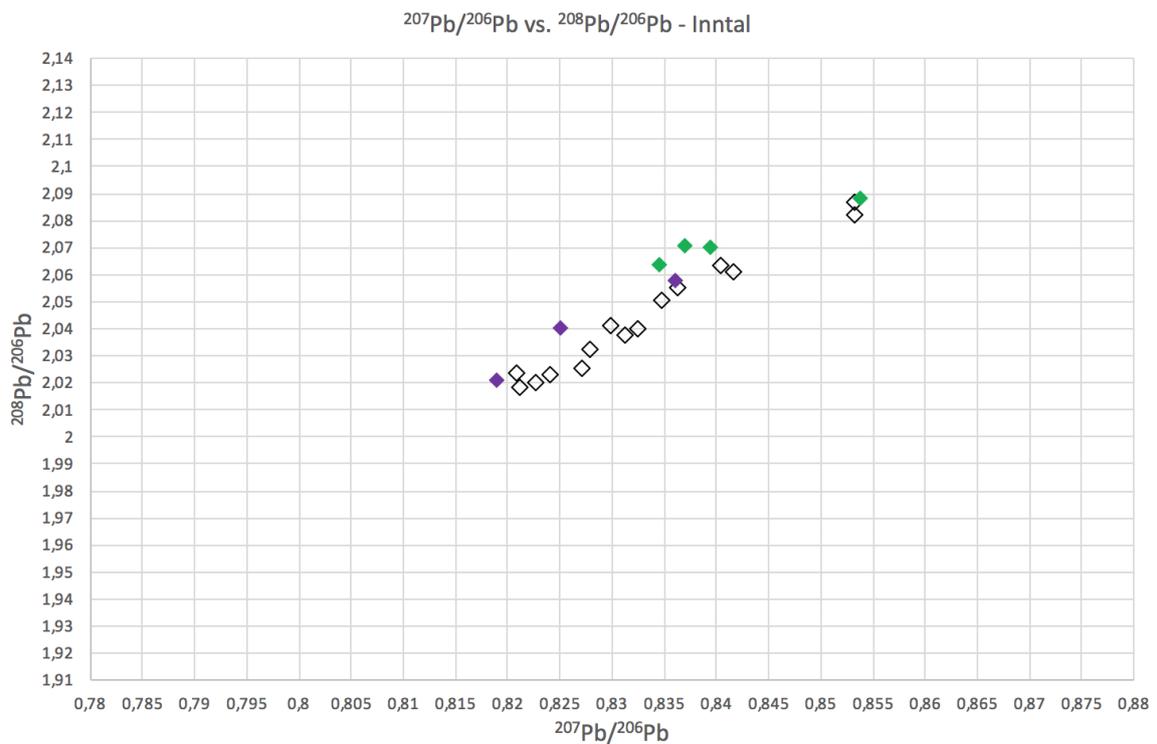


Abb. 56: $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ vs. $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ Isotopenverhältnisse der Emmeringer Messwerte. Vergleich mit Messwerten für süddeutsche Fundorte aus Grupe et al. (2017).
Legende zu den Fundorten:
weiß = Emmering, violett = Waging am See, grün = Flintsbach am Inn¹¹².

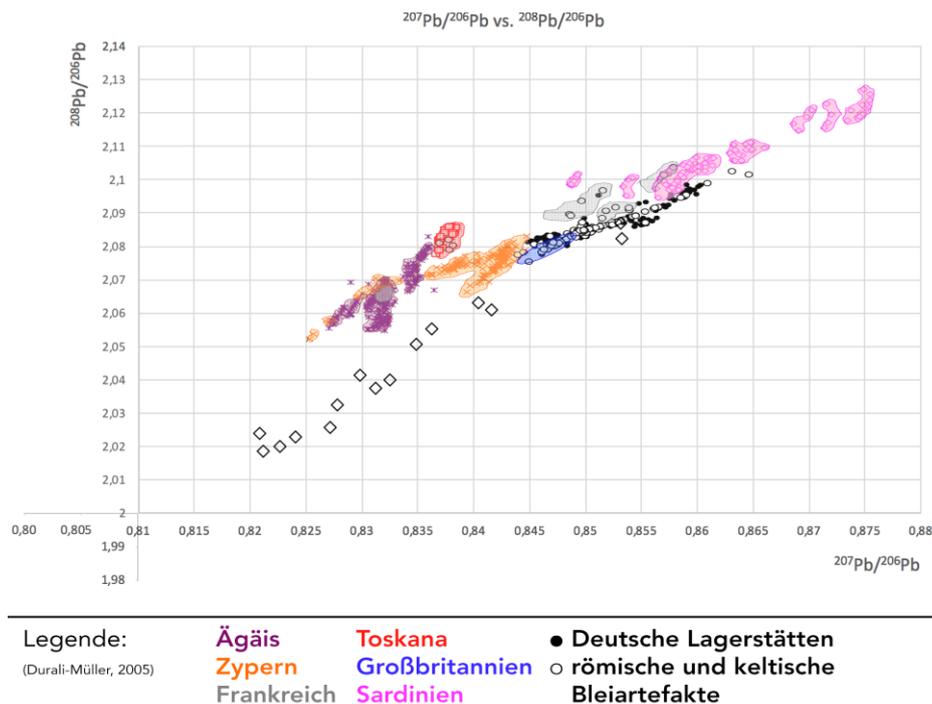


Abb. 57: Graphische Auftragung der $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ Isotopenverhältnisse gegen die $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ Isotopenverhältnisse der Emmeringer Messwerte. Vergleich mit Messwerten für die Ägäis, Toskana, Zypern, Großbritannien, Frankreich und Sardinien, sowie deutsche Lagerstätten wie auch römische und keltische Bleiartefakte aus Durali-Müller et al. (2007).

Die Auftragung der Messwerte von $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ gegen $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ aus Emmering zeigt im Vergleich mit den Daten von Durali-Müller et al. (2007), die eine sehr große Menge an Fundstücken bearbeitet und gemessen haben, dass es keine Überlappungen mit den ermittelten Daten aus der Ägäis, Zypern, Frankreich, der Toskana, Großbritannien, Sardinien und den Daten von deutschen Lagerstätten (sowie römischen und keltischen Bleiartefakten) gibt.

Die Proben, welche sowohl bei den Strontium- als auch bei den Bleiisotopenanalysen als Ausreißer erkannt wurden sind in nachfolgender Tabelle aufgeführt. Für die Strontiumisotopenanalyse wurden 14 Proben als Ausreißer ermittelt: Emm 30, Emm 33, Emm 102, Emm 317, Emm 354, Emm 356, Emm 376, Emm 413, Emm 449, Emm 500, Emm 515, Emm 521, Emm 525 und Emm 526. Für die Bleiisotopenanalyse traten kumuliert folgende 13 Ausreißer auf: Emm 63, Emm 83, Emm 120, Emm 136, Emm 184, Emm 220, Emm 229¹¹³, Emm 350¹¹⁴, Emm 376, Emm 449, Emm 479, Emm 530 und Emm 567 (vgl. Tab. 77). Dies ergibt eine Übereinstimmung für die Proben Emm 376 und Emm 449, welche sowohl in der Strontium- als auch in der Bleiisotopenanalyse als Ausreißer identifiziert wurden (vgl. Abb. 58 und Abb. 59).

¹¹³ Nur über das Isotopenverhältnis $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ als Ausreißer identifiziert; ^{204}Pb wird gerne kritisch betrachtet.

¹¹⁴ Über die Isotopenverhältnisse $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ und $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ als Ausreißer identifiziert.

Tab. 78: Vergleich der Ausreißer der $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Isotopenmessung (Abb. 47) mit den Ausreißern der Bleiisotopendaten (vgl. Abb. 49 und Tab. 77).

Ausreißer im System	Proben
Kein Ausreißer bei Sr und Pb	Emm 12, Emm 209, Emm 229, Emm 304, Emm 350, Emm 422, Emm 458 A
Ausreißer bei Sr, aber nicht bei Pb	Emm 317, Emm 515, Emm 521, Emm 525
Ausreißer bei Pb, aber nicht bei Sr	Emm 63, Emm 83, Emm 120, Emm 136, Emm 220, Emm 479, Emm 567
Ausreißer bei Sr und Pb	Emm 376, Emm 449

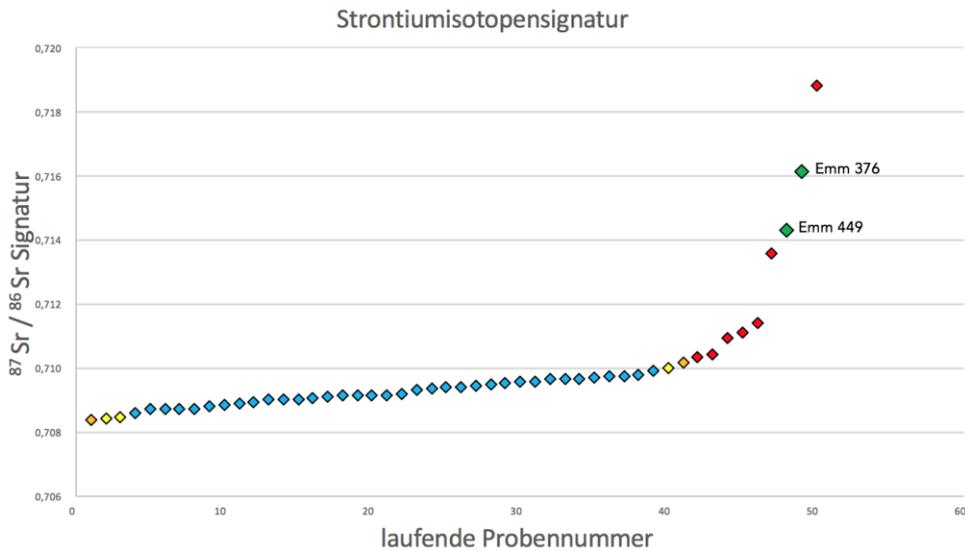


Abb. 58: Die Ausreißer Emm 376 und Emm 449 sind grün innerhalb der Auftragung der Strontiumisotopenverhältnisse markiert. Rot, orange und gelb sind die weiteren Ausreißer aus Abb. 47 gekennzeichnet.

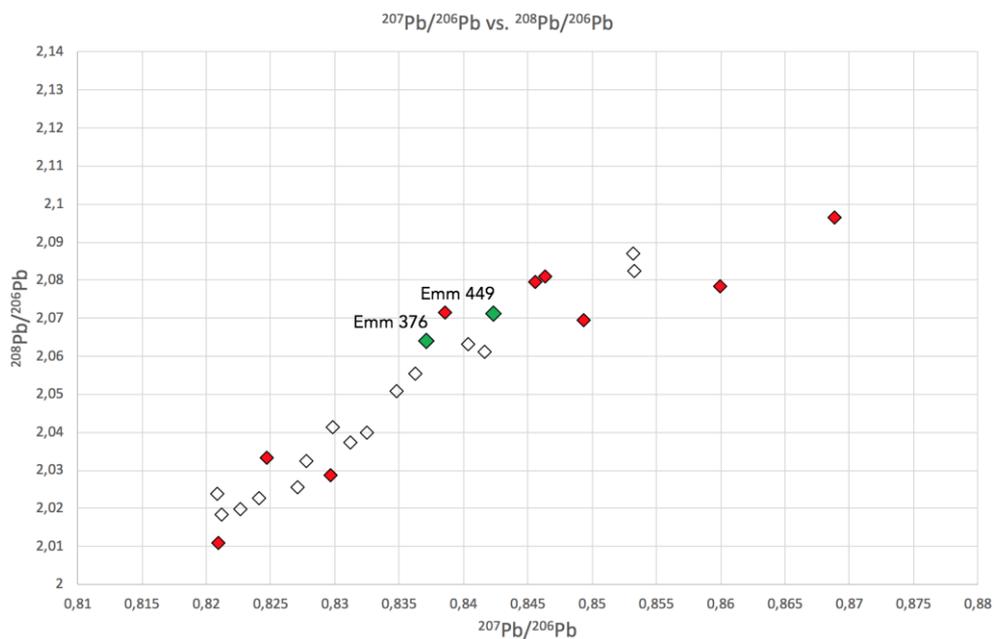


Abb. 59: Die Ausreißer Emm 376 und Emm 449 sind grün innerhalb der Auftragung von $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ zu $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ Isotopenverhältnissen markiert. Rot sind die weiteren Ausreißer aus Abb. 49 gekennzeichnet.

6. Diskussion

Einen Großteil der Arbeit bildet die anthropologische Befundung. Die Erhebung der Individualdaten eines Körpergrabes erlaubt Einblicke in die Vergangenheit eines vergangenen Lebens. Aufgrund der vollständigen Bergung aller Gräber des Reihengräberfeldes in Emmering lassen sich darüber hinaus im Rahmen paläodemographischer Rekonstruktionsanalysen Rückschlüsse auf die gesamte damals lebende Bevölkerung schließen. Es hängt vom Repräsentanzgrad dieser Berechnungen ab, ob die vorliegende Skelettserie aussagekräftig genug ist, um repräsentativ für die vergangene Lebendbevölkerung zu stehen. Die Altersverteilung, das Geschlechterverhältnis und ein möglicherweise vorliegendes Kleinkinderdefizit tragen zum Gesamtbild bei.

Die neu entwickelte Methode der *Inventarischen Auswertung* bildet die Basis für einen nivellierten und statistisch validen Vergleich mit anderen Skelettserien. Das folgende Kapitel behandelt die Ergebnisse dieser Analysen.

Die Ergebnisse der Provenienzanalyse werden für das vorliegend untersuchte Gräberfeld in einen Kontext gebracht. Die Isotopenanalysen bilden ein Datennetz zur Einordnung, ob ein Individuum lokal ist oder nicht und geben zugleich einen Hinweis auf mögliche Provenienzen.

6.1 Individualdaten

Die absolute Basis einer anthropologischen Auswertung ist die Erhebung der Individualdaten. Die Diskussion der ermittelten Individualdaten ist dementsprechend relevant, um weiterführende Analysemethoden in einen Kontext zu setzen.

6.1.1 Vollständigkeit und Zustand des Skelettmaterials

Der Überlieferungs- und Erhaltungsgrad kann nur eine *status quo*-Erhebung darstellen. Taphonomische Prozesse sind dermaßen komplex, dass eine Rekonstruktion möglicher biostratinomischer und diagenetischer Vorgänge, welche zu diesem Erhaltungsgrad geführt haben, nicht möglich ist (Grupe et al. 2015a). Wie anhand der Untersuchungen zu Überlieferung und Erhaltung anhand des vorliegenden Fundmaterials deutlich wurde, scheint es eine Korrelation zu geben; derart, dass unvollständig überlieferte Individuen auch zugleich mit einem schlechteren Erhaltungsgrad einhergehen. Grundsätzlich stehen der Überlieferungsgrad (Vollständigkeit) und der Erhaltungsgrad (Beschaffenheit) nicht zwingend in direkter Korrelation zueinander. Es kann sehr wohl vollständig überlieferte Skelette geben, welche in einem schlechten Erhaltungsgrad vorliegen. Ebenso existieren unvollständig überlieferte Skelette in tadelloser Erhaltung. Der im Emmeringer Fundmaterial vorliegende Zustand lässt beobachten, dass ausschließlich alle vollständig überlieferten Individuen auch in einem als *gut* zu bezeichnenden Zu-

stand vorliegen. Die Status *mäßig*, *schlecht* oder *sehr schlecht* sind nur bei unvollständig überlieferten Individuen aufgetreten.

Wie es in den Ergebnissen aufgelistet ist, sind nur ca. 2 % der Skelette vollständig überliefert. Es sollte erwähnt werden, dass der Begriff der Vollständigkeit anhand von engen Kriterien definiert wurde. Dazu wurde in der Gruppe der unvollständig überlieferten Individuen keine weitere Differenzierung mehr vorgenommen. Das bedeutet, dass Individuen, welche beispielsweise nur durch einen oder wenige Knochen repräsentiert sind, der gleichen Kategorie unvollständig zugeordnet wurden, wie Individuen, bei denen zwei Langknochen fehlten. Ein Verlust von kleineren Knochen im Zuge der Ausgrabung kann einen Anteil an unvollständig überlieferten Skeletten erklären.

Nachdem taphonomische Prozesse multifaktoriell zu betrachten sind und mindestens von physikalischen wie chemischen Gegebenheiten abhängen, die je nach Lokation im Reihengräberfeld unterschiedlich sein können, kann keine direkte Korrelation angenommen werden. Zusätzlich ist jeder der abhängigen Faktoren variabel und kann sich zugleich über die Liegedauer verändert haben; die Einbringung der einzelnen Individuen in das Grab ist zeitlich nicht bekannt, somit ist auch die Liegedauer auf Individualenebene nicht gesichert anzugeben. Die temporale Variable spielt also zusätzlich eine Rolle. Eine gesicherte Annahme kann keineswegs getroffen werden, demnach ist der Erhaltungsgrad ein Indikator für das Liegemilieu und die (bio-)physikalischen Prozesse, welche sich über die gesamte Liegedauer abgespielt haben. Da zwischen der Überlieferung und der Erhaltung keine direkte Korrelation angenommen werden darf, ist fraglich, welche Umstände dazu geführt haben können, dass es dennoch zu dem vorliegenden und sehr eindeutigen Bild gekommen ist (vgl. Abb. 16). Hier liegt (wahrscheinlich) eine Scheinkorrelation vor. Für das Fundmaterial aus Emmering scheint hierfür eine Komponente besonders prädestiniert zu sein, die unabhängig von chemischen oder physikalischen Prozessen ist: der Störungsgrad der Grabgruben.

Der Grad der Grabmanipulation liegt im Reihengräberfeld von Emmering bei ca. 80% (Schwenk 1998). Nachdem der Großteil der Körpergräber damit als gestört betrachtet werden kann, ist es nicht weiter verwunderlich, dass es sehr wenige Gräber gibt, welche als vollständig überliefert bezeichnet werden können. Wurden durch Störung von Gräbern Knochen derart verlagert, dass sie nicht eindeutig einem Individuum zugeordnet werden konnten, können die Kriterien für die Bezeichnung vollständig überliefert (vgl. Kapitel 3.1.2) nicht eingehalten werden. Dies stellt eine Möglichkeit zur Erklärung des enorm hohen Anteils von 98 % nicht vollständig überlieferter Individuen dar (vgl. 5.1.1).

Einhergehend mit einer Störung des Skelettmaterials ist auch anzunehmen, dass dieses im Rahmen der Grabmanipulation sowohl im Grabraum umverlagert wurde, wie auch physikalisch Druck, Zug, Scherung und anderen Belastungen ausgesetzt war, welche

bei ungestörtem Verbleib in der Grabgrube nicht aufgetreten wären. Dies kann teilweise eine direkte Erklärung für beschädigte Knochenoberflächen liefern, jedoch auch indirekt die Verwitterung beschleunigt haben. Dies ist denkbar, indem sonst unbeschädigte Oberflächen durch die Störung einen Schaden genommen haben, an welchem externe Einflüsse deutlich stärkere Auswirkung entfalten konnten. Externe Einflüsse konnten auf der einen Seite eine deutlich größere temporale Spanne lang einwirken (Knochenoberfläche war deutlich früher beschädigt, als sie es ohne Störung gewesen wäre) und auf der anderen Seite von der Lokalisation her an Stellen einwirken konnte, an welchen sie sonst nicht erreicht hätten (Beispiel: Knochen wurde postmortal durch Störung gebrochen, dadurch ist die Markhöhle bei Röhrenknochen exponiert und externen Einflüssen ungeschützt ausgesetzt). Beide Prozesse verringern den Erhaltungsgrad. Ein Informationsverlust ist somit aufgrund von postmortalen Beschädigungen anzunehmen, kann jedoch nicht exakt quantifiziert werden.

6.1.2 Interpretation zur Altersverteilung

Die folgende Diskussion zur Altersverteilung beantwortet die Fragestellung **O2** dieser Arbeit, nämlich: Welches Individualalter wurde erreicht?

Die Bestimmung des Sterbealters anhand von morphologischen Merkmalen ist eine seit Langem etablierte Methode. Dabei wird für erwachsene Individuen das Sterbealter (unter anderem) über den ektocranialen Obliterationsgrad der Schädelnähte und anhand altersvariabler Veränderungen an der *Facies symphyialis ossis pubis* bestimmt. Auf diesem Weg wird jedoch das biologische Individualalter bestimmt, welches nicht zwingend dem chronologischen Alter entsprechen muss. Exogene Faktoren können einen Einfluss auf die Alterungsgeschwindigkeit eines Individuums ausüben (Nemeskéri et al. 1960, Ferembach et al. 1979). Somit kann es in historischen Populationen dazu kommen, dass der Anteil der als senil einzustufenden Bevölkerung unterschätzt wird (Nemeskéri et al. 1960). Es wurde im Rahmen der anthropologischen Untersuchung bezüglich der Altersbestimmung versucht, pathologische Veränderungen am Skelett auszublenden, die sich anhand arbeitsspezifischer Belastungen manifestieren können.

Langenscheidt (1985) zeigte mit ihren Analysen, dass die Lebenserwartung im Verlauf vom frühen zum späten Mittelalter stetig abnahm. Das frühe Mittelalter war gekennzeichnet von einer dünnen Besiedelung. Etwa 90 % der Bevölkerungsanteile verbrachten ihr Leben auf dem Land (Lexikon des Mittelalters 1981). Der Alltag war von harter, körperlicher Arbeit und bedingt durch die Aktivitätsmuster entsprechenden physischen Belastungen geprägt. Da die Bevölkerungsdichte gering war, verbreiteten sich Infektionskrankheiten langsamer als im späteren Mittelalter mit einer deutlich dichteren Besiedelung. Wie der Sterbetafel (Tab. 31) zu entnehmen ist, sind in der Altersklasse *Infans I* mehr Individuen gestorben als in *Infans II*. Das ist nachvollziehbar, da in der Altersklasse *Infans I* sowohl Totgeburten als auch perinatale Todesfälle enthalten sind. Darüber hinaus fallen auch Kleinkinder in diese Altersklasse, deren Immunsystem beim

Wechsel zur normalen Nahrung weniger stark ist, da nach dem Abstillen die Antikörper der Mutter, welche diese über die Muttermilch ans Kind gibt, nicht mehr ins kindliche System gelangen; dadurch sind diese Kleinkinder anfälliger für Infektionskrankheiten.

Bei der Emmeringer Population handelt es sich größtenteils um eine ländliche Bevölkerung. Die Alters- und Geschlechtsverteilung gemeinsam zu betrachten ist fruchtvoll, da das Sterbemaximum bei Frauen wie auch Männern in der adulten Altersklasse lag. Viele Autoren belegen ein vorzeitiges Sterbemaximum der Frauen (Acsádi und Nemeskéri 1970, Kunter 1977, Bach und Simon 1978, Schultz 1982, Herrmann und Grupe 1986) und führen dies auf das hohe Risiko während Schwangerschaft oder Geburt des Kindes zurück (Schwidetzky 1967); beides Ereignisse, welche typischerweise innerhalb der Adultas zu erwarten sind. In der Juvenis ist die Sterberate am Geringsten, was der Erwartung folgt, denn nach einem organischen Profil menschlicher Bevölkerungen wird in der Juvenis üblicherweise nicht gestorben. Beim Übergang zur Adultas und in die Maturitas hingegen sinkt die Lebenserwartung stark ab; in diesen Altersklassen sind besonders viele Individuen verstorben. Die starken Stufen in Abb. 18 sind eine Folge davon, dass dann in der jeweils folgenden Altersklasse (späte Adultas bzw. späte Maturitas) die Individuenzahl sehr gering war. Hier sind also deutlich weniger Individuen verstorben. Dass die Männer in der späten Maturitas eine höhere Lebenserwartung haben als die Frauen ist eher unbiologisch, da üblicherweise die Frauen nach der Menopause die höhere Lebenserwartung gegenüber den Männern haben.

Die Altersverteilung deutet auf eine charakteristische Altersverteilung für frühmittelalterliche Reihengräberfelder hin. Die subadulte Altersgruppe ist in der Emmeringer Population unterrepräsentiert. Es ist möglich, dass die Kleinkinder an einer anderen Stelle begraben worden sind (Sonderbestattungsplatz) und damit nicht im Skelettmaterial enthalten sind. Ein Kleinkinderdefizit wird auf historischen Friedhöfen generell nicht selten beobachtet (Herrmann et al. 1990), für das frühe Mittelalter ist es geradezu typisch. Grabgruben wurden für verstorbene Kleinkinder üblicherweise weniger stark in den Boden eingetieft und waren somit anfälliger für Störungen und Erosion (Herrmann et al. 1990). Wie sich anhand der paläodemografischen Untersuchungen zeigte, liegt für Emmering tatsächlich ein Kleinkinderdefizit vor (vgl. S. 175). Mittelalterliche Friedhöfe von gewachsenen Bevölkerungen weisen bei den unter 20-Jährigen einen Anteil von mindestens ca. 30 % auf, wie es für Unterigling (Strott 2006) dargelegt wurde. Beim Reihengräberfeld von Emmering liegt der Anteil von unter 20-Jährigen hingegen bei 19,85 % (vgl. Abb. 60).

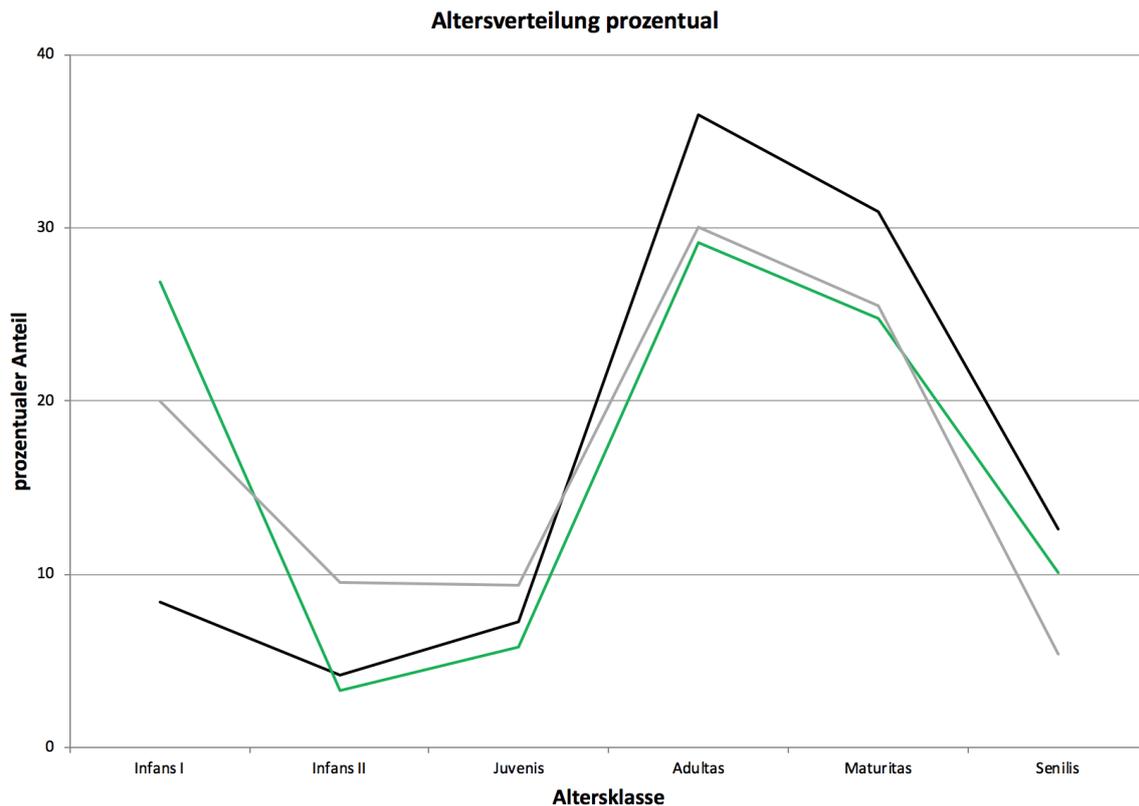


Abb. 60: Altersverteilung vom Reihengraberfeld Emmering (schwarze Linie) im Vergleich mit der Altersverteilung von Unterigling (graue Linie). Grün ist die Altersverteilung von Emmering nach Korrektur des Kleinkinderdefizits eingezeichnet.

Ein so geringer Anteil von subadulten Individuen kann ein Indiz dafür sein, dass es sich bei einer Bevölkerung nicht um eine gewachsene Population handelt, wie es beispielsweise bei einer Klosterpopulation, einer klösterlich geleiteten Einrichtung oder einer militärischen Einrichtung der Fall wäre, für welche das Fehlen subadulten Individuen kennzeichnend wäre (Timmermann 2009). Nach Korrektur des Kleinkinderdefizits sieht es allerdings sehr wohl nach einer organisch gewachsenen Bevölkerung aus (vgl. grüne Linie in Abb. 60). Außerdem zeigt die Altersverteilung den für frühmittelalterliche Reihengraberfelder typischen Gipfel in der *Adultas*. Der Anteil von senilen Individuen ist mit 12,62 % im Vergleich zu Unterigling erhöht. Auch wenn die Mortalitätsrate einen geringfügig negativen Trend aufweist ($m \approx -0,025 \pm 0,006$), sind die erreichten Lebensalter der Bevölkerung von Emmering höher als im Fundmaterial von Unterigling. Eine gute Ernährungslage und Faktoren wie Pflege können Faktoren sein, welche ein höheres Lebensalter begünstigen.

6.1.3 Interpretation zur Geschlechtsdiagnose

Die Diskussion zur Geschlechtsbestimmung beantwortet die Fragestellung **01**: Wie viele Frauen und Männer wurden bestattet? Ist die Verteilung ausgeglichen?

Bei Betrachtung der Geschlechtsdiagnose wurden die Daten zusätzlich einmal gefiltert, durch Ausklammern der potentiell schwer geschlechtsbestimmbaren Altersgruppen (vgl. Kapitel 5.1.3.2). Zu beachten ist, dass das Geschlecht bei Säuglingen und Kleinkin-

dern nicht so leicht wie bei erwachsenen Individuen zu ermitteln ist. Die Hinzunahme der archäologischen Erkenntnisse verbesserte die Geschlechtsdiagnose, da so für einige Individuen eine Zuordnung möglich war, bei denen es alleine anhand des Skelettmaterials nicht möglich gewesen wäre.

An dieser Stelle kommt der interdisziplinäre Ansatz dieser Arbeit zum Tragen: Wie die Listen im Anhang (9.12.2) zeigen, konnte anhand der archäologischen Funde für 22 der 85 anthropologisch vom Geschlecht her unbestimmbaren Individuen eine Zuweisung zu einem Geschlecht erfolgen. Die Geschlechterverteilung der Emmeringer Population zeigt bei der Betrachtung mit Kindern ein Verhältnis von 43,3 % Frauen zu 45,1 % Männern. Bei Betrachtung ohne Kinder liegt das Verhältnis bei 44,6 % Frauen gegenüber 49,9 % Männern. In beiden Fällen liegt der Anteil der Männer leicht über dem der Frauen. Da jedoch der Anteil von unbestimmbaren Individuen mit 11,7 % bei Betrachtung mit Kindern bzw. 5,5 % bei Betrachtung ohne Kinder liegt (vgl. Tab. 28 und Tab. 29) und somit über der Differenz zwischen beiden Geschlechtern (1,8 % Differenz mit Kindern bzw. 5,3 % Differenz ohne Kinder) liegt, kann nicht gesichert von einem ausgeprägten Männerüberschuss gesprochen werden. Es sind keine geschlechter-spezifischen Bestattungsriten des Friedhofs überliefert oder angezeigt, sodass noch einmal bestätigt wird, dass von einem repräsentativen Ausschnitt der damaligen Population ausgegangen werden kann.

Wie die Ergebnisse deutlich zeigen, stiegen die prozentualen Anteile beider Geschlechter durch diese Datenfilterung an (weiblich gesamt: von 43,3 % auf 45,6 %, männlich gesamt: von 45,1 % auf 49,9 %), sowohl im Subanteil der „sicheren Geschlechtszuordnung“ wie auch im Subanteil der „wahrscheinlichen Geschlechtszuordnung“. Einzig der Anteil unbestimmbarer Individuen ist abgesunken und zwar um insgesamt 6,2 %. Die Unsicherheit ist im Skelettmaterial von Emmering durch den teils mäßigen Erhaltungsgrad und größtenteils unvollständigen Überlieferungsgrad begründet.

Männer und Frauen zeigen ab der *Adultas* bis zur *Senilis* eine recht ähnliche Verteilung der Altersklassen. Ein Überschuss der Frauen ab der Menopause wäre ein weiteres Indiz für die Repräsentanz der Population. Die nicht bestimmbaren Individuen liegen von der Anzahl her deutlich niedriger. Der Verlauf der vom Geschlecht her nicht sicher bestimmbaren Individuen ähnelt bei den Altersgruppe *Adultas* und *Senilis* dem Verhältnis von weiblichen und männlichen Individuen. In der Altersgruppe *Maturitas* hingegen ist bei den nicht bestimmbaren Individuen ein stärkerer Abfall als bei den zuordenbaren Geschlechtern zu erkennen. Die Kurve sinkt also bei den nichtbestimmbaren Individuen von *Adultas* zur *Maturitas* sehr stark, zur *Senilis* flacht die Kurve ab, wohingegen sie bei Männern und Frauen von *Adultas* zur *Maturitas* nur gering und dann zur *Senilis* hin stark absinkt.

Die Altersgruppe *Juvenis* zeigt ein ganz anderes Bild. Beim weiblichen Bevölkerungsanteil liegt der prozentuale Wert der Altersgruppe *Juvenis* etwa auf der Höhe der *Maturitas*, somit ist der Wert nur geringfügig unter dem der Altersgruppe *Adultas*. Beim männlichen Bevölkerungsanteil hingegen ist der prozentuale Wert der Altersgruppe *Juvenis* sehr gering und steigt zur *Adultas* hin sehr stark an. Der Anteil an nicht bestimmbar Individuen ist in der Altersgruppe *Juvenis* am höchsten, was den bekannten Fakt der etwas erschwerten Geschlechtsbestimmung für subadulte Individuen nur nochmals grafisch untermauert.

Da in der Altersgruppe *Juvenis* die männlichen Individuen gegenüber den weiblichen Individuen deutlich unterrepräsentiert sind, könnte eine Hypothese lauten, dass die unbestimmbaren Individuen größtenteils männlichen Geschlechts waren. Dies würde das Missverhältnis ausräumen und zu einer stabileren Kohorte führen.

Es sei angemerkt, dass es sich bei 55 der 85 anthropologisch vom Geschlecht her unbestimmbaren Individuen (64,7 %) um Vertreter der Altersklassen *Infans I* und *Infans II* handelt, für welche aufgrund der (bezogen auf das Lebensalter) erst noch erfolgenden geschlechtstypischen Skelettausbildung eine wirklich sichere Geschlechtszuordnung rein morphologisch kaum möglich ist. Tatsächlich konnten durch die archäologischen Funde 17 Individuen der Altersklasse *Infans I* und *Infans II* einem Geschlecht zugeordnet werden. Dabei fielen zehn Zuordnungen „weiblich“ aus, vier „eher weiblich“, eine „eher männlich“ und zwei Stück „männlich“. Die gerade aufgestellte Hypothese, dass die unbestimmbaren Individuen größtenteils männlichen Geschlechts seien, lässt sich anhand dieser Daten nicht bestätigen. Das Verhältnis wird eher noch mehr in Richtung eines weiblichen Überschusses verändert.

Der Anteil vom Geschlecht her nicht bestimmbarer Individuen konnte durch einen neuen Betrachtungshorizont und Hinzunahme ergänzender Informationen, nämlich archäologischer Ergebnisse, deutlich abgesenkt werden. Die Betrachtung fokussierte auf die Altersklassen, für welche eine Geschlechtsbestimmung erfolgsversprechend erschien, also „ohne Kinder“. Hierdurch wurde der Anteil unbestimmbarer Individuen bei Anreicherung mit archäologischen Erkenntnissen für das gesamte Kollektiv von 15,8 % auf 11,7 % und für die Ansicht „ohne Kinder“ von 6,5 % auf 5,5 % reduziert.

Mittels dieser beiden Ergänzungen (Betrachtung ab *Adultas* und Einbezug archäologischer Erkenntnisse) konnte der Anteil an nicht bestimmbar Individuen im betrachteten Ausschnitt der Bevölkerung also maßgeblich reduziert werden. Ein großer Anteil an Unsicherheit wurde somit entfernt. Die Sicherheit dieser Zuordnung verbleibt jedoch zu einem unbekanntem Anteil ungewiss, da mit Einbezug weiterer Daten nicht nur die Sicherheit der anthropologischen Geschlechtsbestimmung, sondern darüber hinaus auch die der archäologischen zu hinterfragen ist.

Dass für 17 der 55 kindlichen und fünf der 30 verbleibenden Individuen aus insgesamt 85 anthropologisch vom Geschlecht her unbestimmbaren Befundnummern durch archäologische Funde eine Geschlechtsbestimmung möglich war (vgl. 9.12.2), zeigt, wie unterschiedlich sich der Erhaltungsgrad des Materials für die Auswertung der jeweiligen Disziplin auswirkt. Gerade, weil die Archäologie und die Anthropologie unterschiedliches Material derselben Fundstelle bearbeiten, lieferte der interdisziplinäre Austausch beiderseits wertvolle Erkenntnisse, welche sonst nicht (oder in Einzelfällen nur sehr schwer) rekonstruierbar gewesen wären. Zum Gelingen dieser Arbeit war es sehr förderlich, dass mit Herrn Albrecht ein engagierter Archäologe involviert war. Unter Berücksichtigung des Kontexts konnte die Geschlechtsbestimmung für zwölf Individuen verfeinert werden.

Es wurden (jeweils ohne Kinder) 45,6 % weibliche (n = 210) und 49,9 % männliche Individuen (n = 235) ermittelt. 5,5 % (n = 26) sind vom Geschlecht her unbestimmbar. Die Verteilung zwischen Männern und Frauen zeigt einen leichten Männerüberschuss. Wie das vorige Kapitel 6.1.2 schon zeigt, kann die Verteilung als repräsentativ für ein frühmittelalterliches Reihengräberfeld bezeichnet werden. Auch im Vergleich mit der Skelettserie aus Unterigling bestätigt sich das¹¹⁵.

6.2 Paläodemographie

Paläodemografische Auswertungen liefern Hinweise zum Aufbau, der Verteilung, dem Umfang und der Entwicklung von historischen Populationen. Kenntnisse dieser Daten erlauben die Verbindung und Interpretation mit Ursachen und Abhängigkeiten sozialer, kultureller wie auch ökonomischer Strukturen (Acsádi und Nemeskéri 1957, 1970, Weiss 1973). Aus methodischen Gründen sollte als Basis für solche Auswertungen bestenfalls ein vollständig ergrabener Bestattungskomplex vorliegen, so wie es hier gegeben ist, was einen seltenen Glücksfall darstellt (vgl. S. 50).

6.2.1 Kinderdefizit

Für den menschlichen Organismus stellt die frühe Lebensphase eine der kritischsten Situationen dar. Stresssituationen sind hierbei das Abstillen der Säuglinge und auch die ersten Kinderkrankheiten. Oft wurden diese zu (Früh-) Mittelalterzeiten von den Kindern nicht überlebt. Donat und Ullrich (1971), Drenhaus (1977), Kunter (1977) sowie die Vereinten Nationen (1955) postulieren für historische Bevölkerungen einen Anteil von nicht-erwachsenen Individuen im Alter unter 20 Jahren zwischen 45 % und 60 %. Damit soll der Anteil der Erwachsenen über 20 Jahren bei 40 bis 55 % (Kölbl 2004) liegen. Wie Tab. 27 zeigt, ist die subadulte Altersgruppe mit summiert 19,85 % (8,44 % *Infans I*, 4,17 % *Infans II*, 7,24 % *Juvenis*) im Vergleich zu diesem Erwartungswert unterrepräsentiert.

¹¹⁵ vgl. Abb. 60, dort insbesondere die graue Linie für Unterigling und die grüne Linie für Emmering mit korrigiertem Kinderdefizit.

Damit die Repräsentanz für eine biologisch gewachsene Lebendbevölkerung gegeben ist, müssen außerdem die Formeln Formel 13 und Formel 14 nach Weiss (1973) gelten (Strott 2006). Formel 13 soll ein Ergebnis größer-gleich 2 ergeben. Der ermittelte Wert von 2,4375 erfüllt diese Erwartung (vgl. Tab. 30). Formel 14 beschreibt das Verhältnis der 5-14-Jährigen im Vergleich zu den Erwachsenen. Dieses Verhältnis soll größer oder gleich 0,1 sein und ist somit mit dem ermittelten Wert von 0,129 erfüllt (Formel 14). Die Korrekturen des Kleinkinderdefizits ergaben nach Ergänzung der 136 fehlenden Kinder (s.u.) eine repräsentative Skelettserie.

Die aus den Formeln errechneten Werte müssen mit den tatsächlich beobachteten Werten verglichen werden. Die beobachteten Werte sind definiert über die Anzahl von ergrabenen Skeletten pro Altersklasse. Für diesen Vergleich dient die Sterbetafel. Liegen die errechneten Werte höher als die der beobachteten Population, so liegt ein Kleinkinderdefizit vor. Rechnerisch ergaben sich die folgenden Werte: ${}_1q_0 = 0,216 \pm 0,016$, ${}_5q_0 = 0,314 \pm 0,041$ und eine mittlere ferne Lebenserwartung $e_0^0 = 25,829 \pm 1,503$ Jahre. Rein rechnerisch wären mindestens 21 % der Angehörigen dieser Population innerhalb des ersten Lebensjahres verstorben. Für die Altersgruppe der ersten fünf Lebensjahre ca. 31 %.

Als wichtigster Kennwert innerhalb der Sterbetafel gilt die *mittlere ferne Lebenserwartung* zum Zeitpunkt der Geburt (e_0), da dieser das Ausmaß der Neugeborenensterblichkeit widerspiegelt und somit ein gutes Maß für den Gesundheitszustand einer Bevölkerung darstellt (Grupe et al. 2015a). An errechneten Werten für die Sterbewahrscheinlichkeit ergaben sich (vor Korrektur des Kinderdefizits) in Altersgruppe ${}_1q_0 = 7,50$ ‰ und in der Altersgruppe ${}_5q_0 = 70,9$ ‰ (Summe von Zeile 1 bis 5 für Spalte q_x in Tab. 106). Um den statistisch berechneten Wert von ${}_5q_0 = 314$ ‰ zu erreichen, der ca. 243 ‰ höher liegt als der beobachtete Wert, müssten statt der 37 geborgenen Kinderskelette etwa 173 vorliegen. Das Kleinkinderdefizit beläuft sich damit auf 136 Individuen. Wird die Sterbetafel um diesen Wert korrigiert¹¹⁶, ergibt sich ein neuer Wert für ${}_5q_0$ von 427 ‰. Mehr als vier von zehn aller Kinder starben demnach vor dem Erreichen der Altersstufe *Infans II*. Es wird nur mit korrigierten Daten weitergearbeitet.

6.2.2 Repräsentanz

Die Berechnungen von Bocquet und Masset (1977) beziehen die Altersgruppe 0-4 nicht mit ein und sind damit viel besser geeignet als Acsádi und Nemeskéri (1970). Nachdem Bocquet und Masset (1977) diese ausklammern, sind deren Formeln anzuwenden. Bei jeder Formel ist daher zu hinterfragen: Aus welchem Kollektivmaterial wurde diese erstellt? Sind die dahinterliegenden Kollektive miteinander vergleichbar? Erhalte ich durch eine Modell-Formel nicht automatisch auch mit meinem Material eine Verzerrung in Richtung des Kollektivmaterials? Ist also diese Formel für mein Material anzu-

¹¹⁶ Gesamtindividuenzahl 671, 173 Kinder zwischen 0 und 5 Jahren, vgl. Tab. 31.

wenden? Unter Berücksichtigung dieser Unsicherheiten bilden die Formeln ein gutes Werkzeug zur Einschätzung der vergangenen Lebendpopulation.

Die ergrabene Skelettserie gilt als repräsentativ, wenn die Erwartungshaltungen nach Weiss (1973) und Formel 13 und Formel 14 nach Bocquet und Masset (1977) gelten. Alle Bedingungen der Formeln sind erfüllt, vgl. Kapitel 5.2.1.

6.2.3 Mortalitätsrate

Die (nach Bocquet-Appel und Masset (1977) ermittelte) Mortalitätsrate für Emmering liegt bei $0,042 \pm 0,002$. Das bedeutet eine Mortalitätsrate von 4,2 %, also 4,2 Todesfälle pro 100 Individuen. Nachdem die Individuenzahl bei geschätzt ca. 80 Personen lag (vgl. S. 99), dürfte die absolute Anzahl von Todesfällen bei ca. drei pro Jahr gelegen haben. Die Berechnung aus Formel 19 rechnet ausgehend von einer statischen Bevölkerung. Die Ergebnisse der Wachstumsrate im folgenden Abschnitt zeigen allerdings, dass die Bevölkerungszahl von Emmering nicht stagnierte, sondern leicht rückläufig war; da dies der Belegungsdichte widerspricht, wird dieser Punkt eingehend diskutiert.

6.2.4 Wachstumsrate

Die (Bocquet-Appel und Masset (1977) ermittelte) Wachstumsrate der Emmeringer Bevölkerung lag bei $-0,012 \pm 0,006$. Somit kann eine leichte Abnahme der Emmeringer Bevölkerung verzeichnet werden. Für Emmering muss ein großes Kinderdefizit postuliert werden; die Korrektur des Kleinkinderdefizits zeigte großen Einfluss auf die Wachstumsrate. Um zu prüfen, welche Anzahl von 5- bis 14-jährigen Individuen dazu führen würde, dass die Wachstumsrate neutral würde (also auf 0 steht), wurde die Formel umgestellt und der Wert berechnet. Die Wachstumsrate wäre mit Einbezug der Schwankung von $\pm 0,006$ ab einem Wert von $D_{5-14} \approx 113$ positiv. Die Altersklasse der 5- bis 14-jährigen umfasst lt. Sterbetafel in Tab. 31 eine Zahl von 88 Individuen, es ergibt sich daher eine Differenz von 25 Individuen.

Betrachtet man aber die Altersbestimmung bei Kleinkindern genau, so gibt es auch viele Kinder, welche ebenfalls fünf Jahre alt sein könnten. Zum einen gibt es vier Individuen, welche vom Alter her unbestimmbar verblieben. Wichtiger ist aber: im Kleinkindsalter wurden sehr viele Individuen durch den Zahndurchbruch bestimmt. Dieses hat aber für jedes Bestimmungsalter auch eine Wertespanne an Unsicherheit mit angegeben. Es werden (vgl. Abb. 1:) folgende Spannen angegeben: für 4-jährige ± 12 Monate, für 5-jährige ± 16 Monate und für 6-jährige ± 24 Monate. Alle diese Individuen überlappen mit der Altersspanne der 5-jährigen. Nimmt man die 4-jährigen dazu (75 Individuen), so ergibt sich eine Kardinalität von 163 Individuen für die 4- bis 14-jährigen. Es ist natürlich nicht wahrscheinlich, dass jedes 4-jährige Individuum in Wirklichkeit 5 Jahre alt ist. Doch unter Berücksichtigung der Schwankungen wäre es unvernünftig, sklavisch das errechnete Ergebnis zu betrachten, da die Wahrscheinlichkeit hoch ist, dass es sich entgegen der Berechnung um eine wachsende Population handelt. Auch die Belegungsdichte spricht für eine wachsende Population.

Die errechnete negative Wachstumsrate kann aus anthropologischer Sicht nicht als plausibel bestätigt werden. Die Bevölkerungszahl der Emmeringer Population war allen Indizien nach positiv. Die demografischen Untersuchungen zeigen nach Korrektur des vorliegenden Kleinkinderdefizits, dass die vorliegende Friedhofspopulation aus Emmering einen repräsentativen Bevölkerungsausschnitt darstellt.

6.2.5 Sterbetafel

Die Sterbetafel wird aus dem Kollektiv der im Befundkomplex eingebrachten Individuen berechnet. Daher ist es sinnvoll zu hinterfragen, welche Personen in das Reihengräberfeld in Emmering eingebracht wurden. Menschliche Bevölkerungen sind in den seltensten Fällen in sich geschlossen, vielmehr sind sie von einer regelmäßigen Zu- und Abwanderung geprägt. Folglich können sich unter den Individuen des Reihengräberfeldes Zugewanderte befinden, welche nicht zur damals lokal ansässigen Population gehört haben. Südbayern gilt seit den Römern als Passagenregion zwischen nördlicher und südlicher Seite der Alpen. Darum können auch Nichtansässige in den Totenacker eingewandert sein, wenn jemand krankheitsbedingt vor Ort verstorben ist (möglicherweise Angehörige eines reisenden Hofstaates oder wenn eine Niederkunft während einer Reise für Mutter oder Kind letal geendet hat). Auch eine Verurteilung eines Reisenden durch die Emmeringer Gerichtsbarkeit reiht sich in diese Möglichkeiten ein; diese würden ggfs. eher abseits bestattet.

Anhand der Sterbetafel ist auch die Lebenserwartung abzulesen. Wie bei den Ergebnissen zur Sterbetafel auf Seite 93 vermerkt, sinkt die Lebenserwartung unterschiedlich stark ab. Dennoch gibt es in Tab. 32 zwei Auffälligkeiten. Von der Altersklasse der *Adultas* zur späten *Adultas* sinkt die Lebenserwartung nicht ab, sondern steigt um + 1,5 Jahre. Auch beim Übergang von der *Maturitas* zur späten *Maturitas* ist statt eines Absinkens der Lebenserwartung ein Anstieg von + 0,7 Jahren zu verzeichnen. Bei beiden Werten ist es so, dass im Vergleich zur Anzahl der mittleren Altersstufe (mittlere *Adultas* und mittlere *Maturitas*) die späte Altersstufe (späte *Adultas* bzw. späte *Maturitas*) eine Kardinalität von weniger als einem Drittel aufweist. Da die Formeln zur Berechnung der Sterbetafel konsekutiv der Reihenfolge der Altersklassen folgend nachrechnen, hat ein großer Unterschied der Anzahl auch einen Unterschied in der Lebenserwartung zur Folge.

6.2.6 Maskulinitätsindex

Bei der Emmeringer Bevölkerung handelt es sich um eine biologisch gewachsene Population. Der Maskulinitätsindex (*MI*) liegt bei 104,29¹¹⁷. Dies bedeutet, dass es in der Population einen geringfügigen Männerüberschuss gab. Der *MI* liegt jedoch nahe um 100. Es gibt Individuen, welche vom Geschlecht her aufgrund Erhaltungs- oder Überlieferungsgrad nicht zu bestimmen waren. Diese können selbstverständlich Einfluss auf

¹¹⁷ Zur Berechnung wurde die anthropologische Geschlechtsbestimmung unter Hinzunahme der Informationen aus der archäologischen Geschlechtsbestimmung zugrunde gelegt.

das Geschlechterverhältnis und damit auch auf den *MI* haben. Aufgrund der hohen Individuenzahl und der vielen Merkmale (wie z.B. eine für frühmittelalterliche Siedlungen repräsentative Altersverteilung), die dafür sprechen, dass das ergrabene Material einen repräsentativen Ausschnitt aus der ehemaligen Lebendbevölkerung darstellt, ist nicht davon auszugehen, dass die unbestimmbaren Individuen den *MI* völlig in Richtung eines Geschlechts verändern würden. Verteilt man die 63 vom Geschlecht her unbestimmbaren Individuen (vgl. Tab. 28) anteilig der vorliegenden Geschlechtsbestimmung und berechnet den *MI* erneut, so bleibt dieser identisch, da die Formel (vgl. Formel 15:) den Quotienten beider Geschlechter bildet. Wären im Extremfall alle unbestimmbaren Individuen Frauen, ergäbe sich ein *MI* von 82,09, wären sie hingegen alle Männer, so ergäbe sich ein *MI* von 131,33. Da beide Extreme kaum zutreffen können, wurden die Individuen als Schätzung exakt hälftig auf beide Geschlechter verteilt. Hierbei ergibt sich ein *MI* von 103,78. Dies liegt nahe am oben errechneten Wert und zeigt ebenfalls einen geringfügigen Männerrüberschuss.

Um das Verhältnis näher bewerten zu können, muss der Umstand berücksichtigt werden, dass früh Verstorbene einer Altersklasse im Kollektiv der Verstorbenen akkumulieren, wenn ein Geschlecht eine Übersterblichkeit hat, auch wenn in der historischen Lebendbevölkerung dieser Überschuss nicht existiert hat (Grupe et al. 2015a). Darum müssen die Sterbealter mit dem Geschlechterverhältnis (vgl. Abb. 17) verglichen werden. Hieran lässt sich erkennen, dass (mit Ausnahme der Altersklasse der *Juvenis*) beide Geschlechter einen sehr ähnlichen Kurvenverlauf des Sterbealters aufweisen. Es kann keine geschlechtsspezifische Übersterblichkeit beobachtet werden.

Zusammen genommen sprechen diese Fakten für ein ausgewogenes Geschlechterverhältnis. Eigentlich wäre in der Altersklasse der *Maturitas* ein Frauenüberschuss zu erwarten. Dieser liegt aber nicht vor. Besonders in der *späten Maturitas* zeigt sich bei Frauen eine deutlich höhere Sterbewahrscheinlichkeit als bei den Männern. Folglich liegt auch die Lebenserwartung in diesem Altersabschnitt für Frauen unter dem der Männer; mit einem Unterschied von 2,2 Jahren ist dieser Wert auf Populationsebene als sehr deutlich zu bezeichnen. Eine Erklärung für diesen Befund kann die niedrige Sterblichkeit der jungen und adulten Männer liefern. Wenn diese nicht durch Kriegsdienst oder Scharmützel sterben, verbleiben sie in der Population und akkumulieren dann erst mit einem späteren Todeszeitpunkt im Gräberfeld. Trotz der vorliegenden Befundung gibt es biologische Gründe für die Exzessmortalität von Männern: bei Frauen kann ein Defekt auf dem X-Chromosom durch das zweite ausgeglichen werden, bei Männern nicht¹¹⁸, um nur ein Beispiel zu nennen. Frauen, welche die Menopause erreicht haben, werden dann statistisch gesehen älter als die Männer. Die Umschlagspunkte sind in Abb. 18 zu sehen. Selbstverständlich sind auch Fehler in der anthropologischen Geschlechtsbestimmung nicht auszuschließen, wenngleich diese bei einer

¹¹⁸ Klinefelter-Männer mit Karyotyp 47 XXY ausgenommen; das Klinefelter-Syndrom tritt heutzutage mit ca. 1 bis 2 % unter neugeborenen männlichen Kindern auf (Bojesen et al. 2003).

derart hohen Individuenzahl nicht ins Gewicht fallen dürften. Einen Erklärungsansatz bietet Scherer (1990), der vermutete, dass die Emmeringer Bevölkerung weniger in einen kriegerischen Kontext gesetzt werden könne. Unter Berücksichtigung dieser Anhaltspunkte kann der Maskulinitätsindex, trotz der repräsentativen Bevölkerung, nicht als valide angesehen werden.

6.2.7 Abhängigenindex

Der potentiell erwerbstätige Anteil der Bevölkerung wird im Abhängigenindex (*AI*) ins Verhältnis mit den wirtschaftlich abhängigen Altersgruppen gesetzt (Grupe et al. 2005, Grupe et al. 2015a). Die Bevölkerungsanteile, welche auf die Fürsorge der zur Arbeit befähigten Anteile angewiesen sind (sei es hinsichtlich der Nahrungsversorgung oder Pflege), bilden Kinder (0-14 Jahre) und alte Menschen (60-∞) (Herrmann 1987). Wie Grupe et al. (2015a) ausführen, gibt es wenige diachrone Vergleiche (z.B. Acsádi und Nemeskéri 1970, Herrmann 1987, Strott 2006) mit teils erheblichen Schwankungen zwischen den Skelettkollektiven, doch erlauben diese keine plausible Interpretation. Der Index wurde für moderne Populationen entwickelt und darf nicht 1:1 für eine historische Population angewandt werden. Der Fehler liegt in der Definition der Altersspannen. Vorstellbar ist, dass Männer und Frauen ab 60 Jahren gewöhnlicherweise auf die Unterstützung jüngerer Bezugspersonen angewiesen waren. Laut Arnold (1980) wurden Kinder im europäischen Mittelalter schon ab dem siebten Lebensjahr als reif genug für die eigene Versorgung oder zur Mithilfe bei der Versorgung der Familie angesehen. Daher ist bei den Heranwachsenden mit einer Altersspanne von 0 bis 10 Jahren gerechnet worden, da diese für frühmittelalterliche Populationen plausibler erscheint (vgl. 3.2.7, Formel 17).

Der *AI* der Emmeringer Population liegt gerundet bei 0,66 (nach Korrektur des Kleinkinderdefizits). Drei Erwachsene Menschen hatten demnach zwei abhängige Kinder oder alte Menschen zu versorgen. Zum Vergleich soll der *AI* der Bevölkerung aus Unterigling dienen. Dieser betrug 0,63, allerdings waren bei der Altersspanne die Heranwachsenden bis 14 Jahre einbezogen. Bei Begrenzung der Heranwachsenden bis 10 Jahre beträgt der Wert 0,54¹¹⁹; das bedeutet: hier mussten etwa zwei Erwachsene die Sorge und Pflege für zwei Kinder oder alte Menschen übernehmen (Strott 2006).

Die Folgerung, dass die Emmeringer Population daher deutlich weniger Abhängige gehabt haben soll, oder tatsächlich ein Erwachsener im Vergleich zu Unterigling weniger abhängige Personen zu versorgen hatte, ist trügerisch. Das Kleinkinderdefizit (Kölbl 2004) führt bei der Berechnung des *AI* zu einem erniedrigten Wert und verzerrt damit die tatsächliche Anzahl der Abhängigen pro erwachsener Person. Nach Korrektur des Kinderdefizits liegt der *AI* aus Emmering mit 0,66 nämlich höher als in Unterigling mit

¹¹⁹ Berechnung des Abhängigenindex nach Formel 17 mit den Werten aus Strott (2006):

$$\text{Abhängigenindex}(AI) = \frac{\%D_{0-10} + \%D_{60-\infty}}{\%D_{11-59}} = \frac{29,61 + 5,46}{65,18} = 0,5381$$

0,54 (Heranwachsende mit der Altersspanne von 0 bis 10 Jahren berücksichtigt), somit hatte die Emmeringer Bevölkerung mehr Abhängige zu versorgen als die Unteriglinger.

6.2.8 Sterbewahrscheinlichkeit

Die Sterbewahrscheinlichkeit beantwortet Teile der Fragestellung **O4**: Welche Aussagen können zur Lebenserwartung und Sterbewahrscheinlichkeit getroffen werden?

Die höchste Überlebenschance zeigt die juvenile Altersklasse der Emmeringer Bevölkerung. Die Altersgruppe der 10- bis 14-Jährigen ist laut Grupe et al. (2005) die risikoärmste Altersklasse mit der geringsten Sterbewahrscheinlichkeit (vgl. Abb. 17). Das deutet auf gute Lebensbedingungen in der Bevölkerung hin. Wie Acsádi und Nemeskéri (1957), Henke (1972) und Drenhaus (1977) darlegen, liegt das durchschnittliche Sterbealter der Individuen im adulten Alter. Das gilt auch für Emmering. Zudem liegt das Sterbemaximum in der adulten Altersgruppe (vgl. S. 172). Vergleicht man die Sterbewahrscheinlichkeiten von Männern und Frauen mit der Überlagerung der gesamten Sterbewahrscheinlichkeit (vgl. Abb. 17), sind nur geringfügige Abweichungen zu sehen.

Die einzige markante Abweichung der geschlechtsspezifischen Kurvenverläufe der Gesamtbevölkerung zeigt sich in der Altersgruppe *späte Maturitas*. Hier liegt die Sterbewahrscheinlichkeit der gesamten Bevölkerung bei 37,0 %, wohingegen die Frauen mit einem Wert von 44,7 % um 7,7 % deutlich darüber liegen. Die Männer haben mit 28,9 % einen um 8,1 % niedrigeren Wert. Das ist beachtenswert, da üblicherweise die Frauen ab der Menopause eine geringere Sterbewahrscheinlichkeit aufweisen.

Dies lässt den Rückschluss zu, dass die Tätigkeiten der arbeitenden Bevölkerung entweder keinen oder aber feinen vergleichbaren Einfluss auf beide Geschlechter in Bezug auf die Sterbewahrscheinlichkeit hatten. Nur in einer Altersklasse weicht die Sterbewahrscheinlichkeit zwischen Männern und Frauen von der sonst annähernd identisch verlaufenden Kurve ab. In der maturaen Altersklasse ist die Sterblichkeit der Frauen deutlich höher als die der Männer (vgl. Abb. 17). Dies bedeutet zeitgleich, dass es keine größeren kriegerischen Auseinandersetzungen gegeben haben dürfte, sonst würden viele der jungen Männer fehlen.

6.2.9 Lebenserwartung

Die Lebenserwartung beantwortet einen Teil der Fragestellung **O4**: Welche Aussagen können zur Lebenserwartung und Sterbewahrscheinlichkeit getroffen werden?

Die Emmeringer Population weist eine *mittlere ferne Lebenserwartung* zum Zeitpunkt der Geburt von $e_0^0 = 25,028 \pm 1,503$ Jahren (berechnet nach Acsádi und Nemeskéri 1970) auf. Die Berechnung nach Bocquet und Masset (1977) hat eine e_0^0 von 29,8 Jahren als Ergebnis. Die Werte liegen mit knapp fünf Jahren enorm weit auseinander; letztgenannte Autoren berücksichtigen die Kleinkinder von 0-4 Jahren nicht. Da sich

die Vergleichsserien anderer Autoren vorwiegend auf die Sterbetafeln von Acsádi und Nemeskeri (1970) beziehen, wird im Folgenden mit diesen Werten verglichen.

Die Lebenserwartung der gesamten Emmeringer Bevölkerung sinkt weitestgehend stetig und regelmäßig mit zunehmendem Alter ab. Die Ausnahmen bilden die Altersklassen der späten *Adultas* und der späten *Maturitas*, in welchen die Lebenserwartung im Vergleich zur jeweils vorherigen Altersklasse nicht nur stagniert, sondern sogar wieder zunimmt. Ursache dieses Anstiegs ist, dass deutlich weniger Skelette in diesen Altersklassen aufgefunden wurden als in der *mittleren Adultas* (bzw. *mittleren Maturitas*); in dieser Altersklasse sind die Emmeringer eben auch nicht gestorben. Wie in Abb. 18 zu sehen, ergeben sich durch diesen Sachverhalt Stufen im Kurvenverlauf, welche paläodemographisch als relevant betrachtet werden dürfen.

Wie den Tabellen Tab. 33 und Tab. 34 zu entnehmen ist, gibt es Abweichungen in der Lebenserwartung zwischen den Geschlechtern. Die Lebenserwartung der gesamten Bevölkerung liegt in der *Adultas* bei 21,8 Jahren (Durchschnitt der Altersklassen frühe *Adultas*, *Adultas* und späte *Adultas* für Männer, Frauen und unbestimmte Individuen); bei Frauen liegt der Schnitt der *Adultas* bei 22,0 Jahren und bei Männern bei 23,3 Jahren. Die ferne Lebenserwartung der Männer ist in dieser Altersklasse also geringfügig höher als die der Frauen. Eine mögliche Erklärung dafür liefert Herlihy (1975): Die Lebenserwartung männlicher Individuen soll im Früh- (und auch im Hochmittelalter) generell etwas höher gewesen sein, als jene der weiblichen Individuen. Das Leben der Frauen galt als kurz und hart, sie gingen viel schneller durch die einzelnen Lebensphasen wie Kindheit und Jugendalter, als die Männer. Eine erhöhte Sterblichkeit der Frauen kann auf Risiken während Schwangerschaft und Geburt zurückgeführt werden (Acsádi & Nemeskéri 1957, Brunner 1972).

Dass die Lebenserwartung der gesamten Bevölkerung nicht zwischen dem Wert der Männer und Frauen liegt, ist auf den ersten Blick unlogisch. Diese Tatsache lässt sich jedoch dadurch erklären, dass die Sterbetafel der gesamten Bevölkerung nicht nur durch die Männer und Frauen gebildet wird, sondern dass hier noch vom Geschlecht her unbestimmbare Individuen enthalten sind. Deren Sterbealter hat Einfluss auf die Sterbetafel und damit auch auf die Lebenserwartung. Dies erklärt die Abweichung.

In der Altersklasse der *Maturitas* liegt die Lebenserwartung der gesamten Bevölkerung bei 15,8 Jahren; bei Frauen liegt sie bei 15,4 Jahren und bei Männern bei 16,1 Jahren. Besonders bei den subadulten Individuen fällt ein deutlicher Unterschied zwischen der Lebenserwartung der gesamten Population und der von Männern und Frauen auf. Beide Geschlechter weisen hier einen merklich niedrigeren Wert auf.

Die Graphen zum Absinken der Lebenserwartung verdeutlichen das Bild der Abweichungen bei *Adultas* und *Maturitas*. Die Altersklasse der *Adultas* zeigt bei Männern

und Frauen einen Anstieg der Lebenserwartung. In der Altersklasse der *Maturitas* gibt es für die Männer ebenfalls einen Anstieg der Lebenserwartung, bei den Frauen zeigt sich ein Absinken (nahe bei Null). Bei den weiblichen Individuen zeigt sich, abweichend von der gesamten Population, außerdem ein minimaler Anstieg der Lebenserwartung für die Altersgruppe *Infans I*. Auffällig ist, dass das Absinken der Lebenserwartung bei den Geschlechtern im subadulten Bereich deutlich unter dem Wert aller Individuen liegt. Hier fehlen jedoch keine Individuen, denn zahlreiche Individuen, welche vom Geschlecht her unbestimmbar waren, gehören zu den subadulten Altersgruppen. Grundsätzlich zeigt sich ein aufsteigender Trend. Da die Individuen dann dem Tode näher sind, sinkt mit höherem Lebensalter die Lebenserwartung s logischerweise stärker ab.

Allgemein kann eine erhöhte Kindersterblichkeit historischer Populationen den Wert der Lebenserwartung bei der Geburt reduzieren. Dies führt häufig zu einer Fehleinschätzung des erreichbaren Alters (Schultz 1982). Im Vergleich liegt die ferne mittlere Lebenserwartung zum Zeitpunkt der Geburt der Bevölkerung von Emmering mit $e_0^0 = 25,028 \pm 1,503$ Jahren signifikant über der aus Unterigling mit einem Wert $e_0^0 = 21,28 \pm 1,503$ (Strott 2006). Trotz eines vorliegenden Kinderdefizits (vgl. S. 175) ist die ferne mittlere Lebenserwartung zur Geburt in Emmering sehr hoch gewesen. Welche Gründe hierfür ursächlich sind, verbleibt ungewiss. Faktoren, die diesem Zustand zuträglich sind, können eine gute Versorgung durch eigene Landwirtschaft, Jagd und möglicherweise auch Fischteiche sein. Ebenso die ländliche Lage und damit Abgeschlossenheit vor ansteckenden Infektionskrankheiten, welche in größeren Ballungszentren einen rasanten Ausbruch erreichen, können eine erhöhte Lebenserwartung erklären.

6.2.10 Schätzung der Populationsgröße

Die Ermittlung der Populationsgröße (vgl. Formel 18) ist von verschiedenen Variablen abhängig, wie beispielsweise der Belegungsdauer des Totenackers¹²⁰ und der im Reihengräberfeld aufgefundenen Individuenzahl. Eine Personenzahl von ca. 80 zeitgleich lebenden Individuen wurde berechnet. Innerhalb der Formel ist ein 10 %-iger Korrekturfaktor enthalten, um Migration innerhalb der Lebendpopulation auszugleichen. Fehler können aufgrund einer zu niedrigen Gesamtindividuenzahl des Gräberfeldes geschehen. Zu einer solchen Unterschätzung kann es kommen, wenn Angehörige der ehemaligen Population nicht auf dem zugehörigen Friedhof bestattet wurden. Gründe dafür können eine Abwanderung zu Lebzeiten, sowie Zuwanderung, aber auch die Bestattung auf einem anderen Gräberfeld sein (Drenhaus 1982, Grupe et al. 2015a).

Das Reihengräberfeld von Emmering wurde etwa elf Generationen lang belegt. Die Personenzahl von ca. 80 zeitgleich lebenden Individuen bedeutet (unter der Annahme von sechs bis acht Personen in einem Haushalt, nach Grupe et al. 2015a) ca. 10 bis 13 Haushalte, also eine recht übersichtliche Siedlungsgröße.

¹²⁰ Die Belegungsdauer $T = 275$ Jahre, aufgrund der Belegung von ca. 450-725 n.Chr. (Froh 2007).

Grundsätzlich weist das Gräberfeld von Emmering zwar eine akzeptable Größe für eine temporale Aufschlüsselung der Entwicklung der Bevölkerungszahl auf, doch fehlt eine dafür ebenso nötige robuste Stratifizierung. Es kann aufgrund der später dichteren Belegung angenommen werden, dass es aufgrund des Wachsens der Siedlung häufiger zu Todesfällen kam. Die naheliegendste Erklärung nach dem Parsimonie-Prinzip (vgl. Fußnote 10, S. 6) liefert jedoch die Annahme, dass schlichtweg absolut mehr Personen in der Siedlung lebten. Die Population ist nicht über 275 Jahre hinweg stagnierend geblieben, sondern die Entwicklung der Bevölkerung verzeichnete (zum Ende der Belegung des Friedhofs) rechnerisch einen Rückgang. Eine verlässliche Ermittlung der Entwicklung der Populationsgröße im Zeitverlauf kann jedoch aufgrund der fehlenden Stratifizierung nicht durchgeführt werden.

Eine tiefergehende Betrachtung dieser paläodemographischen Schätzung kann und darf ohnehin nur bei Kenntnis weiterer archäologischer Hintergrundinformationen erfolgen. Die zugehörige Siedlung wurde nicht aufgefunden, wie für Gräberfelder aus dem frühen Mittelalter üblich. Die genaue Siedlungsstruktur, aus welcher der Bestattungsort von Emmering heraus belegt wurde, ist also nicht bekannt. Nach Steuer (1988) müsste somit zunächst eine Erforschung der gesamten Siedlungskammer durchgeführt werden, bevor glaubwürdige Kalkulationen durchgeführt werden können. Anders als sehr große frühmittelalterliche Reihengräberfelder wie Lauchheim (ca. 1.300 Gräber, Baden-Württemberg, Stork 1996) oder Altenerding (ca. 1.500 Gräber, Bayern, Sage et al. 1984), kann für Emmering weniger davon ausgegangen werden, dass das Gräberfeld ein sehr großes Einzugsgebiet besitzt und auch aus mehreren kleineren Siedlungen bestehen könnte.

Die vorliegende Zahl der Lebendpopulation kann auf einem einzigen Weiler aber auch auf kleineren Einzelgehöften verteilt gelebt haben.

6.3 Veränderungen am Skelett durch Pathologien und Fremdeinwirkung

6.3.1 Wirbelsäulenstatus

Die Emmeringer Bevölkerung lebte und arbeitete nahezu vollständig in der Landwirtschaft. Da keine schriftlichen Quellen zu Berufsbildern existieren, können weitere Tätigkeiten nur angenommen werden. Die typischen Aufgaben der agrarisch lebenden Bevölkerung bestimmten das Berufsbild. Viele Tätigkeiten erforderten dynamische Muskelarbeit bei zeitgleich statischer Haltearbeit, was die Schultergelenke beansprucht (Schmidt 1982, Strott 2006). Die meisten degenerativen Veränderungen sind allerdings am Hüftgelenk zu erwarten (Schultz 1978, Stloukal und Vyhnánek). Mit hinreichender Wahrscheinlichkeit waren die Männer als Bauern, Holzfäller, Grützmacher oder Müller, Schmiede, Lastenträger oder Metzger berufstätig (Schmidt 1982). Auch für Frauen sind verschiedene Wirbelsäulenbelastungen denkbar, beispielsweise sind unterstützende Arbeiten am Feld oder das Durchführen des Hauswerks plausibel

(Bergner 1992, Vogt-Lüerssen 2006). Zu den landwirtschaftlichen Tätigkeiten gehören das Pflügen, die Aussaat, die Mahd und das Einbringen der Ernte, das Dreschen von Getreide, sowie das anschließende Mahlen zu Mehl (Vogt-Lüerssen 2006). Darüber hinaus gehören das Errichten von Zäunen, das Hüten von Vieh und die Besorgung von Bau- und Brennholz zu den regelmäßigen Aktivitäten (Reith 1990, Vogt-Lüerssen 2006). Zusätzlich können längere zu Fuß zurückgelegte Wegstrecken oder das regelmäßige Durchqueren von unwegsamem Terrain die Hüft-, Knie- und Fußgelenke stärker belasten (Schmidt 1982). Zahlreiche Tätigkeiten können durch ihre Belastung die Wirbelsäule schädigen und dort entsprechende Veränderungen am Skelett erzeugen.

6.3.2 Zahnbefunde

Die Färbung in den Tabellen Tab. 37 und Tab. 38 visualisiert mit ansteigender Farbintensität von weißer zu roter Farbe die Häufigkeit. Weiß steht für den kleinsten Wert, rot für den höchsten Wert. So werden anhand der Färbung die Häufigkeiten ablesbar. Beim Zahnverlust sind Trends abzulesen, die für den Ober- und Unterkiefer zugleich gelten: weiter vorne im Zahnbogen liegende Zähne werden deutlich häufiger verloren als hintere Zähne. Eine Erläuterung dafür ist, dass Zähne postmortal vorwiegend im Frontbereich ausfallen können, da sie mit nur einer Zahnwurzel eine weniger stabile Verankerung in den Zahnfächern besitzen. Dieses Verhalten ist für Ober- und Unterkiefer festzustellen und es ist zugleich zwischen rechter und linker Kieferhälfte fast gleich stark ausgeprägt. Beim prämortalen Verlust zeigt sich ein genau umgekehrter Trend: der intravitale Zahnverlust wird mit weiter hinten liegender Position im Zahnbogen häufiger. Eine Erklärung dafür ist, dass die hinteren Zähne schwerer zu pflegen sind und damit mehr Zahnpathologien ausgesetzt sein können, welche zu Zahnverlust führen können. Die sog. Greisenspanne entsteht, wenn der Kieferknochen weiter abgebaut wird, wenn er keine Zähne mehr halten muss (Herrmann et al. 1990).

Der teils starke Abrasionsgrad der Zähne sowie intravitale Zahnverluste geben Raum zur Diskussion über die Ernährungsgewohnheiten und die damalige Mundhygiene. Weiters existieren intravitale Zahnverluste. An Nahrungsmittel standen der Emmeringer Bevölkerung aus dem landwirtschaftlichen Anbau verschiedene Getreide, Kohl, Rüben und Hülsenfrüchte zur Verfügung. Sicherlich auch Fleisch, Fisch, Milch und Käse sowie diverse verhandelte Nahrungsmittel. Da mit den Mühlen auch Schleifstaub in Getreideprodukte gelangt, kann dieser gemeinsam mit einer sehr rudimentären zahnmedizinischen Behandlung eine Ursache darstellen, welche den Abrasionsgrad erhöht und Karies verhindert.

Die Kariesfrequenz gibt Aufschluss darüber, welcher Anteil von Individuen von Karies betroffen ist. Männliche Individuen sind mit 19,8 % (35 von 177 Gebissen) etwas weniger häufig von Karies betroffen wie Frauen mit 22,9 % (31 von 135 Gebissen). Je Gebiss wurden am Häufigsten ein bzw. zwei von Karies befallene Zähne beobachtet (Tab. 40).

Die detektierbare prozentuale Häufigkeit nimmt im Altersverlauf nahezu stetig zu, beginnend bei 0 % für die Altersklasse *Infans I* über 2,0 % in der *Juvenis* und 3,6 % in der *Adultas* bis zu 6,8 % in der *Senilis* (vgl. Tab. 41). Sie stagniert nur zwischen den Altersklassen der *Adultas* und *Maturitas*. Nachdem es sich bei der Karies um einen akkumulierenden Prozess handelt, erfüllt dieser Anstieg (statistisch hoch signifikant: χ^2 , $p = 0,00$) mit zunehmendem Alter die Erwartung.

Männer und Frauen sind in verschiedenen Altersgruppen unterschiedlich häufig von Karies betroffen (vgl. Tab. 41). Männer weisen gesamt eine höhere Intensität an Karies auf als die Frauen (4,4 % ggü. 3,0 %). Zugleich ist aber die Kariesfrequenz, also die Zahl von betroffenen Gebissen, bei den Frauen höher als bei den Männern (22,9 % ggü. 19,8 % bei den Männern). Somit gibt es zwar anteilig mehr von Karies betroffene weibliche Kiefer, doch die Anzahl kariöser Zähne pro Kiefer ist bei den Männern höher.

6.3.3 Traumata

Gesamt betrachtet sind an Schnittverletzungen zwei Stück am Schädel, eine Schnittverletzung an der Hüfte und eine quer über den rechten Fuß zu verzeichnen. Darüber hinaus fanden sich an traumatischen Ereignissen aus interpersonellen Konflikten vier Parietfrakturen, und eine Fraktur der linken, sowie eine Fraktur der rechten Tibia. Insgesamt sind also sechs verschiedene Ereignisse mit einer Gesamtanzahl von zehn Vorkommnissen als Spuren von Gewalt zu verzeichnen. Diese stehen gegenüber insgesamt 415 weiteren pathologischen Ereignissen und anatomischen Auffälligkeiten mit insgesamt 1.625 Vorkommnissen. Gewalttätige Ereignisse machen mit 6 von 415 Stück also 1,45 % aus, was sehr gut zur Paläodemographie passt, wobei die Zahl der Vorkommnisse mit 10 von 1.625 Stück einen Anteil von 0,62 % bildet. Demnach sind 98,55 % der verschiedenen Pathologien und 99,38 % der absoluten Zahl an Vorkommnissen nicht auf einen interpersonellen Konflikt zurückzuführen. In mehr als 0,62 % bzw. 1,45 % der Gräber (anteiliger Rest nach Abzug der Pathologien bzw. absoluten Anzahl an Vorkommnissen) wurden archäologische Funde zu Tage gebracht, welche auf einen ehemaligen Legionär oder Söldner hindeuten.

Insgesamt war bei wenigstens 50 Gräbern aus Emmering ursprünglich Waffen (verschiedene Formen von Spatha, Kurz- und Schmalsaxe, Lanzen- und Pfeilspitzen, sowie Schilde, Äxte und Sporne) beigegeben. In einigen Fällen kann zwar die eigentliche Waffe verloren sein, doch kann Grabmanipulation durch das Vorliegen von Teilen oder Beschlägen (von z.B. der Schwertscheide) nachgewiesen werden. Somit kann das Vorliegen einer Waffe gesichert angenommen werden. In Untersuchung ist, ob das Beisein eines Fragments eines Pferdekiefers als militärischer Kontext gilt, es könnte auch (eher unwahrscheinlich) eine Fleischbeigabe gewesen sein. Der Anteil liegt trotz des hohen

Grabmanipulationsgrades bei 9,3 %, was vermuten lässt, dass die tatsächlich in die Gräber eingebrachten Zahl von militärisch geprägten Gaben noch höher lagen¹²¹.

Fehlen also die zur Beurteilung einer kriegerischen Handlung nötigen Skelettelemente oder verstarben ehemalige Legionäre oder Söldner in Emmering an Verwundungen, die sich nicht am Skelett manifestierten? Die Regionen der von Hubensteiner (2009) vermuteten Bevölkerungsanteile, also Reste der keltischen Bevölkerung, angesiedelte Römer, alemannische, fränkische bzw. thüringische, ostgotische und langobardische Volksgruppen und germanische Söldner aus den römischen Grenztruppen, sind anhand der archäologischen Fundstücke vertreten. Darüber hinaus gibt es weitere mögliche Herkunftsgebiete, auf welche die Fundstücke hinweisen, wie Teile Westfrankreichs, der heutigen Schweiz oder des ostgotischen Raums.

Manche der aufgefundenen (*Poly-*)*Traumata*, sowie Schnittverletzungen und Spuren von Gewalt scheinen nicht zu einer bäuerlichen Bevölkerung zu passen. Da es im Bereich des Möglichen liegt, dass ehemalige Soldaten sich im Siedlungsgebiet von Emmering niedergelassen haben, müssen die Thesen nicht verworfen werden, sondern können anhand der vorliegenden Befunde entsprechend diskutiert werden.

Die Zahl der Ereignisse mit gewalttätigem Hintergrund ist verschwindend gering. Es ist nicht auszuschließen, dass es noch weitere Spuren von interpersoneller Gewalt an den gleichen oder anderen Individuen gegeben hat, da 528 von 539 Individuen unvollständig überliefert sind. Das Vorliegen solcher Verletzungen muss aber nicht zwingend gleich einen militärischen Kontext voraussetzen. Es ist durchaus denkbar, dass es Konflikte mit Vagabunden oder Gruppierungen aus anderen Siedlungen gegeben hat. Die Hypothese **M2**¹²² kann daher in Teilen bestätigt werden.

Zusammengenommen sprechen verschiedene Indizien für die von Hubensteiner (2009) vermutete Zusammensetzung der damaligen Population von Emmering. Die Ergebnisse der Strontium- und Bleiisotopenanalyse sind damit in Einklang zu bringen, dass archäologisch auffällige Individuen auch teils ortsfremde Isotopien aufweisen, wenngleich die Isotopenwerte weltweit redundant vorkommen und eine eindeutige Herkunft nicht gesichert ausgesagt werden kann. Aufgrund der wenigen aufgefundenen Spuren von Gewalt, sind wohl wenige römische Legionäre oder germanische Söldner im Befundmaterial enthalten.

¹²¹ Albrecht, Tobias Georg (LMU München, Fakultät für Kulturwissenschaften, Department für Kulturwissenschaften und Altertumskunde), mündliche Notiz vom 29.08.2017.

¹²² Gibt es Hinweise auf einen kriegerischen Kontext? Sind Söldner oder Mitglieder römischer Grenztruppen mit hinreichender Wahrscheinlichkeit anzunehmen?

6.3.4 Weitere Pathologien und anatomische Auffälligkeiten

Die Pathologien und degenerativen Erkrankungen des Emmeringer Skelettkollektivs sind plausibel mit einer agrarisch lebenden Bevölkerung in Einklang zu bringen und beantworten Fragestellung O6¹²³. Die aufgefundenen Schäden am Skelett entsprechen denen anderer Populationen aus vergleichbarer Zeit, beispielsweise Strott (2006).

Ernährung hatte im frühen Mittelalter einen anderen Stellenwert als heutzutage. Die rezente Population kann zu jeder Jahreszeit Lebensmittel aus aller Welt genießen. Damals waren die Menschen von der Jahreszeit abhängig und zudem großteils beschränkt auf regional verfügbare Naturalien. Spinat war fast nur im Frühjahr verfügbar, im Sommer grüne Erbsen, im Herbst Radieschen und im Winter Grünkohl. Sogar der Anbau von Wein soll nördlich der Alpen nach der Mitte des dritten Jahrhunderts deutlich an Bedeutung gewonnen haben (Kreucher 2003). Eine durchgehend ausgewogene Ernährung war der ländlichen Bevölkerung durch das Anlegen von Speichern und Vorräten zugänglich. Dennoch ist es keine große Überraschung, dass zahlreiche Pathologien aufgefunden wurden, welche auf Mangelernährung hinweisen, wie *Cribra orbitalia* oder *Cribra cranii*. Deren Vorkommen wird häufig mit einer chronisch erworbenen Anämie in Verbindung gebracht. Ursächlich können neben einer unzulänglichen Ernährung auch Infektionen, oder parasitär verursachte Erkrankungen wie Wurmbefall sein. Im Frühmittelalter bis ins Mittelalter hinein war besonders für Frauen Eisenmangel ein Thema, da sie mehr Eisen benötigen als Männer (Bullough & Campbell 1980).

Für den Alltag der Emmeringer Bevölkerung bedeutet das, dass die Landwirtschaft und das Haushalten mit den verfügbaren Ressourcen einen zentralen Stellenwert eingenommen haben. Zahlreiche Skelette männlicher Individuen weisen aufgrund der physisch schwer belastenden Arbeit entsprechende Anpassungen des Skeletts auf, wie Muskelmarken und Knochensporne. Durch die vorliegenden Muskelmarken kann darauf geschlossen werden, dass die Männer vor allem die Muskelgruppen am Oberarm beanspruchten, die in Schlagbewegung arbeiten, beispielsweise bei der Feldarbeit oder beim Holzhacken, auch gegen Widerstand. Dazu gehören der *Musculus triceps brachii* als wichtigster Strecker des Ellenbogengelenks und der *Musculus pectoralis major*, der gemeinsam mit dem *Musculus latissimus dorsi* den erhobenen Arm kraftvoll nach unten senken kann. Das Skelettkollektiv unterstützt eine agrarisch lebende Bevölkerung.

6.4 Umgang mit defekten Daten: gemeinsame Diskussion beider Fundorte

6.4.1 Eingrenzung des betrachteten Datenausschnitts

Bei der Betrachtung von arthrotischen Veränderungen der großen Gelenke werden die erhobenen Daten beider Fundkomplexe miteinander diskutiert. Um die größtmögliche Aussagekraft zu erzeugen, werden dabei nur die sicher geschlechtsbestimmten Indivi-

¹²³ Welcher Form von Arbeit gingen die Menschen nach? Wurden degenerative Gelenksveränderungen am Skelett ausgeprägt? Waren dafür bestimmte Bewegungsabläufe oder Aktivitätsmuster ursächlich?

duen betrachtet. Individuen mit der Zuweisung „eher weiblich“, „eher männlich“ und „unbestimmbar“ werden aus drei Gründen an dieser Stelle nicht näher betrachtet:

1. Bei der anthropologischen Befundung haben verschiedene anthropologische Bearbeiter ggfs. unterschiedliche Beweggründe, ein Individuum als *nicht sicher geschlechtsbestimmt* oder *unbestimmbar* einzuordnen. Der *Interobserver Error* spielt hier eine Rolle¹²⁴. Einer sicheren Geschlechtszuordnung kann jedoch unabhängig vom Bearbeiter ein hohes Maß an Vertrauen geschenkt werden.
2. Mitunter kann eine unsichere Geschlechtsbestimmung an einem mangelnden Überlieferungs- oder Erhaltungsgrad liegen. Demnach kann erwartet werden, was sich auch an den Daten beider Fundkomplexe bestätigt, dass an solchen Befunden deutlich weniger Pathologien aufgefunden werden können. Die zum Verlust führenden Variablen sind allerdings so vielzählig, dass die Diskussion aufgrund möglicher Erklärungen unnötig aufgebläht würde.
3. Die Methode der *Inventarischen Auswertung*, bezieht alle Geschlechtszuordnungen (also auch die an dieser Stelle ausgelassenen) mit ein.

Festzuhalten bleibt, dass der Anzahl von aufgefundenen arthrotischen Veränderungen an sicher weiblich und sicher männlich bestimmten Individuen mehr Vertrauen geschenkt werden kann als ohne Geschlechtsbestimmung. Dass in diesem Kapitel die unsicheren Zuordnungen ausgelassen werden, reduziert den Anteil von unsicheren Aussagen mit zahlreichen deskriptiv zu erklärenden (aber nicht mathematisch belastbaren) Indizien zur Geschlechtsbestimmung.

6.4.2 Betrachtung der unkorrigierten Rohdaten

Um die Wirksamkeit der Methode der *Inventarischen Auswertung* darzustellen, wird in diesem Abschnitt zunächst ohne Korrektur der defekten Daten gearbeitet. Die ermittelten Werte dienen später zum Vergleich mit den korrigierten Daten (sh. Kapitel 6.4.4). Es sei an dieser Stelle bewusst darauf hingewiesen, dass alle überlieferten Gelenke ausgewertet werden, ganz gleich ob sie das diagnostisch relevante Merkmal zeigen, oder nicht. Das ist lt. Waldron (1994, 2007) ein Fehler, weil nur das diagnostisch relevante Material ausgewertet werden darf¹²⁵. Hier wird nun ein bewusster Fehler gemacht, denn diese Vorgehensweise ist Usus. Daher können diese Daten dann aufgrund gleicher (falscher) Vorgehensweise mit dem Vergleichsgräberfeld verglichen werden und später die korrigierten Daten beider Gräberfelder erneut miteinander verglichen werden. In den folgenden Tabellen sind die so ermittelten Werte für Emmering (Tab. 79) und Unterigling (Tab. 80) aufgelistet.

¹²⁴ vgl. Kapitel 1.7.

¹²⁵ vgl. Abschnitt aus dem Methodenteil, Kapitel 4.6.

Tab. 79: Gelenkschäden der vier großen Gelenke aus dem Skelettmaterial von Emmering, prozentual ausgedrückt zur Gesamtzahl vorhandener Skelettelemente.

Gelenk	erkrankt	gesamt	proz. Anteil	erkrankt	gesamt	proz. Anteil
	<u>Frauen:</u>			<u>Männer:</u>		
Schulter	39	559	6,98 %	132	762	17,32 %
Ellenbogen	9	788	1,14 %	39	933	4,18 %
Hüfte	51	275	18,55 %	88	308	28,57 %
Knie	33	707	4,67 %	60	769	7,80 %

Tab. 80: Gelenkschäden der vier großen Gelenke aus dem Skelettmaterial von Unterigling, prozentual ausgedrückt zur Gesamtzahl vorhandener Skelettelemente.

Gelenk	erkrankt	gesamt	proz. Anteil	erkrankt	gesamt	proz. Anteil
	<u>Frauen:</u>			<u>Männer:</u>		
Schulter	7	111	6,31 %	11	134	8,21 %
Ellenbogen	1	102	0,98 %	6	136	4,41 %
Hüfte	37	125	29,60 %	61	156	39,10 %
Knie	1	121	0,83 %	1	121	1,99 %

Nach dieser Methode wurden die Ellenbogen und Knie sowohl für Männer als auch für Frauen als gering bis mäßig belastet beschrieben (Strott 2006). Diese Schlussfolgerung ist anhand der vorliegenden Daten auch absolut nachvollziehbar. Wird nach dieser Methode gerechnet, ergeben sich wie in Tab. 80 zu sehen, für Ellenbogen- und Hüftgelenke die niedrigsten Werte. Das gilt sowohl für Männer, als auch für Frauen. Betrachtet man die Daten aus Tab. 79 für Emmering, so kann die gleiche Aussage getroffen werden, weil auch hier die prozentualen Werte bei Ellenbogen- und Hüftgelenk am niedrigsten ausfallen. Auch für Emmering gilt das für beide Geschlechter.

Die Daten beider Fundorte erfüllen genau die Erwartungshaltung von Schultz (1978), nach welcher die Schulter- und Hüftgelenke die größten arthrotischen Veränderungen aufweisen. Da diese einem Anthropologen bekannte Erwartungshaltung erfüllt ist, liegt üblicherweise kein offensichtlicher Grund vor, die ermittelten Daten anzuzweifeln.

Um die Daten vergleichen zu können, werden nun einige Fragen formuliert, die hier auf Basis der unkorrigierten Rohdaten beantwortet werden und in einem späteren Kapitel dann noch einmal mit der korrigierten Datenbasis betrachtet werden. Die Antworten zu den folgenden Fragen werden basierend auf den Daten aus Tab. 79 und Tab. 80 beantwortet:

Frage 1: Welche sind die zwei am wenigsten stark belasteten Gelenke? Für beide Gräberfelder gilt, dass Ellenbogen und Knie gering bis mäßig arthrotisch verändert sind und damit die geringste Belastung aufweisen.

Frage 2: Welche sind die zwei am stärksten belasteten Gelenke? Schultern und Hüften sind die am stärksten belasteten Gelenke (dies gilt für beide Fundkomplexe und beide Geschlechter).

Frage 3: Ist ein Geschlecht stärker belastet als das andere?

In Emmering und in Unterigling sind bei allen Gelenken die Männer stärker belastet.

Frage 4: Sind bestimmte Gelenke in beiden Fundkomplexen auf einem ähnlich hohen Belastungsniveau? Der prozentuale Anteil von Schultern und Ellenbogen der Frauen sowie Ellenbogen der Männer sind in beiden Gräberfeldern auf sehr ähnlichem Niveau.

Frage 5: Überwiegt die arthrotische Belastung für Schultern bei einem Geschlecht oder Fundkomplex? Die Schultergelenke der Männer sind in Emmering gut 9 % stärker arthrotisch belastet als in Unterigling (17,32 % ggü. 8,21 %).

Frage 6: Überwiegt die arthrotische Belastung für Ellenbogen bei einem Geschlecht oder Fundkomplex? Bei den Ellenbogen gibt es keine gravierenden Unterschiede.

Frage 7: Überwiegt die arthrotische Belastung für Hüften bei einem Geschlecht oder Fundkomplex? Die Hüftgelenke von Männern und Frauen sind in Unterigling über 10 % stärker arthrotisch belastet als in Emmering (Männer: 39,10 % ggü. 28,57 %, Frauen: 29,60 % ggü. 18,55 %).

Frage 8: Überwiegt die arthrotische Belastung für Knie bei einem Geschlecht oder Fundkomplex? Bei den Kniegelenken liegen die Werte aus Emmering für beide Geschlechter um Vielfache über den Werten aus Unterigling (Frauen: 4,67 % ggü. 0,83 %, Männer: 7,80 % ggü. 1,99 %).

Solche Vergleiche sind in der publizierten Literatur vielfach vorhanden. Nun folgt die Betrachtung der defekten Daten mit Korrektur durch die *Inventarische Auswertung*.

6.4.3 Korrektur der defekten Daten

6.4.3.1 Vermeidung von Verfälschungen der Stichprobe

In Kapitel 4.7.4 sind die Variablen der Grundgesamtheit, Auswahlgesamtheit und Inferenzpopulation für die Betrachtung des Skelettmaterials eines Reihengräberfeldes beschrieben. Nachdem das überlieferte Skelettmaterial als Inferenzpopulation dient und eine „Stichprobe aus einer Stichprobe“ darstellt, ist es für die Betrachtung der erhobenen Daten wichtig, Verzerrungen bestmöglich auszuschließen. Für beide Fundkomple-

xe wurde einem möglichen *Overcoverage* Problem entgegengewirkt (wenngleich es nicht vollständig ausgeschlossen werden kann), indem die Datensätze auf Duplikate untersucht wurden. In der Ereignisgruppe befinden sich keine Duplikate.

Ein *Undercoverage Error* besteht, wenn die verwendbaren Daten eine Teilmenge der Grundgesamtheit darstellen (Konschnik 1988, Weusthoff 2014). Der *Undercoverage Error* kann beschrieben werden, indem bei Betrachtung der Gelenke jedes Gelenk idealerweise durch mindestens ein adäquates Skelettelement repräsentiert ist. Da Skelettmaterial aufgrund diverser Ursachen fehlen kann¹²⁶, fallen alle Skelettelemente aus der Stichprobe, die aufgrund eines solchen Materialverlustes fehlen. Durch die Methode der *Inventarischen Auswertung* wird auf das überlieferte und zugleich anthropologisch verwertbare Material normiert. Zur plausibleren Vergleichbarkeit mit anderen Fundkomplexen werden die Altersklassen *Adultas*, *Maturitas* und *Senilis* verwendet.

6.4.3.2 Eliminieren der fehlenden Anteile am diagnostisch relevanten Material

Die Ergebnisse nach der statistischen Verifikation mit *R* ergaben Anteile fehlender Gelenke. Für diese Anteile wurde die Standardabweichung ermittelt. Die Daten sind zum Vergleich zwischen beiden Fundorten aus den beiden vorigen Tab. 57 (Emmering) und Tab. 62 (Unterigling) hier in Tab. 81 (Vergleich beider Fundorte) aufgeführt. Diese Zahlen zeigen den Fehlanteil der diagnostisch relevanten Skelettelemente und somit kann dargestellt werden, wie die beiden Fundkomplexe sich in Bezug auf den Fehlanteil voneinander unterscheiden.

Tab. 81: Mittelwerte der fehlenden Gelenke¹²⁷ von Emmering und Unterigling im direkten Vergleich (nach Korrektur der defekten Daten). Der niedrigere Wert an fehlenden Daten beim Vergleich innerhalb einer Zeile ist jeweils grün markiert, der höhere in rot.

	Emmering	Unterigling
Mittelwert	29,53 ± 13,00 %	23,08 ± 4,25 %
Schulter li.	36,41 %	30,26 %
Schulter re.	37,71 %	28,72 %
Ellenbogen li.	24,95 %	23,08 %
Ellenbogen re.	36,41 %	21,54 %
Hüfte li.	51,02 %	20,00 %
Hüfte re.	21,26 %	20,00 %
Knie li.	15,34 %	22,56 %
Knie re.	13,12 %	18,46 %

Im direkten Vergleich sieht man, dass der Verlustanteil beim Reihengräberfeld von Emmering über dem von Unterigling liegt. Auch die Standardabweichung bzw. Streuung ist bei Emmering deutlich höher. Anhand der farblichen Markierung wird deutlich, dass bis auf die Knie alle anderen großen Gelenke auf beiden Körperseiten bei Emme-

¹²⁶ vgl. Kapitel 1.7.

¹²⁷ vollständig fehlendes Gelenk bedeutet, der Befund ist durch kein einziges Skelettelement repräsentiert.

ring den höheren Verlustanteil aufweisen. Besonders fallen hier die linke Hüfte und der rechte Ellenbogen auf, deren Anteil fehlender Daten weit über dem von Unterigling liegt. Ursächlich dafür ist, dass bei Emmering das Hüftgelenk bei einem großen Anteil von Individuen schlichtweg durch keinen Knochen repräsentiert¹²⁸ und demnach keine Aussage über den Hüftgelenkstatus möglich ist. Zugleich ist der Erhaltungsgrad des Unteriglinger Materials besser, wodurch hier mehr diagnostisch relevante Anteile des Knochens vorliegen.

Bei den Kniegelenken fehlt bei Emmering weniger als bei Unterigling (Emmering linkes Knie: 15,34 %, rechtes Knie: 13,12 % Verlust; Unterigling linkes Knie: 22,56 %, rechtes Knie 18,46 % Verlust), die linke Hüfte liegt mit 51,02 % darüber. Das bedeutet, das Kniegelenk fehlt im Befundmaterial von Emmering am seltensten und ist auch über alle vier großen Gelenke betrachtet das Gelenk mit dem geringsten Verlustanteil. Bei Emmering kann bei einem außerordentlich großen Anteil von Individuen über den Gelenkstatus der linken Hüfte nichts ausgesagt werden, weil das Hüftgelenk bei diesen Individuen durch keinen Knochen repräsentiert ist oder der diagnostisch relevante Teil des Beckens fehlt¹²⁹.

Nach Korrektur der defekten Daten fehlen im Befundmaterial von Unterigling $23,08 \pm 4,25$ % und bei Emmering $29,53 \pm 13,00$ %. Über diesen Teil kann nichts zum Gelenkstatus der vier großen Gelenke ausgesagt werden. Das Befundmaterial von Unterigling ist vollständiger überliefert¹³⁰ als das aus dem Gräberfeld von Emmering.

6.4.3.3 Mögliche Fehlerquellen der *Inventarischen Auswertung*

Eine mathematische Besonderheit existiert in der Methode der *Inventarischen Auswertung*: Der Konvertierungsschritt, in welchem die Arthrosegrade von 0 bis 4 (vgl. Tab. 21) zu 0 bis 2 (gesund, beschädigt, fehlt) umgewandelt werden¹³¹. Dabei wird unterschieden zwischen Gelenken, deren bildende Skelettelemente „mindestens ein beschädigtes Element“ haben oder „welche nur gesunde Skelettelemente zeigen“. Erstgenannte sind klar den *beschädigten Gelenken* zuzuordnen, letztgenannte den *gesunden Gelenken*; *vollständig fehlende Gelenke* werden anhand einer anderen Spalte der Excel-Datei identifiziert. Raum zur Diskussion ergeben allerdings die Gelenke „welche nur gesunde Skelettelemente zeigen“. Insgesamt werden die betrachteten vier großen Gelenke aus mindestens zwei, maximal sechs Skelettelementen gebildet. Sind nicht alle dieser Skelettelemente vorhanden, sind also die vorliegenden Skelettelemente gesund, wodurch das gesamte Gelenk als *gesund* betrachtet wird. Es ist in diesem Fall

¹²⁸ Ebenso ist es möglich, dass es Fragmente der Hüfte bei einem Individuum gibt, jedoch der diagnostisch relevante Teil des Knochens zur Beurteilung der Arthrose im Hüftgelenk fehlt.

¹²⁹ Dies verdeutlicht, dass der Überlieferungs- und der Erhaltungsgrad für die Bewertung des Skelettmaterials ein wichtiges Kriterium sind. Bei Vergleichen zwischen verschiedenen Fundkomplexen müssen diese beiden Grade also zwingend mitberücksichtigt werden, vgl. Kapitel 6.1.1.

¹³⁰ Diese Aussage bezieht sich auf die ausgewerteten vier großen Gelenke, nicht auf das vollständige Skelett.

¹³¹ vgl. Kapitel 4.6.7.6, Abschnitt: Werte-Transformation zur Aufbereitung der Daten zur Bearbeitung in R:

aber möglich, dass eines der nicht überlieferten Skelettelemente des gesamten Gelenks beschädigt war. Es wurde nur aufgrund fehlender Überlieferung nicht aufgefunden oder konnte anhand einer schlechten Erhaltung nicht bewertet werden¹³². Daraus folgt der Fehler, dass die tatsächliche Zahl von pathologischen Ereignissen unterschätzt wird.

Diese Unsicherheit liegt allerdings in der Natur von Material aus archäologischem Kontext und verbleibt auch bei größter Sorgfalt während der Untersuchung oder während der statistischen Verifizierung des Befundes. Dieser Umstand tritt durch die fehlenden Daten auf und kann nicht ausgeschlossen werden. Da dies aber für jede andere Methode ebenso gilt, die sich mit dem gleichen Material beschäftigt, wird dadurch die Plausibilität der Methode nicht stark beeinträchtigt.

6.4.3.4 Überblick über das gesamte korrigierte Skelettmaterial

Nachdem gerade der Fehlanteil eliminiert wurde, kann nun ein Überblick über das gesamte korrigierte Skelettmaterial erfolgen und die Fundkomplexe können valide miteinander verglichen werden. Die in Kapitel 6.4.4 folgende Tab. 82 (s.S. 204) zeigt für Emmering und Unterigling die Werte nach Korrektur der defekten Daten.

Emmering:

Anhand von Abb. 43 (s.S. 142) kann abgelesen werden, ob es zwischen rechter und linker Körperhälfte einen Unterschied in Bezug auf die absolute Häufigkeit von arthrotischen Veränderungen gibt. An allen vier großen Gelenken ist der Anteil von gesunden Gelenken der größte, gefolgt vom Anteil der fehlenden Gelenke. Der Anteil beschädigter Gelenke ist bei allen vier Gelenken am geringsten. Die Schulter und Knie sind zwischen den Körperseiten sehr ausgeglichen repräsentiert, die Anteile der rechten und linken Körperseite sind annähernd gleich hoch.

Das Ellenbogengelenk zeigt Abweichungen. Der Anteil gesunder Gelenke ist links höher als rechts. Erkrankte Ellenbogengelenke treten signifikant häufiger auf der rechten Körperseite auf. Dabei ist zu beachten, dass der Anteil fehlender Ellenbogengelenke auf der rechten Körperseite (36,41 %) deutlich über dem der linken Körperseite (24,95 %) liegt (vgl. Tab. 81). Über die fehlenden Gelenke kann keine Aussage getroffen werden. Es ist nur zu beachten, dass der fehlende Anteil einen entsprechenden Einfluss auf die Verteilung hat. Anhand der vorliegenden Daten überwiegt der Anteil krankhafter Gelenke auf der rechten Körperseite deutlich (vgl. Tab. 59).

Das Hüftgelenk brachte auf der rechten Körperseite einen signifikant höheren Anteil von gesunden Gelenken hervor. Mehr als doppelt so viele Gelenke sind rechts gesund als links. Der Anteil fehlender Gelenke der linken Hüfte ist als Ausreißer bzgl. der Überlieferung aufgefallen (vgl. Tab. 57), was sich hier widerspiegelt. Die Anteile können also

¹³² weitere Möglichkeiten zum Verlust von Skelettmaterial werden in Kapitel 1.7 ausführlich behandelt.

im Vergleich zum restlichen Skelettmaterial nicht als repräsentativ angesehen werden. Es ist zu erwarten, dass ein Großteil der fehlenden Gelenke dieses Verhältnis verändern könnte. Dies erscheint zusätzlich plausibel, weil bei fehlenden Anteilen die linke Körperseite (276 Gelenke) weit mehr als doppelt so häufig ist als die rechte Körperseite (115 Gelenke), vgl. Tab. 57. Beschädigte Hüftgelenke treten links etwas häufiger als rechts auf, der Unterschied ist aber nicht signifikant.

Unterigling:

Abb. 44 (s.S. 145) zeigt, welche Unterschiede es zwischen rechter und linker Körperseite, bezogen auf die absolute Häufigkeit arthrotischer Auffälligkeiten gibt. Beim Schultergelenk machen gesunde Gelenke den größten Anteil aus, für Ellenbogen und beide Gelenke der unteren Extremität überwiegt der Anteil kranker Gelenke.

Alle vier großen Gelenke sind zwischen den Körperseiten annähernd gleich häufig repräsentiert. Die Anteile gesunder, kranker oder fehlender Gelenke sind jeweils rechts und links annähernd gleich hoch, es gibt keine signifikanten Abweichungen.

6.4.3.5 Vergleich Emmering und Unterigling (korrigierte Daten)

Die linke Hüfte fehlt beim Emmeringer Skelettmaterial am häufigsten. Dafür sind die Kniegelenke am häufigsten überliefert und in Bezug auf arthrotische Schädigungen auswertbar gewesen. Beim Material von Unterigling fehlen rechte und linke Schulter am häufigsten. Das rechte Knie fehlt am seltensten. Es gibt also eine Übereinstimmung dahingehend, dass das rechte Knie bei beiden Fundkomplexen zu den am häufigsten bzgl. *Arthrose* auswertbaren Gelenken zählt.

Die Relationen von gesunden, kranken und fehlenden Gelenken sind bei beiden Fundstellen völlig divers. Anhand der Emmeringer Daten ist zu sehen, dass gesunde Gelenke am häufigsten vorkommen, in absteigender Menge gefolgt von kranken und fehlenden Gelenken. Die einzige Übereinstimmung bzgl. der Häufigkeit der überlieferten Gelenke existiert bei der Schulter: die gesunden Gelenke kommen am häufigsten vor. Bei allen anderen Gelenken überwiegt bei Unterigling der Anteil kranker Gelenke.

Bezüglich der körperseitigen Häufigkeit der Überlieferung sind bei Emmering Schultern und Knie sehr ausgewogen. Die Anteile von Ellenbogen und der Hüfte sind hingegen unausgeglichen. Bei Unterigling sind alle Gelenke körperseitig auffallend ausgeglichen: gesunde, kranke und fehlende Gelenke sind zwischen rechter und linker Seite annähernd gleich hoch, es existieren hier keine signifikanten Unterschiede.

Nachdem bei Strott (2006) für die Schulter nur ein Teilgelenk in den Befunden aufgenommen war, die *Articulatio humeri*, fehlen die Daten für die *Articulatio acromioclavicularis* und die *Articulatio sternoclavicularis* vollständig. Dieses Ereignis zeigt auf, dass für die Schulter definitiv fehlende Daten vorliegen. Es ist mit dem vorliegenden Mate-

rial zu arbeiten. Das Fehlen der Daten dieser zwei Teilgelenke kann einen Einfluss auf den Vergleich zwischen Emmering und Unterigling für das Schultergelenk haben. Für die anderen großen Gelenke (Ellenbogen, Hüfte und Knie), sind die betrachteten Teilgelenke in beiden Befundungen vollständig übereinstimmend.

Eine wichtige Auskunft, ergänzend zu der gerade getätigten Betrachtung des gesamten Materials, gibt die Analyse der Gewichtung der Anteile von gesunden, kranken und fehlenden Gelenken in Bezug auf die Altersklassen. Dadurch wird gesichert, dass nicht eine viel mehr repräsentierte Gruppe eine wenig repräsentierte Gruppe überlagert¹³³.

Nun folgt die Einzelbetrachtung der vier großen Gelenke, also mit Korrektur der defekten Daten und Ausblenden des Fehlanteils.

6.4.3.6 Einzelbetrachtung der vier großen Gelenke

Schultergelenk:

Die Befunde aus Emmering als auch aus Unterigling bestätigen, dass mit steigendem Individualalter die Gelenkbelastungen altersregelrecht zunehmen. Bei Emmering ist bei Männern und Frauen die rechte Körperseite stärker belastet als die linke. Männer weisen bereits ab der *Adultas* die schwere Ausprägung der *Arthrose* auf. Bei Frauen taucht die schwere Form der *Arthrose* erst in der *Maturitas* und der *Senilis* auf. Bei Unterigling ist die linke Körperseite stärker belastet als die rechte. Eine Aussage zur körperseitigen Verteilung liegt bei Strott (2006) zum Skelettmaterial aus Unterigling nicht vor. Die *Inventarische Auswertung* ermöglicht also auch diese Betrachtungsweise. Anders als bei Emmering sind Frauen bei Unterigling bis einschließlich zur Altersklasse der *Senilis* frei von schweren Formen der *Arthrose*. Bei Männern sind ab der *Adultas* bis zur *Senilis* schwere Formen von *Arthrose* festzustellen. Die höhere Intensität von *Arthrose* seniler Männer gegenüber senilen Frauen kann damit einhergehen, dass Männer auch noch in höherem Lebensalter mechanisch belastende Tätigkeiten ausgeführt haben und Frauen diese Belastung in den vorherigen Lebensdekaden deutlich reduziert haben.

Der Vergleich des Schultergelenkes ist aufgrund der ungleichen Datenmenge¹³⁴ nur moderat verlässlich. Die grundsätzlichen Trends bzgl. der Häufigkeit erkrankter Gelenke über die Altersklassen ähneln sich zwischen Männern und Frauen - auch im Hinblick auf die Körperseite. Einen gravierenden Unterschied gibt es bei den senilen Frauen: In Emmering überwiegt die Krankheitsbelastung auf der rechten Körperseite, bei Unterigling sind die Körperseiten gleich stark belastet. Dies war vor der Normalisierung über die *Inventarische Auswertung* nicht zu erkennen, weil es in den publizierten Daten von Strott (2006) nicht körperseitig aufgeschlüsselt ausgewertet ist. Die neue Methode der *Inventarischen Auswertung* ermöglicht diesen zusätzlichen Aspekt automatisch. Die

¹³³ Die nötigen Daten für diese Erkenntnis liefern die Ergebnisse aus Kapitel 5.5.1 und 5.5.2.

¹³⁴ Beim Skelettmaterial von Unterigling wurde nur ein Teilgelenk ausgewertet, bei Emmering drei Teilgelenke, vgl. vorletzter Absatz im Kapitel 6.4.3.5.

Unterriglinger Bevölkerung weist bei beiden Geschlechtern deutlich stärker erkrankte Gelenke als die Bewohner von Emmering auf: Bei Frauen 16,5 % gegenüber 2,5 % und bei Männern 20,0 % gegenüber 9,5 % (vgl. Tab. 42 und Tab. 50).

Die Belastung der Schultergelenke der Frauen ist signifikant geringer als die der Männer. Es ist davon auszugehen, dass Frauen weniger mit der schweren Feldarbeit oder dem Bewegen schwerer Lasten beschäftigt waren. Vielmehr ist davon auszugehen, dass Frauen einer ausschließlich den Frauen vorbehaltenen Tätigkeit, dem Hauswerk, nachgingen (Bergner 1992). Die Arbeiten an Haus und Hof verlangten aufgrund eines geringen technologischen Fortschritts oftmals einen stärkeren Einsatz körperlicher Arbeit (Ennen 1986). Beispiele solcher Arbeit sind hierbei das Mahlen von Getreide und Waschen, Backen, Spinnen und Weben (Bergner 1992, Vogt-Lüerssen 2006).

Der deutlich höhere Verschleiß der Schultergelenke der Männer im Vergleich zu denen der Frauen lässt sich ab der frühen *Adultas* beobachten (vgl. Tab. 146). Es handelt sich hierbei vermutlich um belastungsbedingte Veränderungen, da bei den Frauen deutlich geringere Arthrosegrade auftreten. Aktivitäten wie das Anheben von Lasten und das Tragen schwerer Gegenstände zählen hierzu. Genauso kann einseitig durchgeführte statische Arbeit Schäden am Schultergelenk (und auch Hüftgelenk) hervorrufen, wie beispielsweise durch eine statische Körperhaltung, das Arbeiten unter Zwangshaltung oder das Verrichten von Arbeiten „über Kopf“ (Schmidt 1982). Diese Annahmen lassen sich mit Ackerbau betreibenden, sowie schmiedenden, Holz fällenden oder metzgernenden Individuen (Reith 1990) in Einklang bringen. Die stellenweise hohe Belastung an den Schultergelenken korreliert außerdem mit den von Strott (2006) für Unterigling gefundenen hohen Werten des Humerus Längen-Dicken-Index.

Ellenbogengelenk:

Erwartungsgemäß sind für beide Fundkomplexe in höheren Altersklassen stärkere Belastungen aufgefunden worden, ebenso fanden sich stärkere Arthrosegrade bei männlichen im Vergleich zu weiblichen Individuen (vgl. Abb. 38 und Tab. 59 für Emmering und Abb. 41 und Tab. 64 für Unterigling).

Das linke Ellenbogengelenk der Frauen ist bei Emmering frei von arthrotischen Veränderungen. Die kranken Gelenke der linken Körperseite sind beinahe ausschließlich bei Männern gefunden worden, den höchsten Anteil bildet die rechte Körperseite der Männer mit 3 % (vgl. Tab. 44). Betrachtet man die Ergebnisse in Abb. 43, fällt auf, dass dieser Fundkomplex kaum kranke Gelenke am linken Ellenbogengelenk aufweist. Es wäre falsch, dies rein dem mäßigen Erhaltungsgrad des Skelettmaterials zuzuschreiben¹³⁵; Fakt ist, dass das vorliegende Material anhand der *Inventarischen Auswertung* trotz wenig vorliegendem Befundmaterial eine klare Aussage ermöglicht: für beide Geschlechter zeigt sich eine deutlich stärkere Belastung der rechten Körperhälfte. Zwar

¹³⁵ Bei Fehlen der diagnostisch relevanten Skelettelemente ist keine Aussage über den Gelenkstatus möglich.

ist eine solche Aussage natürlich auch ohne diese Methode möglich, doch bringt die *Inventarische Auswertung* die körperseitige Aufteilung quasi „mit Bordmitteln“ bereits mit, was einen zusätzlichen Beleg für den Nutzen dieser Methode darstellt.

Auch die Daten aus Unterigling ergeben, dass Frauen quantitativ wie qualitativ weniger stark belastete Ellenbogengelenke aufweisen; die Belastung der Frauen nimmt dabei stringent mit dem Individualalter zu. In der *Adultas* überwiegt die Belastung der rechten Körperseite minimal die der linken, danach ist die linke Seite signifikant höher belastet als die rechte. Bei den Männern sind die Anteile sowohl über die Altersklassen hinweg als auch zwischen beiden Körperseiten annähernd gleich häufig verteilt. Die Belastungen haben sich unabhängig vom Geschlecht auf die Ellenbogengelenke der Bevölkerung ausgewirkt. Auffällig ist, dass bei Männern in der *Senilis* ausschließlich erkrankte Gelenke aufgefunden wurden. Wie auch beim Schultergelenk kann die Ursache dafür darin begründet liegen, dass Männer länger körperlicher Arbeit nachgingen. Dies deckt sich mit den Ergebnissen für Unterigling von Strott (2006).

Beim Anteil der kranken rechten Ellenbogengelenke von Emmeringer Frauen existiert ein absteigender Trend, wobei hier anders als bei Unterigling in der *Senilis* kein einziges bewertbares Gelenk vorliegt. Bei Unterigling zeigen die Frauen ebenso einen absteigenden Trend, nur beginnt dieser bei 52,00 %, nicht bei 100,00 % (vgl. Tab. 59 und Tab. 64). Auffällig ist, dass die absolute Anzahl der überlieferten und auswertbaren Ellenbogengelenke in Emmering deutlich unter der von Unterigling liegt und das trotz mehr als doppelt so hoher Individuenzahl. Daher ist die Normalisierung zum Ermöglichen eines Vergleiches so entscheidend. Bei den Männern ist die rechte Seite in der *Adultas* am meisten belastet, in der *Maturitas* deutlich weniger, in der *Senilis* wieder höher, auf gleichem Niveau wie in der *Adultas*. In Unterigling liegt der gleiche Trend vor, wenngleich die Schwankung der Anteile deutlich geringer ausfällt. Auch beim Ellenbogengelenk ist der Anteil von auswertbaren Gelenken der Unteriglinger Bevölkerung intensiver belastet: Bei Frauen stehen 10,5 % arthrotisch veränderte Gelenke 0,5 % aus Emmering gegenüber. Bei Männern sind es 14,5 % gegenüber 2,5 % (vgl. Tab. Tab. 44 und Tab. 51).

Hüftgelenk:

Das Hüftgelenk (vgl. Tab. 60) zeigt für Männer und Frauen aus Emmering, dass die Häufigkeit kranker Gelenke auf der rechten Körperseite von der *Adultas* zur *Maturitas* ansteigt und in der *Senilis* wieder abnimmt. Die linke Körperseite ist bei Frauen in allen drei Altersklassen häufiger krank als die rechte. Bei Männern gilt dies für die *Adultas* und *Senilis*, in der *Maturitas* sind die rechten Hüften häufiger erkrankt. Bei beiden Geschlechtern ist also die linke Seite in der *Adultas* und *Senilis* häufiger krank, der Anteil ist dabei bei Frauen höher als bei Männern.

Für Unterigling konnten die von Strott (2006) aufgestellten Ergebnisse, dass die Hüftgelenke den höchsten Grad an arthrotischer Veränderung aufweisen und bereits in der

späten *Juvenis* einsetzen, bestätigt werden. Mature und senile Individuen weisen stärkere Ausprägungen von *Arthrose* auf, es gibt kein einziges gesundes Skelettelement in dieser Altersklasse.

Bei Frauen sinkt der Anteil beschädigter Gelenke am linken Hüftgelenk von der *Adultas* zur *Maturitas* leicht ab und steigt in der *Senilis* deutlich an. Gesamt ist die linke Körperseite stärker belastet als die rechte. Bei Männern sind die Häufigkeiten über die Altersklassen hinweg und auch bezogen auf die Körperseite nahezu identisch. Die *Senilis* brachte unabhängig vom Geschlecht ausschließlich erkrankte Gelenke hervor.

Bei Betrachtung der Daten des Hüftgelenks fällt auf, dass der Anteil von nicht sicher geschlechtsbestimmten Individuen bei diesem Gelenk sehr niedrig ist. Dies gilt für beide Fundkomplexe, vgl. Tab. 147¹³⁶ für Emmering und Tab. 153¹³⁶ für Unterigling. Dafür gibt es zwei Ursachen: einerseits ist das Skelettelement *Os coxae* der Hüfte das größte Element aller vier großen Gelenke. Dies liegt anatomisch gesehen an seiner tragenden Rolle im Rumpf des menschlichen Körpers, da hier unter anderem der dem Volumen nach größte und zugleich zu den kräftigsten Muskeln zählende *Musculus gluteus maximus*, ansetzt. Dieser Muskel ist unerlässlich für den aufrechten Gang des Menschen (Herrmann et al. 1990). Andererseits werden am Hüftgelenk sehr viele geschlechtsspezifische Merkmale ausgeprägt. Selbst bei größeren Beschädigungen des Skelettmaterials ist eine noch relativ sichere Geschlechtszuordnung möglich, sofern die richtigen Teile in ausreichendem Erhaltungsgrad überliefert sind. Im Vergleich dazu können vom Schulter-, Ellenbogen- und Kniegelenk oftmals nur Aussagen über die Robustizität getroffen werden, nicht jedoch über eine sichere Geschlechtsbestimmung. Diese Fakten können erklären, warum der Anteil von unsicherer Geschlechtsbestimmung beim Hüftgelenk geringer ist als bei den anderen großen Gelenken.

Beim Hüftgelenk zeigt sich bei den Frauen aus Emmering und Unterigling über die Altersklassen ein auffällig ähnlicher Trend: das rechte Hüftgelenk ist in der *Adultas* etwas weniger belastet als das linke Hüftgelenk. Der Anteil steigt in der *Maturitas* um einige Prozentpunkte an und fällt in der *Senilis* auf das niedrigste Niveau. Auffallend ist, dass die Hüftgelenke seniler Unteriglinger Frauen ausschließlich in arthrotisch belastetem Zustand vorliegen. Die rechten Hüftgelenke der Männer weisen den gleichen Verlauf über die Altersklassen wie die Frauen auf, wobei der prozentuale Anteil der beschädigten Gelenke bei den Männern in allen drei Altersklassen höher liegt. Die Gelenke der Männer aus Unterigling sind nahezu gleich stark belastet, sowohl bezogen auf die Altersklassen als auch bezogen auf die rechte und linke Körperseite. Hier gibt es einen deutlichen Unterschied zur rechten Hüfte der Männer aus Emmering. Die adulten und senilen Männer aus Emmering waren an der linken Hüfte stärker belastet als rechts. Gesamt betrachtet waren die Hüften der Unteriglinger mit 41,5 % bei den Frauen und

¹³⁶ Auf Seite 339 bzw. Seite 341 im Anhang.

42,5 % bei den Männern (vgl. Tab. 53) deutlich stärker belastet als die Emmeringer Population (10,5 % bei Frauen, 15,5 % bei Männern, Tab. 46).

Von den Tätigkeiten her scheinen die mechanischen Belastungen die Hüftgelenke der Männer und Frauen gleich stark betroffen zu haben. Zugleich sind die Körperseiten ähnlich stark belastet, was für eine beidseitige Belastung spricht. Die Hüftgelenke wurden vermutlich durch alltägliche Arbeiten belastet, wobei die Aufgabenfelder der Männer und Frauen unterschiedlicher Natur sein konnten. Männer können die Schäden am Hüftgelenk durch schwere Feldarbeit, Holz fällen, Jagen (vgl. Schmidt 1982) oder das Heben schwerer Getreidesäcke erhalten haben (Bergner 1992, Vogt-Lüerssen 2006). Bei Frauen können Verschleißerscheinungen am Hüftgelenk auch durch Feldarbeit verursacht werden. Dabei haben Frauen das Antreiben der Ochsen beim Pflugziehen, das Zerkleinern von Erdbrocken mittels einer Hacke und auch das Schneiden und Bündeln von Getreide bewerkstelligt (Bergner 1992). Diese Aktivitäten können sowohl Schulter- als auch Hüftgelenk arthrotisch verändern (Strott 2006). Darüber hinaus können durch das Gehen von langen Wegstrecken, vor allem in unwegsamem Terrain, die Hüftgelenke in Mitleidenschaft gezogen werden (Bergner 1992, Faber 2001).

Kniegelenk:

Die Häufigkeit des Kniegelenks ist für Emmering zwischen rechter und linker Körperseite ausgewogen (vgl. Abb. 43). Die körperseitigen Anteile sind bei Betrachtung des Individualalters allerdings hoch variabel. Für Unterigling ist die absolute Anzahl von Skelettelementen bei den Frauen für die rechte Körperseite etwa 10 % kleiner als die der linken Körperseite. Bei den Männern sind beide Körperseiten durch annähernd gleich viele Skelettelemente repräsentiert. Außerdem ist der Verlustanteil der linken Körperseite mit 22,56 % deutlich höher als der rechte mit 18,46 % (vgl. Tab. 81).

Die körperseitige Verteilung der arthrotischen Veränderungen in Emmering weist darauf hin, dass Männer eher rechtsseitig an den Knien belastet waren, Frauen eher linksseitig. Bei den Männern ist hingegen die Hüfte linksseitig stärker belastet, bei Frauen ist die Hüfte passend zu den Knien linksseitig stärker arthrotisch verändert, hier gibt es eine Korrelation zwischen Gelenkserkrankungen an Hüfte und Knien. Dies sind Indizien dafür, dass Männer von der mechanischen Belastung her eher die rechte Körperseite beanspruchten, Frauen etwas mehr die linke Körperseite. Für Unterigling gilt abweichend: die rechte Seite ist bei den Frauen häufiger von Arthrose belastet als die linke (22 % ggü. 20 %). Die linke Seite ist bei Männern mit 31 % häufiger belastet als die rechte Seite mit 27 % (vgl. Tab. 55).

Die rechten Knie der Emmeringer Frauen zeigen einen aufsteigenden Trend an arthrotischen Veränderungen von der *Adultas* zur *Senilis*. In der *Adultas* ist bei Männern und Frauen das linke Kniegelenk häufiger krank als das rechte, wobei der Anteil kranker Gelenke bei den Frauen höher als bei den Männern ist (vgl. Tab. 61). Die *Maturitas* zeigt ein entgegengesetztes Bild: bei den Frauen ist die linke Körperseite doppelt so

häufig erkrankt als die rechte. Bei Männern ist es genau umgekehrt und das rechte Kniegelenk entsprechend doppelt so häufig erkrankt als das linke. In der *Senilis* bleibt bei Männern die rechte Seite stärker belastet als die linke, wenngleich mit geringerem Anteil als in der *Maturitas*. Bei Frauen wurden kranke Kniegelenke ausschließlich auf der rechten Körperseite gefunden, wodurch der Anteil kranker Gelenke rechtsseitig automatisch 100 % und linksseitig 0 % ergibt. Diese Anteile sind jedoch kritisch zu betrachten, denn in der *Maturitas* war das linke Kniegelenk viel häufiger erkrankt. Wie auch beim Ellenbogengelenk¹³⁷ ist auch beim Knie nicht anzunehmen, dass senile weibliche Individuen frei von Kniearthrose (links) waren. Wie vorher diskutiert¹³⁸ konnte dieses Gelenk selten beurteilt werden.

Der aufsteigende Trend ist bei der Unteriglinger Bevölkerung identisch, nur ist der Anstieg bei Unterigling deutlich flacher als bei Emmering. Bei Männern und Frauen steigt die anteilige Belastung des rechten Knies mit zunehmendem Individualalter stetig an. Die relativen Anteile sind bei Frauen höher ausgeprägt als bei Männern. Die *Senilis* bringt für beide Geschlechter durchweg erkrankte Kniegelenke hervor. Das ist nicht weiter verwunderlich, da bereits alle Hüftgelenke beider Geschlechter vollständig erkrankt sind. Das Kniegelenk kann als nächstgelegenes Gelenk an der unteren Extremität durch dieselben mechanischen Kräfte in Mitleidenschaft gezogen werden wie die Hüfte. Arthrotische Belastungen am Knie beginnen bei Frauen bereits in der späten *Juvenis*, bei Männern hingegen erst ab der frühen *Adultas*. Bei den Männern tritt die leichte Arthrose in den Altersklassen *Adultas*, *Maturitas* und *Senilis* häufiger auf als bei Frauen. Bei Frauen treten arthrotische Veränderungen zwar weniger häufig auf, doch gibt es an beiden Körperseiten die mittelschwere Form der *Arthrose*. Diese tritt, anders als bei den Männern wo das erst in der *Maturitas* der Fall ist, bereits in der späten *Adultas* auf. Quantitativ sind die Kniegelenke der Frauen weniger stark arthrotisch belastet, qualitativ jedoch stärker.

Beide Fundkomplexe haben gemeinsam, dass alle senilen Individuen ausschließlich erkrankte Gelenke hervorgebracht haben. Die arthrotische Belastung liegt bei Unteriglinger Frauen mit 21,0 % deutlich über dem der Emmeringer Frauen mit 1,5 %. Bei Männern übertreffen die Unteriglinger mit 29 % die Emmeringer mit 3,5 % ebenso um ein Vielfaches (vgl. Tab. 48 und Tab. 55). Am Kniegelenk sind im Emmeringer Material also insgesamt sehr wenige arthrotische Schädigungen aufgetreten¹³⁹. Da das Knie ontogenetisch stets zuerst von Schäden betroffen ist, verwundert dieser Befund. Das ist dadurch zu erklären, dass die Oberfläche der befundungsrelevanten Gelenke aufgrund des insgesamt mäßigen bis schlechten Erhaltungsgrades oft nur teilweise vorlag und mögliche Schädigungen somit nicht erkennbar waren.

¹³⁷ vgl. Kapitel Ellenbogengelenk.

¹³⁸ vgl. Kapitel Kniegelenk.

¹³⁹ Außerdem fehlen Kniegelenke, wie in Kapitel 6.4.3.2 beschrieben, am Seltensten von allen vier großen Gelenken.

Anders als Strott (2006) es beschrieb, ist es nicht das Kniegelenk, das am geringsten belastet ist, sondern das Ellenbogengelenk. Das Ellenbogengelenk konnte anhand etwa doppelt so vieler Skelettelemente begutachtet werden (sicher bestimmte Männer und Frauen ca. 466 Skelettelemente des Ellenbogengelenks im Vergleich zu 216 Stück des Kniegelenks, vgl. Tab. 51 und Tab. 55). Dabei liegt die relative Häufigkeit am Ellenbogengelenk etwa bei der Hälfte derer des Kniegelenks. Das Ellenbogengelenk ist also nach exakter Auszählung deutlich weniger stark belastet als das Kniegelenk.

Zusammenfassung:

Die Tätigkeiten der Männer und Frauen beantworten einen Teil der Fragestellung **O6**: Welcher Form von Arbeit gingen die Menschen nach? Wurden degenerative Gelenksveränderungen am Skelett ausgeprägt? Waren dafür bestimmte Bewegungsabläufe oder Aktivitätsmuster ursächlich?

Die Häufigkeiten von erkrankten Gelenken zwischen Emmering und Unterigling sind beim Schultergelenk signifikant unterschiedlich¹⁴⁰. Das gleiche gilt für das Ellenbogen-, das Hüft- und das Kniegelenk. Frauen widmeten sich vorwiegend dem Hauswerk und können durch Anheben und Tragen Muskeln ausgeprägt haben. Zwei der für die Beugung des Ellenbogengelenks bzw. Unterarms zuständigen Muskeln sind der *Musculus brachialis* und der *Musculus biceps brachii*. Die Männer sind vor Allem durch Feldarbeit stark belastet. Bewegungsabläufe beim Jäten, der Aussat, dem Pflügen, dem Ziehen von Karren oder schweren Säcken, genau so wie beim Holz fällen und jagen über viele Jahre hinweg können die degenerativen Gelenksveränderungen plausibel erklären.

6.4.4 Betrachtung der korrigierten Daten

In diesem Abschnitt wird die *Forschungsfrage F1* beantwortet. Diese lautet: *Kann eine neue Methode entwickelt werden, verschiedene Fundkomplexe trotz unterschiedlicher Bearbeiter miteinander vergleichbar und auch auswertbar zu machen?*

Dafür werden die Rohdaten (ohne Korrektur) und die korrigierten Daten miteinander verglichen. Abschließend wird ein Blick auf mögliche Aussagen vor und nach Korrektur geworfen, um die *Forschungsfrage F2* zu beantworten: *Welche Auswirkungen hat die praktikable Lösung auf künftige Arbeiten im osteoanthropologischen Kontext?*

Die Antwort auf *Forschungsfrage F1* muss lauten: Ja, durch Korrektur der defekten Daten werden vorher nicht miteinander vergleichbare Fundkomplexe dergestalt standardisiert, dass ein Vergleich auf dieser Datenebene möglich ist. Der große Nutzen der *Inventarischen Auswertung* liegt in seiner Flexibilität und Universalität. Grundsätzlich stellt die Methode eine statistisch verifizierbare Vergleichsmethode dar. Spannend ist daran, dass das untersuchte Merkmal zweitrangig ist (solange es sich im anthropologischen Befund feststellen lässt). In dieser Arbeit wurde als *Proof of Concept* der Arthro-

¹⁴⁰ Hier ist allerdings die Datenbasis unterschiedlich, wie in Kapitel 6.4.3.6 zur Schulter beschrieben.

segrad der vier großen Gelenke überprüft. Diese Gelenke sind erfahrungsgemäß häufiger überliefert als andere kleine Gelenke. Auch die *Arthrose* als die an diesen Gelenken betrachtete Krankheit stellt eine bekannte Gelenkserkrankung dar, die erwartungsgemäß in einer gewissen Häufigkeit auftritt. Somit ist bei der Auswahl dieser Daten eine gewisse Trefferanzahl zu erwarten, mit der gearbeitet werden kann. Die Universalität liegt darin, dass ein beliebiges Merkmal zwischen verschiedenen Fundkomplexen verglichen werden kann. Wichtig ist nur, dass die Basisparameter bei der Aufnahme des Skelettmaterials erfüllt sind. Somit ist die Methode auch nicht gekoppelt an einen bestimmten Befundbogen. Diese Freiheit von der Art der Befundaufnahme, der Art des Befundbogens und des betrachteten Datums ermöglicht einen Einsatz, der auch unabhängig vom Bearbeiter ist.

Die im Raum stehende Frage lautet: Was ist das Ergebnis nach Korrektur der defekten Daten im Vergleich zu den unkorrigierten Rohdaten? In Abschnitt 6.4.2 wurden Rückschlüsse zwischen den Fundstätten gezogen, so wie man sie in der publizierten Literatur häufig antrifft. Der Waldron'sche Gedanke (Waldron 1994, 2007) bleibt dabei unberücksichtigt.

Damit der Vergleich noch aussagekräftiger und deutlicher wird, werden im Folgenden die ermittelten Daten von Emmering und Unterigling verglichen, davon aber nur die Altersklassen der *Adultas*, *Maturitas* und *Senilis*, d.h. der Ausschnitt ohne subadulte Individuen und ohne unsichere Geschlechtsbestimmung. Die Werte in Tab. 82 beziehen sich auf die dreifachen Kontingenztafeln in Tab. 58 bis Tab. 61 (Emmering) und Tab. 63 bis Tab. 66 (Unterigling). Durch die feine Aufgliederung der Daten im Rahmen der Inventarisierung die auch Strott (2006) erarbeitet hat, ist ein Vergleich auf dieser Ausschnittsmenge möglich. Der Einfluss des *Interobserver Error* wird zugleich durch das Betrachten dieses Datenausschnitts minimiert.

Tab. 82: Beschädigungsgrad in Prozent für erwachsene Individuen aus Emmering und Unterigling (nach Korrektur der defekten Daten).

	Weiblich		Männlich	
	Links [%]	Rechts [%]	Links [%]	Rechts [%]
<u>Emmering:</u>				
Schulter	10,77	13,95	25,00	25,90
Ellenbogen	0,69	5,77	11,50	10,53
Hüfte	31,07	13,55	39,23	25,14
Knie	8,38	5,23	11,5	12,94
<u>Unterigling:</u>				
Schulter	38,18	33,33	46,97	43,48
Ellenbogen	77,78	73,59	89,47	92,00
Hüfte	87,30	84,75	88,89	89,33
Knie	56,14	60,34	79,73	66,67

Die Fragen aus Abschnitt 6.4.2 wurden dort mithilfe der unkorrigierten Daten aus Tab. 79 und Tab. 80 beantwortet. In diesem Abschnitt werden dieselben Fragen mithilfe korrigierter Daten (Tab. 82) beantwortet.

Zu **Frage 1**, welche zwei Gelenke am wenigsten stark belastet sind, gilt bei den unkorrigierten Daten für beide Gräberfelder, dass die Gelenke der Ellenbogen und Knie als nur gering bis mäßig arthrotisch belastet gelten und somit am wenigsten stark belastet waren. Mit korrigierten Daten gilt: In Emmering sind auch weiterhin Ellenbogen und Knie die zwei am wenigsten belasteten Gelenke. Für Unterigling gilt das nicht: Die Schulter und die Knie sind die am wenigsten belasteten Gelenke. Ellenbogen sind bei Frauen mit 77,78 % links und 73,59 % rechts und bei den Männern mit 89,47 % links und 92,00 % rechts als *sehr stark belastet* zu beschreiben. Das Ellenbogengelenk ist damit stärker belastet als das Schultergelenk. Die Kniegelenke sind zwar weiterhin das am zweitwenigsten belastete Gelenk, doch ist deren Anteil von arthrotischen Gelenken mit 56,14 % links und 60,34 % rechts bei den Frauen, sowie 79,73 % links und 66,67 % rechts bei den Männern als stark belastet zu beschreiben.

Es fällt auf, dass nach Korrektur der defekten Daten von Unterigling (Strott 2006) nun ein anderes Gelenk stärker belastet ist.

Zu **Frage 2**, welche Gelenke am stärksten belastet sind, kann auf Basis der unkorrigierten Daten gefolgert werden, dass die Schultern und Hüften die Gelenke sind, die am stärksten belasteten sind. Nach Korrektur der Daten gilt für Emmering weiterhin, dass der Beschädigungsgrad an Schultern und Hüften am stärksten ist. Somit ist die Erwartung von Schultz (1978) für adulte Individuen aus Emmering erfüllt, nach der die meisten degenerativen Veränderungen im Bereich der Schulter- und Hüftgelenke aufgefunden werden können.

Für Unterigling gibt es, basierend auf den korrigierten Daten allerdings einen gravierenden Unterschied! Bei beiden Geschlechtern sind Ellenbogen und Hüfte am stärksten belastet, die Ellenbogengelenke sind deutlich stärker belastet als die Schultergelenke.

Zu **Frage 3**, ob ein Geschlecht mehr belastet ist als das andere, gilt bei den unkorrigierten Daten beider Gräberfelder, dass Männer stärker belastet sind als Frauen. Diese Aussage kann auch nach Korrektur ausnahmslos und für alle Gelenke bestätigt werden.

Zu **Frage 4**, ob bestimmte Gelenke in beiden Fundkomplexen einen ähnlich hohen Belastungsanteil haben, gilt für unkorrigierte Daten: der prozentuale Anteil von Arthrose im Schulter- und Ellenbogengelenk der Frauen, sowie im Ellenbogengelenk der Männer ist in beiden Gräberfeldern auf ähnlich hohem Niveau. Nach Datenkorrektur gilt: Es gibt kein Gelenk, bei dem die Werte zwischen Emmering und Unterigling auch nur auf einem annähernd ähnlichen Niveau liegen.

Zu **Frage 5**, ob die arthrotische Belastung für Schultern bei einem Geschlecht oder Fundkomplex überwiegt, kann anhand der unkorrigierten Daten gesagt werden, dass die Schultergelenke der Männer in Emmering gut 9 % stärker arthrotisch belastet sind als in Unterigling (17,32 % ggü. 8,21 %). Korrigiert überwiegt Unterigling jedoch Emmering (Männer linke Schulter: 46,97 % ggü. 25,00 %, Männer rechte Schulter: 43,48 % ggü. 25,90 %, vgl. Tab. 82).

Zu **Frage 6**, ob die arthrotische Belastung für Ellenbogen bei einem Geschlecht oder Fundkomplex überwiegt, kann anhand der unkorrigierten Daten gesagt werden, dass bei es den Ellenbogengelenken keine gravierenden Unterschiede gibt. Mit Korrektur gilt: Die Ellenbogengelenke aus Unterigling liegen enorm über den Werten aus Emmering, sowohl für Männer als auch für Frauen.

Zu **Frage 7**, ob die arthrotische Belastung für Hüften bei einem Geschlecht oder Fundkomplex überwiegt, kann anhand der unkorrigierten Daten gesagt werden, dass die Hüftgelenke von Männern und Frauen in Unterigling über 10 % stärker arthrotisch belastet als in Emmering sind. Nach Korrektur gilt: Die Werte der Hüftgelenke aus Unterigling liegen um Vielfache über den Werten aus Emmering (gilt für beide Geschlechter).

Zu **Frage 8**, ob die arthrotische Belastung für Knie bei einem Geschlecht oder Fundkomplex überwiegt, kann anhand der unkorrigierten Daten gesagt werden, dass bei den Kniegelenken die Werte aus Emmering für beide Geschlechter um Vielfache über den Werten aus Unterigling liegen. Nach Korrektur der Daten gilt: Die Werte der Kniegelenke aus Unterigling liegen um Vielfache über den Werten aus Emmering (gilt für beide Geschlechter).

Die Unteriglinger Bevölkerung zeigt nach Korrektur der defekten Daten bei allen Gelenken einen teils vielfach höheren Anteil arthrotisch veränderter Gelenke an den für eine Auswertung tauglichen Skelettelementen der vier großen Gelenke. In diesem Befundmaterial gab es also einen sehr hohen Anteil von defekten Daten, der mittels der Methode der *Inventarischen Auswertung* korrigiert werden konnte. Die Variablen, welche diesen markanten Unterschied erklären können, sind der Überlieferungsgrad und der Erhaltungsgrad. Das Skelettmaterial aus Emmering ist zum größten Teil unvollständig überliefert und liegt in einem überwiegend *mäßigen* bis *schlechten* oder *sehr schlechten* Erhaltungsgrad vor. Der Erhaltungsgrad konnte für die meisten Skelette aus Unterigling als „im Allgemeinen gut“ bezeichnet werden (Strott 2006). Das dieser Arbeit zugrundeliegende Kriterium war nach Czermak (2003):

„Erhaltungsgrad gut: Alle oder fast alle Knochen des Skeletts sind vorhanden, wobei von jedem einzelnen Knochen mehr als die Hälfte erhalten ist.“

Eine neben bereits erörterten zusätzlich denkbare Verlustquelle ist, dass besonders schwere Ausprägungen von Arthrose einen Einfluss auf die Erhaltung haben können. Das Ereignis, welches zum Verlust der Skelettelemente geführt hat, kann jedoch nicht betrachtet werden.

6.4.5 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurden die Forschungsfragen **F1** (können durch Korrektur der defekten Daten vorher unvergleichbare Fundkomplexe miteinander vergleichbar gemacht werden?) und **F2** (welche Auswirkungen hat diese neue Methode auf Arbeiten im osteoanthropologischen Kontext?) behandelt.

Die Eingrenzung des betrachteten Datenausschnitts führt dazu, dass ein möglichst aussagekräftiger Vergleich entsteht, weil anthropologisch sichere Altersgruppen betrachtet und unbestimmbare Individuen ausgeblendet werden.

Die Betrachtung der unkorrigierten Rohdaten bildet eine Vergleichsbasis. In diesem Abschnitt wurde das Fundmaterial aus Emmering genau so aufgearbeitet und betrachtet, wie es für Unterigling geschehen ist. Somit können die hieraus entstandenen Ergebnisse gegenübergestellt werden¹⁴¹. Zu diesen zwei Datenpools werden Fragen gestellt und anhand der in diesem Abschnitt vorliegenden Daten beantwortet. Es konnten einige Auffälligkeiten zwischen Emmering und Unterigling aufgezeigt werden.

Anschließend wurden die Daten korrigiert und diskutiert, wie *coverage error* bestmöglich vermieden wurden, damit die Stichprobe nicht verfälscht wird. Der Fehlanteil wurde für beide Fundorte ermittelt und es wurde betrachtet, welche Fehlerquellen trotzdem noch vorliegen können. Erst dann wurde eine Einzelbetrachtung der vier großen Gelenke durchgeführt.

¹⁴¹ Wenngleich bereits bekannt ist, dass diese Gegenüberstellung bewusst unkorrigierte Daten betrachtet, um den Nutzen der Datenkorrektur besonders plastisch darzustellen.

Die gerade im vorstehenden Kapitel erörterten Details helfen bei der Beantwortung der Forschungsfrage **F2** (siehe Einleitung des Kapitels). Wie der gerade geführte Vergleich aufzeigt, können die Rückschlüsse rein anhand der Rohdaten inhaltlich falsch sein. Eine Auswirkung für künftige Arbeiten im osteoanthropologischen Kontext ist demnach, dass der *Waldron'sche Gedanke*, hier in Form der *Inventarischen Auswertung* ausgearbeitet, die Aussagekraft von anthropologischen Rückschlüssen drastisch erhöhen kann. Darüber hinaus werden so für verschiedene Fundkomplexe gleichartige Datensätze gebildet, die aufgrund der standardisierten Datengrundlage valide miteinander vergleichbar sind. So ermittelte Vergleiche können dann auch wirklich belastbare Aussagen hervorbringen. Die *Inventarische Auswertung* soll daher als Standard für die Bewertung großer Gräberfelder dienen.

6.5 Provenienz

Die Auswertung der vorgenommenen Isotopenanalysen bilden die Basis zur Diskussion der möglichen Provenienz der Individuen. Bereits zum Zeitpunkt der Ausgrabung wurde die Vermutung geäußert, dass die damalige Population weniger in einen kriegerischen Kontext gebracht werden könne (Scherer 1990), was nach erfolgter anthropologischer Befundung genauer beleuchtet werden kann.

6.5.1 Strontium-Isotopendaten

Anhand der vorliegenden Isotopendaten und angewandten Methoden zur Bestimmung der lokalen Isotopie liegen die Messwerte von 14 Individuen außerhalb der zu erwartenden lokalen Isotopie des Emmeringer Reihengräberfeldes¹⁴². Es wurde selektiert, von welchen Individuen Proben gemessen werden sollen (vgl. Tab. 9). In der folgenden Auflistung fett markierte Befundnummern sind in Tab. 9 eingetragen, da bei ihnen archäologisch potentiell ortsfremde Stücke gefunden wurden. Die mit relativ hoher Wahrscheinlichkeit nicht-lokalen Individuen sind: **Emm 30** (senil, männlich), Emm 33 (matur, eher weiblich), **Emm 102** (senil, männlich), Emm 317 (adult, männlich), **Emm 354** (adult, männlich), **Emm 356** (matur, männlich), Emm 376 (juvenil, männlich), Emm 413 (adult, eher weiblich), Emm 449 (adult, männlich), **Emm 500** (adult, weiblich), Emm 515 (matur, männlich), Emm 521 (adult, eher weiblich), Emm 525 (spät matur, vom Geschlecht her unbestimmbar) und **Emm 526** (mindestens adult, männlich), vgl. Tab. 73. Für sieben von 14 potentiell ortsfremden Individuen, also die Hälfte der gemessenen Proben, ist die Vermutung anhand der archäologischen Fundstücke bestätigt. Das bedeutet aber zugleich, dass die archäologische Selektion der Proben dazu führt, dass das Ergebnis nicht repräsentativ für das gesamte Gräberfeld sein kann.

¹⁴² vgl. Kapitel 5.6.6.3.

Mit 50 gemessenen Proben wurden also weniger als 10 % des gesamten Gräberfeldes auf ihre Strontiumisotopie hin untersucht. 21 der Proben sind aufgrund der archäologischen Funde als möglicherweise ortsfremd eingestuft worden. Von diesen 21 Proben sind aber nur sieben tatsächlich auch nach Untersuchung der Strontiumisotopendaten als potentiell ortsfremd einzustufen. Zwei Drittel der archäologisch vermeintlich ortsfremden Individuen waren also anhand der Isotopien nicht unbedingt ortsfremd. Das kann daran liegen, dass diese Individuen aus einer Region stammen, welche eine sehr ähnliche Isotopie wie die als lokal definierte Isotopie aufweist. Gesamt betrachtet kann also für 14 von 539 Individuen ausgesagt werden, dass sie potentiell nicht-lokal sind. Weitere Gründe hierfür sind, dass es außerdem nicht-lokale Individuen geben kann, welche anhand ihrer Strontiumisotopensignatur nicht erkannt werden können. Außerdem kann das beprobte Material durch exogene Kontamination die lokale Isotopie des Bodens angenommen haben. Diese Unsicherheit kann trotz der erfolgten Validierungsmethoden nicht vollständig ausgeräumt werden (Budd et al. 2000, Hoppe et al. 2003). In solch einem Kontaminationsfall würde man die Probe als lokal einordnen, obwohl sie nicht-lokalen Ursprungs ist. Diese Überprägung bewirkt immer eine Anpassung der Probe an den Bestattungsplatz; ortsfremde Signale können dadurch verloren gehen, jedoch nicht erzeugt werden (Grupe et al. 1999, Schweissing und Grupe 2003a). Die Variationsbreite kann durch Bodenlagerung maßgeblich verringert werden. Somit kann die Variabilität lokal verfügbaren Strontiums überschätzt sein (Tütken 2010).

6.5.1.1 Lokale Isotopie

Zur Ermittlung der lokalen Isotopie wird auf valide Daten aus der Literatur zurückgegriffen. In Price et al. (2003) wurden Literaturwerte zusammengefasst und der Wertebereich von den geologischen Einheiten mit denen des biologisch verfügbaren Strontiums verglichen; letztere wurden aus Messungen von menschlichem Zahnschmelz und Knochen, sowie Großtieren wie Rindern und Schweinen, gewonnen. Relevant sind für diese Untersuchung die Werte des bioverfügbaren Strontiums, vgl. Abb. 61. Die Balken für biologisch verfügbares Strontium überlappen einander, daher sind für den süddeutschen Raum nach Price et al. (2003) Strontiumisotopen-Verhältnisse im Rahmen von 0,70772 und 0,71211 zu erwarten.

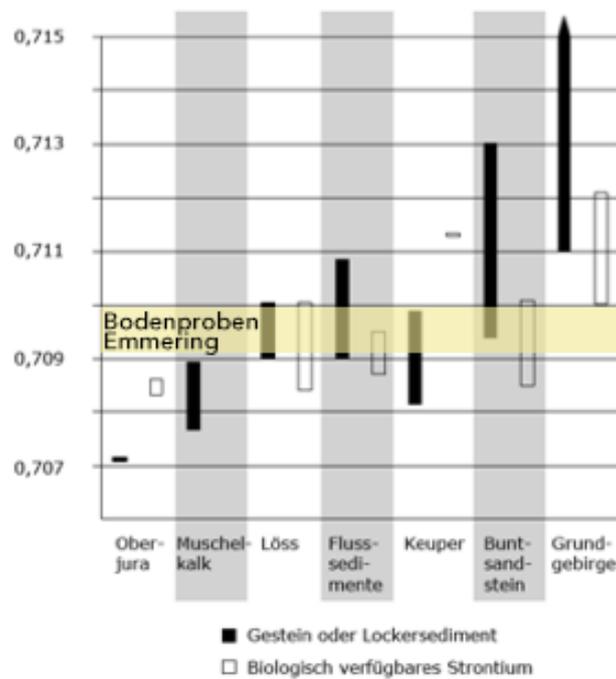


Abb. 61: Strontiumisotopen-Verhältnisse der wichtigsten geologischen Einheiten Südwestdeutschlands. Die schwarzen Balken für die Gesteinswerte orientieren sich an den Mittelwerten der Untersuchungen von oben genannten Autoren. Verändert nach Price et al. (2003). Gelb sind die $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Isotopendaten der Bodenproben aus Emmering eingezeichnet.

Wie in obiger Abbildung eingezeichnet, sind die Literaturwerte für Süddeutschland kompatibel mit den Ergebnissen der Bodenproben aus Emmering, die zwischen 0,70917 und 0,70996 liegen. Außerdem ist in obiger Abb. 61 zu sehen, dass für Löss und Flusssediment noch eine Übereinstimmung zwischen dem bioverfügbaren Strontium und der geologischen Einheit besteht. Rechts in der Abbildung ist zu erkennen, dass diese Daten für Grundgebirge und Buntsandstein stärker differieren. Werte aus menschlichen und tierischen Hartgeweben (also das bioverfügbare Strontium) sind deutlich erniedrigt gegenüber denen der Gesteinsformationen. Da es keine perfekte Übereinstimmung zwischen bioverfügbarem Strontium und den Werten aus geologischen Formationen gibt, fordern Price et al. (2003) ein Umdenken und eine Neudefinition des Begriffs der „lokalen Strontiumisotopensignatur“ (Vohberger 2011).

Die Literaturwerte für $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Isotopenverhältnisse von Gesteinen wurden zum Vergleich in Tab. 74 eingefügt; sie ergeben einen Wertebereich, welcher alle gemessenen Werte erlaubt und keinen einzigen ausschließt¹⁴³. Die separate Messung der Bodenproben ergibt ein Datennetz zur Einpassung, welches in Kombination mit der iterativen Methode plausible Werte hervorbringen kann. Die Bodenproben liegen von ihrer $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Signatur sehr eng beieinander. Es ist anzunehmen, dass weitere Bodenproben aus dem Bestattungsareal noch weiter streuende Signaturen annehmen könnten. Nur den Vertrauensbereich der Bodenproben als Grenzwerte für die lokale Isotopie zu nut-

¹⁴³ selbiges gilt für die mathematische Methode, alle Werte außerhalb des Vertrauensbereiches von 2σ um den Mittelwert herum auszuschließen.

zen, muss aufgrund der geringen Kardinalität der gemessenen Bodenproben verworfen werden. Die Werte der Bodenproben sind inklusive Streuung komplett in den internen Grenzen des σ -*Outlier-Tests* mit Faktor 2σ und $1,86\sigma$ enthalten. Mit dem σ -*Outlier-Test* mit Faktor 1,73 überlagern sich die Wertebereiche noch großenteils; verwendet man diese Wertegrenzen in Kombination, so ergibt sich als unterer Grenzwert 0,70851 und als oberer Grenzwert 0,70996. 14 Werte liegen außerhalb dieser Grenzen, was einer Zuwanderungsrate von 2,59 % entspricht (vgl. 6.5.1).

Da die Wertebereiche der Bodenproben nach unten komplett mit dem σ -*Outlier-Test* mit Faktor 1,73 überlappen und diese Grenzwerte nach oben hin beinahe deckungsgleich liegen, können die Werte, die mit Faktor 1,73 errechnet wurden, als sicher lokal eingestuft werden.

Die Eingrenzung mittels mathematischer Modelle und des Referenzsystems der Bodenproben hat bereits einen validen Vertrauensbereich von 0,70851 bis 0,70996 erzeugt, der zu einer plausiblen Zuwanderungsquote führt. Die Nutzung des zusätzlichen Isotopensystems der Bleiisotopendaten kann diesen Vertrauensbereich beeinflussen.

6.5.1.2 Bioverfügbares Strontium

Dieses Kapitel beantwortet einen Teil zur Hypothese **M1**, nämlich dass vorwiegend keltische Bevölkerungsanteile vertreten sind. Eine potentielle Herkunft orrtsfremder Individuen, angezeigt durch die archäologischen Funde, wird im nächsten Kapitel diskutiert.

Die Aufnahme von Strontium in den menschlichen Körper geschieht über die Nahrung. Zur Betrachtung der Herkunft des Strontiums ist daher weniger der Mensch selbst, vielmehr die Herkunft der Nahrung entscheidend (Vohberger 2011). Die Populationsgröße hat vermutlich im Laufe der Zeit zugenommen. Durch eine höhere Kopfzahl musste entsprechend mehr Nahrung erzeugt werden. Für den Anbau von Getreide und das Weiden von Tieren dehnen sich die Nutzflächen entsprechend aus. Auch die benötigte Waldfläche steigt, da mehr Baumaterial für verschiedenste Zwecke oder als Jagdfläche benötigt wird. Der Bedarf an Acker- und Weideflächen sowie Gartenbau- und Waldflächen steigt mit zunehmender Populationsgröße.

An Bodenarten liegen im Raum Fürstenfeldbruck Moorboden und Lehmböden vor (Urbatzka et al. 2014). Humusböden verfügen über hohe Nährstoffgehalte und sind zugleich geprägt von geringen mineralischen Anteilen. Ein Humusboden kann dann für den Ackerbau geeignet sein, wenn er nicht zu nass ist. Moorboden zählt zu den nassen Humusböden und kann nur nach einer Entwässerung verwendet werden. Lehmböden bestehen aus Ton und Sand, wobei die jeweils vorliegenden Eigenschaften von den Anteilen der einzelnen Komponenten abhängt. Lehmböden vereint gute wie schlechte Eigenschaften beider Bestandteile und kann für den Anbau jeder beliebigen Kultur-

pflanze genutzt werden. Lehmboden ist somit ideal für den Ackerbau geeignet. Die moderne Bodengüte geben Urbatzka et al. (2014) für das Jahr 2012 mit einer Ackerzahl¹⁴⁴ von 44 für Moorboden, und für Lehmboden im Jahr 2013 mit einer Ackerzahl von 58 an. Die langjährigen Niederschlagsmittel liegen bei 878 mm und die mittlere Jahrestemperatur liegt bei 8,6 °C. Diese (modernen) Kennzahlen stehen für eine gute Bodengüte, wodurch eine gewisse Ertragsfähigkeit des Bodens erwartet werden kann. Die heutige Bodenqualität darf nicht einfach auf frühmittelalterliche Verhältnisse übertragen werden. Durch die Bewirtschaftung kann sowohl eine Verbesserung als auch eine Verschlechterung der Bodenqualität hervorgerufen werden. Möglichkeiten, auf die Bodengüte vergangener Jahrhunderte zu schließen, existieren kaum (Vohberger 2011).

Damit die lokale Strontiumisotopie bestimmt werden kann, sollten die zur Siedlung gehörigen landwirtschaftlichen Nutzflächen (s.o.) mit einbezogen werden. Die nähere Umgebung des Fundkomplexes (idealerweise der Siedlung, doch deren Lage ist unbekannt) muss einbezogen werden. Für Emmering liegen aufgrund der nicht einheitlichen Geologie verschiedene Bodentypen vor. In Abb. 10 sind die verschiedenen Bodenarten von Emmering zu sehen: würmzeitlicher Schotter, würmzeitliche Ablagerungen im Außenbereich, Schotter, ungegliederte obere Süßwassermolasse und Altmoräne mit Endmoränenzügen. Demnach kommen hier sowohl Mergel, Lehm, Sand, sandiger Kies, tonig-schluffiger Kies, Schluff, teilweise Torf und Ton vor. Dadurch kommt ein größerer $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Wertebereich in Frage.



Abb. 62: Moderne 3D Ansicht von Emmering. Der Ort ist geprägt durch die Durchquerung der Amper und Umgebung von landwirtschaftlichen Nutzflächen und Wäldern. Die gelbe Raute zeigt die ungefähre Lage des Reihengräberfeldes.

¹⁴⁴ Die Ackerzahl dient zur Einstufung der Qualität von Ackerflächen. Sie ist abhängig von Klima- und Geländeverhältnissen und dient zur Ermittlung der Ertragswahrscheinlichkeit. Die Ackerzahl ist von 7 (sehr schlecht) bis 100 (sehr gut) skaliert. Eine Ackerzahl von 50 bedeutet in etwa die Hälfte des Ertrags eines idealen Bodens. Ackerflächen mit einer Ackerzahl < 20 gelten als für die Landwirtschaft kaum mehr tauglich (Bayerisches Landesamt für Steuern 2009).

Die Umgebung nahe des Flusses Amper selbst bietet besten Boden, doch kann die Siedlung im Wachstum durchaus größere Ausdehnungen erreicht haben. Es darf nicht ohne Kenntnis weiteren Kontexts direkt von der Isotopensignatur des Bodens auf die Signatur der Individuen geschlossen werden. Ebenso kann die Nahrung aus verschiedenen Einzugsgebieten kommen. Das Modell der *Thünenschen Ringe* nach Wiskemann (1859) und Irsigler (1991) sieht im Grundsatz auch vor, dass Siedlungen keine reinen Selbstversorgungssysteme darstellen, sondern dass vereinzelt Überschüsse erzielt werden, damit mehr Personen versorgt werden können (Vohberger 2011). Für eine vollständige Anwendung des Modells der *Thünenschen Ringe* liegen zu wenige Informationen gesichert vor (z.B. Bodengüte, Erträge der Wirtschaftszonen, Klimadaten, Lage der Siedlung, Art und Qualität, sowie Anteil der zwischen den Siedlungen verhandelten Güter). Sicher gab es Handel mit umliegenden Siedlungen. Somit kann die Nahrung aus verschiedenen Gebieten stammen. Anderswo angebaute Nahrung oder Fleisch von Tieren, welche Nahrung anderer Orte konsumierten, kann andere Isotopien enthalten und dadurch die Strontiumisotopie der Emmeringer Lebendbevölkerung verändert haben. Handel ist über weite Strecken nachgewiesen. Das Ziel muss nach Ericson (1989) daher die Entwicklung von sog. „menschlichen Nahrungseinzugsgebieten“ sein, anstatt einen „magischen Kreis“ festzulegen. Ein solcher Kreis kann nur mit einer hohen Unsicherheit um eine Siedlung gezogen werden. Bei einem solchen menschlichen Nahrungseinzugsgebiet muss auch der die Siedlung Emmering durchquerende Fluss Amper als Vehikel für Isotopensignaturen von flussaufwärtiger Quelle berücksichtigt werden. Die Isotopendaten der Tiere mitteln über die vorliegenden Signaturen im jeweiligen Streifgebiet; dies gilt auch bzw. besonders für saisonale Wandertiere. Wenn die Bewohner des Alpenvorlandes Kontakt mit anderen Siedlungen hatten, dann mitteln die Isotopenwerte über die gesamte Region der Siedlungen. In der Folge muss die Zuordnung einer lokalen Isotopie unter Vorannahmen gemacht und mit einer adäquaten Reserviertheit in der Interpretation betrachtet werden (Burton und Price 2013, Tütken 2010). Die bioverfügbare $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Isotopie liegt für Emmering näherungsweise bei 0,70851 bis 0,70996.

6.5.1.3 Zusammenfassung Strontiumisotopendaten

Nach den Ergebnissen der Strontiumisotopenanalyse lässt sich also die Vermutung des Vorliegens ortsfremder Individuen bestätigen. Es ist insgesamt anhand der Streuung der Werte wahrscheinlich, dass die untersuchten Individuen nicht aus einer einheitlichen geologischen Region stammen. Um dies sicher zu belegen, musste die lokale Isotopie von Emmering ermittelt werden¹⁴⁵.

Wie bereits der Graph der $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Signatur (ergänzt um den Erwartungsbereich für den süddeutschen Raum, vgl. Abb. 46) zeigte, kann eine Zuordnung der Individuen in überlappenden Erwartungsbereichen nur dann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit erfolgen, wenn man die Ergebnisse aus archäologischem Kontext mitberücksichtigt.

¹⁴⁵ vgl. 5.6.6.

Die eingangs aufgestellte Hypothese **M1**, die Siedlung bestehe aus vorwiegend keltischen Bevölkerungsanteilen lokaler Herkunft, kann bestätigt werden. Hubensteiner (2009) postulierte, dass eben Reste der keltischen Bevölkerung, angesiedelte Römer, germanische Söldner aus den römischen Grenztruppen und darüber hinaus Volkssplitter aus dem alemannischen, fränkischen bzw. thüringischen, ostgotischen und langobardischen Raum maßgeblich Einflüsse gewesen sein können.

Grundsätzlich lohnt ein Blick auf die Grablisten, in welchen anhand der archäologischen Funde (sofern vorhanden) eine Erwartungshaltung aufgestellt wurde ob eine Person nicht-lokal ist, da diese nun mit statistisch validierten Datennetzen aus der Isotopenanalyse überprüft werden kann. Die archäologischen Fundstücke geben Hinweise auf alle der vorstehend genannten Herkunftsgebiete. Mögliche Ursprungsländer einzelner Individuen sind somit das heutige Österreich, die Schweiz, Italien und Teile von Westfrankreich. Diverse Funde deuten auf den gesamtdeutschen Raum hin, zahlreiche auf den süddeutschen Raum, was aufgrund der Lage des Gräberfelds nicht weiter verwundert. Als *relativ wahrscheinlich ortsfremd* bis *sicher ortsfremd* wurden die Individuen Emm 83, Emm 184, Emm 376, Emm 449, Emm 479, Emm 530 und Emm 567 eingestuft. Emm 83 weist an Grabbeigaben eiserne Schnallenfragmente auf, eine Perle und ein Fragment eines Knochenkamms; die $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Isotopie liegt bei 0,709385. Emm 376 besitzt lt. Grablisten an Beigaben eine Schnalle mit Dornfragment, eine abgebrochene blattförmige Pfeilspitze, ein Fragment von Feuerstahl und drei Fragmente von Feuersteinen, die $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Isotopie liegt bei 0,716113. Emm 449 (0,714296), Emm 479 (0,708713) und Emm 567 (0,709491) hatten keine Grabbeigaben. Von Emm 184 und Emm 530 konnten keine Sr-Isotopendaten gemessen werden. Eine detaillierte Betrachtung dieser Individuen folgt im Abschnitt 6.5.3 in Zusammenschau mit den Bleisotopendaten.

Die Isotopendaten der ortsfremden Individuen passen zu den vermuteten Herkunftsgebieten von Hubensteiner (2009), welche mit hinreichender Wahrscheinlichkeit angenommen werden können.

Die Hypothese **M1** wird also anhand der ermittelten Ergebnisse belegt.

6.5.2 Bleisotopendaten

6.5.2.1 Betrachtung von Kontaminationen

Für die verschiedenen Isotope zeigte sich eine großteilige Überlappung. Für $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ können für den süddeutschen Raum Werte von 1,174 bis 1,202 ($\Delta = 0,028$) erwartet werden (Reimann et al. 2012). Die Emmeringer Werte für $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ liegen zwischen 1,153 und 1,221 ($\Delta = 0,068$), unter Berücksichtigung der statistischen Ausreißer noch enger, zwischen 1,174 und 1,221 ($\Delta = 0,047$). Dies bedeutet, dass mehr als die Hälfte des Wertebereiches überlappt. Für $^{207}\text{Pb}/^{208}\text{Pb}$ liegt der Erwartungswert aus Reimann et al. (2012) für die Region bei Emmering bei etwa 0,4063 bis 0,4074 ($\Delta = 0,0011$). Durch den Kehrwert der $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ Signatur konnten für Emmering $^{207}\text{Pb}/^{208}\text{Pb}$ -Werte

von 0,4048 bis 0,4144 ($\Delta = 0,0096$) ermittelt werden. Somit zeigen die Kontaminationen nur eine kleine Überlappung mit den gemessenen Daten aus Emmering. Der Abgleich des Verhältnisses von $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ gegen $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ der Messdaten aus Emmering mit allen Messdaten aus Reimann et al. (2012) ist wenig fruchtvoll, da die Emmeringer Werte vollständig im anderen, sehr großen Wertepool, liegen. Dennoch ist es als schwierig anzusehen, wenn eine Übereinstimmung dieser Trends alleine als Beweis für eine Kontamination ausgelegt würde. Dies liegt daran, dass abhängige Variablen verwendet werden (das ^{206}Pb Isotop kommt in beiden Achsen vor). Die Diagramme können mathematisch fehlerbehaftet sein, da intrinsische Korrelationen beim Vergleich von Isotopenverhältnissen erwartet werden müssen, wenn diese eine (oder mehrere) gleiche Variablen beinhalten (Kenney 1982, Ellam 2010, Lenahan et al. 2011). Reimann et al. (2012) schreiben selbst:

„[...] dass wenn alle europäischen Messwerte einbezogen werden, diese Daten genutzt werden könnten, nahezu alles zu argumentieren: den Eintrag von *Broken Hill Pb*¹⁴⁶, wie auch den Eintrag von *Mississippi Valley Pb*¹⁴⁷, sogar die Existenz von *extraterrestrischem Pb* in landwirtschaftlich genutzten Böden Europas, da viele Bodenproben Isotopenverhältnisse aufweisen, welche zu keinem Bleivorkommen weltweit zugeordnet werden können.“

(Reimann et al. 2012).

Es ist eben vermutlich doch anders, als Reimann et al. (2012) behaupten: die landwirtschaftlich genutzten Böden sind sehr wohl durch Eintrag kontaminiert und bringen damit Mischisotopien hervor. Darum werden zusätzliche Informationen benötigt, um hier eine klare Aussage treffen zu können, wie beispielsweise eine Betrachtung mit anderen Kontaminationswerten.

Dazu soll der Abgleich mit der *ESLP* dienen. Zum Vergleich wurde die Korrelationslinie von $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ zu $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ aus Emmering ermittelt. Beide Korrelationslinien wurden in die Auftragung von $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ gegen $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (vgl. Abb. 49) eingetragen, siehe Abb. 48 im Ergebnisteil. Es gibt dort einen Schnittpunkt der beiden Korrelationslinien bei $x = 2,09$ und $y = 0,8479$. Dabei zeigt sich deutlich, dass die Korrelationslinie der Werte aus Emmering eine ganz andere Steigung und somit einen anderen Verlauf hat als die *ESLP*. Da es eine mathematische Regel ist, dass sich zwei nicht-parallele Geraden in einem Koordinatensystem an einem Punkt schneiden, ist dieser Schnittpunkt nicht als Beleg einer Kontamination zu werten.

Zusammen ergeben die Emmeringer Bleiisotopendaten zwar eine Überlappung mit den Werten für $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ bzw. $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ aus Oberschichten landwirtschaftlich genutzter Böden aus Süddeutschland, doch sind diese Überlappungen alleine kein Beweis für das Vorliegen einer anthropogenen Kontamination der Emmeringer Proben.

¹⁴⁶ Wichtiges Bleivorkommen in Australien, gekennzeichnet durch ein sehr niedriges $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ Isotopenverhältnis von 1,04 (Reimann et al. 2012); Anmerk. d. Verf.

¹⁴⁷ Größte Bleivorkommen weltweit, in den USA verortet, gekennzeichnet durch ein hohes $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ Isotopenverhältnis von ca. 1,4 (Reimann et al. 2012); Anmerk. d. Verf.

In prähistorischer Zeit liegt ein deutlich geringerer anthropogener Fremdeintrag von Blei als heutzutage vor (vgl. Abb. 5). Rezente Daten, welche anhand von Material wie Bäumen, Bodenproben oder von Friseuren bereitgestellten Haaren eruiert wurden, zeigen alle niedrige Werte. Eine Kontamination ist in vorindustrieller Zeit zwar nachweisbar, jedoch verbleiben solche Werte immer über einem $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ Verhältnis von 1,18 (Ng und Patterson 1981). Ein anthropogener Eintrag muss demnach für $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ unter 1,17 liegen (Toncala 2015), weil die niedrigeren Werte Eintrag von $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ von 1,04 durch Blei aus Australien haben. Dies deckt sich auch mit den Erkenntnissen von Kamenov und Gulson (2014). Wie an Abb. 91 zu sehen ist, waren die zwei statistischen Ausreißer für $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ die Werte kleiner als 1,17 und wurden somit bereits durch den σ -*Outlier-Test* eliminiert und nicht weiter in die Auswertung einbezogen. Unter der etwas höher liegenden Marke von 1,18 verbleiben knapp drei andere Werte, alle anderen Werte liegen über dieser Grenze und können somit plausibel als nicht durch anthropogenes Blei kontaminiert bezeichnet werden. Es verbleibt jedoch im Raum des Möglichen, dass Werte durch exogenen Eintrag von ihrem ursprünglichen Wert her verändert wurden.

6.5.2.2 Ausreißerbetrachtung

Der σ -*Outlier-Test* brachte für die Systeme $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ fünf statistische Ausreißer hervor, für $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ebenfalls fünf, für $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ zwei, für $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ vier und für $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ zwei Ausreißer.

Die Kombination der Systeme $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ und $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ergab elf Ausreißer; alle Ausreißer sind in Tab. 77 enthalten. Insgesamt konnten 13 Ausreißer ermittelt werden (vgl. 5.7.5). Da sieben Proben anhand eines Systems als Ausreißer ermittelt wurden und die sechs weiteren Ausreißer durch zwei bis sechs Systeme als solcher ausgemacht wurden (nachdem im Vorfeld Ausschlüsse aufgrund von Qualitätskriterien bereits erfolgt sind), kann behauptet werden, dass Ausreißer anhand mehrerer Systeme nicht zufällig auftraten.

Folgende Informationen konnten anhand der Grablisten zu den Ausreißern zusammengetragen werden:

Tab. 83: Informationen aus den Grablisten zu den Ausreißern der verschiedenen Bleiisotopensysteme nach dem iterativen Isoplot-Modell und den Ausreißern mittels der Ausreißerermittlung durch Auftragung von $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ gegen $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$.

Probe	Alter	Geschlecht	lokal laut Sr?	Informationen Grablisten ¹⁴⁸
Emm 63	senil	männlich	lokal	ohne Funde
Emm 83	Infans I	n.z.b.	lokal	Datierung auf ca. Jahr 575 anhand Schnallenfragmenten und Perle
Emm 120	senil	eher männlich	lokal	Zwei Eisennieten, ein Eisenfragment, keine Datierung möglich
Emm 136	matur	männlich	lokal	Eisenmesser, keine Datierung
Emm 184	senil	eher männlich	lokal	Anhand archäologischer Funde nicht-lokal, keine Datierung möglich
Emm 220	Infans I	n.z.b.	lokal	Fragmente Messer, keine Datierung
Emm 229	matur	weiblich	lokal	ohne Funde
Emm 350	adult	männlich	lokal	ohne Funde
Emm 376	juvenil	männlich	nicht-lokal	Schnalle mit Dornfragment, abgebrochene blattförmige Pfeilspitze, Fragment von Feuerstahl, drei Fragmente von Feuersteinen, keine Datierung möglich
Emm 449	adult	männlich	lokal	ohne Funde
Emm 479	adult	eher weiblich	lokal	ohne Funde
Emm 530	matur	männlich	lokal	ohne Funde
Emm 567	adult	männlich	lokal	ohne Funde

Für die Probe Emm 184 konnte eine Übereinstimmung zwischen der archäologischen Erwartung (Individuum nicht lokal), und der ermittelten Messwerte aus den Isotopendaten, gefunden werden. Bei der $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Signatur liegen die Messwerte deutlich unterhalb der ermittelten lokalen Isotopie von Emmering. Für das Individuum 184 kann die Vermutung anhand der archäologischen Funde demnach mit hinreichender Wahrscheinlichkeit bestätigt werden.

Bei Betrachtung von Abb. 50, in der $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ sowohl gegen $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ als auch gegen $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ zugleich aufgetragen ist, gibt es zwar einzelne Werte, welche innerhalb des Erwartungsbereiches der jeweiligen Bleiisotopendaten für historische Zähne aus Europa (z.B. England) liegen; von einer großteiligen Übereinstimmung kann jedoch nicht gesprochen werden. Die Überlappung scheint willkürlich, und die Häufung der Werte liegt deutlich in einem anderen Bereich.

Manche Archäometallurgen betrachten die Messwerte in Bezug auf das ^{204}Pb Isotop zweitrangig oder lassen sie komplett aus den Auswertungen heraus. Hintergründe dafür sind, dass technische Probleme aufgrund der geringen Verfügbarkeit des Isotops existieren (Abundanz von nur ca. 1,4 %) und die Messungen zugleich einen hohen Messfehler aufweisen. Betrachtet man die Daten aus Tab. 77 in Bezug auf das ^{204}Pb

¹⁴⁸ vgl. Anhang 9.12.1, S. 362.

Isotop kritisch, so müsste man die Ausreißer, welche in einem System zur Basis ^{204}Pb ermittelt wurden, nur dann als valide zählen, wenn die auszuschließende Probe zusätzlich auch in einem Isotopenverhältnis ohne ^{204}Pb Isotop als Ausreißer erkannt wurde. Das ist für die Proben Emm 83, Emm 184, Emm 479, Emm 530 der Fall, nicht aber für die Proben Emm 229 und Emm 350 (vgl. Tab. 77). Unter Berücksichtigung dieser Einschränkung ergeben sich statt 13 Ausreißern elf Stück. Das ist deckungsgleich mit den Ausreißern, welche über das System $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ vs. $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ermittelt wurden.

Nachdem elf von 26 Datensätzen (welche nach Qualitätskriterien zur weiteren Verarbeitung verblieben sind) als Ausreißer ermittelt wurden, können bei Betrachtung dieser Auftragung von $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ vs. $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ also in Relation zu den insgesamt 539 Individuen ca. 2 % der gemessenen Individuen als nicht-lokal bezeichnet werden. Dieser Wert erscheint im direkten Vergleich mit einer Zuwanderungsrate von 2,59 % bezogen auf die Strontiumisotopenanalyse plausibel. Es ist jedoch zu beachten, dass die Bleiisotopenanalyse bevorzugt an solchen Befunden durchgeführt wurde, für welche bereits anhand der archäologischen Funde oder aus der Strontiumisotopenanalyse eine Wahrscheinlichkeit bestand, dass die Individuen nicht-lokal sein könnten. Diese Selektion hätte potentiell einen noch höheren Anteil von ortsfremden Individuen hervorbringen können. Die Stichprobe ist klein, insofern kann mit dieser Anzahl an Messungen kein repräsentativer Ausschnitt der gesamten Population erfasst sein. Ebenso kann der Kontakt mit bleihaltigen Artefakten zu abweichenden Signaturen, also Mischisotopien, führen. Die Aufgabe bestand darin, archäologische Hypothesen zu verwerfen oder zu unterstützen. Es wurde ja eine bewusste Auswahl von Proben getroffen, deren Isotopendaten gemessen werden sollten. Die geforderte Aufgabe wurde erfüllt. Die Ausreißererkenntnis liefert einen ähnlich geringen Anteil von potentiell ortsfremden Individuen wie auch die Strontiumisotopenanalyse. Dies ist mit einer frühmittelalterlichen agrarischen Bevölkerung in Einklang zu bringen.

6.5.2.3 Wertevergleich mit anderen Fundorten

Der Vergleich mit empirisch erhobenen Daten kann eine Einpassung der ermittelten Daten zu potentiellen Fundorten ermöglichen. Dazu wurden für die Bleiisotopen Quellen von Durali-Müller et al. (2007) und Grupe et al. (2017)¹⁴⁹ als Vergleichsbasis verwendet¹⁵⁰.

Wie der Abbildung für Südbayern (Deutschland), das Inntal (Österreich) und Italien (Abb. 51) zu entnehmen ist, liegen die Bleiisotopendaten aus Emmering zu weiten Teilen innerhalb dieser Erwartungsbereiche, die anhand von Proben von Menschen und Tieren ermittelt wurden, die Erwartungsbereiche für Menschen und Tiere wurden separat gezeichnet. In den Erwartungsbereichen existiert ein leichter Nord-Süd-Gradient in den Messwerten, welcher über leicht ansteigende Medianwerte bei $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ zu

¹⁴⁹ vgl. Kapitel 9.7.4 im Anhang.

¹⁵⁰ vgl. Kapitel 5.7.6.

erkennen ist (Grupe et al. 2017). Da Emmering nördlich der Alpen liegt, ist es nicht weiter verwunderlich, dass die Werte mit anderen geographisch in derselben Region liegenden Messwerten überlappen. Grundsätzlich ist die Quelle der Bleierze relevant für die Diskussion der gemessenen Werte. Da die Menschen die Erze nicht mit der Nahrung aufgenommen haben, müssen die Werte nicht exakt übereinstimmen.

Wie anhand der Abb. 53, Abb. 54, Abb. 55 und Abb. 56 deutlich zu sehen ist, spielen Herkunftsräume aus dem süddeutschen Raum eine große Rolle. Weil die Werte alle sehr nahe beieinander liegen, wurden sie zur besseren Übersichtlichkeit in gerade genannte vier Abbildungen aufgeteilt. Es gibt großteilige Überlappungen mit den Fundorten Aubing, Engelschalking und Obermenzing (Abb. 53). Aus Abb. 54 zeigen sich Überlappungen mit Bleiisotopendaten aus Eching. Die Messwerte aus Grünwald und Gernlinden wirken in dieser Auftragung wie eine Verlängerung der Werte der $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ vs. $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ Isotopenverhältnisse aus Emmering. Ebenso lassen sich Überlagerungen mit Bleiisotopendaten aus Kleinaitingen und Königsbrunn-Zeller feststellen (Abb. 55). Aus Abb. 56 lassen sich Bezüge zu Messwerten aus Fundstellen von Flintsbach am Inn und Waging am See herstellen. Natürlich liegen insgesamt zu wenig Messpunkte vor, um Mischisotopien ausschließen zu können.

Es gibt im Vergleich mit den Werten aus Lutz (2016) Überlappungen mit dem zypriotischen, britischen, deutschen und französischen Raum (vgl. Abb. 57). Die Werte für Bleiisotopen aus deutschen Eisenerzlagern liegen im Diagramm von $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ vs. $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ zwischen Sardinien und Zypern und überlappen zum Teil mit den Daten von Frankreich und Großbritannien (Klein et al. 2004). Erzlagerstätten aus Deutschland weisen $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Isotopenverhältnisse zwischen 0,845 bis 0,860 auf; dies reflektiert eine Erzbildung vor ca. 330 bis 150 Ma, dem Zeitraum von Variszikum und früher alpiner Orogenese (Durali-Müller et al. 2007, Klein et al. 2004). Durali-Müller et al. konnten durch den Vergleich von Isotopenverhältnissen von Bleiartefakten¹⁵¹ und deutschen Lagerstätten zeigen, dass die Römer bei der Artefaktherstellung bis zu 8,5 % Blei aus Eifellagerstätten verwendeten, dazu aber auch Blei aus Großbritannien und aus dem südlichen Zentralmassiv importierten (Durali-Müller et al. 2007).

Die Isotopendaten erlauben die Vermutung, dass auch Individuen römischer Herkunft in Emmering bestattet wurden, nämlich von der Signatur her potentiell Emm 376, Emm 449 und Emm 567. Die Isotopendaten dieser Befunde liegen im Vertrauensbereich für Messwerte aus Italien (Grupe et al. 2017). Emm 567 liegt laut der Strontiumisotopenanalyse zwar innerhalb der lokalen Isotopie, bildet bei der Bleiisotopenanalyse allerdings einen Ausreißer. Emm 376 und Emm 449 wiederum sind in beiden Isotopensystemen als Ausreißer erkrankt worden. Für die Strontium- wie auch Bleiisotopenda-

¹⁵¹ Es wurden 240 Bleiartefakte analysiert. Diese stammten aus Wallendorf (2. Jahrhundert v. Chr. bis 1. Jahrhundert n. Chr.), Dangstetten (15 bis 8 v. Chr.), Waldgirmes (1 bis 10 n. Chr.), Mainz (1 - 300 n. Chr.), Martberg (1. - 4. Jahrhundert. n. Chr.) und Trier (3. bis 4. Jahrhundert. n. Chr.).

ten ist natürlich die Einschränkung zu machen, dass eine alleinige Übereinstimmung der Messwerte mit einer potentiellen Herkunftsregion noch keine valide Aussage über diese Provenienz darstellt. Vielmehr muss eine plausible Hypothese aufgestellt und diese mit validen Daten untermauert werden, um zu einer Aussage mit hinreichender Wahrscheinlichkeit zu gelangen. Aufgrund mancher archäologischen Funde, die in den römischen Raum deuten, kann die Hypothese vereinzelter Rest-Römern in Emmering plausibel aufgestellt werden, wie auch von Hubensteiner (2009) bereits behauptet. Römische Schmiede verwendeten für ihre Produktion das lokal vorhandene Erz. Jedoch haben sie defekte Güter nicht einfach weggeworfen, sondern wiederverwertet und zur Herstellung neuer Gegenstände eingeschmolzen. Dies erschwert die Interpretation der Isotopendaten, da einerseits bereits bekannt ist, dass Artefakte aus Bleierzen verschiedenster Herkunft erzeugt wurden und andererseits über den Einschmelzungsprozess theoretisch verschiedenste Mischisotopien auftreten können.

Im Rahmen dieser Arbeit würde es zu weit führen, jede mögliche Mischisotopie einzeln zu beleuchten. Die Bleiisotopendaten ergeben nach den angelegten Qualitätskriterien und unter Berücksichtigung statistischer Ausreißer plausible Daten. Besonders die großteilige Überlappung mit Werten aus dem süddeutschen Raum stellt aufgrund der Lage des Reihengräberfeldes eine Sicherung dieser Herkunftsregion dar. Die Proben, die nicht über die Grabbeigaben oder die Ausreißererkenntnis markiert wurden sind somit als lokal einzustufen.

6.5.2.4 Zusammenfassung Bleiisotopendaten

Nach gegenwärtigem Forschungsstand kann man sehen, dass die Emmeringer Bleiisotopendaten frei von anthropogenen Kontaminationen zu sein scheinen. Die Werte der Isotopendaten aus Emmering sind mit bekannten empirischen Daten aus (Süd-)Deutschland (Durali-Müller et al. 2007, Grupe et al. 2017), Frankreich (Durali-Müller et al. 2007), Großbritannien (Durali-Müller et al. 2007), Italien (Durali-Müller et al. 2007, Grupe et al. 2017) und Österreich (Grupe et al. 2017, Lutz 2016) in Einklang zu bringen. Vereinzelte Datenpunkte, die Übereinstimmungen mit Großbritannien und Zypern aufweisen, sind statistische Ausreißer. Zwei Messwerte, welche im italienischen Wertebereich liegen, Emm 376 und Emm 449, sind sowohl Ausreißer der Bleiisotopendaten als auch der Strontiumisotopendaten. Es erscheint daher plausibel, dass diese Werte von nicht-lokalen Individuen stammen.

Der Kern der vorliegenden Arbeit ist der Umgang mit defekten Daten. Dadurch werden Grenzen aufgezeigt. Auch bei der Interpretation von Isotopendaten werden Grenzen aufgezeigt¹⁵². Diese Deutung muss als Pilotprojekt betrachtet werden, da die Zahl der

¹⁵² Aufgrund begrenzten oder schlecht erhaltenen Skelettmaterials war nach der Strontiumisotopenmessung oftmals keine (zweckdienliche) zweite Beprobung für eine Bleiisotopenanalyse möglich. Nicht jeder Messwert brachte ein valides Ergebnis hervor. Sogar die Übergabe der Messwerte kann fehlerbehaftet sein, (vgl. 5.7.1).

Messungen¹⁵³ einen Ausschnitt darstellt. Einen tatsächlichen Vertrauensbereich für eine lokale Bleiisotopie für Emmering zu postulieren ist aufgrund des Fehlens einer regionalen Feinkartierung von bioverfügbaren Bleiisotopenverhältnissen zur Einpassung der erhobenen Daten nicht möglich.

Gesamtschau:

Für Emm 83¹⁵⁴, kann genauso wie für Emm 567¹⁵⁵, angenommen werden, dass sie potentiell ortsfremd sind. Beide Proben wurden in zwei Bleiisotopensystemen als Ausreißer erkannt. Auch Emm 184¹⁵⁶ war mit hoher Wahrscheinlichkeit ein nicht-lokales Individuum. Die beiden in allen sechs Bleiisotopensystemen als Ausreißer erkannten Proben Emm 479¹⁵⁷ und Emm 530¹⁵⁸ können mit relativer Sicherheit als nicht-lokale Individuen bezeichnet werden.

6.5.3 Potentiell ortsfremde Individuen

Um einen Bezug zur Population herzustellen, werden die potentiell ortsfremden Befunde aus Kapitel 6.5.1.3 näher beschrieben. Emm 83 ist ein Kleinkind, bei dem potentiell ortsfremde Fundstücke im Grab aufgefunden wurden (vgl. Einschub auf S. 90). Die Probe Emm 83 ist zugleich die mit den geringsten Messfehlern in den Bleiisotopensystemen (vgl. Tab. 76). Die Bleiisotopendaten deuten darauf hin, dass das Kleinkind nicht die lokale Isotopie aufweist und demnach ein potentiell ortsfremdes Individuum ist. Mit einem Alter von ca. 3 Jahren \pm 12 Monaten war das Kleinkind abhängig von seinen Eltern¹⁵⁹, welche möglicherweise einen Ortswechsel vollzogen und sich dann in Emmering niedergelassen haben. Einen Hinweis zu anderen Individuen kann der Grabplan liefern. Emm 83 ist solitär bestattet, Emm 84 ist das nahegelegenste Grab, die Grabgruben sind nicht verbunden. Emm 84 ist laut anthropologischer Untersuchung des mäßig erhaltenen und unvollständig überlieferten Skeletts ein eher weibliches Individuum in der frühen Aduldas. Hieraus kann aber keinerlei Bezug hergestellt werden, denn zum einen sind für Emm 84 keinerlei archäologische Fundstücke überliefert um einen zeitlichen Hinweis zu geben. Zum anderen wären Mutter und Kind, sollten sie zeitgleich verstorben sein, sicher gemeinsam bestattet worden. Es ist anzunehmen, dass es sich um ein vereinzelt Sterbeereignis handelt und die Bezugspersonen von Emm 83 anderswo auf diesem Gräberfeld bestattet sind, wenn nicht sogar auf einem ganz anderen Friedhof. Für Emm 83 wurde aufgrund der potentiell ortsfremden Fund-

¹⁵³ 50 für Strontium, 26 für Blei, von 539 Befunden insgesamt.

¹⁵⁴ Emm 83 ist das Kleinkind, bei dem potentiell ortsfremde Fundstücke gefunden wurden (vgl. Einschub, S. 97).

¹⁵⁵ Emm 567 ist ein Mann, der starker physischer Belastung ausgesetzt war (ebd.).

¹⁵⁶ Emm 184 ist ein eher männliches Individuum in der Altersklasse *Senilis*, mit archäologischen Fundstücken, die nicht zwingend auf einen fremden Ort hinweisen (ebd.).

¹⁵⁷ Emm 479 ist eine mittel- bis spätadulte weibliche Person, bei der keine archäologischen Funde im Grab aufgefunden wurden (ebd.).

¹⁵⁸ Emm 530 ist ein männliches, frühmaures Individuum, bei dem insbesondere extreme Zahnhalskaries an fünf Zähnen aufgefunden wurde (ebd.).

¹⁵⁹ Selbstverständlich sind auch andere Familienverhältnisse und Konstellationen denkbar, doch diese in der Tiefe zu eruieren ist an dieser Stelle nicht zielführend (Anm. d. Verf.).

stücke, welche ca. auf das Jahr 575 datiert wurden, eine Strontiumisotopenanalyse durchgeführt. Der Messwert für $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ liegt im Erwartungsbereich der lokalen Isotopie. Eine mögliche Erklärung, dass das Individuum laut Strontiumisotopenanalyse lokal sein könnte, laut Bleiisotopendaten aber ortsfremd, ist Fremdeintrag. Durch Bodenlagerung kann Skelettmaterial die lokale Isotopie annehmen. Darüber hinaus sind Strontiumisotopendaten weltweit redundant. Es ist denkbar, dass das Individuum aus einer Region mit ähnlicher Strontiumisotopensignatur stammt. Aufgrund der archäologischen Fundstücke ortsfremder Herkunft, vmtl. aus Norddeutschland, und der ebenfalls auf nicht-lokale Herkunft hinweisenden Bleiisotopendaten hat das Kleinkind relativ sicher mit seinen Bezugspersonen einen Ortswechsel vollzogen und ist dann in Emmering verstorben. Von den Bleiisotopendaten ist Emm 83 gegenüber der Fundregion als Ausreißer markiert worden, die Bleiisotopendaten zeigen aber eine Überlappung mit dem gesamtdeutschen Raum, was eine norddeutsche Herkunft plausibel erscheinen lässt.

Individuum Emm 479 ist das einzige weibliche Individuum potentiell ortsfremder Herkunft aus den untersuchten Proben. Hier handelt es sich um eine mittel- bis spätadulte Frau, in deren Grabgrube keinerlei archäologische Fundstücke gefunden wurden. An Skelettmaterial sind hauptsächlich Diaphysenstücke der Langknochen überliefert, sowie die rechte Mandibula nebst losen Zähnen. Von der Erhaltung ist eine Auflösung der Knochenoberfläche zu sehen. Es sind keine Pathologien festzustellen. Von den Bleiisotopendaten her ist die Frau sicher ortsfremd, die Messwerte sind in allen Bleiisotopensystemen Ausreißer. Die $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Strontiumisotopensignatur bildet zwar keinen statistischen Ausreißer, doch die Daten liegen niedriger als die lokale Strontiumisotopensignatur. Demnach ist das Individuum relativ sicher ortsfremd. Als potentielle Herkunft kann von den Vertrauensbereichen Deutschland, Österreich und Italien nahezu ausgeschlossen werden. Die Bleiisotopensignatur weist auch mit Überlagerung von Durali-Müller (2007) keine Übereinstimmung auf. Die $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Signatur von 0,708713 lässt einen karbonathaltigen Boden als Ursprungsgebiet dieses Individuums vermuten, z.B. Mergel (tonhaltige Karbonate), Geschiebemergel oder Löss, wie er in weiten Teilen Eurasiens vorkommt. Hauptverbreitungsgebiete in Europa sind Nordfrankreich, Belgien, Südniederlande, Südpolen, das Karpatenbecken mit weiten Teilen Ungarns, der Vojvodina (Serbien), West-Rumänien als Fortsetzung des niederösterreichischen Lössgebiets, Südrumänien, Moldawien, die Ukraine und das südliche Russland. Die genaue Herkunft von Emm 479 kann somit nicht bestimmt werden.

Die weiteren potentiell ortsfremden Individuen sind Männer. Emm 184 ist ein seniler Mann, bei dem neben altersregelrechtem Abrasionsgrad an den Zähnen, der intravitale Zahnverlust des Oberkiefermolaren 27, eine Karies am Oberkiefermolar 16 und ein loser, bis auf die Wurzel abradierter Molar festgestellt werden konnte. An archäologischen Fundstücken sind Tonscherben gefunden worden, deren Herkunft als nicht-lokal eingestuft wurde. Dies wird durch die Bleiisotopenanalyse gestützt, da die Probe in

vier Bleisystemen als Ausreißer erkannt wurde. Emm 184 hat bei den Bleisotopendaten eine Überlappung mit einem einzigen Wertebereich für Menschen, nämlich Österreich. Somit kann Österreich als potentielle Herkunft für dieses Individuum gelten.

Emm 376 ist ein spätjuveniler bis frühadulter Mann. Die anthropologische Analyse ergab einige Beschädigungen an der Wirbelsäule. Archäologische Funde waren eine Schnalle mit Dornfragment, eine abgebrochene, blattförmige Pfeilspitze, ein Fragment von Feuerstahl und drei Fragmente von Feuersteinen. Sowohl durch die Strontiumisotopenanalyse, als auch die Bleisotopenanalyse wurde die Probe als Ausreißer erkannt. Das Individuum kann somit als relativ sicher ortsfremd eingestuft werden, als Herkunft kann plausibel Italien angenommen werden¹⁶⁰.

Emm 449 ist ein frühadulter Mann, bei dem keine pathologischen Auffälligkeiten festgestellt werden konnten. Es gab keine archäologischen Funde. Emm 449 ist sowohl bei der Strontium- als auch bei der Bleisotopenanalyse als Ausreißer erkannt worden und kann somit als relativ sicher ortsfremd, vermutlich aus Italien¹⁶⁰, bezeichnet werden.

Emm 530 ist ein frühmaturer Mann, der an fünf Zähnen eine extreme Zahnhalskaries aufweist. Es gab eine Eisenschnalle als Fundstück. Von den Bleisotopendaten wurde die Probe in allen Bleisystemen als Ausreißer erkannt. Das Individuum ist somit sehr wahrscheinlich ortsfremd. Da es keine Überlappung mit den zum Vergleich herangezogenen Bleisotopendaten gibt und für Emm 530 keine Strontiumisotopenanalyse durchgeführt wurde, verbleibt die potentielle Herkunft dieses Individuums unbekannt.

Emm 567 hat keine archäologischen Funde. Das Skelett zeigt diverse Pathologien an der Wirbelsäule (vgl. Kapitel 5.1.5). Insgesamt war das Individuum vermutlich starker physischer Belastung ausgesetzt. Es liegen keine archäologischen Fundstücke vor. Von den Strontiumisotopendaten liegt der Messwert im Rahmen der lokalen Isotopie von Emmering. Nach der Bleisotopensignatur kann das Individuum als potentiell ortsfremd bezeichnet werden, da es in zwei Systemen als Ausreißer erkannt wurde. Wie auch beim Kleinkind Emm 83 kann das Individuum aus einer Region mit ähnlicher $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Signatur stammen und somit ortsfremd sein, obwohl die Signatur im Rahmen der lokalen Signatur liegt. Die mögliche Herkunft ist Italien¹⁶⁰.

6.5.4 Ausreißer in beiden Isotopensystemen

Die Zusammenfassung beider Isotopensignaturen resultiert in einem vierdimensionalen „Isotopenfingerabdruck“ aus $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ und $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ¹⁶¹. Es gibt 20 Proben, für die sowohl Strontium- wie auch Bleisotopenmessungen vorliegen. Sieben Messungen davon sind im jeweiligen Vertrauensbereich, vier Werte sind

¹⁶⁰ vgl. Kapitel 6.5.2.3, weiter hinten im Abschnitt.

¹⁶¹ Die auf diesem Wege generierten Daten wurden innerhalb einer Excel-Datei gesichert und für die statistischen Methoden vorbereitet.

Ausreißer bei den Strontiumdaten, aber im Vertrauensbereich der Bleiisotopendaten. Sieben Werte hingegen sind Ausreißer bei den Bleiisotopenmessungen aber innerhalb der inneren Grenzwerte der Strontiumdaten. Zwei Werte, siehe nächster Abschnitt, sind Ausreißer in beiden Systemen, vgl. Ergebnisse in Tab. 78.

Es kann vorkommen, dass bei der Betrachtung mehrerer Isotopensysteme die statistischen Ausreißer in einem System keine Übereinstimmung mit den ermittelten Ausreißern in einem anderen System aufweisen. Ein solcher Zustand schmälert jedoch nicht die Aussagekraft der Ausreißerererkennung, wenngleich ein Ausreißer aus mehreren Isotopensystemen eine höhere Sicherheit des Ausschlusses bedeuten kann. Zusammen genommen können neben den in Tab. 78 aufgelisteten (und in Abb. 58 und Abb. 59 grün markierten) Proben mit besonders hoher Wahrscheinlichkeit als nicht-lokale Individuen bezeichnet werden: Emm 184, Emm 376 und Emm 449. Wie diese drei, sind die meisten als ortsfremd erkannten Individuen Männer. Eine Zuwanderungsrate wurde nicht bestimmt, da zur Auswahl der zu messenden Proben eine Selektion vorgenommen wurde.

7. Zusammenfassung

Die Untersuchung des Reihengräberfelds von Emmering stellt einen detaillierten anthropologischen Befund dar. Neben der eingehenden Betrachtung von Überlieferungs- und Erhaltungsgrad wurden das Sterbealter, das Geschlecht und die Körperhöhe bestimmt. Der vollständige anthropologische Befund umfasst außerdem die Untersuchung degenerativer Erkrankungen von Gelenken und Wirbeln, die Bestimmung des Zahnstatus und die Feststellung von weiteren Pathologien, *anatomischen Skelettvarianten* (ASV) und Spuren interpersoneller Gewalt. Diese Analysen erfolgen jeweils auf Individualebene. Die Altersverteilung entspricht weitestgehend den Charakteristika eines frühmittelalterlichen Reihengräberfeldes. Durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit mit dem Archäologen Tobias Georg Albrecht, der die archäologischen Relikte des Emmeringer Fundkomplexes bearbeitet, konnte der Informationsgrad und somit die Sicherheit der Geschlechtsbestimmung anhand des überwiegend *mäßig* oder *schlecht* erhaltenen Skelettmaterials maßgeblich erhöht werden.

Auf Populationsebene wurde eine paläodemographische Analyse durchgeführt. Zur bestmöglichen Einschätzung der damaligen Lebendpopulation wurde die Sterbetafel ermittelt. Zudem wurden diverse paläodemographische Kenngrößen berechnet. Dazu zählen die Repräsentanz der Skelettserie, die Sterbewahrscheinlichkeit und die Lebenserwartung zum Zeitpunkt der Geburt, sowie der Maskulinitäts- und Abhängigenindex. Darüber hinaus wurde die damalige Populationsgröße geschätzt und die Mortalitäts- und Wachstumsrate der frühmittelalterlichen Emmeringer Bevölkerung ermittelt. Die demographischen Untersuchungen weisen die vorliegende Friedhofspopulation aus Emmering trotz eines nachweislich vorliegenden Kleinkinderdefizits als einen repräsentativen Bevölkerungsausschnitt aus.

Diese Ergebnisse bilden gemeinsam den Eindruck, dass die Bestatteten eine bäuerliche Siedlungsgemeinschaft darstellen, in welcher sich vereinzelt Söldner niedergelassen haben oder hier verstarben.

Migrationsereignisse wurden über stabile Isotopenanalysen an Zahnschmelz untersucht. Die Strontiumisotopenanalyse stellt eine etablierte Methode dar und lieferte stabile Werte. Die Kombination von Isotopendaten aus Sedimentproben kombiniert mit statistischen σ -*Outlier-Tests* wurde zur Festlegung der lokalen Strontium-Isotopensignatur verwendet. Die Blei-Isotopenanalyse stellt einen fortwährenden Forschungsgegenstand dar. Das Datennetz dieser Methode ist noch bei weitem kleiner als bei der Strontium-Isotopenanalyse. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, wurden Ausreißerermittlungen mittels σ -*Outlier-Tests* durchgeführt.

Ein besonderes Augenmerk galt der Verifizierung der Messdaten gegenüber möglichen anthropogenen Kontaminationen. Da statistische Tests interne Bezüge bilden, wurde die European Standard Lead Pollution (*ESLP*) nebst Messdaten von Eisbohrkernen als Kontrollgrößen herangezogen. Außerdem wurden publizierte Daten als externes Datennetz zur Einpassung verwendet. Nach Validierung und Ausreißerermittlung beider Isotopensysteme wurden ihre Ausreißer miteinander verglichen. Die von Hubensteiner (2009) angenommenen Ursprungsgebiete konnten nach dem Parsimonie-Prinzip mit hinreichender Wahrscheinlichkeit als plausibel bestätigt werden.

Grundsätzlich ist bei menschlichen Relikten im archäologischen Kontext eine vollständige Überlieferung so gut wie undenkbar. Es wurden Ursachen für Informationsverlust erörtert, welche einen Teil der *defekten Daten* erklären. Die im Rahmen dieser Arbeit neu entwickelte Methode der *Inventarischen Auswertung* stellt eine statistisch verifizierbare Vergleichsmöglichkeit beliebiger Merkmale im anthropologischen Kontext dar. Die Methode ist unabhängig vom verwendeten Befundbogen oder der Art der Befundung möglich, solange die Basisparameter bei Aufnahme des Skelettmaterials erfüllt sind. Als *Proof of Concept* wurde die *Inventarische Auswertung* auf die anthropologischen Ergebnisse zweier verschiedener Fundkomplexe vergleichbarer Region und Zeitstellung angewendet. Als Vergleichsbasis wurde Unterigling (Strott 2006) ausgewählt und die Ergebnisse wurden ausführlich diskutiert. Die Korrektur der *defekten Daten* ergab einen Befund, der von der Aussage her anders ist als die Betrachtung der Rohdaten - wie es in der publizierten Literatur oft der Fall ist. Ein Vergleich der korrigierten Daten brachte neue Erkenntnisse hervor, die ohne die *Inventarische Auswertung* nicht detektierbar gewesen wären. Die Methode stellt somit (bei geeignet vorliegendem Inventar) ein probates Werkzeug dar, sowohl in Bearbeitung befindliche wie auch bereits publizierte anthropologische Ergebnisse ohne aufwendige Nachbefundung zu verarbeiten. Der Mehrwert liegt darin, dass statistisch belastbare Häufigkeiten für das betrachtete Datum geschaffen werden. Die Methode ist für Skelettelemente universell einsetzbar und sie ist vom betrachteten Ereignis unabhängig. Sie ermöglicht es, Vergleiche zwischen Daten unterschiedlicher Fundkomplexe anzustellen, deren Aussagen zueinander endlich valide sind.

Die im Zuge der Methode entwickelte *Fragmentary Data Datenbank* soll der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden. Sie kann genutzt werden, um weitere Ereignisse verschiedener Zeitstellungen und Regionen aufzunehmen und valide Erwartungswerte für Fundkomplexe mit vergleichbaren Ausgangsparametern zu erzeugen.

Darum wird der Einsatz der *Inventarischen Auswertung* für künftige Arbeiten ausdrücklich empfohlen.

8. Literatur

ÅBERG G., FOSSE G., STRAY H. (1998): *Man, nutrition and mobility: a comparison of teeth and bone from the medieval era and the present from Pb and Sr isotopes*. *Sci Total Environ* 224:109–119.

ACSÁDI G., NEMESKÉRI J. (1957): *Paläodemographische Probleme am Beispiel des frühmittelalterlichen Gräberfeldes von Halimba-Cseres Kom*. *Veszprém/Ungarn. Homo* 8, 133-148.

ACSÁDI G., NEMESKÉRI J. (1970): *History of human life span and mortality*. Akademiai Kiado, Budapest.

ALBARÈDE F., DESAULTY A-M., Blichert-Toft J. (2012): *A geological perspective on the use of Pb isotopes in archaeometry*. *Archaeometry* 54:853–867.

ALBRECHT D. (1953): *Historischer Atlas von Bayern, Teil Altbayern, Bd. 6, Klostergerichte Ettal und Benediktbeuern*, München.

ALBRECHT T. (2018, in Vorb.): *Das frühmittelalterliche Gräberfeld in Emmering, Lkr. Fürstenfeldbruck*. Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München, Fakultät für Kulturwissenschaften.

ALT K.W., WÄCHTER R., TÜRPF, J.C. (1993): *Pulpaalveolar Disease: Etiology, Indidence and Differencation of Periapical Lesions*. *Int. J. Paleopath.* 5. 22-53.

AMBROSE S. H. (1991): *Effects of diet, climate and physiology on nitrogen isotope abundances in terrestrial foodwebs*. *Journal of Archaeological Science* 18(3):24.

ANDERSON J. (1968): *Skeletal "anomalies" as genetic indicators*. In: Brothwell DR (Hrsg) *The Skeletal Biology of Earlier Human Populations*. Pergamon Press, Oxford, S 135–148.

ANGEL L.J. (1969): *The Bases of Paleodemography*. *American Journal of Physical Anthropology* 30, 427-438.

ANGENENDT A. (1972): *Monachi peregrini. Studien zu Pirmin und den monastischen Vorstellungen des frühen Mittelalters*, Münstersche Mittelalter-Schriften 6, München.

ARNOLD K. (1980): *Kind und Gesellschaft in Mittelalter und Renaissance*. Schöningh, Paderborn.

BACH H. (1965): *Zur Berechnung der Körperhöhe aus den langen Gliedmaßenknochen weiblicher Skelette*. *Anthrop. Anz.* 29. 12-21.

BACH A., SIMON K. (1978): *Sterblichkeit des Menschen im historischen Verlauf unter besonderer Berücksichtigung ihrer Geschlechtsspezifik*. *Alt-Thüringen* 15. 7-17.

BALLREICH R.; BAUMANN W. (1988): *Grundlagen der Biomechanik des Sports*. Enke, Stuttgart.

BARRY P.S.I. (1975): *A comparison of concentrations of lead in human tissues*. *British Journal of Industrial Medicine* 32: 119–139.

BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STEUERN (2009): *Merkblatt über den Aufbau der Bodenschätzung 02/2009*. München.

- BENTLEY R. A. (2006): *Strontium Isotopes from the Earth to the Archaeological Skeleton: A Review*. *Journal of Archaeological Method & Theory* 13:135-187.
- BENTLEY R. A., KNIPPER C. (2005): *Geographical patterns in biologically available strontium, carbon and oxygen isotope signatures in prehistoric SW Germany*. *Archaeometry* 47(3):629-644.
- BENTLEY A., PRICE T. D., LÜNING J., GRONENBORN D., WAHL J., FULLAGER P. (2002): *Prehistoric migration in Europe: strontium isotope analysis of early Neolithic skeletons*. *Current Anthropology* 43: 799 – 804.
- BENTLEY A., KRAUSE R., PRICE T. D., KAUFMANN, B. (2003): *Human mobility at the early Neolithic settlement of Vaihingen, Germany: evidence from strontium isotope analysis*. *Archaeometry* 45: 471 – 486.
- BENTLEY R.A., PRICE T.D., STEPHAN E. (2004): *Determining the 'local' $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ range for archaeological skeletons: a case study from Neolithic Europe*. *Journal of Archaeological Science* 31(4):365-375.
- BERGNER C. (1992): *Aktivitätsmuster im frühen Mittelalter - Ein Beitrag zur Alltagsgeschichte*. Diplomarbeit München.
- BERGSLIEN E.T., BUSH M., BUSH P.J. (2008): *Identification of cremains using X-ray diffraction spectroscopy and a comparison to trace element analysis*. *Forensic Science International* 175 (2-3): 218– 226.
- BERRY A.C., BERRY R.J. (1967): *Epigenetic variation in the human cranium*. *Journal of Anatomy* 101: 361–379.
- BOCQUET-APPEL J.-P., MASSET C. (1977): *Estimateurs en Paléodémographie*. *L' Homme* 17,4, 65-90.
- BOCQUET-APPEL J., MASSET C. (1982): *Farewell to paleodemography*, *Journal of Human Evolution* 11, 321.
- BÖCKER W., DENK H., HEITZ Ph.U. (2001): *Pathologie*. Urban & Fischer Verlag. München, Jena.
- BOJESSEN A., JUUL S., GRAVHOLT C.J. (2003): *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, Volume 88, Issue 2, 1st February 2003, p. 622–626.
- BOLLHÖFER A., ROSMAN K.J.R. (2001): *Isotopic source signatures for atmospheric lead: the Northern Hemisphere*. *Geochim Cosmochim Acta* 65:1727–1740.
- BOSKEY A.L. (1999): *Mineralization, Structure, and Function of Bone*. In: Seibel M.J., Robins S.P., Bilezikian J.P. (Hrsg.). *Dynamics of Bone and Cartilage Metabolism*. San Diego, New York, Boston, London, Sydney, Tokyo, Toronto: Academic Press. S. 153-162.
- BOSKEY, A., PLESHKO CAMACHO N. (2007): *FT-IR imaging of native and tissue-engineered bone and cartilage*. *Biomaterials* 28 (15): 2465-2478.
- BOSKEY A.L., COLEMAN R. (2010): *Aging and bone*. *Journal of dental research* 89 (12): 1333-1348.
- BOWER N.W., GETTY S.R., SMITH C.P., SIMPSON Z.R., HOFFMAN J.M. (2005): *Lead isotope analysis of intraskeletal variation in a 19th century mental asylum cemetery: diagenesis versus migration*. *Int J Osteoarchaeol* 15:360–370.

- BREITENLECHNER E., HILBER M, LUTZ J., KATHREIN Y., UNTERKIRCHER A., OEGGLS K. (2010): *The impact of mining activities on the environment reflected by pollen, charcoal and geochemical analyses*. J Archaeol Sci 37:1458–1467.
- BREITINGER E. (1937): *Zur Berechnung der Körperhöhe aus den langen Gliedmaßenknochen*. Anthrop. Anz. XIV. 249-274.
- BRICKLEY M., MCKINLEY J. I. (2004): *Guidelines to the Standards for Recording Human Remains (IFA Paper No. 7)*. Southampton and Reading: BABAO and IFA.
- BROCA P. (1861): *Sur le volume et la forme du cerveau suivant les individus et suivant les races*. Bull. Soc. Anthropol. Paris 2. 139-207.
- BROTHWELL D.R. (1981): *Digging up Bones. The Excavation, Treatment and Study of Human Skeletal Remains*. 3. Aufl. Cornell University Press, Ithaca New York.
- BRUNNER J.A. (1972): *Die frühmittelalterliche Bevölkerung von Bonaduz*. Diss. Sonderdruck aus der Schriftreihe des Rätischen Museums Chur, Heft 14, Zürich.
- BUDD P., MONTGOMERY J., COX A., KRAUSE P., BARREIRO B., THOMAS R.G. (1998): *The distribution of lead within ancient and modern human teeth: Implications for long-term and historical exposure monitoring*. Science of the Total Environment 220(2–3): 121–136.
- BUDD P., MONTGOMERY J., BARREIRO B., THOMAS R. (2000): *Differential diagenesis of strontium in archaeological human dental tissues*. Applied Geochemistry 15(5): 687-694.
- BUIKSTRA J., UBELAKER D. H. (editors) (1994): *Standards for data collection from human skeletal remains*. Arkansas Archeological Survey Research Series No. 44, 272 f., Fayetteville.
- BULLEN T.D., KENDALL C. (1998): *Tracing of weathering reactions and water flowpaths: a multi-isotope approach*. In: KENDALL C., Mc DONNELL J.J. (eds) Isotope tracers in catchment hydrology. Elsevier, Amsterdam, pp. 611–646.
- BULLOUGH V., CAMPBELL C. (1980): *Female Longevity and Diet in the Middle Ages*. Speculum 55, 317-325.
- BURTON J.H., PRICE T.D. (2013): *Seeking the local $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratio to determine geographic origins of humans: no easy answers*. In: Armitage R.A., Burton J.H. (eds): Archaeological chemistry VIII. American Chemical Society, Washington, DC, pp. 309-320.
- BURTON J.H., HAHN R. (2016): *Assessing the "local" $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratio for humans*. In: Grupe G, McGlynn GC (eds) Isotopic landscapes in bioarchaeology. Springer, Berlin, pp. 113–121.
- BUSLEY H., DREXLER T., HOFFMANN C.A., SALZMANN P.-E., WOLLENBERG K. (1992): *Der Landkreis Fürstentfeldbruck: Natur – Geschichte – Kultur*. Landratsamt Fürstentfeldbruck.
- CAPASSO L., KENNEDY K.A.R., WILCZAK C.A. (1999): *Atlas of Occupational Markers on Human Remains*. Edigrafital, Teramo.
- CARDEN A., MORRIS M.D. (2000): *Application of vibrational spectroscopy to the study of mineralized tissues (review)*. Journal of Biomedical Optics 5 (3): 259-268.

- CARLSON A.K. (1996): *Lead isotope analysis of human bone for addressing cultural affinity: a case study from Rocky Mountain House, Alberta*. J Archaeol Sci 23:557–567.
- CHAMBERLAIN A. (2006): *Demography in Archaeology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- CHIARADIA M., GALLAY A., TODT W. (2003): *Different contamination styles of prehistoric human teeth at a Swiss necropolis (Sion, Valais) inferred from lead and strontium isotopes*. Appl Geochem 18:353–370.
- COCHRAN W.G. (1977): *Sampling techniques*. 3. Aufl. New York.
- COTTA H., PUHL W. (1993): *Orthopädie*. Georg Thieme Verlag. Stuttgart, New York.
- CROWLEY B.E., MILLER J.H., BATAILLE C.P. (2017): *Strontium isotopes ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) in terrestrial ecological and palaeoecological research: empirical efforts and recent advances in continental-scale models*. Biol Reviews 92, Issue 1: 43-59.
- CZARNETZKI A. (1996): *Stumme Zeugen ihrer Leiden*. Paläopathologische Befunde. Attempo Verlag. Tübingen.
- CZERMAK A. (2003): *Anthropologische Analyse der Skelettfunde aus der Separatgrab-lege von Etting, Landkreis Ingolstadt*. Diplomarbeit, München.
- DAUX V., LÉCUYER C., HÉRAN M-A., AMIOT R., SIMON L., FOUREL F., MARTINEAU F., LYNNERUP N., REYCHLER H., ESCARGUEL G. (2008). *Oxygen isotope fractionation between human phosphate and water revisited*. Journal of Human Evolution 55(6):1138-1147.
- DE JONG W.F. (1926): *La substance minérale dans les os*. Recueil des Travaux Chimiques des Pays-Bas 45 (6): 445– 448.
- DEMIRJIAN A., GOLDSTEIN H. (1986): *New systems for dental maturity based on seven and four teeth*. Ann Hum Biol 3. 411-421.
- DENIRO M.J., EPSTEIN S. (1978). *Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals*. Geochimica et Cosmochimica Acta 42(5):495-506.
- DIHLMANN W. (1987): *Gelenke - Wirbelverbindungen*. Klinische Radiologie einschließlich Computertomographie - Diagnose, Differentialdiagnose. 3. Auflage; Thieme Verlag, Stuttgart.
- DONAT P., ULLRICH H. (1971): „Bevölkerung“. II. Bevölkerungszahlen. D. Archäologie. Reallexikon der Germanischen Altertumskunde 2. Berlin. 349-353.
- DOROZHKIN S.V., EPPLE M. (2002): *Biological and medical significance of calcium phosphates*. Angewandte Chemie, International Edition 41 (17): 3130– 3146.
- DRENCKHAHN D., FLEISCHHAUER K. (1994): *Mundhöhle*. In: Drenckhahn D, und Zenker W (Hrsg.). Benninghoff Anatomie. 15. Auflage. München, Wien, Baltimore: Urban & Schwarzenberg. S 780-815.
- DRENHAUS U. (1977): *Paläodemographie, ihre Aufgaben, Grundlagen und Methoden*. Zeitschrift für Bevölkerungswissenschaft 3. 3-40.
- DRENHAUS U. (1988) *Methoden der Paläodemographie*. In: Knußmann R (Hrsg) 2. Teil: Physiologische, psychologische, genetische und mathematische Methoden. Anthropologie. Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen, Bd. I: Wesen und Metho-

- den der Anthropologie. 4. Aufl. Gustav-Fischer-Verlag, Stuttgart, S 602–616. Frühgeschichte, Heft 11, 73-103. Stuttgart.
- DUNLAP C.E., STEINNES E., FLEGAL A.R. (1999): *A synthesis of lead isotopes in two millennia of European air*. Earth Planet Sci Lett 167:81–88.
- DURALI-MÜLLER S., BREY G.P., WIGG-WOLF D., LAHAYE Y. (2007): *Roman lead mining in Germany: its origin and development through time deduced from lead isotope provenance studies*. J Archaeol Sci 34:1555–1567.
- DUTERLOO H.S. (1997): *Die Entwicklung des menschlichen Gebisses – Dentition, Zahndurchbruch, Zahnwechsel*. In: Alt, K.W. (Hrsg.): Die Evolution der Zähne. Quintessenz Verlags-GmbH. Berlin.
- ELIAS R.W., HIRAO Y., PATTERSON C.C. (1982): *The circumvention of the natural biopurification of calcium along nutrient pathways by atmospheric inputs of industrial lead*. Geochimica et Cosmochimica Acta 46(12):2561-2580.
- ELLAM R.M. (2010): *The graphical presentation of lead isotope data for environmental source apportionment*. Sci. Total Environ. 408, 3490–3492.
- ELLIOTT J.C. (2002): *Calcium phosphate biominerals*. Reviews in Mineralogy and Geochemistry 48 (1): 427-453.
- ENGEL F., KRAMIS S. (2010): *Documenting Skeletal Trauma: A Proposal for a Standardised Routine*. Proceedings of the 4th Meeting of Junior Scientists in Anthropology – Beiträge zum 4. Kongress des wissenschaftlichen Nachwuchses der Anthropologie, 2010: 35-43 (4. Kongress des Wissenschaftlichen Nachwuchses der Anthropologie).
- ENGEL F., SCHLAGER S. (2015): *A digital framework for managing research data in skeletal collection*. American Journal of Physical Anthropology, 2015; 156 (S60): 129-129 (The American Association of Physical Anthropologists 84th annual meeting March 25 – 28/St. Louis, USA).
- ENGEL F., SCHLAGER S., DROTZIGER S (2016): *Integration of contextual information with bioanthropological data from skeletal collections*. American Journal of Physical Anthropology, 2016; 159 Suppl. S62: 139-140.
- ENNEN E. (1986): *Die Frau in der mittelalterlichen Stadt*. IN: HERRMANN B. (Hrsg.): Mensch und Umwelt im Mittelalter. Deutsche Verlags-Anstalt Stuttgart, 35-52.
- ERICSON J.E. (1989): *Some Problems and Potentials of Strontium Isotope Analysis for Human and Animal Ecology*. In: Rundel P.W., Ehleringer J.R., Nagy K.A. (eds) Stable Isotopes in Ecological Research. Ecological Studies (Analysis and Synthesis), vol 68. Springer, New York, NY.
- FABER A. (2001): *Degenerative Gelenkveränderungen in der spätmittelalterlichen Bevölkerung von Bernau (Brandenburg) im Vergleich zu frühzeitlichen Bevölkerungen*. Diplomarbeit, Berlin
- FABIG A. (2002): *Spurenelementuntersuchungen an bodengelagertem Skelettmaterial*. Dissertation an der Georg-August-Universität Göttingen. 192 S.
- FAURE G. (1986): *Principles of Isotope Geology*. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapur: John Wiley & Sons. 589 S.
- FAZEKAS I.G., KÓSA F. (1978): *Forensic Fetal Osteology*. Akadémiai Kiadó, Budapest.

- FÉDÉRATION DENTAIRE INTERNATIONALE (FDI) (1971): *Two-digit system of designation teeth*. Int. J. Dent. 21. 104-106.
- FEREMBACH D., SCHWIDETZKY I., STLOUKAL M. (1977): *Raccomandazioni per la determinazione dell'età e del sesso sullo scheletro*. Revista di Anthropologia 60:5-51.
- FEREMBACH D., SCHWIDETZKY I., STLOUKAL M. (1979): *Empfehlungen für die Alters- und Geschlechtsdiagnose am Skelett*. Homo 30. 1-32.
- FEREMBACH D., SCHWIDETZKY I., STLOUKAL M. (1980): *Recommendations for Age and Sex Diagnoses of Skeletons*. Journal of Human Evolution 9: 517-549.
- FERGUSSON J.E. (1990): *The heavy elements: chemistry, environmental impact and health effects*. Pergamon, Oxford.
- FIETZKE J., LIEBETRAU V., GUNTHER D., GURS K, HAMETNER K., ZUMHOLZ K., HANSTEEN T.H., EISENHAUER A. (2008) *An alternative data acquisition and evaluation strategy for improved isotope ratio precision using LA-MC-ICP-MS applied to stable and radiogenic strontium isotopes in carbonates*. Journal of Analytical Atomic Spectrometry 23(7):955-961.
- FITCH A., GRAUER A., AUGUSTINE L. (2012): *Lead isotope ratios: tracking the migration of European- Americans to Grafton, Illinois in the 19th century*. Int J Osteoarchaeol 22:305–319.
- FLORENTZ X. (1974) *Statistik: Methodenlehre I u. II. Repetitorium*. München: Verlag V. Florentz GmbH. 212 S.
- FREI K.M., FREI R (2011): *The geographic distribution of strontium isotopes in Danish surface waters – A base for provenance studies in archaeology, hydrology and agriculture*. Applied Geochemistry 26: 326–340.
- FREI R., FREI K.M. (2013): *The geographic distribution of Sr isotopes from surface waters and soil extracts over the island of Bornholm (Denmark) – A base for provenance studies in archaeology and agriculture*. Applied Geochemistry 38: 147-160.
- FRICKE H.C., ROGERS R.R., BACKLUND R., DWYER C.N., ECHT S. (2008): *Preservation of primary stable isotope signals in dinosaur remains, and environmental gradients of the Late Cretaceous of Montana and Alberta*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 266(1-2):13-27.
- FROH C. (2007): *Emmering: das bajuwarische Reihengräberfeld*. Führer zu archäologischen Denkmälern 48: 226-232.
- GRAW M. H. (1997): *Die Geschlechtsdiagnose am Schädel. Morphologische, morphometrische und molekularbiologische Untersuchungen als Beitrag zur Personenidentifikation*. Habilitationsschrift, Medizinische Fakultät der Eberhard-Karls-Universität Tübingen.
- GRAW M., DIETZEL M., GRUPE G. (2009): *Geschlechtsdiagnose am kindlichen Felsenbein*. In: Peschel O., Mützel E., Penning R. (Hrsg) *Das Kind in der forensischen Medizin*. Festschrift für Wolfgang Eisenmenger. Ecomed, Landsberg/Lech, S 257–262.
- GRIMM H. (1990): *Wachstumsveränderung in Ur- und Frühgeschichtlicher Zeit, zur historischen Vertiefung des Akzelerationsphänomens*. Mitteilung der Berliner Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte Bd. 11. 13-19.

- GROSSKOPF B. (2007): *Leichenbrand, Biologisches und kulturhistorisches Quellenmaterial zur Rekonstruktion vor- und frühgeschichtlicher Populationen und ihrer Funeralpraktiken*. Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Doctor Philosophiae (Dr. phil.) an der Fakultät für Geschichte, Kunst- und Orientwissenschaften der Universität Leipzig.
- GROTTENTHALER W. (1980): *Geologische Karte von Bayern 1:25000*. Erläuterungen Blatt 7833 Fürstfeldbruck. Bay. GLA, München.
- GRUPE G. (1990): *Die "Ressource Frau" – Aussagemöglichkeiten der Biowissenschaften*. In: *Frauen in Spätantike und Frühmittelalter*, Hrsg. W. Affeldt (Sigmaringen: Jan Thorbecke), 105.
- GRUPE G. (1991a): *Das Management von Energieflüssen in menschlichen Nahrungsketten*. *Saeculum* 42: 239–245.
- GRUPE G. (1991b): *Fortschritte der anthropologischen Diagnostik von Skelettfunden*. *Arch. Inf.* 14/1. 16-22.
- GRUPE G., PRICE T. D., SCHRÖTER P., SÖLLNER F., JOHNSON C. M., BEARD B. L. (1997): *Mobility of Bell Beaker people revealed by strontium isotope ratios of tooth and bone: a study of southern Bavarian skeletal remains*. *Applied Geochemistry* 12: 517 – 525.
- GRUPE G., PRICE T.D., SÖLLNER F. (1999): *Mobility of Bell Beaker people revealed by strontium isotope ratios of tooth and bone: a study of southern Bavarian skeletal remains. A reply to the comment by Peter Horn and Dieter MüllerSohnius*. *Applied Geochemistry* 14, 1999, 271–275.
- GRUPE G., CHRISTIANSEN K., SCHRÖDER I., WITTEW-BACKOFEN U. (2005): *Anthropologie. Ein einführendes Lehrbuch*, Springer Verlag.
- GRUPE G., CHRISTIANSEN K., SCHRÖDER I., WITTEW-BACKOFEN U. (2012): *Anthropologie. Einführendes Lehrbuch*, 2. Aufl. Springer, Berlin, Heidelberg.
- GRUPE G., HARBECK M., McGLYNN, G. (2015a): *Prähistorische Anthropologie*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- GRUPE G., McGLYNN G., PETERS J. (2015b). *Bioarchaeology beyond osteology*. DOAB.
- GRUPE G., GRIGAT A., McGLYNN G.C. (2017): *Across the Alps in prehistory. Isotopic Mapping of the Brenner Passage by Bioarchaeology*. Springer International Publishing, Cham, Schweiz.
- HAACK U.K., HEINRICHS H., GUTSCHE F.H., PLESSOW K. (2003): *The Isotopic Composition of Anthropogenic Pb in Soil Profiles of Northern Germany: Evidence for Pollutant Pb from a Continent-wide Mixing System*. *Water, Air, and Soil Pollution*, Volume 150: 113-134.
- HALICZ L., SEGAL I., FRUCHTER N., STEIN M., LAZAR B. (2008): *Strontium stable isotopes fractionate in the soil environments?* *Earth and Planetary Science Letters* 272(1-2):406-411.
- HARBECK M. (2014): *Anleitung zur standardisierten Skelettdokumentation*. München: Staatssammlung für Anthropologie und Paläoanatomie, München.
- HARBECK M. (2018): *Anleitung zur standardisierten Skelettdokumentation*. München: Staatssammlung für Anthropologie und Paläoanatomie, München.

- HARTMAN G., RICHARDS, M. (2014): *Mapping and defining sources of variability in bioavailable strontium isotope ratios in the Eastern Mediterranean*. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 126: 250-264.
- HAUSER G., DE STEFANO G.F. (1989): *Epigenetic Variants of the Human Skull*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- HEFNER J. T. (2009): *Cranial Nonmetric Variation and Estimating Ancestry*. *Journal of Forensic Sciences* 54(5), 985-995.
- HEINZMANN R. (1998): *Philosophie des Mittelalters*. 2. Auflage Kohlhammer, Stuttgart 1998, S. 249.
- HENKE W. (1972): *Morphometrische Untersuchungen am Skelettmaterial des mittelalterlichen Kieler Gertrudfriedhofs im Vergleich mit anderen nordeuropäischen Skelettserien*. *Z. Morph. Anthrop.* 64. 308-347.
- HERLIHY D. (1975): *Life Expectancies for Women in Medieval Society*. IN: Morewedge R.T. (ed.): *The Role of Women in the Middle Ages*. London, Sydney, Auckland, Toronto, 1-22.
- HERRMANN B. (1987): *Anthropologische Zugänge zu Bevölkerung und Bevölkerungsentwicklung im Mittelalter*. IN: Herrmann B. & Sprandel R. (Hrsg.): *Determinanten der Bevölkerungsentwicklung im Mittelalter*. *Acta humaniora*, 55-72.
- HERRMANN B., GRUPE G. (1986): *Empirische Grundlagen zur Rekonstruktion von Lebensbedingungen der Frauen im Mittelalter*. IN: Affeld W. & Kuhn A (Hrsg.): *Frauen in der Geschichte VII. Interdisziplinäre Studien zur Geschichte der Frauen im Frühmittelalter. Methoden-Probleme-Ergebnisse*. *Geschichtsdidaktik, Studien, Materialien* 39, 44-52 Schwann, Düsseldorf.
- HERRMANN B., GRUPE G., HUMMEL S., PIEPENBRINK H., SCHUTKOWSKI H. (1990): *Prähistorische Anthropologie – Leitfaden der Feld- und Labormethoden*. Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York.
- HILLSON S., ANTOINE D. (2003): *Ancient bones and teeth on the microstructural level*. In: Grupe G., und Peters J. (Hrsg.) *Decyphering Ancient Bone - The Research Potential of Bioarchaeological Collections*, *Documenta Archaeobiologiae* 1. Leidorf: Rahden. S. 141-158.
- HOKE N. (2017): *Evaluierung frühdiagenetischer Veränderungen an Knochenmaterial zur Validierung der Daten gewonnen aus der Analyse stabiler Isotope leichter Elemente*. Dissertation, LMU München: Fakultät für Biologie, 2017.
- HÖLZL S., HORN P., ROSSMANN A., RUMMEL S. (2004): *Isotope-abundance ratios of light (bio) and heavy (geo) elements in biogenic tissues: methods and applications*. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 378(2):270-272.
- HOPPA R.D. (2002): *Paleodemography: looking back and thinking ahead*. In: Hoppa RD, Vaupel JW (Hrsg) *Paleodemography. Age Distributions from Skeletal Samples*. Cambridge University Press, Cambridge, S 9–28.
- HOPPE K.A., KOCH P.L., FURUTANI T.T. (2003): *Assessing the preservation of biogenic strontium in fossil bones and tooth enamel*. 13:20-28.

- HORN P., MÜLLER-SOHNUS D., KÖHLER H., GRAUP G. (1985): *Rb-Sr systematics of rocks related to the Ries Crater, Germany*. Earth and Planetary Science Letters 75: 384 – 394.
- HORN P. (2005): *Isotopensignaturen schwerer Elemente in der ökologischen Forschung und Praxis. Band 30: Auf Spurensuche in der Natur*. München: Dr. Friedrich Pfeil. S. 131-152.
- HORWATH T. (2000): *Sr-Isotopensystematik an Sedimentgesteinen der Germanischen Trias und Mineralwässern aus Stuttgart und Umgebung*. Diplomarbeit (München).
- HUBENSTEINER B. (2009): *Bayerische Geschichte*, Rosenheimer Verlagshaus, 17. Auflage, S. 44–48.
- HUGHES J.M., RAKOVAN J. (2002): *The crystal structure of apatite, Ca₅(PO₄)₃(F, OH, Cl)*. In Kohn, M.J.; Rakovan, J.; Hughes, J.M. (Hrsg.): *Phosphates: Geochemical, Geobiological and Material Importance*. Reviews in Mineralogy and Geochemistry 48, Mineralogical Society of America, Washington D.C.: 1-12.
- IRSIGLER F. (1991) *Bündelung von Energie in der mittelalterlichen Stadt. Einige Modellannahmen*. In: Martin J., von Stietencron H (Hrsg.). *Energieflüsse in prähistorischen/historischen Siedlungen und Gemeinschaften*. München: Verlag Karl Alber. S. 308-318.
- KAMENOV G.D., BRENNER M., TUCKER J.L. (2009): *Anthropogenic vs natural control on trace element and Sr-Nd-Pb isotope record in peat sediments of southeast Florida, USA*. Geochim Cosmochim Acta 2009;73:3549-67.
- KAMENOV G.D., GULSON B.L. (2014): *The Pb isotopic record of historical to modern human lead exposure*. Sci Total Environ 490:861–870.
- KELLER A.T., REGAN L.A., LUNDSTROM C.C., BOWER N.W. (2016): *Evaluation of the efficacy of spatiotemporal Pb isoscapes for provenancing human remains*. Forensic Sci Int 261:83–92.
- KEMKES-GROTTENTHALER A. (1997): *Critical evaluation of osteomorphognostic methods to estimate adult age at death: A test of the „complex methods“*. Anthropol. Anz. 55. 265-280.
- KENNEY B.C. (1982): *Beware of spurious self-correlations!* Water Resour. Res. 18, 1041–1048.
- KLEIN S., LAHAYE Y., BREY G.P., VON KAENEL H.M. (2004): *The early Roman imperial asces coinage II: tracing the copper source by analysis of lead and copper isotopes on coins of Augustus and Tiberius*. Archaeometry 46, 3 (2004) 469-480.
- KNUDSON K.J., WILLIAMS H.M., BUIKSTRA J.E., TOMCZAK P.D., GORDON G.W., ANBAR A.D. (2010): *Introducing $\delta^{88/86}\text{Sr}$ analysis in archaeology: a demonstration of the utility of strontium isotope fractionation in paleodietary studies*. Journal of Archaeological Science 37(9)2352-2364.
- KOCH P. L. (2007): *Isotopic Study of the Biology of Modern and Fossil Vertebrates*. In: Michener R, und Lajtha K (Hrsg.) *Stable Isotopes in Ecology and Environmental Science*. Blackwell Publishing Ltd.

- KOHN M.J., MISELIS J.L., FREMD T.J. (2002): *Oxygen isotope evidence for progressive uplift of the Cascade Range, Oregon*. Earth and Planetary Science Letters 204(1-2):151-165.
- KONSCHNIK C.A. (1988): *Coverage error in establishment surveys*. In: American Statistical Association (Hg.): Proceedings of the Survey Research Methods Section. Washington D.C., S. 309-314.
- KOOTKER L.M., VAN LANEN R.J., KARS H., DAVIES G.R. (2016): *Strontium isoscapes in The Netherlands. Spatial variations in $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ as a proxy for palaeomobility*. Journal of Archaeological Science: Reports 6: 1-13.
- KORTE C. H. (1999): *$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $\delta^{18}\text{O}$ - und $\delta^{13}\text{C}$ -Evolution des triassischen Meerwassers: Geochemische und stratigraphische Untersuchungen an Conodonten und Brachiopoden*. Bochumer Geologische und Geotechnische Arbeiten 52, Bochum.
- KOUCHI M., MOCHIMARU M., TSUZUKI K., YOKOI T. (1999): *Interobserver errors in anthropometry*. Journal of human ergology 28 (1-2): 15-24.
- KÖLBL S. (2004): *Das Kinderdefizit im frühen Mittelalter – Realität oder Hypothese? Zur Deutung demographischer Strukturen in Gräberfeldern*. Dissertation, Eberhard-Karls-Universität Tübingen, Fakultät für Geowissenschaften, 2004.
- KRAUTSCHICK S. (1999): *Hunnensturm und Germanenflut: 375 – Beginn der Völkerwanderung?* In: Byzantinische Zeitschrift 92, 1999, S. 10–67, hier S. 12–14.
- KREUCHER G. (2003): *Der Kaiser Marcus Aurelius Probus und seine Zeit*. Historia Einzelschriften 174, Steiner, Stuttgart.
- KUNTER M. (1977): *Kāmid el Lōs 4. Anthropologische Untersuchungen der menschlichen Skelettreste aus dem eisenzeitlichen Friedhof*. Dr. Rudolf Habelt Verlag. Bonn.
- KURTH G. (1954): *Ein Beitrag zur Vergleichbarkeit errechneter Körperhöhen*. Z. Morph. Anthropol. 46. 317-370.
- KYLANDER M.E., KLAMINDER J., BINDLER R., WEISS D.J. (2010): *Natural lead isotope variations in the atmosphere*. Earth Planet Sci Lett 290:44–53.
- LANGENSCHIEDT F. (1985): *Methodenkritische Untersuchungen zur Paläodemographie am Beispiel zweier fränkischer Gräberfelder*. Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung. Wiesbaden.
- LARSEN C.S. (1977): *Bioarchaeology: Interpreting Behavior from the Human Skeleton*. Cambridge: Cambridge University Press.
- LeGEROS R.Z. (1981): *Apatites in biological systems*. Progress in Crystal Growth and Characterization 4(1-2):1-45.
- LEMCKE K. (1988): *Geologie von Bayern I – Das bayerische Alpenvorland vor der Eiszeit*. Schweizerbart, Stuttgart.
- LENAHAN M.J., BRISTOW K.L., DE CARITAT P. (2011): *Detecting induced correlations in hydrochemistry*. Chem. Geol. 284, 182–192.
- LENGFELDER F., GRUPE G., STALLAUER A., HUTH R., SÖLLNER F., (2019): *Modelling strontium isotopes in past biospheres - Assessment of bioavailable $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios in local archaeological vertebrates based on environmental signatures*. Science of The Total Environment 648: 236-252.

- LEXIKON DES MITTELALTERS (1981): *Bettlerwesen bis Codex von Valencia*. Band II; München.
- LOHR S.L. (1999): *Sampling: Design and Analysis*. Pacific Grove: Duxbury Press.
- LONGINELLI A. (1984): *Oxygen isotopes in mammal bone phosphate: A new tool for paleohydrological and paleoclimatological research?* *Geochimica et Cosmochimica Acta* 48(2):385-390.
- LORENZ R.J. (1996): *Grundbegriffe der Biometrie*. Stuttgart, Jena, Lübeck, Ulm: Gustav Fischer Verlag. 238 S.
- LOVEJOY C.O., MEINDL R.S., PRYZBECK T.R., MENSFORTH R.P. (1985): *Chronological Metamorphosis of the Auricular Surface of the Ilium: A New Method for the Determination of Adult Skeletal Age at Death*. *Am. J. Phys. Anthropol.* 68. 15-28.
- LUDWIG K.R. (2009): *Isoplot 3.6 A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel. Special Publication No 4*. Berkeley: Berkeley Geochronology Center. 78 S.
- LUTZ J. (2016): *Alpenkupfer: Die Ostalpen als Rohstoffquelle in vorgeschichtlicher Zeit*. In: BARTELHEIM M., HOREJS B., KRAUSS R. (eds.): *Von Baden bis Troia: Ressourcennutzung, Metallurgie und Wissenstransfer. Eine Jubiläumsschrift für Ernst Pernicka*, pp. 333-358.
- MARTIN R. (1928): *Lehrbuch der Anthropologie*. Bd. 2.: *Kraniologie, Osteologie*. 2. Aufl. G. Fischer, Jena.
- MARTIN R., SALLER K. (1957): *Lehrbuch der Anthropologie*. Bd. 1. 3. Aufl. G. Fischer, Stuttgart.
- MARTIN R.B., BURR D.B., SHARKNEY N.A. (1998): *Skeletal Tissue Mechanics*. New York: Springer Verlag. 392 S.
- MATTER A., PETERS T., RAMSEYER K. (1987): *$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Verhältnisse und Sr-Gehalte von Tiefengrundwässern, Mineralien sowie Gesteinen aus dem Kristallin und der Trias der Nordschweiz*. *Eclogae Geologicae Helveticae* 80/2: 579 – 592.
- MAURER A-F., GALER S.J.G., KNIPPER C., BEIERLEIN L., NUNN E.V., PETERS D., TÜTKEN T., ALT K.W., SCHÖNE B.R. (2012): *Bioavailable $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ in different environmental samples — Effects of anthropogenic contamination and implications for isoscapes in past migration studies*. *Science of the Total Environment* 433: 216-229.
- MAYS S. (1998): *The Archaeology of Human Bones*. Routledge, New York.
- MEIER T. (2003): *VolkswagenStiftung Förderantrag im Programm „Nachwuchsförderung in der fächerübergreifenden Umweltforschung“: „Ökosystem, Sozialstruktur und Wirtschaftsweise im mittelalterlichen Altbaiern“*.
- MEIER T., EIBL F. (in Vorb.): *Leben an Donau und Lech. Die mittelalterlichen Siedlungen von Kelheim-Kanal I und Igling bei Landsberg*. Unveröffentlichter Forschungsbericht, LMU, München.
- MILES A.E.W. (1963): *The dentition in the assessment of individual age in skeletal material*. In: Brothwell, D.R. (Hrsg.): *Dental anthropology*. Pergamon Press. Oxford. 191-209.

- MISRA D.N. (1984): *Adsorption of N,N-dimethyl-p-aminophenyl acetic acid on hydroxyapatite*. In Misra, D.N. (Hrsg.): *Adsorption on and Surface Chemistry of Hydroxyapatite*, New York, Plenum Publishing Corporation: 105-114.
- MOMMSEN H. (1986): *Archäometrie. Neuere naturwissenschaftliche Methoden und Erfolge in der Archäologie*. Teubner, Stuttgart.
- MONGE G., CARRETERO M.I., POZO M., BARROSO C. (2014): *Mineralogical changes in fossil bone from Cueva del Angel, Spain: archaeological implications and occurrence of whitlockite*. *Journal of Archaeological Science* 46: 6-15.
- MONTGOMERY J., EVANS J.A., POWLESLAND D., ROBERTS C.A. (2005): *Continuity or colonization in Anglo-Saxon England? Isotope evidence for mobility, subsistence practice, and status at West Heslerton*. *Am J Phys Anthropol* 126:123–138.
- MOORE D. S. (2000): *Statistics- concepts and controversies*. New York: Freeman.
- MORTIMER C.E. (1996). *Chemie*. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag. 744 S.
- NEMESKÉRI J. & HARSÁNYI L. (1959): *Die Bedeutung Paläopathologischer Untersuchungen für die historische Anthropologie*. *Homo* 10. 203-226.
- NEMESKÉRI J., HARSÁNYI L., ACSÁDI G. (1960): *Methoden zur Diagnose des Lebensalters von Skelettfunden*. *Anthrop. Anz.* 24. 70-95.
- NG A., PATTERSON C. (1981): *Natural concentrations of lead in ancient Arctic and Antarctic ice*. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 45: 2109-2121.
- ORSCHIEDT J. (1996): *Zahnerkrankungen*. In: Czarnetzki, A. (Hrsg.): *Stumme Zeugen ihrer Leiden – Paläopathologische Befunde*. Attempo Verlag. Thüringen. 111-132.
- OSSENBERG N.S. (1970) *The influence of artificial cranial deformation on discontinuous morphological traits*. *American Journal of Physical Anthropology* 38: 357–371.
- OSTEOWARE (2011): *Standardized Skeletal Documentation Software*. Washington D.C. Smithsonian Institution National Museum of Natural History. Abgerufen von <https://osteoware.si.edu/> am 07.07.2017.
- PAN Y., FLEET M.E. (2002): *Compositions of the apatite-group minerals: Substitution mechanisms and controlling factors*. In Kohn, M.J.; Rakovan, J.; Hughes, J.M. (Hrsg.): *Phosphates: Geochemical, Geo-biological and Material Importance*. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry* 48, Mineralogical Society of America, Washington D.C.: 13-50.
- PASTERIS J.D., YODER C.H., STERNLIEB M.P., LIU S. (2012): *Effect of carbonate incorporation on the hydroxyl content of hydroxyapatite*. *Mineralogical Magazine* 72: 2741-2759.
- PERIZONIUS W.R.K. (1982): *Excavation Data of Skeletal remains for the human osteologist; a questionnaire for the archaeologist*. *J. of Human Evolution* 11. 461-479.
- PIN C., JOANNON S., BOSQ C., FEVRE B. L., GAUTHIER P-J. (2003): *Precise determination of Rb, Sr, Ba, and Pb in geological materials by isotope dilution and ICP-quadrupole mass spectrometry following selective separation of the analytes*. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* 18(2):135-141.
- PICCOLI P.M., CANDELA P.A. (2002): *Apatite in igneous systems*. In Kohn, M.J.; Rakovan, J.; Hughes, J.M. (Hrsg.): *Phosphates: Geochemical, Geobiological and Material*

Importance. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry* 48, Mineralogical Society of America, Washington D.C.: 255-292.

POSSELT J.U. (1997): *Die Arthrosis deformans – Untersuchungen an einer Bevölkerung des 16. – 18. Jahrhunderts aus Brandenburg an der Havel*. Diplomarbeit, Freie Universität Berlin.

PRICE T.D., BLITZ J., BURTON J, EZZO J.A. (1992): *Diagenesis in prehistoric bone: Problems and solutions*. *Journal of Archaeological Science* 19(5):513-529.

PRICE T.D., BURTON J.H., BENTLEY R.A. (2002): *The Characterization of Biologically Available Strontium Isotope Ratios for the Study of Prehistoric Migration*. *Archaeometry* 44(1):117-135.

PRICE T.D., WAHL J., KNIPPER C., BURGER-HEINRICH E., KURZ G., BENTLEY A. (2003): *Das bandkeramische Gräberfeld vom „Viesenhäuser Hof“ von Stuttgart-Mühlhausen: Neue Untersuchungsergebnisse zum Migrationsverhalten im frühen Neolithikum*.

PROWSE T.L., SCHWARCZ H.P., GARNSEY P., KNYF M., MACCHIARELLI R., BONDIOLI L. (2007): *Isotopic evidence for age-related immigration to imperial Rome*. *American Journal of Physical Anthropology* 132:510-519.

PSCHYREMBEL W. (2000): *Pschyrembel Klinisches Wörterbuch CD-ROM*. Berlin: de Gruyter.

RADLOFF F., MUCINA L., BOND W., LE ROUX P. (2010): *Strontium isotope analyses of large herbivore habitat use in the Cape Fynbos region of South Africa*. *Oecologia*:1-12.

RATHJENS C. (1962): *Handbuch der Naturräumlichen Gliederung Deutschlands Band I*. Bundesanstalt für Landeskunde und Raumforschung, Selbstverlag Bad Godesberg.

REICH T., JAMES J.W., MORRIS C.A. (1972): *The use of multiple thresholds in determining the mode of transmission of semicontinuous traits*. *Annals of Human Genetics* 36: 163–184.

REICHE I., FAVRE-QUATTROPANI L., VIGNAUD C., BOCHERENS H., CHARLET L., MENUR M. (2003): *A multianalytical study of bone diagenesis: the Neolithic site of Bercy (Paris, France)*. *Measurement Science and Technology* 14 (9): 1608– 1619.

REIMANN C., FLEM B., FABIAN K., BIRKE M., LADENBERGER A., NÉGREL P., DEMETRIADES A., HOOGEWERFF J., The GEMAS Project Team (2012): *Lead and lead isotopes in agricultural soils of Europe – The continental perspective*. *Applied Geochemistry* 27: 532-542.

REITH R. (1990): *Lexikon des alten Handwerks. Vom späten Mittelalter bis ins 20. Jahrhundert*. Verlag C.H. Beck.

REY C., COMBES C., DROUET C., GLIMCHER M.J. (2009): *Bone mineral. Update on chemical composition and structure*. *Osteoporosis International* 20 (6): 1013-1021.

RICHARDS M.P., FULLER B.T., SPONHEIMER M., ROBINSON T., AYLIFFE L. (2003): *Sulphur isotopes in palaeodietary studies: a review and results from a controlled feeding experiment*. *International Journal of Osteoarchaeology* 13(1-2):37-45.

ROGERS G., HAWKESWORTH C. J. (1989): *A geochemical traverse across the North Chilean Andes: evidence for crust generation from the mantle wedge*. IN: *Earth and Planetary Science Letters* 91: 271-285.

- RUBIN D.B. (1976). *Inference and missing data*. Biometrika, 63, 581–592.
- RÖSING W.F. (1977): *Methoden der Aussagemöglichkeiten der anthropologischen Leichenbrandbearbeitung*. Archäologie und Naturwissenschaften 1. 53-80.
- RÖSING F.W. (1982): Discreta des menschlichen Skeletts – ein kritischer Überblick. Homo 33: 100–125.
- RÖSING W.F. (1988): *Körperhöhenrekonstruktion aus Skelettmaßen*. In: Knußmann, R. (Hrsg.): Anthropologie. Handbuch der Vergleichenden Biologie des Menschen. Bd. 1: Wesen und Methoden der Anthropologie. 1. Teil: Wissenschaftstheorie, Geschichte, morphologische Methoden. 4. Aufl. Gustav-Fischer-Verlag. Stuttgart, New York. 586-600.
- RÜGGERBERG A., FIETZKE J., LIEBETRAU V., EISENHAUER A., DULLO W-C., FREIWALD A. (2008): *Stable strontium isotopes ($\delta^{88/86}\text{Sr}$) in cold-water corals - A new proxy for reconstruction of intermediate ocean water temperatures*. Earth and Planetary Science Letters 269(3-4):570-575.
- SACHS L. (1969) *Statistische Auswertungsmethoden*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag. 677 S.
- SAGE W., HELMUTH H., RADLOFF H. (1984): *Katalog der anthropologischen und archäologischen Funde und Befunde*. Das Reihengräberfeld von Altenerding in Oberbayern, Bd. 1. Gebrüder Mann, Berlin, S 1–2.
- SALZMANN P.-E. (1992): *Geologie und Geographie*. In: BUSLEY, H. et. al [Hrsg.] (1992): *Der Landkreis Fürstentum Fürstentum Fürstentum*. S. 14-39. Landratsamt Fürstentum Fürstentum.
- SAUNDERS S.R. (1989): *Nonmetric skeletal variation*. In: Isçan MY, Kennedy KAR (Hrsg) *Reconstruction of Life from the skeleton*. Alan R. Liss, New York, S 95–108.
- SAUNDERS S.R., RAINEY D.L. (2008): *Nonmetric trait variation in the skeleton: abnormalities, anomalies and atavisms*. In: Katzenberg M.A., Saunders S.R. (Hrsg) *Biological Anthropology of the Human Skeleton*, 2. Aufl. John Wiley & Sons, Hoboken, S 533–559.
- SCHERER F. (1990): *Das bajuwarische Gräberfeld von Emmering*. In: Amperland vol. 26, Jahrgang 1990, S. 576-577.
- SCHEUER L., BLACK S. (2000): *Developmental Juvenile Osteology*. Academic Press, San Diego.
- SCHEUER L., BLACK S., SCHAEFER M.C. (2010) *Juvenile Osteology: A Laboratory and Field Manual*. Academic Press, Burlington, San Diego, London.
- SCHMIDT B. (1970): *Die späte Völkerwanderungszeit in Mitteldeutschland, mit einem anthropologischen Beitrag von L. Schott*. In: Veröffentlichungen des Landesmuseums für Vorgeschichte in Halle, Heft 18. Max Niemeyer Verlag, Halle (Saale).
- SCHMIDT M. (1982): *Rheumatische Erkrankungen und körperliche Belastungen am Arbeitsplatz*. In: SCHMIDT M., MÜLLER R., VOLZ F.R., FRUNKE U., WEISER R. (Hrsg.): *Arbeit und Gesundheitsgefährdung. Materialien zur Entstehung und Bewältigung arbeitsbedingter Erkrankungen*. SWI Studienhefte 2, 27-61 Haag & Herchen Verlag.
- SCHMORL G., JUNGHANN H. (1957): *Die gesunde und die kranke Wirbelsäule in Röntgenbild und Klinik*. 3. Aufl. Thieme-Verlag. Stuttgart.

- SCHMORL G., JUNGHANNS H. (1968): *Die gesunde und die kranke Wirbelsäule im Röntgenbild*. Thieme Verlag. Stuttgart.
- SCHROEDER H.E. (2000): *Orale Strukturbiologie. Entwicklungsgeschichte, Struktur und Funktion normaler Hart- und Weichgewebe der Mundhöhle und des Kiefergelenks*. Stuttgart, New York: Thieme.
- SCHULTZ M. (1978): *Ergebnisse der paläopathologischen Untersuchung an den menschlichen Skeletten aus dem merowingerzeitlichen Reihengräberfeld von Kleinlangheim*. IN: PESCHEK C.: Das fränkische Reihengräberfeld von Kleinlangheim, Lkr. Kitzingen/Nordbayern. Germanische Denkmäler der Völkerwanderungszeit, Serie A, Band 17, 177-213 Verlag Philipp von Zabern, Mainz.
- SCHULTZ M. (1982): *Umwelt und Krankheit des vor- und frühgeschichtlichen Menschen*. In: Wendt, H. & Loacker, N. (Hrsg.): Kindlers Enzyklopädie der Mensch. Bd. 2. Die Entfaltung der Menschheit. Kindler-Verlag. Zürich. 259-312.
- SCHULTZ M. (1988): *Paläopathologische Diagnostik*. In: Knussmann, R. (Hrsg.): Anthropologie. Handbuch der Vergleichenden Biologie des Menschen. Bd. 1: Wesen und Methoden der Anthropologie. 1. Teil: Wissenschaftstheorie, Geschichte, morphologische Methoden. 4. Aufl. Gustav-Fischer-Verlag. Stuttgart, New York. 480-496.
- SCHULZ D. (2006): *Ontogenetische Trends stabiler Kohlenstoff- und Sauerstoffisotope im menschlichen Zahnschmelz: ist die Bestimmung eines Entwöhnungszeitraumes möglich?* Diplomarbeit an der Ludwig-Maximilians-Universität München. Department Biologie I Anthropologie.
- SCHUTKOWSKI H. (1989): *Beitrag zur Alters- und Geschlechtsdiagnose am Skelett nichterwachsener Individuen*. Anthropol. Anz. 47. 1-9.
- SCHUTKOWSKI H. (1990): *Zur Geschlechtsdiagnose von Kinderskeletten. Morphognostische, metrische und diskriminanzanalytische Untersuchung*. Dissertation, Georg-August-Universität zu Göttingen.
- SCHWEISSING M., GRUPE, G. (2003a): *Stable strontium isotopes in human teeth and bone: a key to migration events of the late Roman period in Bavaria*. Journal of Archaeological Science: 1373 – 1383.
- SCHWEISSING M., GRUPE G. (2003b). *Tracing migration events in man and cattle by stable strontium isotope analysis of appositionally grown mineralized tissue*. International Journal of Osteoarchaeology 13:96-103.
- SCHWENK P. (1998): *Bemerkungen zum Phänomen des Grabraubes am Beispiel zweier Gräber der frühmittelalterlichen Gräberfelder von Emmering und Erpfting*. Brucker Blätter 9, Jahrgang 1998, S. 62-69.
- SCHWIDETZKY I. (1967): *Sonderbestattungen und ihre paläodemographische Bedeutung*. Homo 16, 230-247.
- SHIPMAN P. (1981): *Life History of a Fossil. An Introduction to Taphonomy and Paleocology*. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts, and London, England.
- SHOTYK W., WEISS D., APPLEBY P.G., CHEBURKIN A.K., FREI R. GLOOR M., KRAMERS J.D., REESE S., VAN DER KNAAP W.O. (1998) *History of atmospheric lead deposition*

- since 12.370 ¹⁴C yr BP from a Peat Bog, Jura Mountains, Switzerland. *Science* 1998;281: 1635-40.
- SHOTYK W., CHEBURKIN A.K., APPLEBY P., FANKHAUSER A., KRAMERS J.D. (1996): *Two thousand years of atmospheric arsenic, antimony, and lead deposition recovered in ombrotrophic peat bog profile, Jura mountains, Switzerland*. *Earth Planet Sci Lett* 145:E1–E7.
- SHOTYK W., WEISS D., KRAMERS J.D., FREI R., CHEKURKIN A.K., GLOOR M., REESE S. (2001): *Geochemistry of the peat bog at Etang de la Grue`re, Jura Mountains, Switzerland, and its record of atmospheric Pb and lithogenic trace metals (Sc, Ti, Y, Zr, and REE) since 12,370 ¹⁴C yr BP*. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 65, No. 14, pp. 2337–2360.
- SILLEN A., HALL G., RICHARDSON S., ARMSTRONG R. (1998): *⁸⁷Sr/⁸⁶Sr ratios in modern and fossil foodwebs of the Sterkfontein valley: implications for early hominid habitat preference*. *Geochim Cosmochim Acta* 62:2463–2478.
- SJØVOLD T. (1988): *Geschlechtsdiagnose am Skelett*. In: *Anthropologie: Handbuch d. vergleichenden Biologie d. Menschen; zugl. 4. Aufl. d. Lehrbuchs d. Anthropologie*, begr. von Rudolf Martin/hrsg. von Rainer Knußmann in Verbindung mit Ilse Schwidetzky. Gustav Fischer Verlag Stuttgart, New York. 444-455.
- SKINNER H.C.W. (2005): *Biominerals*. *Mineralogical Magazine* 69 (5): 621-641.
- SPONHEIMER M., LEE-THORP J.A. (1999): *Isotopic Evidence for the Diet of an Early Hominid, Australopithecus africanus*. *Science* 283(5400):368-370.
- SMITH D.R., OSTERLOH J.D., FLEGAL A.R. (1996): *Use of endogenous, stable lead isotopes to determine the release of lead from the skeleton*. *Environ Health* 104:60–66.
- SPONHEIMER M., LEE-THORP J.A. (2006): *Enamel diagenesis at South African Australopithecus sites: Implications for paleoecological reconstruction with trace elements*. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 70(7):1644-1654.
- STANLEY K.O., FAURE G. (1979): *Isotopic composition and sources of strontium in sandstone cements; the High Plains sequence of Wyoming and Nebraska*. *Journal of Sedimentary Research* 49(1):45-53.
- STECKEL R. H., ROSE J. C. (2002): *The Backbone of History: Health and Nutrition in the Western Hemisphere*. New York: Cambridge University Press.
- STECKEL R. H., LARSEN C. S., SCIULLI P. W., WALKER P. L. (2006): *Data Collection Codebook*. The Global History of Health Project.
- STEIN F. (1961): *Adelsgräber des achten Jahrhunderts im rechtsrheinischen Deutschland*, C.H. Beck, München, 6.
- STEPHAN E. (1999): *Sauerstoffisotopenverhältnisse im Knochengewebe großer terrestrischer Säugetiere – Klimaproxies für das Quartär in Mittel- und Westeuropa*. Aachen: Shaker Verlag. 218 S.
- STEPHAN E. (2009). *Rekonstruktion eisenzeitlicher Weidewirtschaft anhand archäozoologischer und isotopechemischer Untersuchungen*. In: Benecke N (Hrsg.) *Beiträge zur Archäozoologie und Prähistorischen Anthropologie*. Langenweißbach. S. 65-79.

- STEUER H. (1988): *Zur Berechnung von Bevölkerungsgröße und Bevölkerungsentwicklung in einer Siedlungslandschaft der Merowingerzeit*. Saeculum 39: 119–126.
- STLOUKAL M., VYHNÁNEK L., RÖSING F.W. (1970): *Spondylosehäufigkeit bei mittelalterlichen Populationen*. Homo 21, 46-53.
- STLOUKAL M., HANÁKOVÁ H. (1978): *Die Länge der Längsknochen altslavischer Bevölkerungen unter besonderer Berücksichtigung von Wachstumsfragen*. Homo 29. 53-69.
- STORK I. (1996): *Zehn Jahre Lauchheim, Ostalbkreis*. Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg 1995: 255–259.
- STROTT N. (2006): *Paläodemographie frühmittelalterlicher Bevölkerungen Altbaierns – Diachrone und allopatrische Trends*, Dissertation, LMU München: Fakultät für Biologie, 2006.
- SUHRBIER S. (2011): *Anleitung zur digitalen Vermessung auf Archäologischen Ausgrabungen*. Verband der Landesarchäologen, Berlin/Köln 2011.
- SZILVÁSSY J., HOLLER W., KECK G., WINDISCHBAUER G., CABAJ A., JAHN J. (1979): *Altersbestimmung an den sternalen Gelenksflächen der Schlüsselbeine mit Hilfe der Moiré-Topographie*. Ann. Naturhistor. Mus. Wien 82. 759-767.
- TAYLOR S. R., MCLENNAN S. M., MCCULLOCH M. T. (1983): *Geochemistry of loess, continental crustal composition and crustal model ages*. Geochimica et Cosmochimica Acta 47: 1897 – 1905.
- THOMA A. (1981): *The pattern of quasi-continuous variation in Homo sapiens*. Journal of Human Evolution 10: 303–310.
- THOMAS D.B., FORDYCE R.E., FREW R.D., GORDON K.C. (2007): *A rapid, non-destructive method of detecting diagenetic alteration in fossil bone using Raman spectroscopy*. Journal of Raman Spectroscopy 38 (12): 1533– 1537.
- TIMMERMANN M. (2009): *Das Ihlower Zisterzienserklöster: Beten, Arbeiten und heil-sames Leben im Mittelalter! Eine anthropologische Untersuchung*. Dissertation im Fachbereich Biologie, Chemie, Pharmazie der Freien Universität Berlin.
- TONCALA A. (2015): *Isotopic Mapping of the Alps and it's foothills based on archaeological animal bone finds. The research potential of stable lead, strontium and oxygen isotopes*. Vortrag auf dem 11. Internationalen Kongress der Gesellschaft für Anthropologie e.V. (GfA), Evolutionäre und moderne Herausforderungen für Homo sapiens - Eine anthropologische Spurensuche, 15. bis 18. September 2015 in München.
- TONCALA A., SÖLLNER F., MAYR C., HÖLZL S., HECK K., WYCISK D., GRUPE G. (2017): *Isotopic Map of the Inn-Eisack-Adige-Brenner Passage and its Application to Prehistoric Human Cremations*. In G. Grupe et al. (eds.), Across the Alps in Prehistory, Isotopic Mapping of the Brenner Passage by Bioarchaeology. Springer International Publishing, Cham, Schweiz.
- TÖNNIS D. (1984): *Die angeborene Hüftdysplasie und Hüftluxation im Kindes- und Erwachsenenalter*. Heidelberg, Springer.
- TURNER-WALKER G. (2008): *The chemical and microbial degradation of bones and teeth*. In Pinhasi, R., Mays, S. (Hrsg.): Advances in Human Palaeopathology. Wiley, Chichester: 3-30.

- TURNER B.L., KAMENOV G.D., KINGSTON J.D., ARMELAGOS G.J. (2009): *Insights into immigration and social class at Macchu Picchu, Peru based on oxygen, strontium, and lead isotopic analysis*. *J Archaeol Sci* 36:317–332.
- TÜTKEN T. (2003): *Die Bedeutung der Knochenfrühdigenese für die Erhaltungsfähigkeit in vivo erworbener Element- und Isotopenzusammensetzungen in fossilen Knochen*. Dissertation an der Eberhard-Karls-Universität Tübingen. Geowissenschaftliche Fakultät, Tübingen.
- TÜTKEN T. (2010): *Die Isotopenanalyse fossiler Skelettreste - Bestimmung der Herkunft und Mobilität von Menschen und Tieren*. Bonn: Steinmann-Institut für Geologie, Mineralogie und Paläontologie, Poppelsdorfer Schloss, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn. S. 51.
- TÜTKEN T., VENNEMANN T.W., JANZ H., HEIZMANN E.P.J. (2006): *Palaeoenvironment and palaeoclimate of the Middle Miocene lake in the Steinheim basin, SW Germany: A reconstruction from C, O, and Sr isotopes of fossil remains*. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 241(3-4):457-491.
- TÜTKEN T., VENNEMANN T., und PFRETSCHNER H. (2008): *Early diagenesis of bone and tooth apatite in fluvial and marine settings: Constraints from combined oxygen isotope, nitrogen and REE analysis*. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 266 (3-4):254-268.
- TYRRELL A. (2006): *Skeletal non-metric traits and the assessment of inter- and intra-population diversity: past problems and future potential*. In: Cox M, Mays S (Hrsg) *Human Osteology in Archaeology and Forensic Scienc*. Cambridge University Press, Cambridge, S 289–306.
- UBELAKER D.H. (1978): *Human skeletal remains*. Excavation, analysis, interpretation. Aldine, Chicago.
- ULIJASZEK S.J., KERR D.A. (1999): *Anthropometric measurement error and the assessment of nutritional status*. *British Journal of Nutrition* 82, 165-177. Cambridge University Press, England.
- ULRICH-BOCHSLER S. (1997): *Anthropologische Befunde zur Stellung von Frau und Kind in Mittelalter und Neuzeit. Soziologische und soziokulturelle Aspekte im Lichte von Archäologie, Geschichte, Volkskunde und Medizingeschichte*. Berner Lehrmittel- und Medienverlag, Bern.
- URBATZKA P., OFFENBERGER K., SCHNEIDER R., JACOB, I. (2014): *Schwefeldüngung zu Leguminosen im ökologischen Pflanzenbau*. In: Wiesinger, Klaus; Cais, Kathrin und Obermaier, Sabine (Hrsg.): *Angewandte Forschung und Beratung für den ökologischen Landbau in Bayern*, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, D-Freising, Schriftenreihe der LfL, Nr. 2, S. 132-138.
- URSCHEL H.C., RAZZUK M.A. (1998): *Neurovascular compression in the thoracic outlet: changing management over 50 years*. In: *Annals of Surgery*. Band 228, Nummer 4, Oktober 1998, S. 609–61.
- VEREINTE NATIONEN (1955): *Age and sex patterns of mortality. Model life-tables for underdeveloped countries*. *Populations studies* 22. New York.

- VILLA I.M. (2016): *Provenancing bronze: exclusion, inclusion, uniqueness, and Occam's razor*. In: GRUPE G., McGLYNN G.C. (eds) *Isotopic landscapes in bioarchaeology*. Springer, Berlin, pp. 141–154.
- VOGT-LÜERSSEN M. (2006): *Der Alltag im Mittelalter*. E. Probst Verlag.
- VOHBERGER M. (2011): *Lokal oder Eingewandert? Interpretationsmöglichkeiten und Grenzen lokaler Strontium- und Sauerstoffisotopensignaturen am Beispiel einer Altgrabung in Wenigumstadt*. Dissertation, LMU München: Fakultät für Biologie, 2011.
- VOLKMANN A., KAISER M., BRUCHHAUS H. (2006): *Altersschätzung anhand von Durchbruch und Mineralisation von Zähnen (Methodenvergleich)*. Beitr. Z. Archäozool. U. Prähist. Anthropol. Bd. 5.148-155.
- VON GERSSDORFF H. (1517): *Feldtbuch der Wundartzney*. Straßburg 1517. Reprografischer Nachdruck der Erstausgabe von 1517 von 1976. Antiqua Lindau Verlag, Lindau.
- WALDRON T. (1994): *Counting the Dead: Epidemiology of Skeletal Populations*. Wiley-Blackwell, Hoboken, USA.
- WALDRON T. (2007): *Palaeoepidemiology: The Epidemiology of Disease in the Human Past*. Left Coast Press, Walnut Creek, Canada.
- WAHL J. (1994): *Zur Ansprache und Definition von Sonderbestattungen*. In: Kokabi M., Wahl J. (Hrsg) *Beiträge zur Archäozoologie und Prähistorischen Anthropologie. Forschungen und Berichte zur vor- und Frühgeschichte Baden-Württemberg*, Bd. 53., S 85–107.
- WEISS K. M. (1973): *Demographic models for Anthropology*. *Memoirs of the Society for American Archeology* 27.
- WEISS K. M. (1976): *Demographic Theory and Anthropological Inference*. *Annual Review of Anthropology* 5, 351-381.
- WEISS D., SHOTYK W., KEMPF O. (1999): *Archives of Atmospheric Lead Pollution*. In: *The Science of Nature* 86(6), 262-275.
- WEUSTHOFF S. (2014): *Motive und Erfolg von M&A durch Emerging Multinational Corporations in entwickelten Staaten*. Dissertation, Universität Bayreuth, Fakultät der Rechts- und Wirtschaftswissenschaften, Bayreuth.
- WHITAKER D.K., MAC DONALD D.G. (1993): *Atlas der forensischen Zahnmedizin*. Deutscher Ärzte-Verlag. Köln.
- WHITE W.M., SCHILLING J.G., HART S.R. (1976): *Evidence for the Azores mantle plume from strontium isotope geochemistry of the Central North Atlantic*. *Nature* 263(5579):659-663.
- WHITE W.M. (2013): *Geochemistry*. Wiley-Blackwell, Hoboken, New Jersey.
- WILD E.M., ARLAMOVSKY K.A., GOLSER R., KUTSCHERA W., PRILLER A., PUCHEGGER S., ROM W., STEIER P., VYCUJILIK W. (2000): *¹⁴C dating with the bomb peak: An application to forensic medicine*. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms* 172(1-4):944-950.
- WISE S., WATTERS R. (2007): *Certificate of Analysis Standard Reference Material 987 Strontium Carbonate*. National Institute of Standards & Technology. USA.

- WISKEMANN H. (1859) *Die antike Landwirtschaft und das von Thünen'sche Gesetz. Aus den alten Schriftstellern dargelegt.* Leipzig: Hirzel.
- WOPENKA B., PASTERIS J.D. (2005): *A mineralogical perspective on the apatite in bone.* Materials Science and Engineering: C 25 (2): 131-143.
- WORKSHOP OF EUROPEAN ANTHROPOLOGISTS (1980): *Recommendations for Age and Sex Diagnoses of Skeletons.* Journal of Human Evolution. 9:517-549.
- WRIGHT L.E. (2005): *Identifying immigrants to Tikal, Guatemala: defining local variability in strontium isotope ratios of human tooth enamel.* J Archaeol Sci 32:555–566.
- WURM H. (1986): *Zur Geschichte der Körperhöenschätzmethoden nach Skelettfunden.* Anthrop. Anz. 2. 149-167.
- WURM H., LEIMEISTER H. (1986): *Zur Geschichte der Körperhöenschätzung nach Skelettfunden, Teil 3: Ein Beitrag zur spezifischen Auswahl von Vorschlägen zur Körperhöenschätzung nach Skelettfunden, zur Vergleichbarkeit von Schätzergebnissen und zur allgemeinen Problematik realistischer Lebendhöenschätzungen.* IN: GEGENBAUR, C. (1986): morphologisches Jahrbuch Nr. 132: 69-110. Geest & Portig Verlag, Leipzig.
- YOSHINGA J., YONEDA M., MORITA M., SUZUKI T. (1998): *Lead in prehistoric, historic, and contemporary Japanese: stable isotopic study by ICP mass spectrometry.* Appl Geochem 13:403–413.
- ZÄUNER S. (2016): *Die älteste bekannte Handamputation – ein 6200 Jahre alter Fall aus Bulgarien. Tagungsband: Medizin und Militär. Wundversorgung und Verwundetenfürsorge von den Anfängen bis zur Zeit der Kreuzzüge.* Hainburg an der Donau (Österreich); 17.-18.9.2015. *Im Druck*
- ZAZZO A., BALASSE M., PASSEY B.H., MOLONEY A.P., MONAHAN F.J., SCHMIDT O. (2010): *The isotope record of short- and long-term dietary changes in sheep tooth enamel: Implications for quantitative reconstruction of paleodiets.* Geochimica et Cosmochimica Acta 74(12):3571-3586.
- ŽIVANOVIĆ S. (1982): *Ancient Diseases – The elements of Palaeopathology.* Methews & Co. Ltd. London.

9. Anhang

9.1 Verwendete Chemikalien, Geräte und Software

9.1.1 Verwendete Geräte, Materialien und Software

Tab. 84: Verwendete Geräte, Materialien und Software.

Bezeichnung	Spezifizierung	Firma
Captair SD321	flüssige, gasförmige, feste Chemikalien	erlab
Digitale Spiegelreflexkamera	Canon EOS 500 D, 55-80 mm	Canon
Digitale Spiegelreflexkamera	Canon EOS 700 D, 55-80 mm	Canon
Feinwaage	Analytical Plus	OHAUS
Feststoffmassenspektrometer mit fixem Multikollektor	MAT 261.2	Thermo Finnigan
Filter für Säulen	poröse Platte, HDPE, 35 µm	Reichelt Chemietechnik GmbH & Co. KG
Fototisch mit Kamerahalterung	RB 5004 HF	Kaiser
Hareus Muffelofen	Typ M 104	Hareus
Heizplatte	Typ CP 300, säureresistent	Roth
Kugelschwingmühle	Typ MM200	Retsch
Laborglaswaren		Schott Duran
MathType für macOS ¹⁶²		Design Science
Metallmörser und Metallpistill	Edelstahl, Rostfrei	Haustechnik
PASW Statistics	24.0	SPSS Inc.
Ph-Indikatorpapier	Universalindikatorpapier pH 1-11	Macherey-Nagel
Photoshop	CS 2	Adobe Systems
Photoshop	CS 6 Extended	Adobe Systems
Photoshop	CC 2015	Adobe Systems
Photoshop	CC 2017	Adobe Systems
Photoshop	CC 2018	Adobe Systems
Porzellanmörser + Porzellanpistill		Haidenwanger
Porzellantiegel	Typ C 110	Roth
R für macOS		CRAN
R für Windows PC		CRAN
R Studio für macOS		CRAN
R Studio für Windows PC		CRAN
Schnappdeckelgläser	Rollrand, 10 ml	Roth
Strumpfschlauch	4:1 Schrumpfverhältnis	Mauritz Communication
Teflonröhrchen, 10 mL	Oak-Ridge-Zentrifugenröhrchen	Fischer
Teflonspritzflaschen	125 ml, 250 ml	Roth
Teflonwürfel	5 ml	Savillex
Trockenschrank	Loading Modell 100-800	Memmert
Ultraschallbad		Bachofer
Wägebapier	MN 226 9x11,5 cm	Macherey-Nagel
Wolframbändchen	Geologie intern	
Zentrifuge	2k15	Sigma
Zentrifuge	Z233MK-2	Hermle

¹⁶² vgl. Installationsdateien unter Anhang 9.1.8.

9.1.2 Verwendete Chemikalien und Materialien

Tab. 85: Verwendete Chemikalien und Materialien.

Bezeichnung	verwendete Bezeichnung	Eigenschaften	Firma
Ameisensäure	HCOOH	>98 %, zur Synthese	Roth
Aceton	Hausversorgung		
Birk'sche Lösung	Geologie intern		
Bromsäure	HBr		Roth
NBS 1400	NBS 1400	Bone Ash	National Bureau of Standards & Technology
NBS 987	NBS 987	Sr 100 ppm	National Bureau of Standards & Technology
Salpetersäure, reinst	HNO ₃ reinst	≥ 65 %, p.a., ISO	Roth
Salpetersäure, supra-Qualität	HNO ₃ **	69 % D 1,41 g/ml, supra	Roth
Salpetersäure, ultra-Qualität	HNO ₃ ***	69 % D 1,41 g/ml, supra	Roth
Salzsäure, supra-Qualität	HCl**		Roth
Salzsäure, rauchend	HCl reinst	37 %, p.a., ACS, ISO	Roth
Säulenmaterial Pb resin	anion exchange resin	Dowex 1x8	Dowex
Säulenmaterial Sr resin (50-100 µm, 25g)	Sr spec	Ausbeute > 80 %	Eichrom
Wasser bidest.	H ₂ O**	zweifach destilliert	Roth
Wasser deion.	H ₂ O	deionisiert	Haustechnik

9.1.3 R für macOS

Zur Verwendung des Programms für die Statistik Entwicklungsumgebung *R* für macOS Sierra 10.12.6, in Version 3.4.1 wurde folgende Installationsdatei bezogen und verwendet:

R-3.4.1.pkg namens „Single Candle“, Version vom 07.06.2017, bestehend aus den Komponenten:

- R 3.4.1 Framework
- R.app GUI 1.70 für 64bit Intel Mac Prozessoren
- Tcl/Tk 8.6.6 X11 Bibliothek
- Texinfo 5.2

Pfad auf Daten-DVD: /R Installationsprogramme/R-3.4.1.pkg

9.1.4 R für Windows PC

Zur Verwendung des Programms für die Statistik Entwicklungsumgebung *R* für Windows 10 Ultimate, in Version 3.4.1 wurde folgende Installationsdatei bezogen und verwendet:

R-3.4.1-win.exe namens „Single Candle“, Version vom 07.06.2017, bestehend aus den Komponenten:

- R 3.4.1 Framework
- R.app GUI 1.70 für 64bit Intel und AMD PC Prozessoren
- Tcl/Tk 8.6.6 X11 Bibliothek
- Texinfo 5.2

Pfad auf Daten-DVD: /R Installationsprogramme/R-3.4.1-win.exe

9.1.5 RStudio für macOS

Als Ergänzung der Statistik Entwicklungsumgebung *R* für macOS Sierra 10.12.6, wurde die graphische Oberfläche *R Studio* in Version 1.0.153 über folgende Installationsdatei bezogen und verwendet:

RStudio-1.0.153.dmg namens „RStudio Desktop“, Version vom 20.07.2017.

Pfad auf Daten-DVD: /R Installationsprogramme/RStudio-1.0.153.dmg

9.1.6 RStudio für Windows PC

Als Ergänzung der Statistik Entwicklungsumgebung *R* für Windows 10 Ultimate, wurde die graphische Oberfläche *R Studio* in Version 1.0.153 über folgende Installationsdatei bezogen und verwendet:

RStudio-1.0.153.exe namens „RStudio Desktop“, Version vom 20.07.2017.

Pfad auf Daten-DVD: /R Installationsprogramme/RStudio-1.0.153.exe

9.1.7 Fragmentary Data Eingabemaske und Datenbank

Die eigens innerhalb dieser Arbeit entwickelte Eingabemaske und Datenbank namens „Fragmentary Data“ ist auf der Daten-DVD enthalten unter dem Pfad:

/Fragmentary Data Eingabemaske/ WordPress Backup Fragmentary Data_backup-fragdata_vs162_phpwwserver_net-2017_08_24-05_12pm-full-ycx7qdf0y9.zip

Zum Aufspielen des vollständigen Backups ist es notwendig, eine WordPress Installation auf einen Webserver aufzuspielen und die Backup Recovery Datei *importbuddy.php* aufzuspielen. Diese ist nach der Installation des WordPress Systems in das Stammverzeichnis des WordPress Systems zu legen und dort aufzurufen. Die dazu nötigen Dateien zur WordPress Installation und der Initialisierung des Backup Recovery Prozesses liegen in den Verzeichnissen:

/Fragmentary Data Eingabemaske/wordpress-4.8.1-de_DE.zip und

/Fragmentary Data Eingabemaske/importbuddy.php

Anmerkung: das Passwort der Datei *importbuddy.php* lautet: fragmentary-data

9.1.8 MathType für macOS

MathType für macOS ist ein Programm zur Erstellung von Formeln zur Weiterverwendung in Textverarbeitungsprogrammen wie Microsoft Word oder OpenOffice auf der Mac Plattform. Das Installationsprogramm ist auf der Daten-DVD im folgenden Verzeichnis abgelegt:

/MathType Installationsprogramm/MTM67h_EN.pkg

9.1.9 Isoplot Excel-AddIn für Windows PC

Zur Verwendung des Excel-Makro-AddIns wurde folgende Installationsdatei bezogen und verwendet:

Pfad auf Daten-DVD: /Isoplot Installationsprogramme/Isoplot3_75files.zip

Pfad auf Daten-DVD: /Isoplot Installationsprogramme/Isoplot4_15files.zip

9.2 Tabellen aus dem Material- und Methodenteil

9.2.1 Global History of Health Codebook

Das Global History of Health Codebook ist als Pdf-Datei auf der Daten-DVD in folgendem Pfad enthalten:

/Global History of Health Codebook-01-24-11-em.pdf

9.2.2 Inventarisierung des menschlichen Skeletts

Die Inventarisierung erfolgte durch Zusammenfassung des menschlichen Körpers in 76 Segmente. Die Zuordnung ist in einer Excel-Datei namens *Inventar.xlsx* enthalten. Als Zeilen sind die Grabnummern notiert, als Spalten die Segmente. Die Datei liegt auf der Daten-DVD ab und ist in folgendem Pfad zu finden:

/Inventar.xlsx

9.2.3 Pathologien am menschlichen Skelett

Die aufgefundenen Pathologien wurden zum jeweilig korrespondierenden Skelettelement / Körpersegment zugeordnet und als zusätzliche Spalte in einer Excel-Datei notiert. Als Zeilen sind die Grabnummern notiert. Trat eine Pathologie auf, so wurde diese mit einer 1 in der entsprechenden Zelle, welche zu Grabnummer und Pathologie gehört, markiert. Trat die gleiche Pathologie in gleicher Schwere an einem anderen Individuum auf, wurde die selbe Spalte genutzt; eine neue Pathologie wurde als neue Spalte am zugehörigen Skelettelement eingefügt.

Die Zuordnungen sind in einer Excel-Datei namens *Pathologien.xlsx* enthalten. Die Datei liegt auf der Daten-DVD ab und ist in folgendem Pfad zu finden:

/Pathologien.xlsx

9.2.4 Karte von Geologie u. Bodenart im Landkreis Fürstenfeldbruck

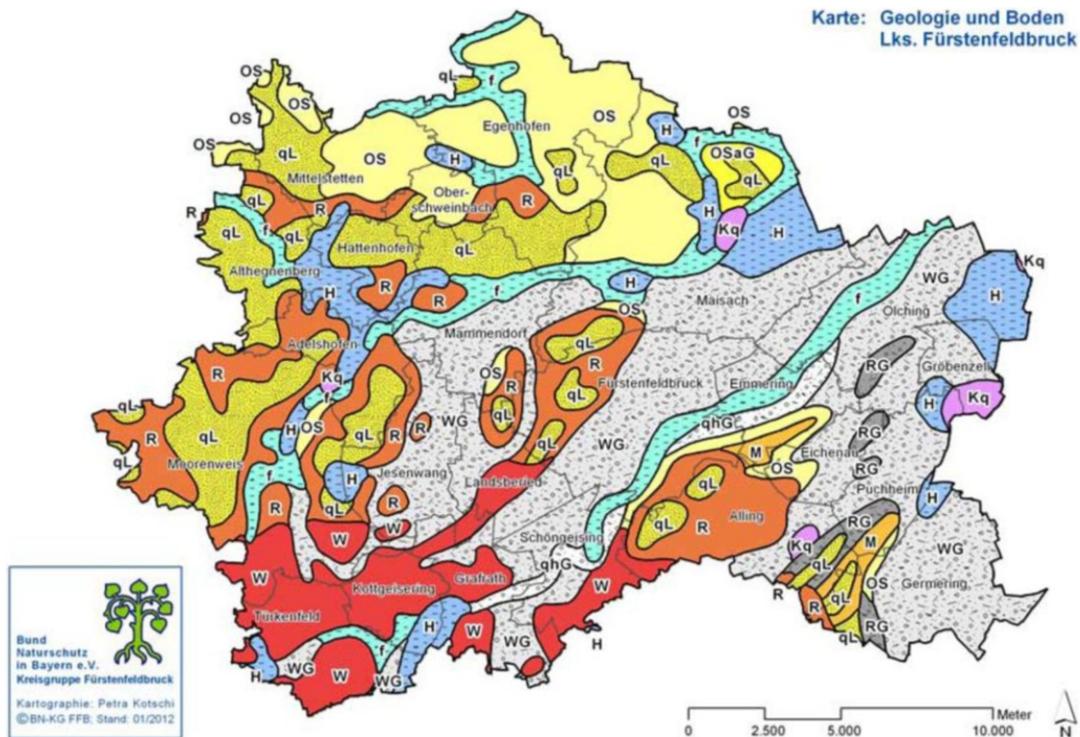


Abb. 63: Karte der Geologie und Bodenart im Landkreis Fürstenfeldbruck. Herausgegeben und mit freundlicher Erlaubnis von: Bund Naturschutz in Bayern e.V., Kreisgruppe FFB.

Tab. 86: Legende zur Karte der Geologie in Abb. 63. Herausgegeben und mit freundlicher Erlaubnis von: Bund Naturschutz in Bayern e.V., Kreisgr. Fürstenfeldbruck.

	Ablagerungen im Auenbereich, meist jungholozän, und polygenetische Talfüllung, z.T. wülmzeitlich. Alter: Quartär (Holozän). Merkmal: Mergel, Lehm, Sand, Kies, z.T. Torf.		Schotter, rißzeitlich (Hochterrasse). Alter: Quartär (Pleistozän). Merkmal: Kies, sandig, z.T. Konglomerat.
	Torf. Alter: Quartär (Holozän).		Altmoränen mit Endmoränenzügen, z.T. mit Vorstoßschotter rißzeitlich. Alter: Quartär (Pleistozän). Merkmal: Kies, sandig bis tonig-schluffig, z.T. Konglomerat.
	Sinterkalk (Kalktuff, Alm). Alter: Quartär (Holozän). Merkmal: Kalk, locker bis Kalkstein, porös.		Altmoränen mit Endmoränenzügen, z.T. mit Vorstoßschotter mindelzeitlich und älter. Alter: Quartär (Pleistozän). Merkmal: Kies, sandig bis tonig-schluffig, z.T. Konglomerat.
	Schotter, alt- bis mittelholozän. Alter: Quartär (Holozän). Merkmal: Kies, sandig.		Löß, Lößlehm, Decklehm, z.T. Fließerde. Alter: Quartär. Merkmal: vorwiegend Schluff / Lehm.
	Schotter, wülmzeitlich (Niederterrasse, Spätglazialterrasse, in Alpentälern auch frühwülmzeitlich). Alter: Quartär (Pleistozän). Merkmal: Kies, sandig, in Nordbayern auch Sand.		Obere Süßwassermolasse, ungliedert. Alter: Miozän. Merkmal: Ton, Schluff, Mergel, Sand, im E auch Kies, alpenrandnah auch Festgestein.
	Jungmoräne (wülmzeitlich) mit Endmoränenzügen, z.T. mit Vorstoßschotter. Alter: Quartär (Pleistozän). Merkmal: Kies, sandig bis tonig-schluffig.		Obere Süßwassermolasse, kiesführend, älterer Teil. Alter: Miozän.

9.2.5 Sedimentproben des Reihengräberfeldes Emmering

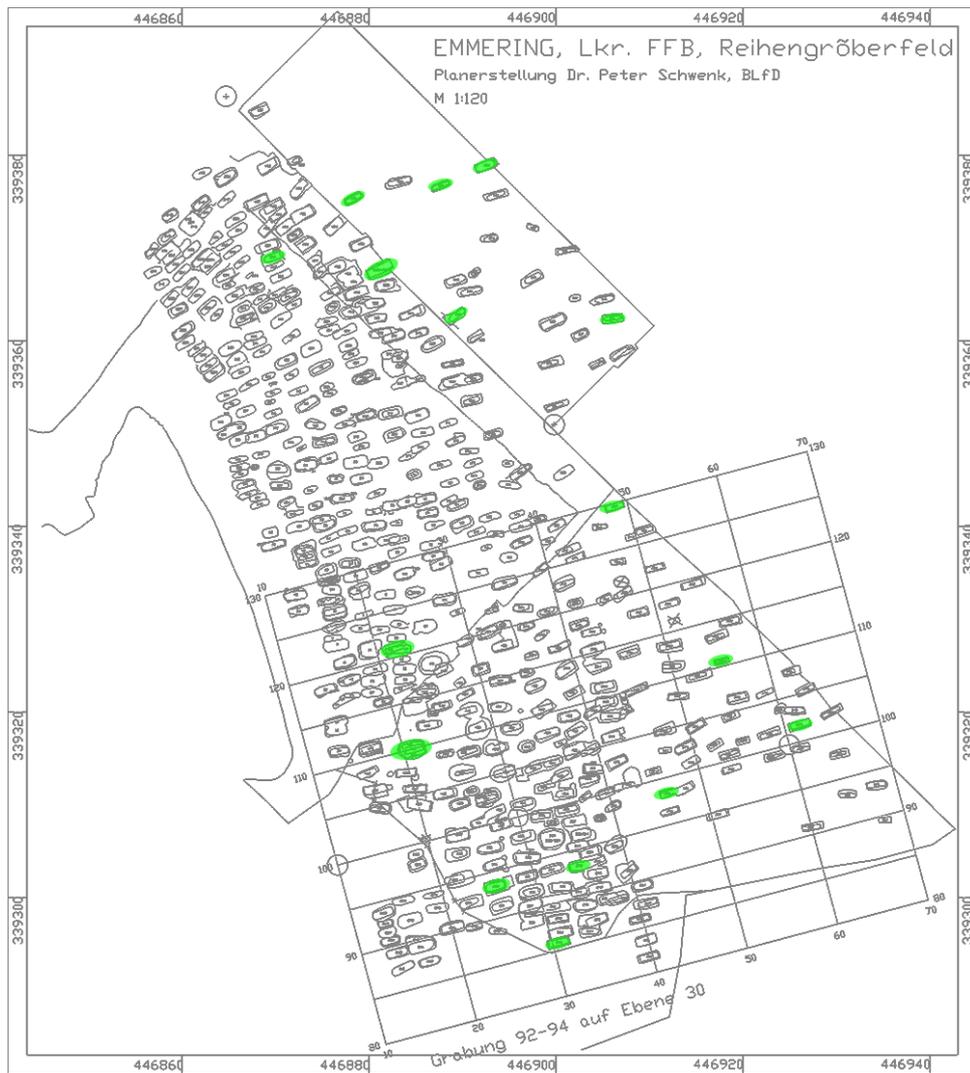


Abb. 64: Auswahl der Sedimentproben aus dem Reihengräberfeld Emmering. Entnommene Bodenproben sind im Grabplan grün markiert. Es gibt weitere Proben, vgl. Tab. 8, welche jedoch nicht im Grabplan eingezeichnet werden konnten, da der Grabplan diese Befundnummern nicht umfasst.

9.3 Tabellen zum Themenbereich Anthropologische Befundung

9.3.1 Skelettkatalog

Die Befundbögen mit den Individualdaten sind mit der Notierung von Befundnummer, dem Inventar, sowie dem vermuteten Alter und Geschlecht nebst dem Grund für die Einordnung versehen. Aufgefundene Pathologien oder weitere Auffälligkeiten sind festgehalten. Auch die Überlieferung der Zähne ist nebst aufgetretenen Veränderungen und Pathologien beschrieben.

Die Befundbögen sind auf der Daten-DVD in folgendem Verzeichnis zu finden:
/Befunde/

9.3.2 Auflistung aufgefundener Pathologien am Schädel

Tab. 87: Auflistung der aufgefundenen Pathologien und Discreta am Schädel, Skelettelement: Os frontale.

Körperteil und Pathologie	Anz.	Pathologie	Anz.
<u>Schädel, Os frontale</u>			
Sutura metopica	24	Cribrä cranii	7
Cribrä orbitalia	19	Osteone	6
Harnien an Hirnhaut	6	Pacchionische Granulationen	26
Kreisförmige Läsion mit dünnem, umgebendem Knochenkranz	2	Worm'scher Knochen an Coronalnaht	2
Foramen supraorbitalia links	1	Foramen supraorbitalia rechts	1

Tab. 88: Auflistung der aufgefundenen Pathologien und Discreta am Schädel, Skelettelement: Os parietale.

Körperteil und Pathologie	Anz.	Pathologie	Anz.
<u>Schädel, Os parietale links:</u>			
Lytische Läsionen	6	Kreisrunde Läsion extracranial	5
Kreisrundes Loch	1	Os parietale links leicht verformt	2
Pacchionische Granulationen	14	Osteon extracranial	2
Verwachsungsnaht Os parietale zu Os occipitale überlagert, wulstig	1	Cribrä cranii	1
<u>Schädel, Os parietale rechts:</u>			
Foramen parietale	1	Os inca	3
Sternförmig zulaufende, längliche Scharten im Knochen	1	Schaltknochen zwischen Coronal- und Sagittalnaht	5
Lyse anterior gelegen	1	Lytische Knochenauflösung posterior	2
Pacchionische Granulationen mittig	19	Os parietale verformt	1
Osteon extracranial	1	Schaltknochen Asterion rechts	1
Cribrä cranii	3		

Tab. 89: Auflistung der aufgefundenen Pathologien und Discreta am Schädel, Skelettelement: Os occipitale.

Körperteil und Pathologie	Anz.	Pathologie	Anz.
<u>Schädel, Os occipitale:</u>			
Worm'sche Knochen Lambdanaht	12	Condylus occipitalis sehr abgeflacht	1
Randleisten an beiden Condylus occipitalis	1	Lytische Strukturauslöschung	1
Pacchionische Granulationen	3	Os inca	1

Tab. 90: Auflistung der aufgefundenen Pathologien und Discreta am Schädel, Skelettelement: Os temporale.

Körperteil und Pathologie	Anz.	Pathologie	Anz.
<u>Schädel, Os temporale links:</u>			
Os squamosum dreigeteilt	1	Lytische Läsionen direkt über Basis des Processus zygomaticus	1
Entzündliche Veränderung an Eminentia articularis	1		

(Fortsetzung der Tabelle)

Os temporale rechts:

Knotige Auflösung an pars mastoidea	1	Fingergroße Ausbuchtung hinter rechtem pars petrosa ossis temporalis	1
Entzündliche Veränderung an Eminentia articularis	1		

Tab. 91: Auflistung der aufgefundenen Pathologien und Discreta am Schädel, Skelettelement: Basis cranii.

Körperteil und Pathologie	Anz.	Pathologie	Anz.
<u>Schädel, Basis cranii:</u>			
Auflagerung an linker Seite des Hinterhauptsluchs	1		

Tab. 92: Auflistung der aufgefundenen Pathologien und Discreta am Schädel, Skelettelement: Os nasale.

Körperteil und Pathologie	Anz.	Pathologie	Anz.
<u>Schädel, Os nasale:</u>			
Breite Nasenwurzel	1		

9.3.3 Auflistung aufgefundener Pathologien am Kiefer**Tab. 93:** Auflistung der aufgefundenen Pathologien und Discreta am Schädel, Skelettelement: Maxilla.

Körperteil und Pathologie	Anz.	Pathologie	Anz.
<u>Schädel, Maxilla:</u>			
Akzessorischer Incisivus	2	Missbildung an Zahn 12 (läuft spitz zu)	1
Metaconus fehlt an Zahn 27	1	Auflagerung über Gaumen	1
Entzündliche Veränderung im Gaumen	12		

Tab. 94: Auflistung der aufgefundenen Pathologien und Discreta am Schädel, Skelettelement: Mandibula.

Körperteil und Pathologie	Anz.	Pathologie	Anz.
<u>Schädel, Mandibula:</u>			
Greisenspanne	2	Knochenschürze Zahn 42, 43 und 44	3
Knochenschürze Zahn 32, 33 und 34	3	Deutliche Knochenleiste an 36 und 37	1
Auflagerung am rechten Unterkieferfragment	2	Knochenreaktion auf Zahnverlust an 47	1
An 46 bis 48 Kiefer verdickt, Reaktion auf i.v. Zahnverlust an 46	1	Alveolen entzündlich verändert	1
Schmelzperle an Molar 48	1	Schmelzperle an Molar 47	1
Unterkiefer auf Höhe 46-48 verdickt	1	Unterkiefer auf Höhe 36-38 verdickt	1
Verheilter Kieferbruch	2	Rechter Unterkiefer aufgrund i.v. Zahnverluste stark verändert	3

9.3.4 Auflistung aufgefundener Pathologien an Scapula und Clavicula

Tab. 95: In dieser Auflistung sind diejenigen Pathologien an Scapula und Clavicula aufgelistet, welche nicht bereits bei den arthrotischen Ereignissen im Kapitel zu den Erkrankungen der vier großen Gelenke enthalten sind.

Körperteil und Pathologie	Anz.	Pathologie	Anz.
<u>Clavicula links:</u>			
Diaphyse robust, Impressio ligamentum costoclaviculare sehr prominent	16	Osteomyelitis an li. Clavicula, medial gelegen	2
Facies articularis acromialis zeigt Randleiste	3	Laterales Ende aufgetrieben, wirkt verdreht	1
Sternales Ende zeigt Abnutzung	2	Mittelstark ausgeprägte Arthrose	1
Arthrose an cavitas glenoidalis	1	Gut verheilte Fraktur an li. Clavicula	2
Dislozierte Fraktur, gut verheilt	1	Medialer Teil der Diaphyse aufgetrieben	3
Sehr prominenter Tuberculus conoideum	1	Osteochondrosis dissecans	1
Arthritis sternales Ende	7		
<u>Scapula links:</u>			
Osteophyt an facies articularis acromialis	1		

Körperteil und Pathologie	Anz.	Pathologie	Anz.
<u>Clavicula rechts:</u>			
Diaphyse robust, Impressio ligamentum costoclaviculare sehr prominent	16	Enthesiopathien am sternalen Ende	5
Arthritis sternales Ende	7	Ansatzstelle des M. deltaideus ausgezipfelt	3
Lytische Auflösung sternales Ende	4	Verheilte Fraktur außen	1
Prominenter Tuberculus conoideum	2	Akromiales Ende lytisch fast komplett abgebaut	1
Veränderung an sternalem und lateralem Ende	4	Epiphyse abgeknickt, verheilte Fraktur	1
Verdickte Epiphyse	8	Articulatio sternoclavicularis zeigt Strukturauslöschung, Lyse	2
<u>Scapula rechts:</u>			
Beginnende Arthrose	4	Acromion verdickt	1

9.3.5 Auflistung aufgefundener Pathologien an oberen Extremitäten

Tab. 96: In dieser Auflistung sind diejenigen Pathologien aufgelistet, welche nicht bereits bei den arthrotischen Ereignissen im Kapitel zu den Erkrankungen der vier großen Gelenke enthalten sind.

Körperteil und Pathologie	Anz.	Pathologie	Anz.
<u>Humerus links:</u>			
Osteoporose	2	Verheilte Fraktur	1
Enthesiopathie Humerusdiaphyse	1	Osteomyelitis medial gelegen	1
Enthesiopathie distales Ende Richtung medial	1	Knochenfurche in medial ventralem Bereich	1
Sulcus intertubercularis stark ausgeprägt	7		

(Fortsetzung der Tabelle)

Ulna links:

Verheilte Fraktur Ulnadiaphyse	7	Verheilte Frakturkallus	3
Epiphyse sehr schwer, Reaktion des Knochenmarks, ggfs. Osteomyelitis	1	Ausgeprägte margo interossiss	1
Medial Erhebung der margo interossiss	2		

Radius links:

Auszziehung auf Höhe des Frakturkallus der Ulna	1	Frakturlinie verheilte Fraktur zu sehen	1
Knochenauflagerung an margo interossiss	2	Epiphyse nach hinten gebogen	1
Knochenauflagerung an tuberositas radii	2	Auszüge an tuberositas radii	2

Linke Hand:

Phalanges proximalis 1-3 Arthrose im distalen Gelenk (Articulatio interphalangea)	2	Osteophyten an Phalanx proximalis 3, zu 2 gerichtet	1
An vier Phalangen an lateralen Enden des corpus phalangis Kante ausgezogen	1		

Körperteil und Pathologie	Anz.	Pathologie	Anz.
<u>Humerus rechts:</u>			
Knochenauflagerung proximales Ende, ventral gelegen	1	Ventral medial massive Knochenauflagerung, Knochenmark hat auch reagiert	1
Osteoporose	1	Verheilte Fraktur	1
Sulcus intertubercularis stark ausgeprägt	5	Epicondylus medialis weit nach innen gezogen	1
Rechter Humerus deutlich kürzer als der Linke	1	Massive Auflagerungen medial an der Diaphyse	3
Muskelanatzstelle wg untypischer Belastung verlagert an ungewöhnliche Position	1	3x cystische Kloake, 1x abgerundet, 2x kantig	1
Knochenfurche im medial ventralen Bereich	2	Exostosen Fossa olecrani und Randbildung im Gelenk	2
<u>Ulna rechts:</u>			
Parierfraktur	2	Massiver Knochenkallus an distalem Ende	1
Auflagerungen an der linea transversalis	1	Periostitis medial gelegen	1
Ausgeprägte margo interossiss	2	Frakturlinie medial gelegen, Fraktur verheilt	1
Arthrose distales Gelenk	1	Enthesiophyt medial gelegen	3
Entzündliche Knochenneubildung am distalen Ende	1		
<u>Rechte Hand:</u>			
An Phalanx proximalis I laterale Kanten des corpus phalangis ausgezogen	1	Randleisten unten an corpus phalangis des Phalanx medialis III	2
An zwei Phalangen proximalis II Kante des corpus phalangis ausgezogen	1	Unten an corpus phalangis des rechten Phalanx II Randleisten	3
Arthrose an proximaler Phalanx 1 distal	1		

9.3.6 Auflistung aufgefundener Pathologien am Brustkorb

Tab. 97: Auflistung der aufgefundenen Pathologien und Discreta am Brustkorb.

Körperteil und Pathologie	Anz.	Pathologie	Anz.
<u>Brustkorb, oberer Brustbereich:</u>			
Dorsal knöcherne Erhebung und Randleiste an obere li. Rippe	1	Enthesiopathie an 1. Rippe links	1
Rippenfraktur an oberer re. Rippe	1		
<u>Brustkorb, mittlerer Brustbereich:</u>			
Fraktur an li. Rippe	6	Auflagerung an li. Rippe (5 o. 6)	2
Randleiste an Facies articularis capitis costae	1	Arthrotische Veränderungen an Facies articularis capitis costae	3
Caput costae stark degenerative verändert	2	Verheilte Rippenfraktur	4
Auflagerung an Rippenfragment	1		

9.3.7 Auflistung aufgefundener Pathologien an der Hüfte

Tab. 98: Auflistung der aufgefundenen Pathologien und Discreta an der Hüfte.

Körperteil und Pathologie	Anz.	Pathologie	Anz.
<u>Os sacrum:</u>			
Randbildung an Gelenkfläche facies lateralis	3	Ankylose zwischen Sakrum und 5. Lumbalwirbel	1
Ossifizierte Ligamente am Os sacrum	3	Ankylose mit beidseitig stark aufgetriebenen mit zapfigen Osteophyten	1
Starke Veränderung an facies lateralis	5		
<u>Os ilium links:</u>			
Plaue in li. Acetabulum	15	Extreme Eburnisierung im li. Acetabulum	5
Arthrose li. Acetabulum mit Randleist	36	Infektiöse Arthritis li. Acetabulum	1
Acetabulum stark verformt, an abgeplattete Femurköpfe angepasst	3	Acetabulum dreieckig verformt	1
Auswölbung und Abkippung innerhalb der facies auriculares, passt zum zugehörigen Os Sacrum	6	Lytische Einkerbung im und Verformung des Acetabulum	1
Osteochondrosis dissecans li. Acetabulum	4	Enthesiopathie am Os ilium	3
Impression am li. Os ilium	1		
<u>Os ilium rechts:</u>			
Knotige Auflagerung	1	Arthrose und Eburnisierung	4
Lytischer Defekt im Acetabulum	3	Porosität und starke Plaquebildung im re. Acetabulum	14
Randleiste am re. Acetabulum	6	Arthrose re. Acetabulum mit Randleiste	16
Arthrose im re. Acetabulum	18	Acetabulum an enorm abgeplattete Femurköpfe angepasst	1
Spongiose Löcher im Acetabulum	2	Facies auriculares zeigt Randleisten	2
Auswölbung und Abkippung innerhalb der facies auriculares, passt zum zugehörigen Os Sacrum	7	Unverheilte Schnittverletzung an Spina iliaca (anterior, inferior)	1
Osteochondrosis dissecans re. Acetabulum	1	Enthesiopathie re. Os ilium	3
Einkerbung im re. Acetabulum	2	Starke Schädigung der Facies auriculares	3

9.3.8 Auflistung aufgefundener Pathologien an unteren Extremitäten

Tab. 99: Auflistung der aufgefundenen Pathologien an den unteren Extremitäten.

Körperteil und Pathologie	Anz.	Pathologie	Anz.
<u>Femur links:</u>			
Verdickung proximal lateral an der Diaphyse gelegen	9	Schwere Osteomyelitis, proximal-medial gelegen	2
Enthesiopathien am distalen Ende	2	Leichte Arthrose am Caput femoris	24
Arthrose mit Eburnisierung am li. Caput femoris	7	Arthrose li. Caput femoris, Hals verdichtet	5
Enorm verbogenes li. Femur	3	Osteon am li. Femur	1
Collum ossis femoris verdickt	1	Periostitis	2
Caput femoris zerstört, große Eburnisierung	1	Schaltfraktur mit Dislokation, großflächige Nekrosen	1
Dislozierte Fraktur, oberes Diaphysendrittel gut verheilt	1	Dislozierte Fraktur, medial gebrochen, mit Knochenkallus verbunden, versorgt und länger überlebt	1
Randleiste am li. Caput femoris	3	Exostosen am Trochanter major	3
Aufgeschürzter Trochanter major	1	Fovea capitis zeigt Randleiste	4
Fovea capitis mit Exostosen	4	Zeichen mechanischer Belastung	12
<u>Patella links:</u>			
Insertionstendopathie	6	Lochförmige Läsion posterior	1
Abgekippte Patella links	1	Massiv verdickter caput femoris	1
Knochensporne an li. Patella	5		
<u>Tibia links:</u>			
Massive Periostitis	4	Osteomyelitis medial an Diaphyse	2
Tendopathie, proximaler Sehnenansatz stark zipfelig ausgeformt	2	Verheilte Fraktur (zugehörige Fibula unbeschädigt)	1
Arthrose an distaler Articulatio tibiofibularis	1	Potentiell perimortale Hiebverletzung / Fraktur	1
Lyse in distaler Articulation tibiofibularis, ca. 5mm	1	Exostose an lateralem Tuberculum intercondylare	5
Medial lateral kleine längliche Auflagerung	1	Exostose in distaler Articulatio tibiofibularis	1
Proximaler Teil zeigt dorsal Knochenauflagerung	3	Knochensequester medial gelegen	1
Proximal zur Mitte hin verbogen	1	Deutliche Fovea poplitea	1
Porotische Obefläche, Innenseite	1	Posterior streifige Auflagerung	3
<u>Fibula links:</u>			
Starke Periostitis	1	Osteomyelitis	1
Arthrose distales Gelenk	4	Tendopathie am Sehnenansatz	1
Auflagerungen frontal	1	Enthesiopathien medial distal	1
Distal verdreht	1	Leicht degenerierte facies articularis	3

(Fortsetzung der Tabelle)

Femur rechts:

Periostitis	2	Streifige Auflagerung	4
Osteoporose	1	Osteomyelitis	2
Exostosen, Markraum durch Osteomyelitis verengt, Knochen schwer	1	Proximal gelegene Auflagerung, nach lateral ausgerichtet	2
Exostosen, posterior in Nähe der Condylen	2	Enthesiopathien am Trochanter major	2
Medial verdickte Diaphyse	2	Caput femoris massiv verdickt	7
Arthrose re. Caput femoris	22	Nach hinten verbogen (Rachitis?)	4
Re. Caput femoris völlig aufgelöst	3	Verdickung am Trochanter Major	3
Verdickung von Trochanter minor	1	Collum ossis femoris verdickt	4
Verdickung mediale Diaphyse	1	Verdickung distal und medial	1
Zeichen mechanischer Belastung	10	Perimortale Fraktur	1
Arthrose am distalen Ende	3	Randleisten an Fovea Capitis	1
Osteom medial, oberes Drittel	2	Collum ossis femoris frakturiert und disloziert angewachsen	1
Dislozierte Fraktur, medial gebrochen, mit Knochenkallus verbunden, versorgt und länger überlebt	1	Granuläre Knochnneubildung Caput Femoris / collum ossis femoris re.	2
Fovea Capitis mit Exostosen	3	Stark Muskelmarke	4

Patella rechts:

Enthesiopathie	4	Lochförmige Läsion posterior	1
Knochensporne an re. Patella	4	Insertionstendopathie	1

Tibia rechts:

Periostitis medial ventral	5	Osteomyelitis	1
Extrem dislozierter Bruch	1	Auflagerung medial ventral	1
Tendopathie, Ansatz stark zipfelig	1	proximaldorsal Knochenauflagerung	1
Arthrose, proximal gelegen	3	Arthrose, distal gelegen	3
An distalem Teil alte Fraktur	1	Lyse im distalen Tibiagelenk	1
Deutliche Fascia poplitea	1	Porotische Oberfläche medial	1
Streifige Auflagerungen Diaphyse	3		

Fibula rechts:

Periostitis	1	Artrthrotische Veränderungen distal	4
Massive Auflagerung distal	1	Proximal geheilter Bruch	1
Streifige Auflagerung distal-medial	3		

Tab. 100: Auflistung der aufgefundenen Pathologien und Discreta an den Füßen.

Körperteil und Pathologie	Anz.	Pathologie	Anz.
<u>Calcaneus links:</u>			
Fersensporn links	6		
<u>Talus links:</u>			
Osteochondrosis dissecans an Facies articularis talaris media	6		
<u>Phalanges proximales:</u>			
Randleiste an prox. Phalangen	2		
<u>Calcaneus rechts:</u>			
Fersensporn	6	Randleiste am Calcaneus	2

(Fortsetzung der Tabelle)

Talus rechts:

Osteochondrosis dissecans Facies articularis calcanei 8

Weitere Ossa tarsi:

Unverheilte Schnitt am intermedialen Os cuneiforme 1

Metatarsalia:

Fraktur 3. Metatarsus 1 Metatarsus 3, 4, 5 mit Schnitt 1

Phalanges proximales:

Osteochondrosis dissecans am proximalen Gelenk 2 Leicht ausgezogener Rand an drei Phalangen 1

Osteophyten, gering ausgeprägt 1

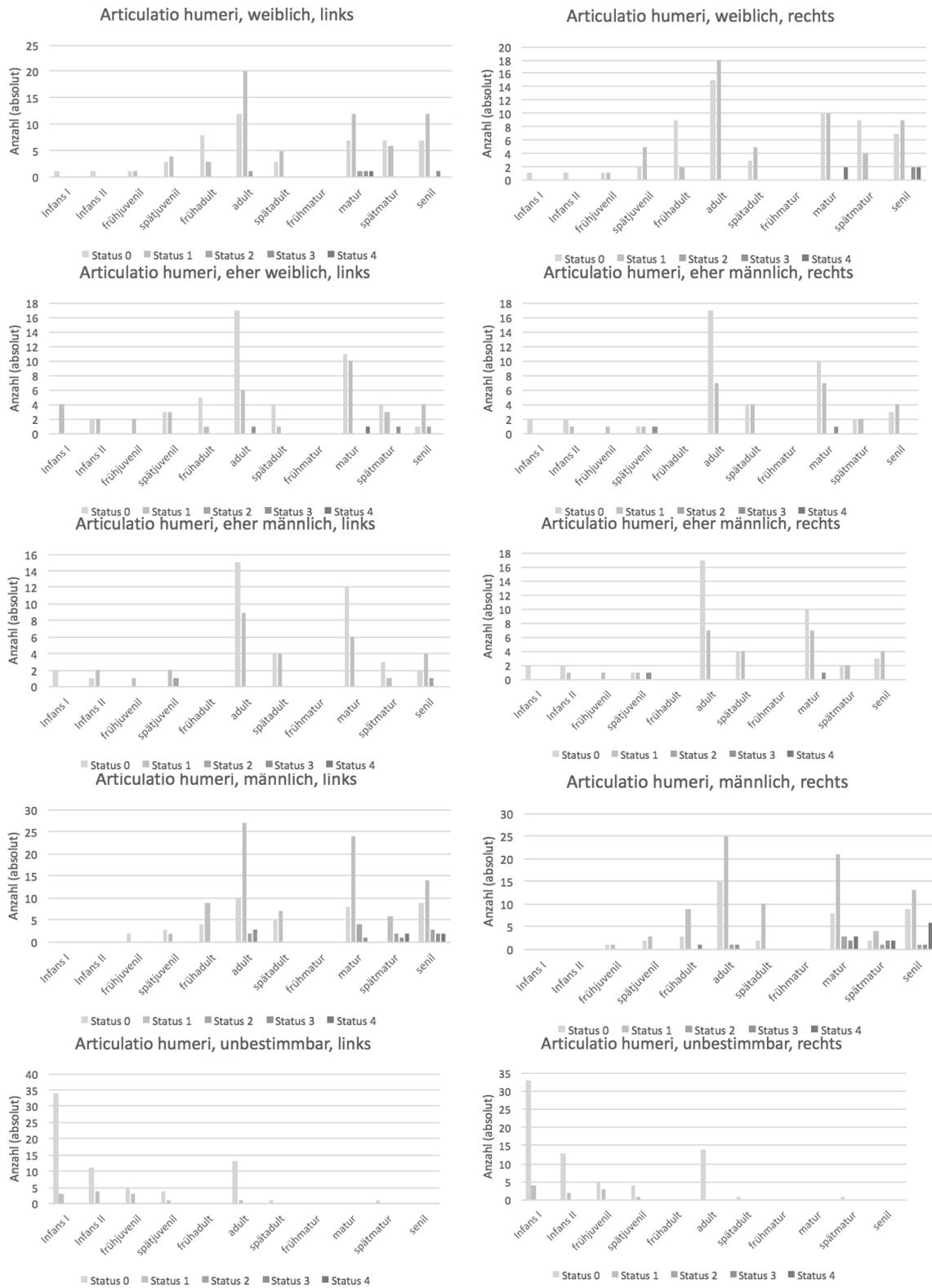


Abb. 65: Differenzierter Gelenkstatus des Schulterhauptgelenks *Articulatio humeri* für das Reihengräberfeld Emmering¹⁶³.

¹⁶³ Die Abszisse zeigt den Arthrosestatus; dieser ist gruppiert nach den Altersklassen (nach aufsteigendem Individualalter): Infans I, Infans II, frühjuvenil, spätjuvenil, frühadult, adult, spätadult, frühmatur, matur, spätmatur und senil. Die Ordinate zeigt die absolute Häufigkeit der aufgetretenen Status.

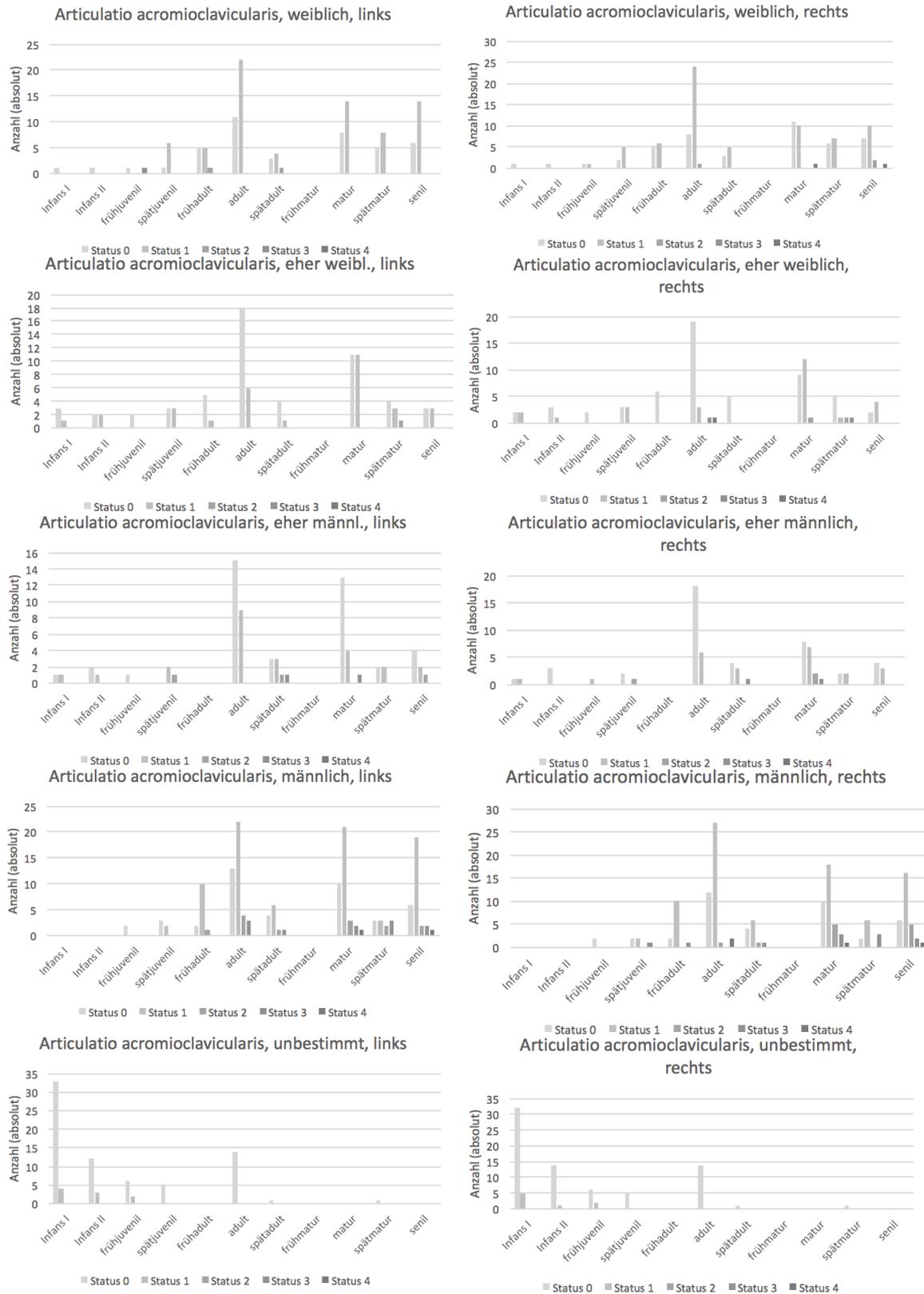


Abb. 66: Differenzierter Gelenkstatus des Schulternebenengelenks *Articulatio acromioclavicularis* für das Reihengräberfeld Emmering¹⁶³.

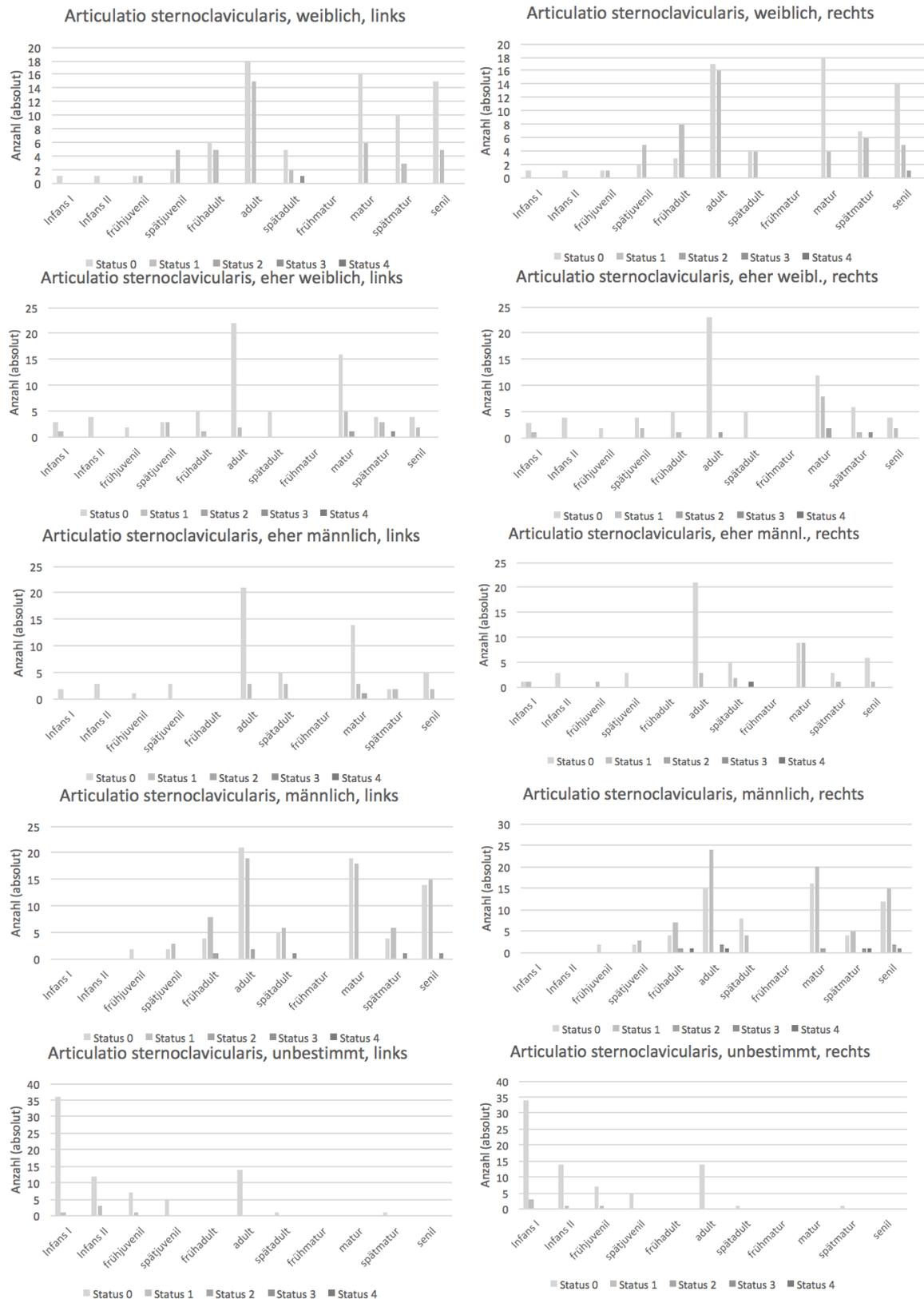


Abb. 67: Differenzierter Gelenkstatus des Schulterneben gelenks *Articulatio sternoclavicularis* für das Reihengräberfeld Emmering¹⁶³.

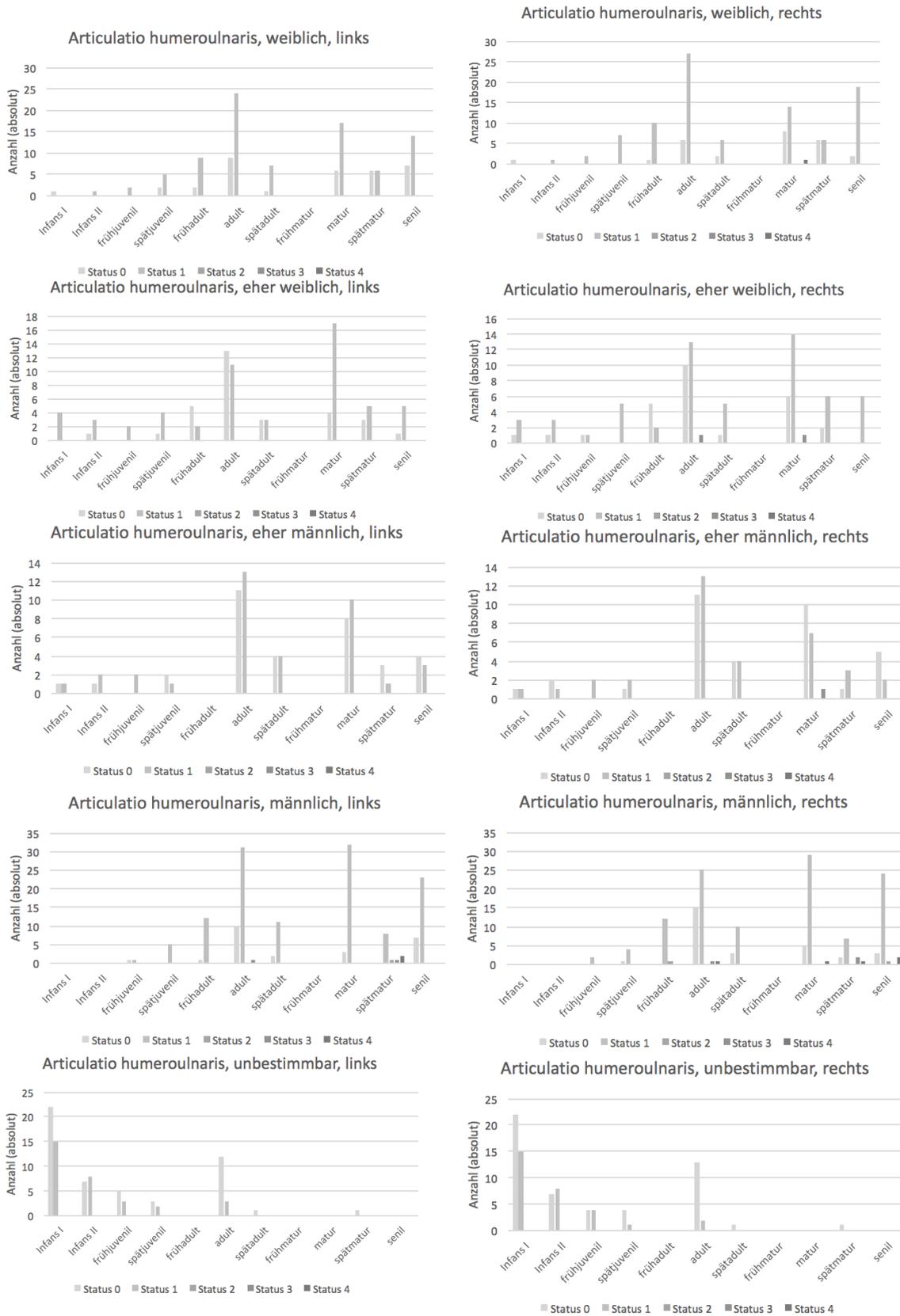


Abb. 68: Differenzierter Gelenkstatus des Ellenbogenbengelenks *Articulatio humeroulnaris* für das Reihengraberfeld Emmering¹⁶³.

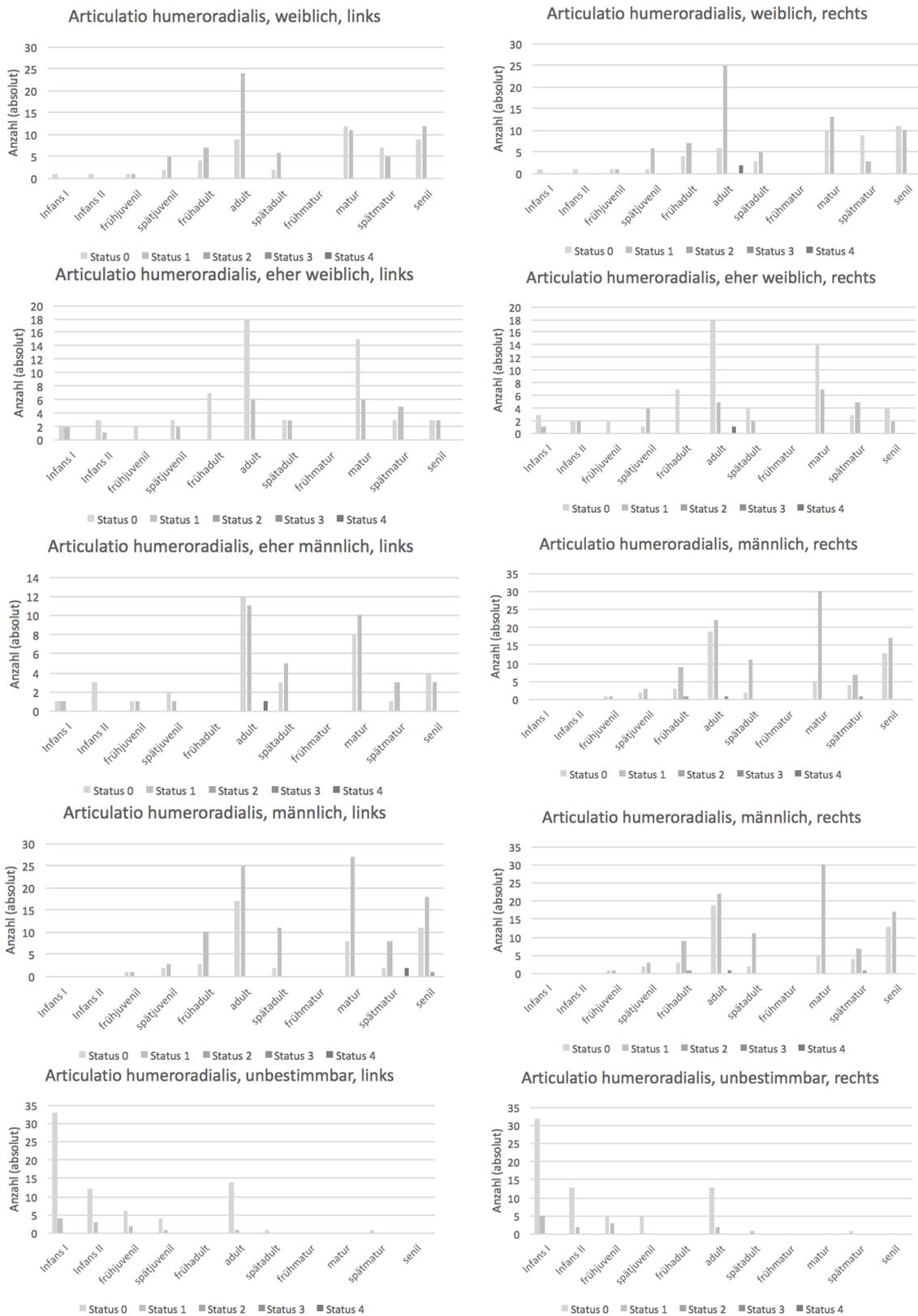


Abb. 69: Differenzierter Gelenkstatus des Ellenbogenneben gelenks *Articulatio humero-radialis* für das Reihengräberfeld Emmering¹⁶³.

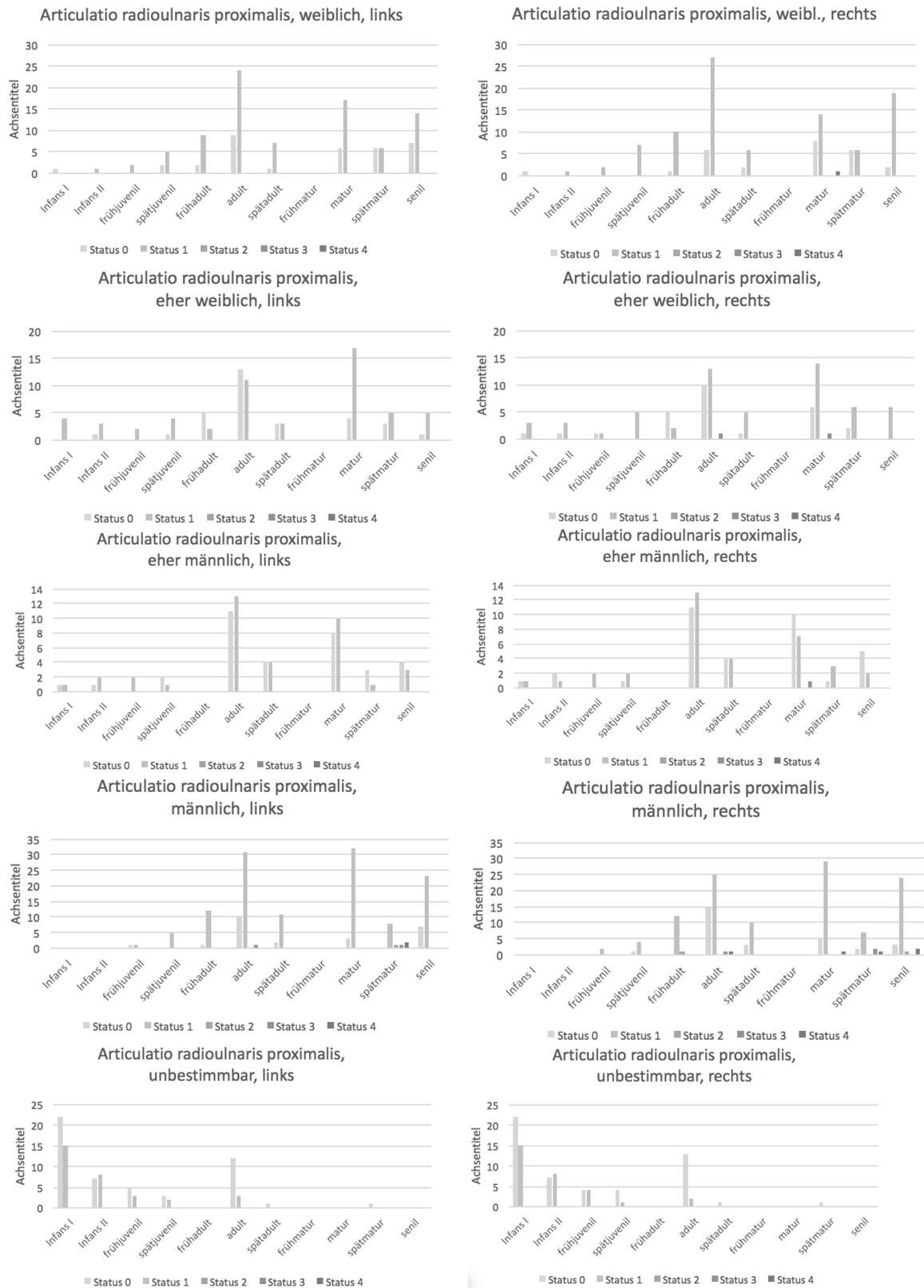


Abb. 70: Differenzierter Gelenkstatus des Ellenbogenneben gelenks *Articulatio radioulnaris proximalis* für das Reihengräberfeld Emmering¹⁶³.

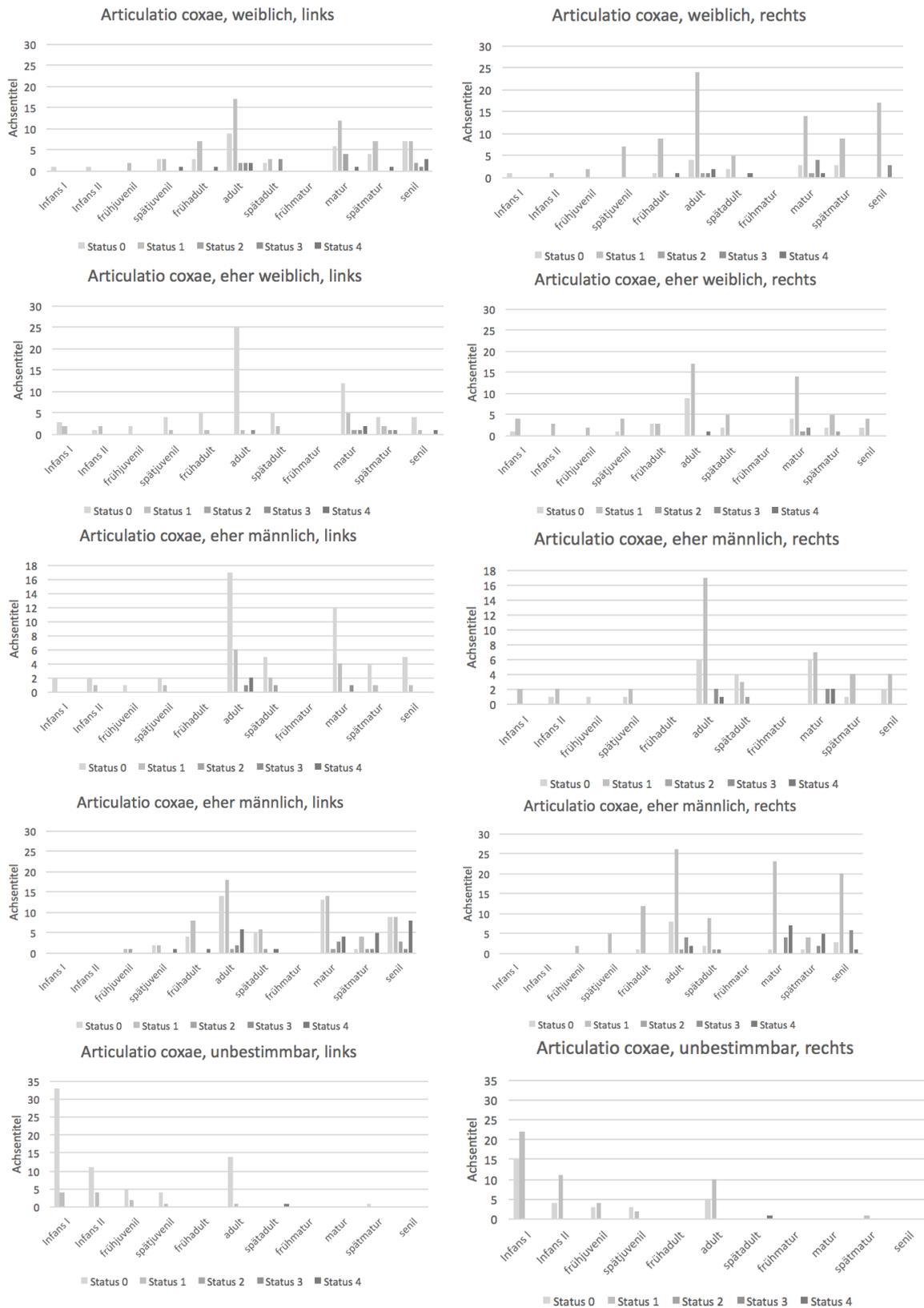


Abb. 71: Differenzierter Gelenkstatus des Hüftgelenks *Articulatio coxae* für das Reihen-
gräberfeld Emmering¹⁶³.

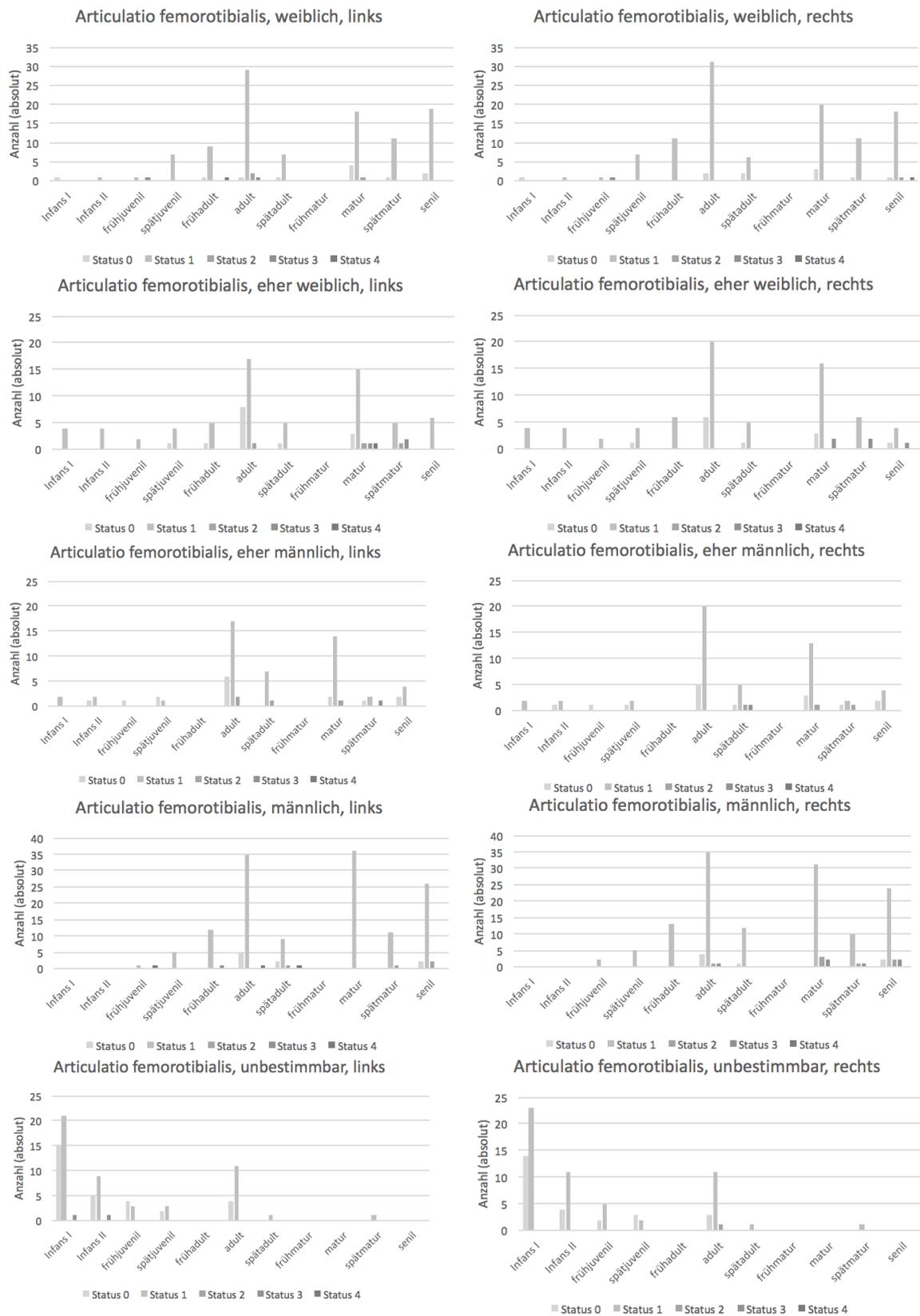


Abb. 72: Differenzierter Gelenkstatus des Kniegelenks *Articulatio femorotibialis* für das Reihengräberfeld Emmering¹⁶³.

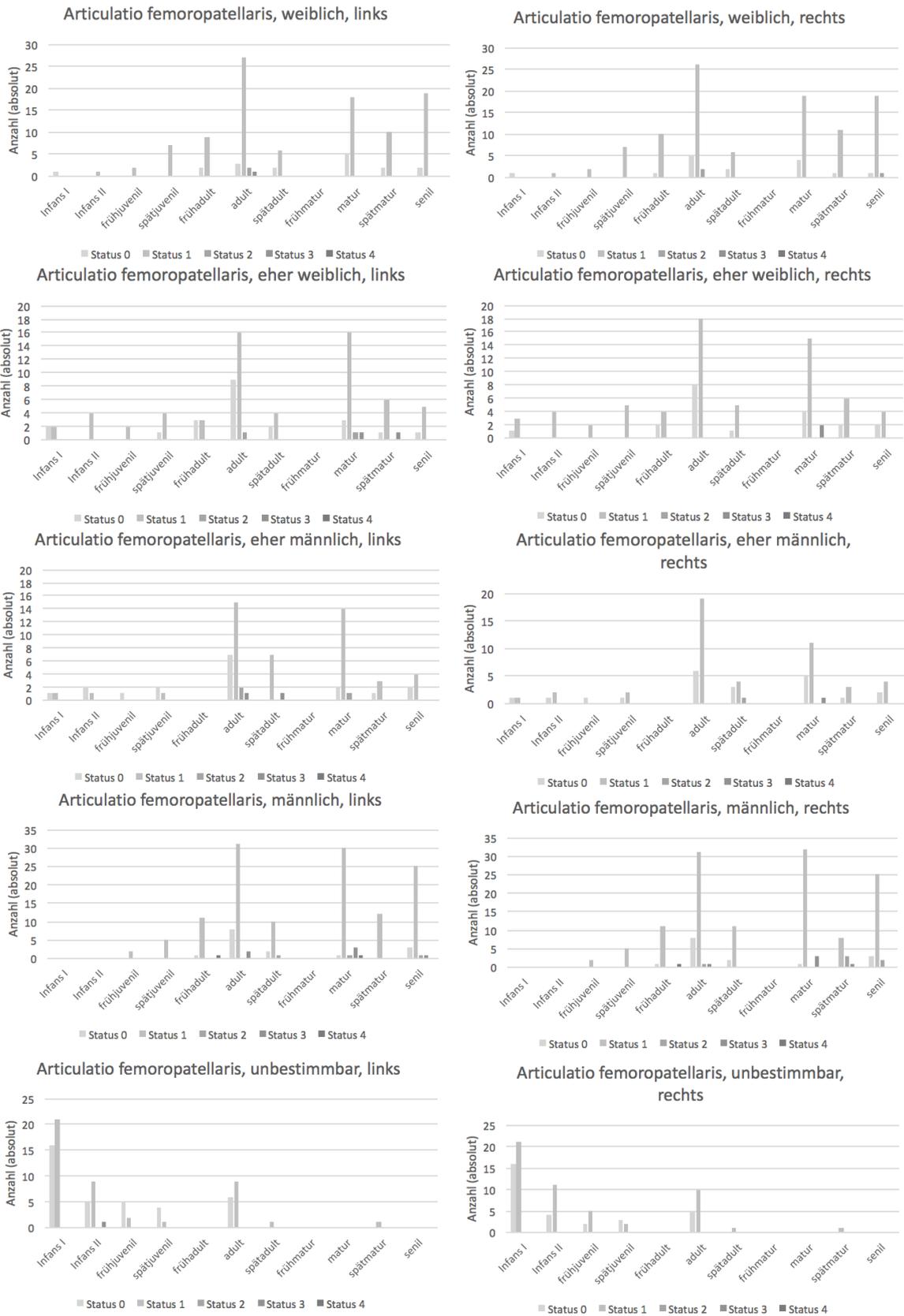


Abb. 73: Differenzierter Gelenkstatus des Kniegelenks *Articulatio femoropatellaris* für das Reihengräberfeld Emmering¹⁶³.

9.3.13 Auflistung des Gelenkstatus am Schultergelenk aus Unterigling

9.3.13.1 Articulatio humeri

		Articulatio humeri links					Articulatio humeri rechts				
		S0	S1	S2	S3	S4	S0	S1	S2	S3	S4
weiblich	Infans I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Infans II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	frühjuvenil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	spätjuvenil	20	3	1	0	0	20	3	1	0	0
	frühadult	20	9	1	0	0	20	9	0	1	0
	adult	25	4	6	1	0	25	7	3	1	0
	spätadult	29	6	2	2	0	26	9	2	2	0
	frühmatur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	matur	18	3	3	0	0	18	4	2	0	0
	spätmatur	7	2	0	0	0	9	0	0	0	0
senil	13	1	1	0	0	13	1	1	0	0	
eher weiblich	Infans I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Infans II	2	1	0	0	0	2	1	0	0	0
	frühjuvenil	9	0	0	0	0	9	0	0	0	0
	spätjuvenil	5	0	1	0	0	5	1	0	0	0
	frühadult	4	2	0	0	0	4	2	0	0	0
	adult	7	2	0	0	0	8	1	0	0	0
	spätadult	5	1	0	0	0	6	0	0	0	0
	frühmatur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	matur	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
	spätmatur	5	1	0	0	0	5	1	0	0	0
senil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
eher männlich	Infans I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Infans II	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
	frühjuvenil	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
	spätjuvenil	5	1	0	0	0	5	1	0	0	0
	frühadult	8	1	0	0	0	7	2	0	0	0
	adult	13	2	0	0	0	12	2	1	0	0
	spätadult	6	2	1	0	0	8	1	0	0	0
	frühmatur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	matur	6	0	0	0	0	5	0	0	1	0
	spätmatur	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
senil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
männlich	Infans I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Infans II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	frühjuvenil	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
	spätjuvenil	12	3	0	0	0	11	4	0	0	0
	frühadult	27	10	2	0	0	27	11	1	0	0
	adult	14	4	3	0	0	14	5	1	0	1
	spätadult	23	4	5	1	0	23	5	4	1	0
	frühmatur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	matur	24	7	4	1	0	25	3	7	0	1
	spätmatur	9	2	0	1	0	9	2	0	0	1
senil	10	0	4	1	0	11	1	2	1	0	
unbestimmbar	Infans I	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
	Infans II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	frühjuvenil	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
	spätjuvenil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	frühadult	3	0	0	0	0	2	1	0	0	0
	adult	22	1	0	0	1	22	1	1	0	0
	spätadult	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
	frühmatur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	matur	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
	spätmatur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
senil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

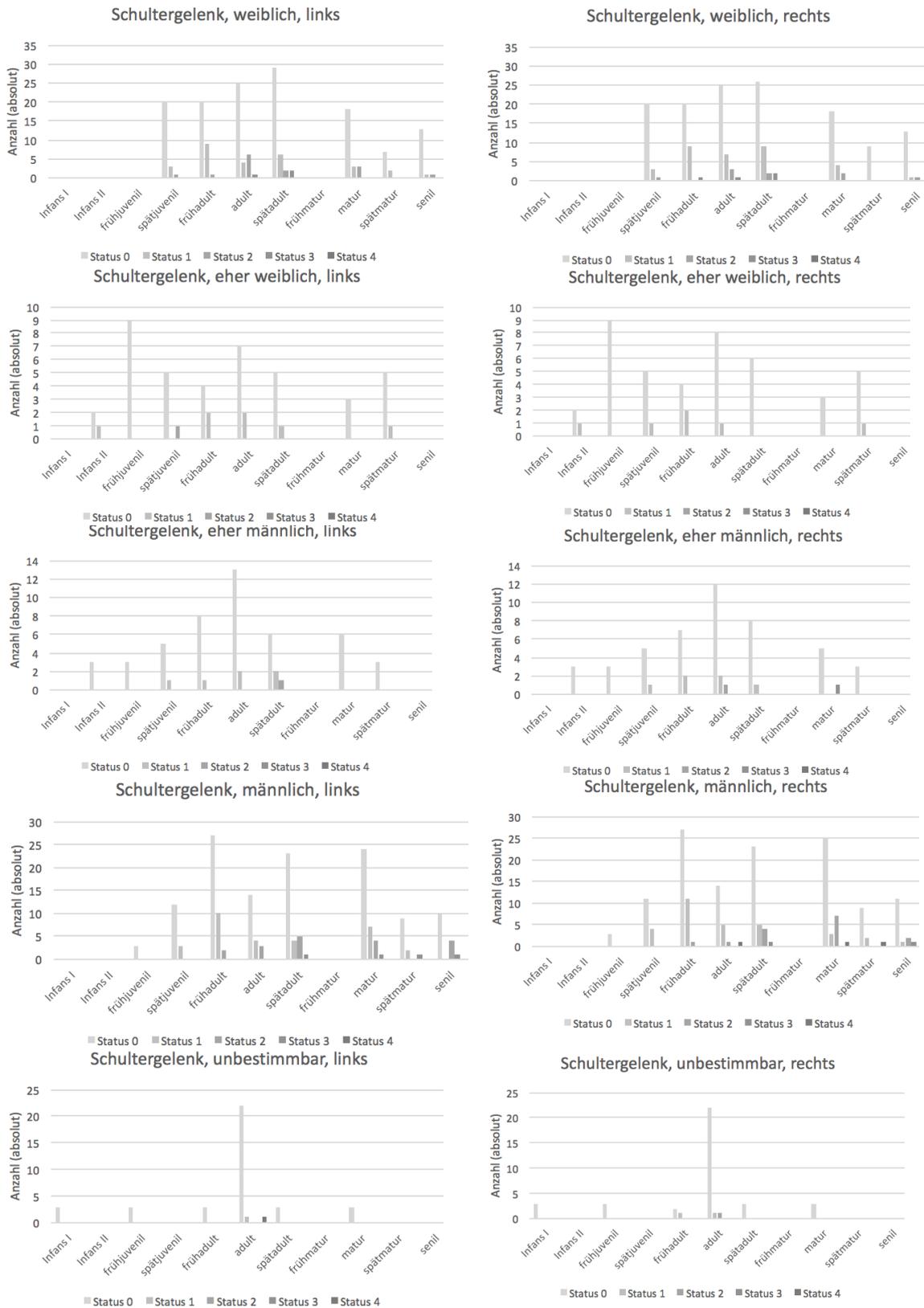


Abb. 74: Differenzierter Gelenkstatus des Schulterhauptgelenks *Articulatio humeri* für das Reihengräberfeld Unterigling¹⁶³.

9.3.14 Auflistung des Gelenkstatus am Ellenbogengelenk aus Untergrüßung

9.3.14.1 Articulatio humeroulnaris

		Articulatio humeroulnaris links					Articulatio humeroulnaris rechts				
		S0	S1	S2	S3	S4	S0	S1	S2	S3	S4
weiblich	Infans I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Infans II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	frühjuvenil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	spätjuvenil	3	4	0	0	0	4	3	0	0	0
	frühadult	5	5	1	0	0	4	6	1	0	0
	adult	3	7	2	0	0	4	6	1	1	0
	spätadult	4	7	3	0	0	5	6	3	0	0
	frühmatur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	matur	4	1	2	1	0	4	3	1	0	0
	spätmatur	2	0	1	0	0	1	1	1	0	0
	senil	1	2	2	0	0	2	1	2	0	0
eher weiblich	Infans I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Infans II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	frühjuvenil	3	0	0	0	0	2	1	0	0	0
	spätjuvenil	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	frühadult	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0
	adult	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0
	spätadult	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	frühmatur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	matur	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	spätmatur	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0
	senil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
eher männlich	Infans I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Infans II	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0
	frühjuvenil	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	spätjuvenil	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0
	frühadult	0	2	0	0	0	0	1	1	0	0
	adult	1	3	0	1	0	2	1	1	1	0
	spätadult	1	2	0	0	0	1	2	0	0	0
	frühmatur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	matur	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0
	spätmatur	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
	senil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
männlich	Infans I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Infans II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	frühjuvenil	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	spätjuvenil	1	4	1	0	0	1	4	1	0	0
	frühadult	3	9	1	0	0	3	8	2	0	0
	adult	1	5	1	0	0	0	5	1	1	0
	spätadult	4	5	2	0	0	7	4	0	0	0
	frühmatur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	matur	3	6	2	1	0	2	6	2	2	0
	spätmatur	2	1	0	1	0	2	1	0	1	0
	senil	1	1	3	0	0	0	2	2	1	0
unbestimmbar	Infans I	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	Infans II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	frühjuvenil	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	spätjuvenil	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	frühadult	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	adult	6	1	0	1	0	6	1	0	1	0
	spätadult	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	frühmatur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	matur	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	spätmatur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	senil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

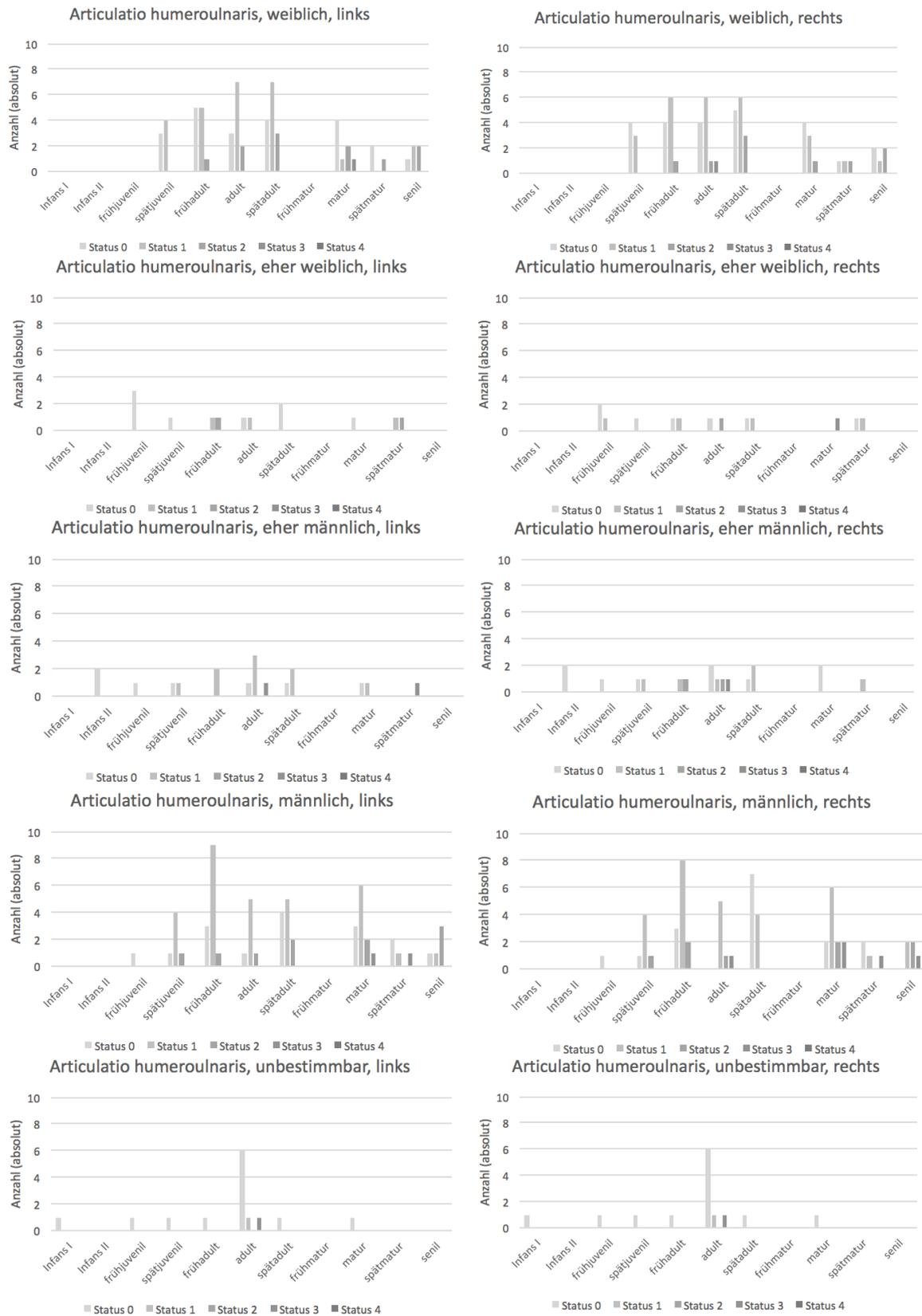


Abb. 75: Differenzierter Gelenkstatus des Ellenbogengelenk *Articulatio humeroulnaris* für das Reihengräberfeld Unterigling¹⁶³.

9.3.14.2 Articulatio humeroradialis

		Articulatio humeroradialis links					Articulatio humeroradialis rechts				
		S0	S1	S2	S3	S4	S0	S1	S2	S3	S4
weiblich	Infans I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Infans II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	frühjuvenil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	spätjuvenil	4	3	0	0	0	4	3	0	0	0
	frühadult	3	5	3	0	0	2	6	3	0	0
	adult	6	3	2	1	0	5	3	3	1	0
	spätadult	5	6	2	1	0	5	7	1	1	0
	frühmatur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	matur	3	3	2	0	0	7	1	0	0	0
	spätmatur	2	1	0	0	0	1	0	1	1	0
	senil	4	1	0	0	0	3	2	0	0	0
eher weiblich	Infans I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Infans II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	frühjuvenil	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
	spätjuvenil	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	frühadult	0	1	1	0	0	2	0	0	0	0
	adult	1	0	1	0	0	2	0	0	0	0
	spätadult	2	0	0	0	0	1	0	1	0	0
	frühmatur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	matur	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	spätmatur	0	0	2	0	0	1	1	0	0	0
	senil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
eher männlich	Infans I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Infans II	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0
	frühjuvenil	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	spätjuvenil	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0
	frühadult	1	0	1	0	0	0	0	2	0	0
	adult	1	1	3	0	0	2	2	1	0	0
	spätadult	1	2	0	0	0	2	1	0	0	0
	frühmatur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	matur	1	0	1	0	0	2	0	0	0	0
	spätmatur	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	senil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
männlich	Infans I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Infans II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	frühjuvenil	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	spätjuvenil	4	2	0	0	0	3	3	0	0	0
	frühadult	2	6	5	0	0	4	4	5	0	0
	adult	0	6	1	0	0	0	5	2	0	0
	spätadult	2	2	7	0	0	4	1	6	0	0
	frühmatur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	matur	4	3	5	0	0	3	5	3	1	0
	spätmatur	2	1	1	0	0	1	1	1	1	0
	senil	0	2	2	1	0	1	1	2	0	1
unbestimmbar	Infans I	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	Infans II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	frühjuvenil	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	spätjuvenil	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	frühadult	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	adult	6	2	0	0	0	7	0	1	0	0
	spätadult	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	frühmatur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	matur	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	spätmatur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	senil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

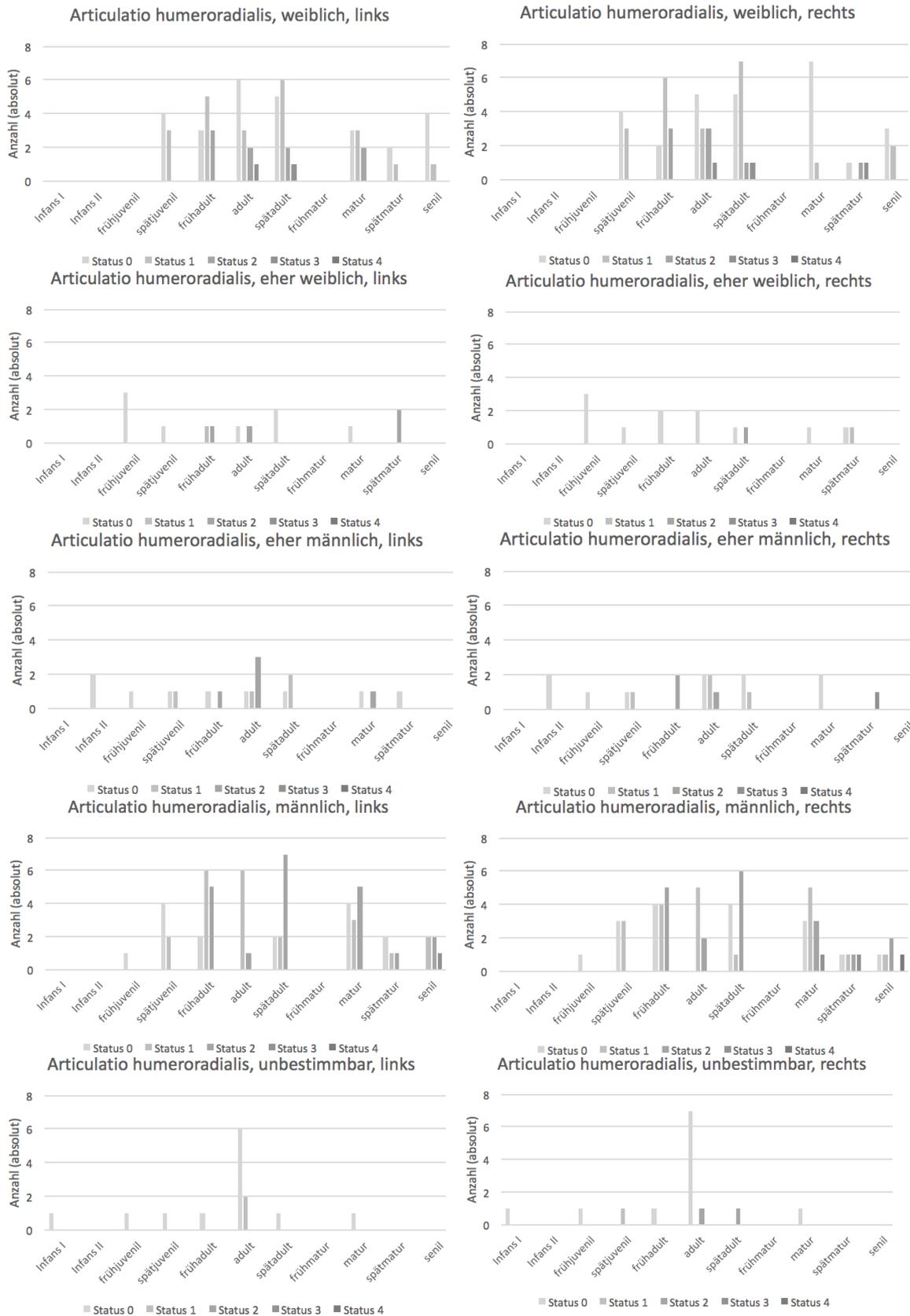


Abb. 76: Differenzierter Gelenkstatus des Ellenbogengelenk *Articulatio humeroradialis* für das Reihengraberfeld Untergriling¹⁶³.

9.3.14.3 Articulatio radioulnaris proximalis

		Articulatio radioulnaris proximalis links					Articulatio radioulnaris proximalis rechts				
		S0	S1	S2	S3	S4	S0	S1	S2	S3	S4
weiblich	Infans I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Infans II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	frühjuvenil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	spätjuvenil	3	4	0	0	0	3	4	0	0	0
	frühadult	6	4	0	0	1	5	6	0	0	0
	adult	3	9	0	0	0	2	10	0	0	0
	spätadult	4	10	0	0	0	5	8	0	0	1
	frühmatur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	matur	2	6	0	0	0	2	6	0	0	0
	spätmatur	1	2	0	0	0	0	3	0	0	0
	senil	2	3	0	0	0	3	2	0	0	0
eher weiblich	Infans I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Infans II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	frühjuvenil	2	1	0	0	0	1	2	0	0	0
	spätjuvenil	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	frühadult	0	2	0	0	0	1	1	0	0	0
	adult	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0
	spätadult	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0
	frühmatur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	matur	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	spätmatur	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0
	senil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
eher männlich	Infans I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Infans II	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0
	frühjuvenil	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	spätjuvenil	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0
	frühadult	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0
	adult	0	4	0	1	0	1	3	0	1	0
	spätadult	1	2	0	0	0	1	2	0	0	0
	frühmatur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	matur	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0
	spätmatur	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	senil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
männlich	Infans I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Infans II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	frühjuvenil	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	spätjuvenil	2	4	0	0	0	3	3	0	0	0
	frühadult	5	8	0	0	0	5	8	0	0	0
	adult	3	4	0	0	0	3	4	0	0	0
	spätadult	4	7	0	0	0	4	7	0	0	0
	frühmatur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	matur	4	8	0	0	0	4	7	0	0	1
	spätmatur	1	3	0	0	0	2	1	0	0	1
	senil	2	3	0	0	0	1	4	0	0	0
unbestimmbar	Infans I	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	Infans II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	frühjuvenil	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	spätjuvenil	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	frühadult	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	adult	3	5	0	0	0	3	5	0	0	0
	spätadult	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	frühmatur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	matur	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	spätmatur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	senil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

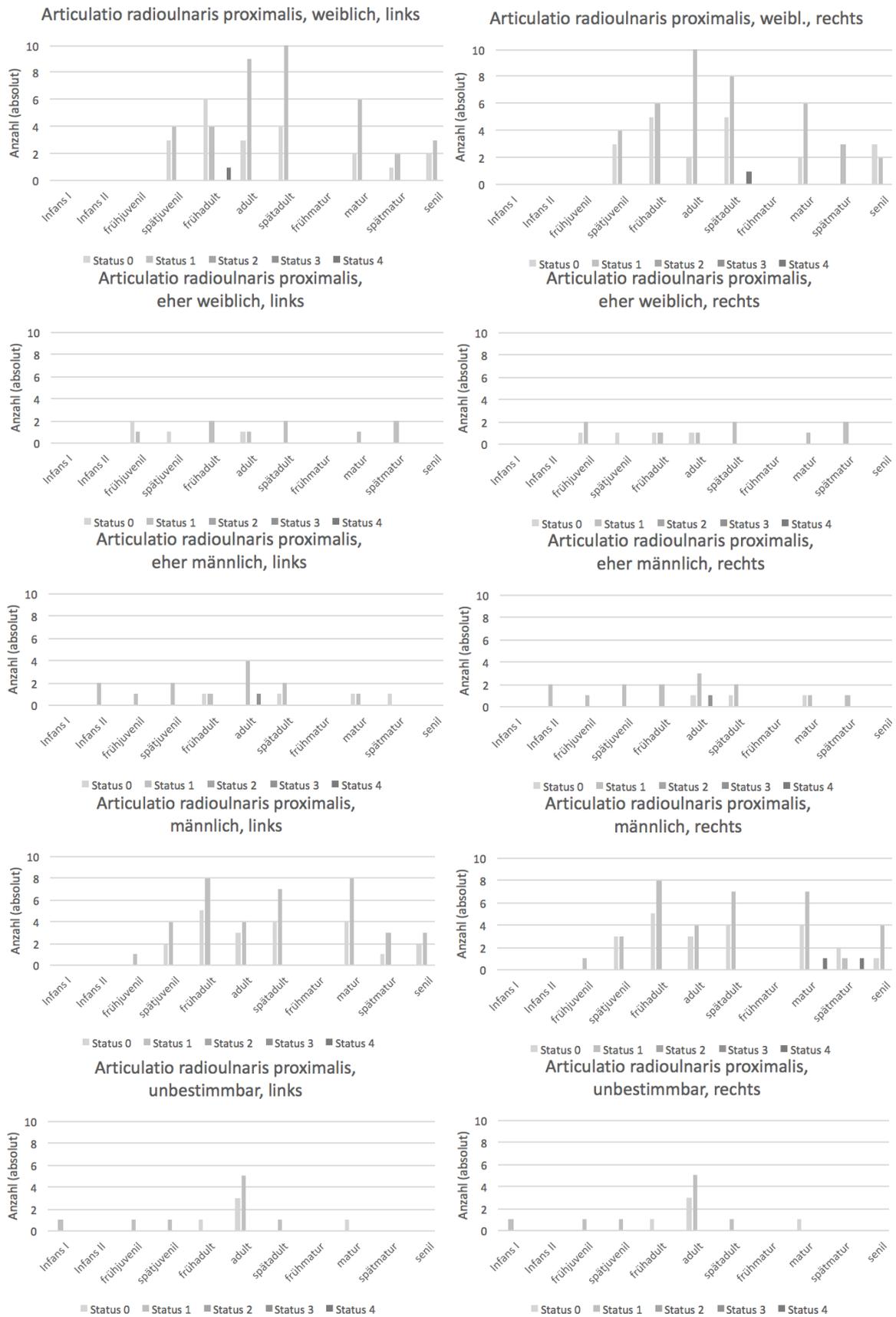


Abb. 77: Differenzierter Gelenkstatus des Ellenbogengelenk *Articulatio humeroulnaris* für das Reihengräberfeld Unterigling¹⁶³.

9.3.15 Auflistung des Gelenkstatus am Hüftgelenk aus Untergrüßling

9.3.15.1 Articulatio coxae

		Articulatio coxae links					Articulatio coxae rechts				
		S0	S1	S2	S3	S4	S0	S1	S2	S3	S4
weiblich	Infans I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Infans II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	frühjuvenil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	spätjuvenil	1	3	2	0	1	2	3	2	0	0
	frühadult	0	1	9	0	1	0	2	6	2	1
	adult	2	3	5	3	0	2	3	5	2	1
	spätadult	0	0	10	2	1	1	2	7	3	0
	frühmatur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	matur	1	1	4	2	0	1	0	3	4	0
	spätmatur	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1
senil	0	0	2	2	1	3	0	1	1	0	
eher weiblich	Infans I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Infans II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	frühjuvenil	1	1	1	0	0	2	1	0	0	0
	spätjuvenil	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0
	frühadult	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0
	adult	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0
	spätadult	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0
	frühmatur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	matur	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	spätmatur	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0
senil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
eher männlich	Infans I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Infans II	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0
	frühjuvenil	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	spätjuvenil	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0
	frühadult	1	1	1	0	0	0	2	1	0	0
	adult	2	0	1	1	1	2	0	2	1	0
	spätadult	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0
	frühmatur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	matur	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0
	spätmatur	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
senil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
männlich	Infans I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Infans II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	frühjuvenil	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	spätjuvenil	0	1	4	1	0	0	1	2	2	1
	frühadult	0	5	6	1	0	0	2	9	1	0
	adult	0	1	5	1	0	0	1	3	3	0
	spätadult	1	1	5	4	0	1	2	7	1	0
	frühmatur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	matur	1	0	6	3	2	0	0	8	4	0
	spätmatur	1	0	1	2	0	1	0	2	0	1
senil	0	0	1	3	1	0	0	2	2	1	
unbestimmbar	Infans I	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	Infans II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	frühjuvenil	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	spätjuvenil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	frühadult	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	adult	8	0	0	0	0	8	0	0	0	0
	spätadult	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	frühmatur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	matur	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	spätmatur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
senil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

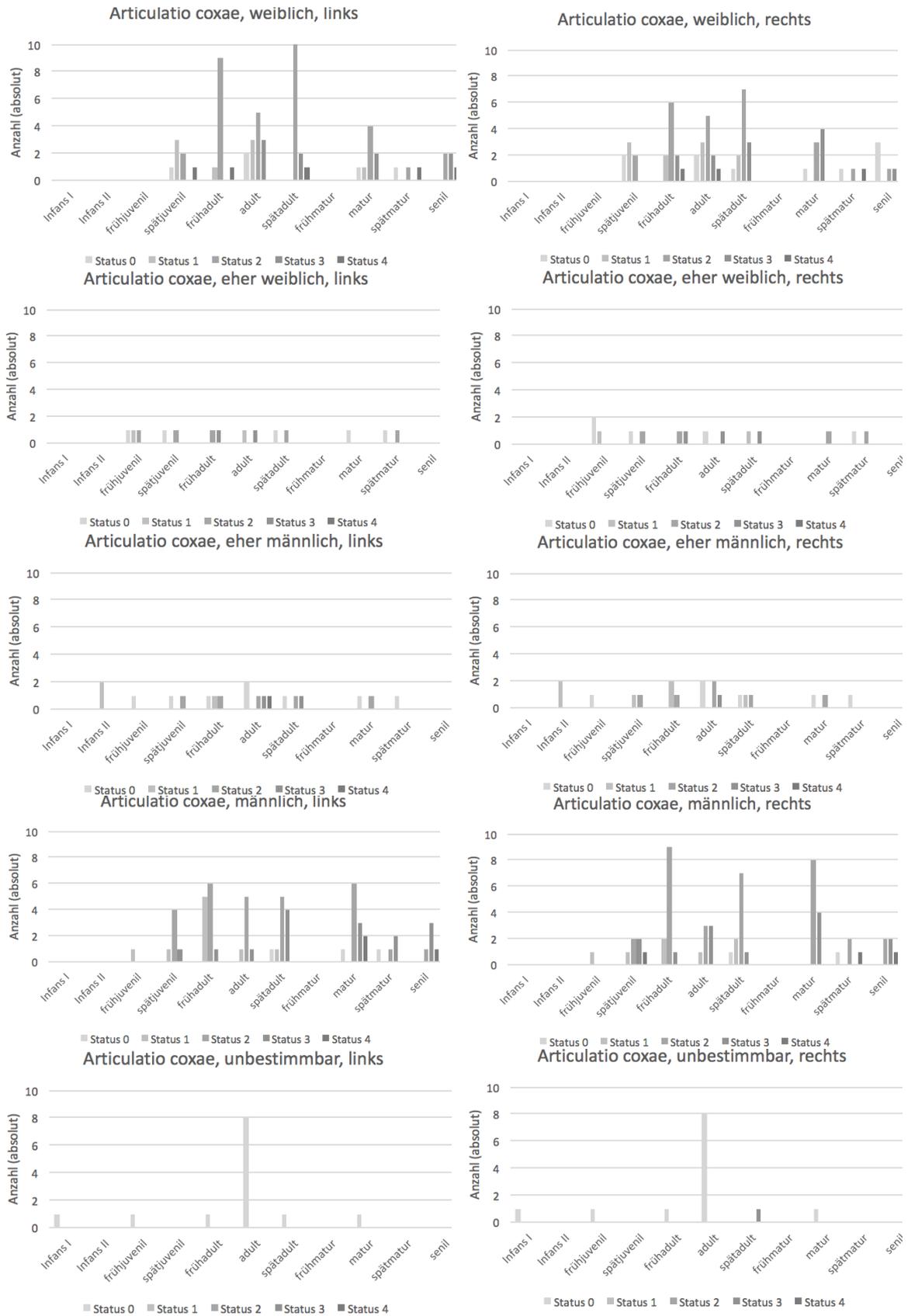


Abb. 78: Differenzierter Gelenkstatus des Hüftgelenks *Articulatio coxae* für das Reihen-
gräberfeld Unterigling¹⁶³.

9.3.16 Auflistung des Gelenkstatus am Kniegelenk

9.3.16.1 Articulatio femorotibialis

		Articulatio femorotibialis links					Articulatio femorotibialis rechts				
		S0	S1	S2	S3	S4	S0	S1	S2	S3	S4
weiblich	Infans I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Infans II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	frühjuvenil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	spätjuvenil	2	2	3	0	0	2	3	2	0	0
	frühadult	1	8	3	0	0	2	8	2	0	0
	adult	1	6	4	0	1	3	6	3	0	0
	spätadult	2	7	5	0	0	3	5	6	0	0
	frühmatur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	matur	3	4	1	0	0	2	3	3	0	0
	spät matur	1	0	2	0	0	1	1	1	0	0
	senil	4	0	1	0	0	2	1	2	0	0
	eher weiblich	Infans I	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Infans II		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
frühjuvenil		2	1	0	0	0	2	1	0	0	0
spätjuvenil		2	0	0	0	0	2	0	0	0	0
frühadult		0	0	2	0	0	0	1	1	0	0
adult		1	1	0	0	0	1	1	0	0	0
spätadult		1	1	0	0	0	1	1	0	0	0
frühmatur		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
matur		0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
spät matur		1	0	1	0	0	2	0	0	0	0
senil		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
eher männlich		Infans I	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Infans II	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0
	frühjuvenil	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	spätjuvenil	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0
	frühadult	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	adult	2	2	0	1	0	2	1	2	0	0
	spätadult	1	1	1	0	0	0	3	0	0	0
	frühmatur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	matur	0	2	0	0	0	1	0	1	0	0
	spät matur	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	senil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	männlich	Infans I	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Infans II		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
frühjuvenil		0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
spätjuvenil		4	2	0	0	0	1	5	0	0	0
frühadult		1	1	11	0	0	1	4	8	0	0
adult		0	5	2	0	0	2	4	1	0	0
spätadult		0	3	8	0	0	1	5	5	0	0
frühmatur		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
matur		1	4	7	0	0	0	5	6	1	0
spät matur		2	0	2	0	0	1	0	3	0	0
senil		0	0	5	0	0	0	1	4	0	0
unbestimmbar		Infans I	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	Infans II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	frühjuvenil	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	spätjuvenil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	frühadult	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	adult	8	0	0	0	0	7	1	0	0	0
	spätadult	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	frühmatur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	matur	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	spät matur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	senil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

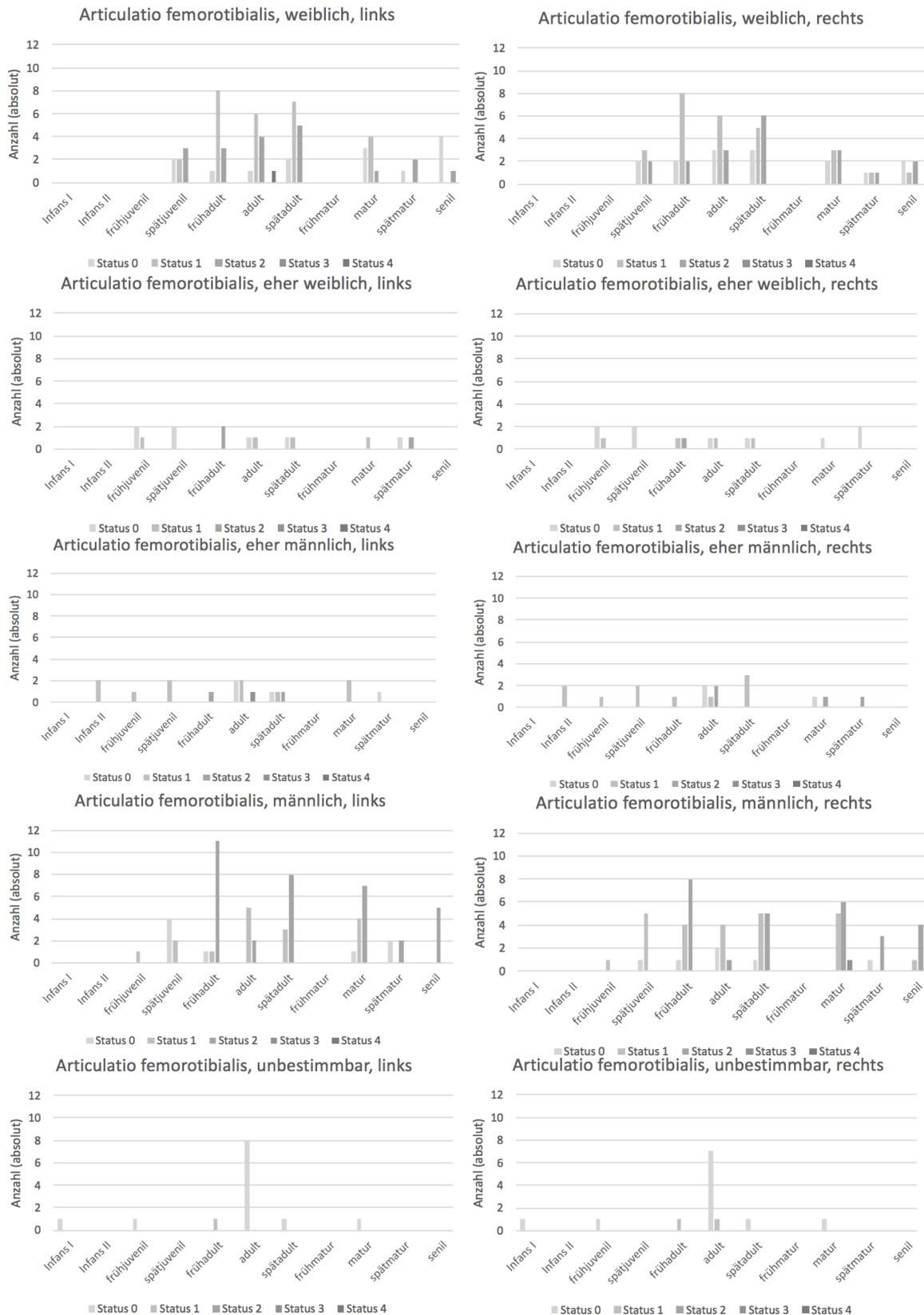


Abb. 79: Differenzierter Gelenkstatus des Kniegelenks *Articulatio femorotibialis* für das Reihengräberfeld Unterigling¹⁶³.

9.3.16.2 Articulatio femoropatellaris

		Articulatio femoropatellaris links					Articulatio femoropatellaris rechts				
		S0	S1	S2	S3	S4	S0	S1	S2	S3	S4
weiblich	Infans I	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	Infans II	2	1	1	2	0	0	0	0	0	0
	frühjuvenil	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	spätjuvenil	1	1	1	1	0	1	5	1	0	0
	frühadult	2	2	1	2	0	1	10	1	0	0
	adult	2	2	1	2	0	2	3	7	0	0
	spätadult	0	2	1	2	0	3	7	3	1	0
	frühmatur	2	0	1	2	0	0	0	0	0	0
	matur	1	1	1	1	0	2	1	5	0	0
	spät matur	1	1	1	1	0	0	1	2	0	0
senil	1	2	1	2	0	2	1	2	0	0	
eher weiblich	Infans I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Infans II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	frühjuvenil	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0
	spätjuvenil	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	frühadult	2	0	1	2	0	0	1	1	0	0
	adult	2	0	1	2	0	0	1	1	0	0
	spätadult	1	2	1	2	0	0	2	0	0	0
	frühmatur	1	2	1	2	0	0	0	0	0	0
	matur	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0
	spät matur	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0
senil	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
eher männlich	Infans I	2	2	1	2	0	0	0	0	0	0
	Infans II	2	2	1	2	0	0	2	0	0	0
	frühjuvenil	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0
	spätjuvenil	2	2	1	2	0	0	2	0	0	0
	frühadult	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0
	adult	1	1	1	1	0	1	1	3	0	0
	spätadult	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0
	frühmatur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	matur	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
	spät matur	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0
senil	2	2	1	2	0	0	0	0	0	0	
männlich	Infans I	2	2	1	2	0	0	0	0	0	0
	Infans II	2	2	1	2	0	0	0	0	0	0
	frühjuvenil	1	2	1	2	0	0	1	0	0	0
	spätjuvenil	2	2	1	2	0	2	4	0	0	0
	frühadult	1	2	1	2	0	1	5	7	0	0
	adult	2	2	1	2	0	1	4	2	0	0
	spätadult	1	1	1	1	0	1	3	7	0	0
	frühmatur	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	matur	1	1	1	1	0	0	5	7	0	0
	spät matur	1	1	1	1	0	1	1	2	0	0
senil	1	2	1	2	0	0	2	3	0	0	
Unbestimmbar	Infans I	2	2	1	2	0	1	0	0	0	0
	Infans II	2	2	1	2	0	0	0	0	0	0
	frühjuvenil	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0
	spätjuvenil	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0
	frühadult	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0
	adult	0	0	0	0	0	7	0	1	0	0
	spätadult	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	frühmatur	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	matur	2	0	1	2	0	1	0	0	0	0
	spät matur	2	0	1	2	0	0	0	0	0	0
senil	2	2	1	2	0	0	0	0	0	0	

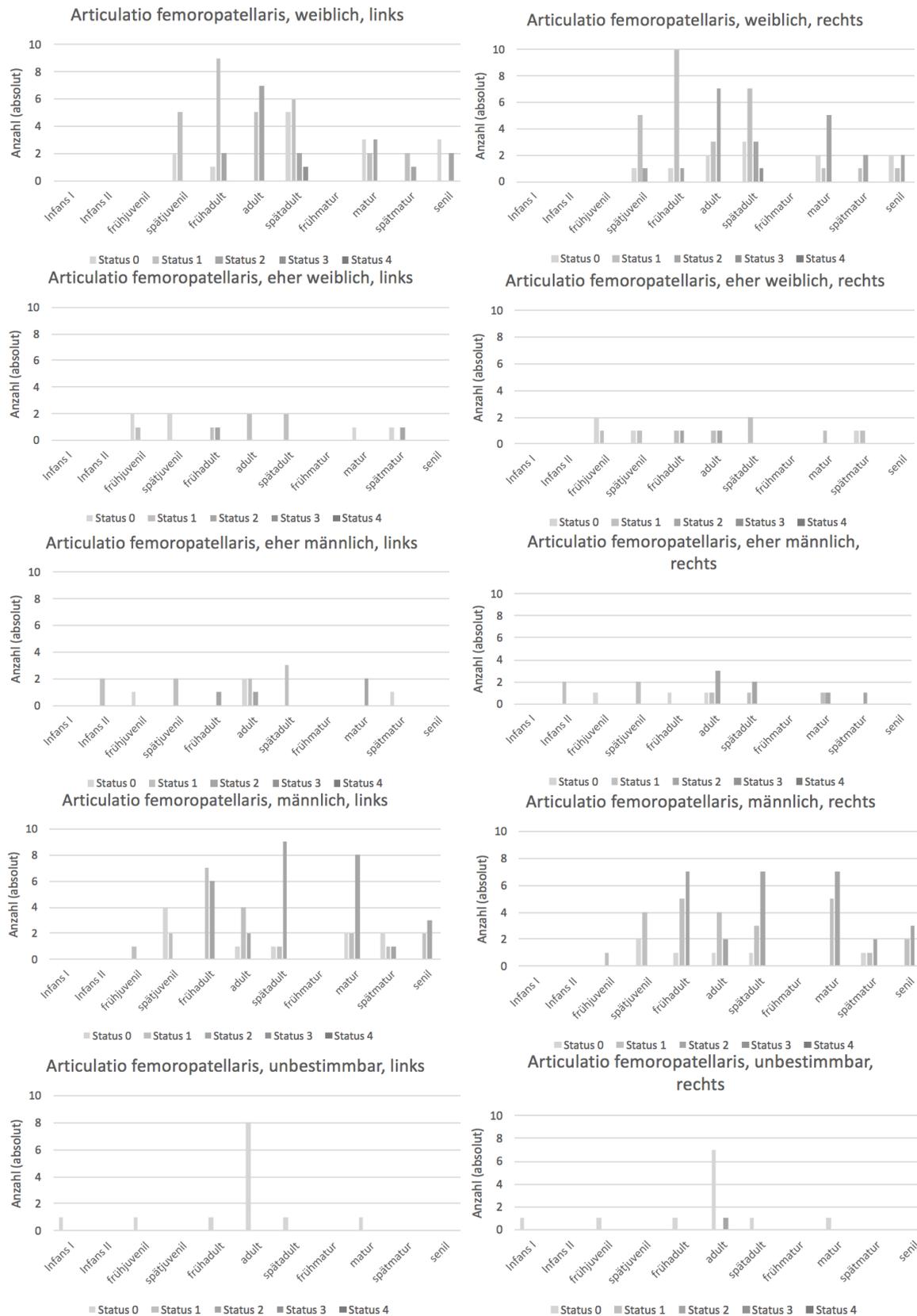


Abb. 80: Differenzierter Gelenkstatus des Kniegelenks *Articulatio femoropatellaris* für das Reihengräberfeld Unterigling¹⁶³.

9.3.17 Pathologien der Wirbelsäule

Tab. 101: Auflistung der aufgefundenen Pathologien an der Halswirbelsäule.

Körperteil und Pathologie	Anz.	Pathologie	Anz.
<u>Halswirbelsäule:</u>			
Osteophyten an Wirbeln	34	Atlas, C3 und C4 arthrotisch verändert	1
Osteophyten an articulatio atlantoaxialis mediana	18	Eburnisierung dorsal am Dens Axis (zu Fovea dentis am Atlas)	6
Arthrose an articulation atlantoaxialis mediana	15	Arthrose an li. Facies articulares inferior am Atlas	1
Facies articularis superior stark vergrößert und abgekippt an C3	1	C4 und C5 zeigen entzündliche Veränderung der rechten facies articulares superior	2
Facies articularis inferior am Atlas zeigen rechts und links lytischen Knorpeldefekt	2	Rechte facies articularis superior am Atlas aufgelöst -> Atlas kippt seitlich ab	7
C6 abgekippt, facies intervertebralis inferior entzündlich verändert und ausgezogen, aus Wirbelplatte heraus	5	Atlas und Axis zeigen Knorpeldefekte auf facies articularis inferior (Atlas) bzw. superior (Axis)	2
Facies articularis superior an Axis rechts ist vergrößert	1	Halswirbel abgekippt, ventral rechts an Wirbelkörper nach oben hin ausgezogen	3
Randleistenbildung an facies articularis inferior des Atlas, dorsal gelegen	11	Randleistenbildung an facies articularis superior des Dens Axis, dorsal gelegen	19
Auszug der Halswirbel an C3, C4 und C5	1	Ankylose von C3, C4 und C5	2
Ankylose von C4 und C5	2	Ankylose C3 und C4	2
Randleisten an C3 bis C7	4	Osteophyt am Dens Axis	24
Ossifizierte Ligamente flavum am Dens Axis	8	Schmorl'sche Knorpelknötchen an C5 und C6	4
Randleistenbildung an C5 und C6	4	Degeneration der facies articularis inferior	1
Lytische Auslöschung an facies articularis superior rechts und links	1	Spondylosis deformans an facies articularis C4, C5 oder C6	6
Sponylarthrose an Halswirbeln C3, C4, C5	14		

Tab. 102: Auflistung der aufgefundenen Pathologien an der Brustwirbelsäule.

Körperteil und Pathologie	Anz.	Pathologie	Anz.
<u>Brustwirbelsäule:</u>			
Osteophyten an Wirbeln	34	Spondylose der Thoracalwirbel Th1 bis Th4	10
Lyse auf facies articulares superior, vmtl. Infolge eines bakteriellen Infekts	1	Zwei verknöcherte Weichgewebstücke, ggfs. Zyste oder Fibrom	8
Knotige Auflagerung an Th 11	2	Randleistenbildung an Th 10 – Th 12	14
Th 12: Arthrose der Fovea costalis	2	Schmorl'sche Knorpelknötchen	18
Facies articulares inferior mit lytischem Defekt	4	Lyse und Strukturauslöschung an facies articulares inferior	3
Ossifizierte Ligamentum flavum	23	Fovea costalis sehr tief an Th 1	1
Facies intervertebralis superior hat (teils starke) Ausziehungen	23	Th 12 stark komprimiert, facies intervertebralis superior hat enorme Ausziehungen	1

Tab. 103: Auflistung der aufgefundenen Pathologien an der Lendenwirbelsäule.

Körperteil und Pathologie	Anz.	Pathologie	Anz.
<u>Lendenwirbelsäule:</u>			
Osteophyten an Wirbeln	25	Facies intervertebralis superior ausgezogen	11
Spondylose	10	Abplattung des corpus vertebrae	3
An facies articularis superior des L3 links	4	Starke Vergrößerung der facies articularis superior des L4	1
Knorpeldefekt			
Facies articularis inferior rechts an L1 degeneriert	2	Randleisten an Lendenwirbeln L1 bis L4	21
Ankylose L4+L5	2	Ossifizierte Ligamentum flavum	3
Schmorl'sche Knorpelknötchen an Lendenwirbeln	11	Lytische Läsion der Deckplatte facies intervertebralis superior an L2, L3	4
Ankylose von processus transversus an L5 zu processus articularis superior des Os sacrum	1	Facies intervertebralis superior eingebrochen	2

Tab. 104: Auflistung der aufgefundenen Pathologien am Kreuzbein.

Körperteil und Pathologie	Anz.	Pathologie	Anz.
<u>Os sacrum:</u>			
Randbildung an facies articularis superior links	3	Ankylose zwischen Os sacrum und L5	1
Ossifizierte Ligamente	3	Ankylose, stark aufgetriebene facies articularis superior, deutliche Veränderung der Oberfläche, beidseitig stark aufgetrieben, mit zapfigen Osteophyten	1
Enorme Verformung der Articulatio sacroiliaca	5		

9.3.18 Anatomische Skelettvarianten (ASV)

Tab. 105: Kategorien, Charakterisierung und Beispiele für anatomische Skelettvarianten. Auflistung nach Saunders und Rainey (2008), mit Ergänzungen von Grupe et al. (2015).

Kategorie	Charakterisierung	Beispiel(e)
Hyperostotisch	erhöhte Ossifizierung von Öffnungen oder Teilen, die normalerweise aus Knorpelgewebe, Ligamenten oder Bindegewebe bestehen	Auditorische Exostosen
Hypostotisch	Fehlende oder unvollständige Ossifizierung, die eine nicht abgeschlossene Entwicklung oder ein embryonales Stadium reflektieren.	Persistierende Sutura metopica, sternales Foramen
Überzählige Nähte	Zusätzliche Schädelknochen, die durch Nähte abgegrenzt sind.	Worm'sche Knochen oder Inkabein

(Fortsetzung der Tabelle)

Gefäßforamina, -kanäle und -gruben		Strukturen, in denen oder entlang derer Gefäße ziehen, die entweder akzessorisch sind oder variabel geformt sind.	Foramen supraorbitale, Foramen parietale.
Kranio-vertebrale Übergangsvariationen	Über-	Veränderungen im Bereich der Schädelbasis, an der Artikulationsfläche zum Atlas	Condylus occipitalis bipartitus.
Spinale Varianten		Variationen im Bereich einzelner Wirbel.	Überzählige Thorakal- oder Lumbalwirbel
Prominente knöcherne Prozesse		Prominente Knochenwülste bzw. -fortsätze.	Trochanter tertius
Facettenvarianten		Überzählige, geteilte oder fehlende Artikulationsflächen.	Facies articularis talaris anterior bipartita.
Entwicklungsstörungen		Verursachen in der Folge eine Strukturveränderung	Cervicale Rippen, Sakralisierung

9.4 Tabellen zum Themenbereich Paläodemographie

9.4.1 unkorrigierte Sterbetafel

Tab. 106: Sterbetafel der Emmeringer Population, Anzahl $n = 535$, mit feinerer Aufschlüsselung von Individuen im Kindesalter.

x	a	D_x	d_x	l_x	q_x	p_x	L_x	T_x	e_x
0-1	1	4	7,5	1.000,0	7,5	992,5	996,3	36.686,0	36,7
2	1	2	3,7	992,5	3,8	996,2	990,7	35.689,7	36,0
3	1	6	11,2	988,8	11,3	988,7	983,2	34.699,1	35,1
4	1	16	29,9	977,6	30,6	969,4	962,6	33.715,9	34,5
5	1	9	16,8	947,7	17,8	982,2	939,3	32.753,3	34,6
6	1	8	15,0	930,8	16,1	983,9	923,4	31.814,0	34,2
7 – 9	5	22	41,1	915,9	44,9	955,1	2.686,0	30.890,7	33,7
10 – 14	5	16	29,9	874,8	34,2	965,8	4.299,1	28.204,7	32,2
15 – 19	5	26	48,6	844,9	57,5	942,5	4.102,8	23.905,6	28,3
20-26	7	30	56,1	796,3	70,4	929,6	5.377,6	19.802,8	24,9
27-33	7	137	256,1	740,2	346,0	654,0	4.285,0	14.425,2	19,5
34-40	7	34	63,6	484,1	131,3	868,7	3.166,4	10.140,2	20,9
40-46	7	26	48,6	420,6	115,6	884,4	2.773,8	6.973,8	16,6
47-53	7	99	185,0	372,0	497,5	502,5	1.956,1	4.200,0	11,3
54-60	7	37	69,2	186,9	370,0	630,0	1.066,4	2.243,9	12,0
60 – x	20	63	117,8	117,8	1.000,0	0,0	1.177,6	1.177,6	10,0
		535							

9.5 Tabellen zum Themenbereich Strontiumisotopen

9.5.1 NBS 987 Messwerte

Tab. 107: Messwerte der bei den Sr-Messungen mitgeführten NBS 987 Standardproben:

NBS987	$^{88}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{84}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
09.02.12	8,350348 ± 0,003524	0,710295 ± 0,000044	-0,000071 ± 0,000029
19.10.12	8,308187 ± 0,001351	0,710232 ± 0,000059	0,05651 ± 0,000042
30.01.13	8,302515 ± 0,00042	0,710268 ± 0,000036	0,056448 ± 0,000023
11.02.13	8,29948 ± 0,000704	0,710275 ± 0,000046	0,056426 ± 0,00006
13.02.13	8,286884 ± 0,000266	0,710264 ± 0,000032	0,056456 ± 0,000023
15.02.13	8,294842 ± 0,000467	0,710279 ± 0,000032	0,056489 ± 0,000024
28.01.14	8,317307 ± 0,000263	0,710228 ± 0,000021	0,056501 ± 0,000008
Mittelwert	8,308509 ± 0,000999	0,710263 ± 0,000039	0,048394 ± 0,000030

Tab. 108: Standardfehler der Messwerte der bei den Strontium-Messungen mitgeführten NBS 987 Standardproben:

NBS987	2 SE (M)	2 SE (M) %
09.02.12	0,000046	0,0066
19.10.12	0,000054	0,0077
30.01.13	0,000034	0,0049
11.02.13	0,000048	0,0069
13.02.13	0,000029	0,0042
15.02.13	0,000031	0,0044
28.01.14	0,000021	0,003
Mittelwert	0,000038	0,005386

9.5.2 NBS 1400 Messwerte

Tab. 109: Auflistung der Messwerte der mitgeführten NBS 1400 Standardproben:

NBS1400	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	2 SE (M)	2 SE (M) %
09.02.12	0,71303 ± 0,000059	0,000046	0,0045
19.10.12	0,71298 ± 0,000044	0,000054	0,0047
30.01.13	0,71292 ± 0,000045	0,000034	0,0039
30.01.13	0,71315 ± 0,000053	0,000071	0,0048
11.02.13	0,71299 ± 0,000038	0,000048	0,0098
13.02.13	0,71309 ± 0,000031	0,000029	0,0081
15.02.13	0,71311 ± 0,000043	0,000031	0,0033
28.01.14	0,71285 ± 0,000022	0,000021	0,0037
28.01.14	0,71316 ± 0,000039	0,000044	0,0040
Mittelwert	0,713080 ± 0,000042	0,000040	0,0044

Graphische Darstellung der Messwerte:

SRM 1400

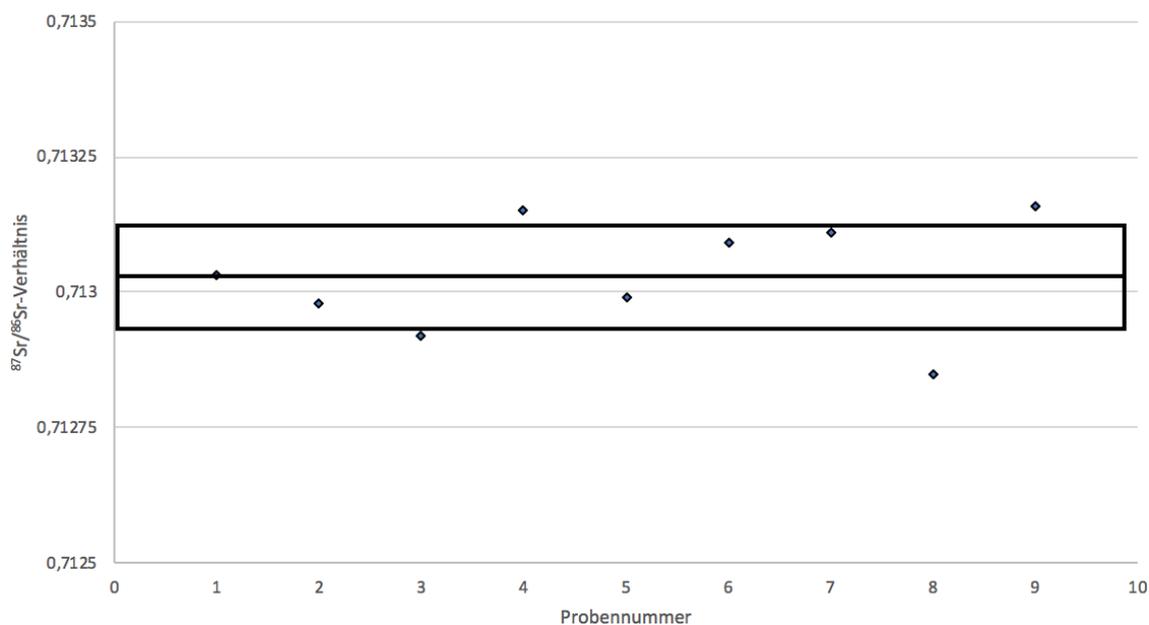


Abb. 81: Darstellung der $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Messdaten des SRM 1400. In der Abbildung eingezeichnet ist der Mittelwert nebst der einfachen Standardabweichung ($0,71303 \pm 0,00096$).

9.5.3 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Isotopendaten aus Zahnschmelz

Tab. 110: Auflistung der Messwerte der Strontium-Messungen aus Zahnschmelz:

Probe	Da- tum	$^{88}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$		$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$		$^{84}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	
Emm 96	09.02.12	8,291819	$\pm 0,002295$	0,709115	$\pm 0,000173$	-0,000040	$\pm 0,000048$
Emm 102	09.02.12	8,287354	$\pm 0,002049$	0,710182	$\pm 0,000134$	0,000005	$\pm 0,000053$
Emm 326	09.02.12	8,362681	$\pm 0,012228$	0,709548	$\pm 0,000089$	0,000005	$\pm 0,000057$
Emm 354	09.02.12	8,322562	$\pm 0,007974$	0,718835	$\pm 0,000136$	0,000006	$\pm 0,000095$
Emm 365	09.02.12	8,381074	$\pm 0,008179$	0,710361	$\pm 0,000098$	-0,000022	$\pm 0,000069$
Emm 522	09.02.12	8,353928	$\pm 0,001633$	0,709140	$\pm 0,000152$	0,000111	$\pm 0,000142$
Emm 524	09.02.12	8,308129	$\pm 0,005947$	0,709036	$\pm 0,000069$	0,000024	$\pm 0,000039$
Emm 526	09.02.12	8,327439	$\pm 0,009070$	0,713589	$\pm 0,000172$	0,000022	$\pm 0,000098$
Emm 538	09.02.12	8,349670	$\pm 0,014534$	0,708899	$\pm 0,000093$	0,000008	$\pm 0,000051$
Emm 11	19.02.12	8,365322	$\pm 0,003008$	0,709074	$\pm 0,000076$	0,056445	$\pm 0,000038$
Emm 18.1	19.10.12	8,339607	$\pm 0,017238$	0,709131	$\pm 0,000058$	0,056466	$\pm 0,000032$
Emm 18.2	19.10.12	8,322723	$\pm 0,004932$	0,708918	$\pm 0,000102$	0,056443	$\pm 0,000085$
Emm 26	19.10.12	8,327749	$\pm 0,001760$	0,709585	$\pm 0,000109$	0,056434	$\pm 0,000061$
Emm 30	19.10.12	8,289293	$\pm 0,002675$	0,708443	$\pm 0,000118$	0,056455	$\pm 0,000060$
Emm 44	19.10.12	8,323976	$\pm 0,003238$	0,708840	$\pm 0,000088$	0,056466	$\pm 0,000049$
Emm 46	19.10.12	8,308240	$\pm 0,006484$	0,708739	$\pm 0,000113$	0,056452	$\pm 0,000087$
Emm 183	19.10.12	8,318508	$\pm 0,006971$	0,709641	$\pm 0,000071$	0,056450	$\pm 0,000037$
Emm 211	19.10.12	8,344955	$\pm 0,015570$	0,709348	$\pm 0,000107$	0,056466	$\pm 0,000058$
Emm 224	30.01.13	8,395846	$\pm 0,019004$	0,709755	$\pm 0,000142$	0,056441	$\pm 0,000067$
Emm 321	30.10.13	8,346900	$\pm 0,017161$	0,709191	$\pm 0,000123$	0,056479	$\pm 0,000084$
Emm 350	30.10.13	8,321023	$\pm 0,003076$	0,709167	$\pm 0,000201$	0,056449	$\pm 0,000065$

Emm 376	30.10.13	8,301602	± 0,001277	0,716113	± 0,000147	0,056414	± 0,000107
Emm 413	30.10.13	8,379938	± 0,011141	0,710006	± 0,000108	0,056470	± 0,000082
Emm 449	30.10.13	8,396617	± 0,001618	0,714296	± 0,000139	0,056496	± 0,000071
Emm 458A	30.10.13	8,300372	± 0,006699	0,708790	± 0,000116	0,056427	± 0,000054
Emm 567	30.10.13	8,372670	± 0,046396	0,709491	± 0,000107	0,056425	± 0,000055
Emm 422	11.02.13	8,301482	± 0,005150	0,709662	± 0,000166	0,056512	± 0,000086
Emm 2	13.02.13	8,315834	± 0,006327	0,708589	± 0,000129	0,056498	± 0,000076
Emm 33	13.02.13	8,295558	± 0,006247	0,711108	± 0,000107	0,056429	± 0,000049
Emm 63	13.02.13	8,414291	± 0,005005	0,708713	± 0,000146	0,056394	± 0,000119
Emm 83	13.02.13	8,356904	± 0,003264	0,709385	± 0,000116	0,056380	± 0,000161
Emm 97	13.02.13	8,382790	± 0,012309	0,709151	± 0,000091	0,056501	± 0,000088
Emm 164	13.02.13	8,334220	± 0,007474	0,709660	± 0,000136	0,056478	± 0,000114
Emm 220	13.02.13	8,347436	± 0,018193	0,709434	± 0,000094	0,056461	± 0,000081
Emm 479	13.02.13	8,368682	± 0,017258	0,708713	± 0,000159	0,056415	± 0,000072
Emm 488	13.02.13	8,343327	± 0,003542	0,709413	± 0,000146	0,056460	± 0,000095
Emm 120	15.02.13	8,305773	± 0,001737	0,709019	± 0,000114	0,056428	± 0,000063
Emm 136	15.02.13	8,426411	± 0,006323	0,709013	± 0,000135	0,056450	± 0,000125
Emm 209	15.02.13	8,366871	± 0,003275	0,709339	± 0,000107	0,056399	± 0,000117
Emm 229	15.02.13	8,328588	± 0,001465	0,709583	± 0,000140	0,056424	± 0,000086
Emm 230	15.02.13	8,404015	± 0,022264	0,709797	± 0,000129	0,056518	± 0,000071
Emm 521	15.02.13	8,312579	± 0,009523	0,710442	± 0,000097	0,056388	± 0,000056
Emm 525	15.02.13	8,289773	± 0,004397	0,710954	± 0,000119	0,056420	± 0,000078
Emm 12	28.01.14	8,307243	± 0,010455	0,709740	± 0,000176	0,056419	± 0,000135
Emm 90	28.01.14	8,423260	± 0,027398	0,708705	± 0,000581	0,056645	± 0,000346
Emm 246	28.01.14	8,303415	± 0,003327	0,709556	± 0,000112	0,056418	± 0,000062
Emm 304	28.01.14	8,299936	± 0,005470	0,709918	± 0,000330	0,056481	± 0,000261
Emm 317	28.01.14	8,412638	± 0,015492	0,708480	± 0,000669	0,056604	± 0,000415
Emm 500	28.01.14	8,292732	± 0,002426	0,708373	± 0,000102	0,056463	± 0,000057
Emm 515	28.01.14	8,472554	± 0,034202	0,711397	± 0,000940	0,056384	± 0,000525

Ergänzende Daten sind auf der Daten-DVD enthalten unter dem Pfad:
/Isotopendaten Strontium/Sr-Data.xlsx

9.5.4 Überprüfung der Strontiumergebnisse aus Emmering

9.5.4.1 Kolmogorov-Smirnov-Test

Tab. 111: Überprüfung der Strontium-Messdaten aus Emmering auf Normalverteilung durch den Kolmogorov-Smirnov-Test:

n = 50

Parameter der Normalverteilung	Mittelwert	0,70991
	Standardabweichung	0,00193
Kolmogorov-Smirnov-Z	(Test-Statistik)	0,283
Asymptotische Signifikanz	(2-seitig)	0,000
Signifikanzniveau	p	0,05
Konfidenzintervall [%]		95 %

Kein stabiles Signal. Normalverteilung muss auf 5 %igem Signifikanzniveau verworfen werden. Die Werteverteilung ist rechtsschief.

9.5.4.2 σ -Outlier-Tests der $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Isotopendaten

Werteentwicklung von verbleibender Probenzahl n_{Rest} , Mittelwert, Standardabweichung, Standardfehler und Schiefe während der Iterationsschritte mit verschiedenen *cut off values* (σ) für die 50 validen $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Isotopendaten von Emmering.

Tab. 112: Werteentwicklung mit *cut off value* 2σ für die 50 validen $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Isotopendaten von Emmering¹⁶⁴.

Iteration	n	n_{Rest}	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler	Schiefe
1	50	47	,709910	,001935	,000274	3,114
2	47	45	,709494	,000908	,000132	2,340
3	45	43	,709361	,000616	,000092	0,844
4	43	41	,709283	,000509	,000078	0,281

Tab. 113: Werteentwicklung mit *cut off value* $1,86\sigma$ für die 50 validen $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Isotopendaten von Emmering¹⁶⁵.

Iteration	n	n_{Rest}	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler	Schiefe
1	50	46	,709910	,001935	,000274	3,114
2	46	43	,709405	,000679	,000100	1,036
3	43	41	,709283	,000509	,000078	0,281
4	41	39	,709229	,000454	,000071	0,008

Tab. 114: Werteentwicklung mit *cut off value* $1,73\sigma$ für die 50 validen $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Isotopendaten von Emmering¹⁶⁶.

Iteration	n	n_{Rest}	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler	Schiefe
1	50	46	,709910	,001935	,000274	3,114
2	46	43	,709405	,000679	,000100	1,207
3	43	39	,709283	,000509	,000078	0,281
4	39	36	,709226	,000417	,000067	-0,061

Tab. 115: Werteentwicklung mit *cut off value* $1,62\sigma$ für die 50 validen $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Isotopendaten von Emmering¹⁶⁷.

Iteration	n	n_{Rest}	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler	Schiefe
1	50	46	,709910	,001935	,000274	3,114
2	46	43	,709405	,000679	,000100	1,036
3	43	39	,709256	,000481	,000074	0,164
4	39	35	,709247	,000402	,000065	-0,021

¹⁶⁴ Die zugehörigen Datenprotokolle von SPSS sind im Anhang ab Seite 313 enthalten.

¹⁶⁵ Die zugehörigen Datenprotokolle von SPSS sind im Anhang auf Seite 314 enthalten.

¹⁶⁶ Die zugehörigen Datenprotokolle von SPSS sind im Anhang auf Seite 315 enthalten.

¹⁶⁷ Die zugehörigen Datenprotokolle von SPSS sind im Anhang auf Seite 317 enthalten.

9.5.4.3 Kolmogorov-Smirnov-Test der Sedimentproben

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of VAR00002 is normal with mean 0,709562 and standard deviation 0,000.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	. ¹	Reject the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

¹Cannot be computed because there are less than 5 records.

Abb. 82: Überprüfung der Strontium-Messdaten von Sedimentproben aus Emmering auf Normalverteilung durch den Kolmogorov-Smirnov-Test; aufgrund der geringen Kardinalität (n=4) kann kein Ergebnis geliefert werden. Die Nullhypothese muss verworfen werden.

Descriptives

		Statistic	Std. Error	
VAR00002	Mean	,70956225	,000098967	
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	,70924729	
		Upper Bound	,70987721	
	5% Trimmed Mean	,70955994		
	Median	,70954150		
	Variance	,000		
	Std. Deviation	,000197935		
	Minimum	,709373		
	Maximum	,709793		
	Range	,000420		
	Interquartile Range	,000374		
	Skewness	,324	1,014	
	Kurtosis	-3,574	2,619	

Abb. 83: Deskriptive Statistik der Strontium-Messdaten von Sedimentproben aus Emmering mittels σ -Outlier-Test.

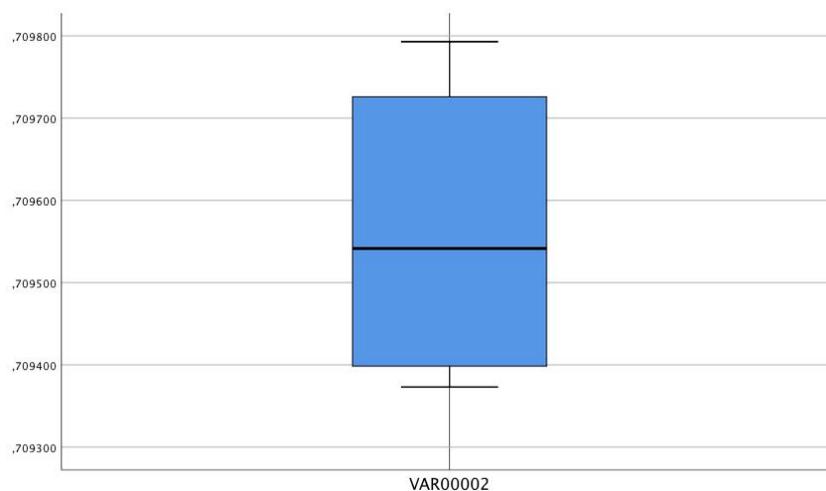


Abb. 84: Boxplot der Überprüfung der Strontium-Messdaten von Sedimentproben aus Emmering mittels σ -Outlier-Test.

9.6 Tabellen zum Themenbereich Bleisotope

9.6.1 NBS 1400 Messwerte

Tab. 116: Auflistung der Messwerte der bei den Blei-Messungen mitgeführten NBS 1400 Standardproben der Systeme $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ und $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$:

NBS 1400	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$
06.07.17	18,37669 ± 0,00186	1,17460 ± 0,00059
06.07.17	18,36138 ± 0,00184	1,17459 ± 0,00059
01.08.17	18,37403 ± 0,00184	1,17476 ± 0,00059
03.08.17	18,37568 ± 0,00186	1,17495 ± 0,00059
15.08.17	18,38473 ± 0,00184	1,17533 ± 0,00059
15.08.17	18,37146 ± 0,00185	1,17478 ± 0,00059
16.08.17	18,37805 ± 0,00186	1,17464 ± 0,00059
Mittelwert	18,37457 ± 0,00185	1,17481 ± 0,00059

Graphische Darstellung der Messwerte:

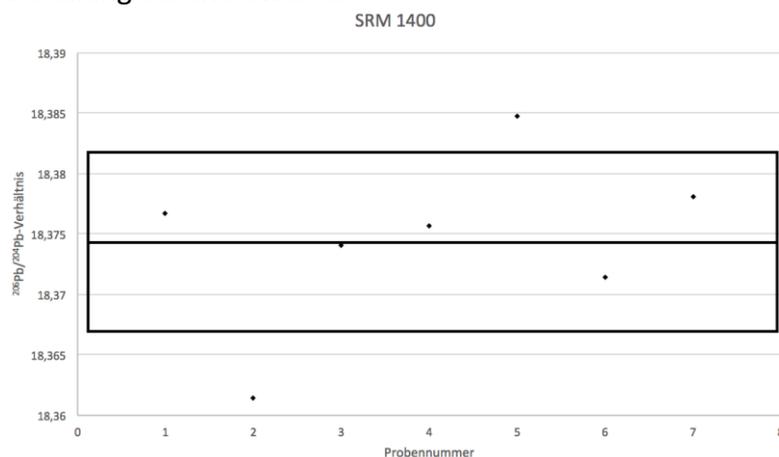


Abb. 85: Darstellung der $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ Messdaten des SRM 1400. In der Abbildung eingezeichnet ist der Mittelwert nebst der einfachen Standardabweichung ($18,37457 \pm 0,00713$).

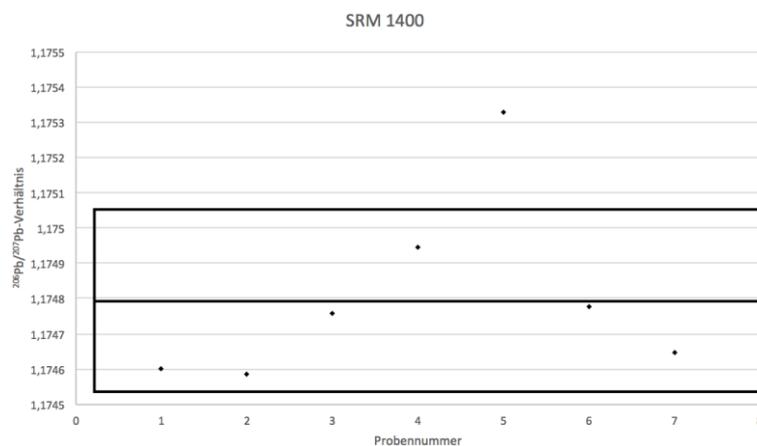


Abb. 86: Darstellung der $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ Messdaten des SRM 1400. In der Abbildung eingezeichnet ist der Mittelwert nebst der einfachen Standardabweichung ($1,17539 \pm 0,00026$).

9.6.2 Deskriptive Statistik für $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ der NBS 1400 Messwerte

	N Statistic	Minimum Statistic	Maximum Statistic	Mean		Std. Deviation Statistic
				Statistic	Std. Error	
VAR00001	7	18,361380	18,384730	18,3745743	,002694802	,007129775
Valid N (listwise)	7					

9.6.3 Deskriptive Statistik für $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ der NBS 1400 Messwerte

	N Statistic	Minimum Statistic	Maximum Statistic	Mean		Std. Deviation Statistic
				Statistic	Std. Error	
VAR00002	7	1,174590	1,175330	1,17480714	,000099372	,000262914
Valid N (listwise)	7					

9.6.4 Bleisotopendaten Emmering

Die Bleisotopendaten sind neben der nachfolgenden Tabelle auch auf der Daten-DVD in folgendem Verzeichnis enthalten:
/Isotopendaten Blei/Emmering.xlsx

Tab. 117: Auflistung der Messwerte der Blei-Isotopenanalyse. Als Messwerte sind die folgenden Systeme aufgetragen $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ und $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$:

Probe	Ein- waage [mg]	Tren- nung (2017)	Mes- sung (2017)	$^{208}\text{Pb}/$ ^{204}Pb	2 SE (M)[%]	$^{207}\text{Pb}/$ ^{204}Pb	2 SE (M)[%]	$^{206}\text{Pb}/$ ^{204}Pb	2 SE (M)[%]	$^{208}\text{Pb}/$ ^{207}Pb	2 SE (M)[%]	$^{206}\text{Pb}/$ ^{207}Pb	2 SE (M)[%]
EMM 12	200,9	27.6.	6.7.	38,3923	0,2326	15,6768	0,1920	18,9537	0,1549	2,4490	0,0510	1,2090	0,0512
EMM 63	200,0	27.6.	6.7.	38,6953	0,2087	15,6947	0,1585	19,0302	0,1108	2,4655	0,0517	1,2125	0,0505
EMM 83	200,9	27.6.	6.7.	38,4421	0,2005	15,6331	0,1506	18,4720	0,1009	2,4590	0,0501	1,1816	0,0501
EMM 110	201,2	27.6.	6.7.	38,5824	0,2031	15,6959	0,1531	19,1143	0,1039	2,4581	0,0506	1,2178	0,0503
EMM 120	200,1	27.6.	6.7.	38,4861	0,2023	15,6484	0,1519	18,5067	0,1025	2,4594	0,0508	1,1827	0,0502
EMM 132	200,3	30.6.	6.7.	38,5448	0,2143	15,6824	0,1681	18,7533	0,1250	2,4579	0,0506	1,1958	0,0509
EMM 136	199,1	30.6.	6.7.	38,4522	0,2113	15,6984	0,1606	19,1226	0,1134	2,4494	0,0533	1,2181	0,0519
EMM 184	94,4	30.6.	6.7.	38,0823	0,2107	15,6306	0,1641	18,4024	0,1191	2,4364	0,0514	1,1773	0,0510
EMM 203	200,7	19.7.	31.7.	38,5478	0,2075	15,7007	0,1579	18,9665	0,1108	2,4552	0,0509	1,2080	0,0503
EMM 209	180,2	19.7.	31.7.	38,4955	0,2056	15,6784	0,1556	19,0579	0,1075	2,4553	0,0511	1,2155	0,0503
EMM 220	199,9	19.7.	31.7.	38,3434	0,2084	15,6797	0,1604	18,8998	0,1139	2,4454	0,0517	1,2054	0,0508
EMM 229	179,4	19.7.	1.8.	38,1960	0,2064	15,6512	0,1570	18,3426	0,1095	2,4405	0,0510	1,1720	0,0507
EMM 234	132,6	19.7.	1.8.	38,4991	0,2033	15,7063	0,1534	18,8959	0,1043	2,4512	0,0505	1,2031	0,0504
EMM 304	236,0	1.8.	3.8.	38,5141	0,2149	15,6906	0,1663	19,0403	0,1202	2,4546	0,0546	1,2135	0,0541
EMM 317	175,2	1.8.	3.8.	38,5043	0,2176	15,6835	0,1691	18,6622	0,1237	2,4551	0,0541	1,1899	0,0519
EMM 350	253,9	1.8.	3.8.	38,2409	0,2024	15,6331	0,1520	18,3235	0,1026	2,4462	0,0508	1,1721	0,0502

EMM 376	250,3	10.8.	14.8.	38,6933	0,2049	15,6937	0,1569	18,7469	0,1092	2,4655	0,0516	1,1946	0,0505
EMM 422	250,0	10.8.	14.8.	38,3465	0,2062	15,6584	0,1573	18,6048	0,1100	2,4489	0,0511	1,1882	0,0504
EMM 449	249,9	10.8.	14.8.	38,5381	0,2051	15,6719	0,1549	18,6059	0,1059	2,4591	0,0509	1,1872	0,0506
EMM 458	257,0	10.8.	15.8.	38,6381	0,2082	15,7063	0,1590	18,9278	0,1109	2,4600	0,0510	1,2051	0,0514
EMM 479	204,2	10.8.	15.8.	37,7732	0,2072	15,6279	0,1587	18,1733	0,1119	2,4170	0,0508	1,1629	0,0504
EMM 515	193,6	14.8.	15.8.	38,3329	0,2070	15,6432	0,1592	18,7916	0,1141	2,4505	0,0507	1,2013	0,0504
EMM 521	249,9	14.8.	15.8.	38,5240	0,2095	15,6819	0,1624	18,7847	0,1175	2,4566	0,0514	1,1979	0,0510
EMM 525	254,4	14.8.	15.8.	38,6692	0,2029	15,6845	0,1536	19,1069	0,1055	2,4655	0,0505	1,2182	0,0502
EMM 530	142,9	14.8.	15.8.	37,5953	0,2057	15,5804	0,1571	17,9313	0,1098	2,4130	0,0504	1,1509	0,0504
EMM 567	250,2	14.8.	16.8.	38,7173	0,2042	15,6743	0,1534	18,6910	0,1039	2,4701	0,0515	1,1949	0,0505
<u>Messungen ohne valides Ergebnis:</u>													
EMM 12	249,6	14.8.	16.8.										
EMM 97	199,7	30.6.	6.7.										
EMM 164	86,5	30.6.	6.7.										
EMM 246	323,3	1.8.	3.8.										
EMM 321	240,4	1.8.	3.8.										
EMM 498	250,2	14.8.	15.8.										

9.6.5 Bleisotopendaten Vergleichsserien

Tab. 118: Auflistung der Messwerte der Bleisotopenanalysen der Systeme $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ und $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ aus Grupe et al. (2017) verschiedener Fundorte:

	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$
<u>Aubing:</u>			<u>Obermenzing:</u>		
Aubing 1	0,813	2,006	Obermenzing 1	0,820	2,017
Aubing 2	0,809	2,000	Obermenzing 2	0,822	2,023
Aubing 3	0,822	2,028	Obermenzing 3	0,829	2,039
			Obermenzing 4	0,810	1,997
<u>Englschalking:</u>			Obermenzing 5	0,818	2,012
Englschalking 1	0,811	1,993	Obermenzing 6	0,827	2,027
Englschalking 2	0,832	2,056	Obermenzing 7	0,815	2,004
			Obermenzing 8	0,845	2,080
<u>München Residenz:</u>			Obermenzing 9	0,828	2,041
München Residenz	0,831	2,030	Obermenzing 10	0,820	2,017
			Obermenzing 11	0,830	2,040
<u>Trudering:</u>			Obermenzing 12	0,838	2,055
Trudering 1	0,806	1,979	Obermenzing 13	0,814	2,003
Trudering 2	0,802	1,975	Obermenzing 14	0,836	2,054
Trudering 3	0,813	1,998	Obermenzing 15	0,836	2,050
			Obermenzing 16	0,841	2,071
<u>Eching:</u>			<u>Forstinning:</u>		
Eching 1	0,841	2,062	Forstinning 1	0,814	2,012
Eching 2	0,831	2,041	Forstinning 2	0,816	2,012
Eching 3	0,790	1,946			

(Fortsetzung der Tabelle)

Eching 4	0,845	2,074			
Eching 5	0,822	2,021	<u>Grünwald:</u>		
Eching 6	0,815	2,006	Grünwald 1	0,799	1,972
Eching 7	0,836	2,053	Grünwald 2	0,813	1,998
Eching 8	0,827	2,030	Grünwald 3	0,816	2,010
Eching 9	0,821	2,018	Grünwald 4	0,809	1,995
Eching 10	0,785	1,931			
Eching 11	0,799	1,968	<u>Gernlinden:</u>		
Eching 12	0,795	1,954	Gernlinden	0,816	2,009
Eching 13	0,809	1,990			
Eching 14	0,836	2,057	<u>Poing:</u>		
Eching 15	0,795	1,957	Poing	0,811	1,995
Eching 16	0,804	1,962			
Eching 17	0,838	2,048	<u>Königsbrunn:</u>		
Eching 18	0,818	2,005	Königsbrunn:	0,822	2,014
Eching 19	0,807	1,976			
Eching 20	0,785	1,931	<u>Waging am See:</u>		
Eching 21	0,792	1,949	Waging am See 1	0,825	2,040
			Waging am See 2	0,819	2,021
			Waging am See 3	0,836	2,058
<u>Kleinaitingen:</u>					
Kleinaitingen 1	0,788	1,931			
Kleinaitingen 2	0,842	2,063	<u>Flintsbach am Inn:</u>		
Kleinaitingen 3	0,809	1,985	Flintsbach am Inn 1	0,834	2,064
Kleinaitingen 4	0,796	1,958	Flintsbach am Inn 2	0,837	2,070
Kleinaitingen 5	0,834	2,043	Flintsbach am Inn 3	0,854	2,088
Kleinaitingen 6	0,833	2,046	Flintsbach am Inn 4	0,839	2,070
Kleinaitingen 7	0,817	1,998			
Kleinaitingen 8	0,808	1,991	Kleinaitingen 15	0,817	2,005
Kleinaitingen 9	0,803	1,965	Kleinaitingen 16	0,828	2,032
Kleinaitingen 10	0,810	1,985	Kleinaitingen 17	0,828	2,036
Kleinaitingen 11	0,820	2,012	Kleinaitingen 18	0,795	1,928
Kleinaitingen 12	0,821	2,023	Kleinaitingen 19	0,833	2,047
Kleinaitingen 13	0,799	1,956	Kleinaitingen 20	0,818	2,010
Kleinaitingen 14	0,828	2,033	Kleinaitingen 21	0,822	2,006

9.7 Tabellen und Abbildungen zum Themenbereich Statistik

9.7.1 σ -Outlier-Tests der Strontiumanalytik

9.7.1.1 Iterative Berechnung der Isoplot Methode bei $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ mit Faktor: 2σ

Alle Iterationen 1 bis 4 sind auf der Daten-DVD enthalten, im Ordner:
/SPSS Iterationen Sr/

Tab. 119: Vierte Iteration der Isoplot-Methode bei $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ mit Faktor: 2σ .

	N Statistic	Minimum Statistic	Maximum Statistic	Mean Statistic	Std. Error
SrSignatur	43	,708373	,710442	,70928337	,000077561
Valid N (listwise)	43				

	Std. Deviation Statistic	Skewness Statistic	Std. Error	Kurtosis Statistic	Std. Error
SrSignatur	,000508600	,281	,361	-,392	,709
Valid N (listwise)					

9.7.1.2 Werteentwicklung während der Iterationen bei $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ mit Faktor: 2σ

Tab. 120: Werteentwicklung während der Iterationen mit Faktor: 2σ für die 50 validen $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Isotopendaten des Emmeringer Reihengräberfeldes.

Iteration: 2σ	Mittelwert	SD	2 SD	Min erlaubt	Max erlaubt
1. Iteration	0,70990954	0,001934594	0,003869188	0,706040352	0,713778728
2. Iteration	0,70949432	0,000907685	0,001815370	0,707678950	0,711309690
3. Iteration	0,70936104	0,000616314	0,001232628	0,708128412	0,710593668
4. Iteration	0,70928337	0,000508600	0,001017200	0,708266170	0,710300570

9.7.1.3 Ergebnis Student'scher t-Test für die 4. Iteration bei $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ mit Faktor: 2σ

P value and statistical significance:

The two-tailed P value equals 0.0303

By conventional criteria, this difference is considered to be statistically significant.

Confidence interval:

The mean of Input minus Output equals 0.00068071

95% confidence interval of this difference: From 0.00006642 to 0.00129500

Intermediate values used in calculations:

t = 2.2018

df = 89

standard error of difference = 0.000

Group	Input (alle 50 Messwerte)	Output (4. Iteration)
Mean	0.70990954	0.70922883
SD	0.00193459	0.00045383
SEM	0.00027359	0.00007088
n	50	41

9.7.1.4 Iterative Berechnung der Isoplot Methode bei $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ mit Faktor: $1,86\sigma$

Alle Iterationen 1 bis 4 sind auf der Daten-DVD enthalten, im Ordner:
/SPSS Iterationen Sr/

Tab. 121: Vierte Iteration der Isoplot-Methode bei $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ mit Faktor: $1,86\sigma$.

Descriptives

Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	
	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Std. Error
SrSignatur	41	,708373	,710182	,70922883	,000070877
Valid N (listwise)	41				

Descriptive Statistics					
	Std. Deviation	Skewness		Kurtosis	
	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	Std. Error
SrSignatur	,000453835	,008	,369	-,764	,724
Valid N (listwise)					

9.7.1.5 Werteentwicklung während der Iterationen bei $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ mit Faktor: $1,86\sigma$

Tab. 122: Werteentwicklung während der Iterationen mit Faktor: $1,86\sigma$ für die 50 validen $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Isotopendaten des Emmeringer Reihengräberfeldes.

Iteration:	Mittelwert	SD	$1,86\text{ SD}$	Min erlaubt	Max erlaubt
1. Iteration	0,709909540	0,001934594	0,003598345	0,706311195	0,713507885
2. Iteration	0,709405300	0,000679348	0,001263587	0,708141713	0,710668887
3. Iteration	0,709283370	0,000508600	0,000945996	0,708337374	0,710229366
4. Iteration	0,709228830	0,000453835	0,000844133	0,708384697	0,710072963

9.7.1.6 Ergebnis Student'scher t-Test für die 4. Iteration bei $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ mit Faktor: $1,86\sigma$

P value and statistical significance:

The two-tailed P value equals 0.0332

By conventional criteria, this difference is considered to be statistically significant.

Confidence interval:

The mean of Input minus Output equals 0.00068321

95% confidence interval of this difference: From 0.00005571 to 0.00131070

Intermediate values used in calculations:

$t = 2.1641$

$df = 87$

standard error of difference = 0.000

Group	Input (alle 50 Messwerte)	Output (4. Iteration)
Mean	0.70990954	0.70922633
SD	0.00193459	0.00041667
SEM	0.00027359	0.00006672
n	50	39

9.7.1.7 Iterative Berechnung der Isoplot Methode bei $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ mit Faktor: $1,73\sigma$

Alle Iterationen 1 bis 4 sind auf der Daten-DVD enthalten, im Ordner:
/SPSS Iterationen Sr/

Tab. 123: Vierte Iteration der Isoplot-Methode bei $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ mit Faktor: $1,73\sigma$.

Descriptive Statistics

	N Statistic	Minimum Statistic	Maximum Statistic	Mean Statistic	Std. Error
SrSignatur	39	,708443	,710006	,70922633	,000066721
Valid N (listwise)	39				

Descriptive Statistics

	Std. Deviation Statistic	Skewness Statistic	Std. Error	Kurtosis Statistic	Std. Error
SrSignatur	,000416673	-,061	,378	-,951	,741
Valid N (listwise)					

9.7.1.8 Werteentwicklung während der Iterationen bei $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ mit Faktor: $1,73\sigma$

Tab. 124: Werteentwicklung während der Iterationen mit Faktor: $1,73\sigma$ für die 50 validen $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Isotopendaten des Emmeringer Reihengräberfeldes.

Iteration:	Mittelwert	SD	1,73 SD	Min erlaubt	Max erlaubt
1. Iteration	0,709909540	0,001934594	0,003346848	0,706562692	0,713256388

2. Iteration	0,709405300	0,000679348	0,001175272	0,708230028	0,710580572
3. Iteration	0,709288370	0,000508600	0,000879878	0,708408492	0,710168248
4. Iteration	0,709226330	0,000416673	0,000720844	0,708505486	0,709947174

9.7.1.9 Ergebnis Student'scher t -Test für die 4. Iteration bei $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ mit Faktor: $1,73\sigma$

P value and statistical significance:

The two-tailed P value equals 0.0461

By conventional criteria, this difference is considered to be statistically significant.

Confidence interval:

The mean of Input minus Output equals 0.00066237

95% confidence interval of this difference: From 0.00001176 to 0.00131299

Intermediate values used in calculations:

$t = 2.0245$

$df = 84$

standard error of difference = 0.000

Group	Input (alle 50 Messwerte)	Output (4. Iteration)
Mean	0.70990954	0.70924717
SD	0.00193459	0.00037046
SEM	0.00027359	0.00006174
n	50	36

9.7.1.10 Iterative Berechnung der Isoplot Methode bei $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ mit Faktor: $1,62\sigma$

Alle Iterationen 1 bis 4 sind auf der Daten-DVD enthalten, im Ordner:
/SPSS Iterationen Sr/

Tab. 125: Vierte Iteration der Isoplot-Methode bei $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ mit Faktor: $1,62\sigma$.

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	
	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Std. Error
SrSignaturAUSWAHLfuert rationVier	38	,708480	,710006	,70924695	,000065149
Valid N (listwise)	38				

Descriptive Statistics

	Std. Deviation	Skewness		Kurtosis	
	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	Std. Error
SrSignaturAUSWAHLfuert rationVier	,000401607	-,021	,383	-,983	,750
Valid N (listwise)					

9.7.1.11 Werteentwicklung während der Iterationen bei $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ mit Faktor: $1,62\sigma$

Tab. 126: Werteentwicklung während der Iterationen mit Faktor: $1,62\sigma$ für die 50 validen $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Isotopendaten des Emmeringer Reihengräberfeldes.

Iteration:	Mittelwert	SD	$1,62\text{ SD}$	Min erlaubt	Max erlaubt
1. Iteration	0,709909540	0,001934594	0,003134042	0,706775498	0,713043582
2. Iteration	0,709305300	0,000679348	0,001100544	0,708204756	0,710405844
3. Iteration	0,709255790	0,000481105	0,000779390	0,708476400	0,710035180
4. Iteration	0,709246950	0,000401607	0,000650603	0,708596347	0,709897553

9.7.1.12 Ergebnis Student'scher t -Test für die 4. Iteration bei $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ mit Faktor: $1,62\sigma$

P value and statistical significance:

The two-tailed P value equals 0.0519

By conventional criteria, this difference is considered to be not quite statistically significant.

Confidence interval:

The mean of Input minus Output equals 0.00066275

95% confidence interval of this difference: From -0.00000559 to 0.00133108

Intermediate values used in calculations:

$t = 1.9727$

$df = 82$

standard error of difference = 0.000

Group	Input (alle 50 Messwerte)	Output (4. Iteration)
Mean	0.70990954	0.70924679
SD	0.00193459	0.00034466
SEM	0.00027359	0.00005911
N	50	34

9.7.2 Datentabelle der vierfachen Iterationen bei $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ mit versch. Faktoren

Tab. 127: Verbleibende valide enthaltene Werte nach 4-facher Iteration mit unterschiedlichen σ -Faktoren für die $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Isotopensignaturen aus Emmering. Der ursprüngliche Datenpool besaß $n=50$. Mit kleineren internen Grenzwerten wird der verbleibende Datenpool immer kleiner.

Nr.	Original Datenpool	2σ nach 4 Iterationen	$1,86\sigma$ nach 4 Iterationen	$1,73\sigma$ nach 4 Iterationen	$1,62\sigma$ nach 4 Iterationen
1	,708373	,708373	,708443	,708589	,708705
2	,708443	,708443	,708480	,708705	,708713
3	,708480	,708480	,708589	,708713	,708713
4	,708589	,708589	,708705	,708713	,708739
5	,708705	,708705	,708713	,708739	,708790
6	,708713	,708713	,708713	,708790	,708840
7	,708713	,708713	,708739	,708840	,708899
8	,708739	,708739	,708790	,708899	,708918
9	,708790	,708790	,708840	,708918	,709013
10	,708840	,708840	,708899	,709013	,709019
11	,708899	,708899	,708918	,709019	,709036
12	,708918	,708918	,709013	,709036	,709074
13	,709013	,709013	,709019	,709074	,709115
14	,709019	,709019	,709036	,709115	,709131
15	,709036	,709036	,709074	,709131	,709140
16	,709074	,709074	,709115	,709140	,709151
17	,709115	,709115	,709131	,709151	,709167
18	,709131	,709131	,709140	,709167	,709191
19	,709140	,709140	,709151	,709191	,709339
20	,709151	,709151	,709167	,709339	,709348
21	,709167	,709167	,709191	,709348	,709385
22	,709191	,709191	,709339	,709385	,709413
23	,709339	,709339	,709348	,709413	,709434
24	,709348	,709348	,709385	,709434	,709491
25	,709385	,709385	,709413	,709491	,709548
26	,709413	,709413	,709434	,709548	,709556
27	,709434	,709434	,709491	,709556	,709585
28	,709491	,709491	,709548	,709585	,709641
29	,709548	,709548	,709556	,709641	,709660
30	,709556	,709556	,709585	,709660	,709662
31	,709585	,709585	,709641	,709662	,709683
32	,709641	,709641	,709660	,709683	,709740
33	,709660	,709660	,709662	,709740	,709755
34	,709662	,709662	,709683	,709755	,709797
35	,709683	,709683	,709740	,709797	
36	,709740	,709740	,709755	,709918	
37	,709755	,709755	,709797		

(Fortsetzung der Tabelle)

38	,709797	,709797	,709918	
39	,709918	,709918	,710006	
40	,710006	,710006		
41	,710182	,710182		
42	,710361			
43	,710442			
44	,710954			
45	,711108			
46	,711397			

47	,713589
48	,714296
49	,716113
50	,718835

9.7.3 σ -Outlier-Tests der Bleianalytik

9.7.3.1 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ mit Faktor: 2σ

Zuerst wurde der σ -Outlier-Test mit internen Grenzen von 2σ durchgeführt. Nach dieser Iterationsfolge wurde der nächste Faktor ermittelt, dieser liegt bei $1,48^{168}$. Mit Faktor 1,48 wurden insgesamt 15 Werte, also ca. 58 % der Datensätze, ausgeschlossen. Da dies aufgrund sehr enger interner Grenzwerte einen großen Werteausschluss darstellt, sollten diese engen internen Grenzwerte ausgeschlossen werden. Es verbleibt die Werteingrenzung durch den Faktor 2σ . In Abb. 87 sind statistisch innerhalb des 2σ -Vertrauensbereiches liegende Punkte blau markiert, sie werden als potentiell lokal betrachtet. Rote Datenpunkte liegen außerhalb dieses Bereiches.

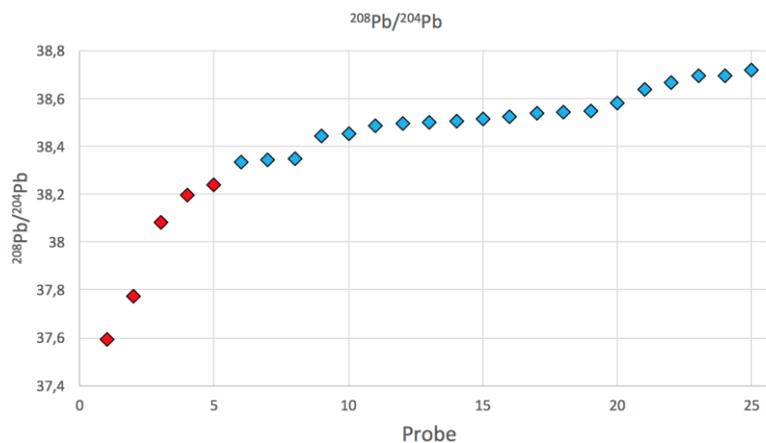


Abb. 87: Graphische Auftragung des σ -Outlier-Tests mit Faktor 2σ der $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ Isotopenverhältnisse, sortiert nach aufsteigendem Signaturwert¹⁶⁹.

Tab. 128: Ergebnisse der zur Eingrenzung der lokalen $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ -Isotopensignatur angestrebten Berechnungen über verschiedene Modelle. Kursiv gestellt und auf grau sind die Werte, welche untauglich sind.

Berechnungsmodell	Unterer Grenzwert	Oberer Grenzwert	Nicht-lokale Anzahl [abs.]	Nicht-lokal Häufigkeit [%]
Iterativ: 2σ	38,25844	38,77088	5	19
Iterativ: $1,42\sigma$	38,48155	38,55524	15	58

¹⁶⁸ vgl. Kapitel 3.7, zur Berechnung des nächsten Faktors:

$$= 2 - \frac{0,1146107441}{38,5283424280} \cdot 100 = 1,7402$$

$$= 2 - 0,52$$

$$= 1,48$$

¹⁶⁹ Die blauen Punkte markieren Datensätze innerhalb des Vertrauensbereiches, die als potentiell lokal betrachtet werden. Rote Punkte liegen außerhalb des Vertrauensbereiches.

9.7.3.1.1 Iterative Berechnung der Isoplot Methode bei $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ mit Faktor: 2σ

Alle Iterationen 1 bis 4 sind auf der Daten-DVD enthalten, im Ordner:
/SPSS Iterationen Sr/

Tab. 129: Vierte Iteration der Isoplot-Methode bei $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ mit Faktor: 2σ .

Descriptive Statistics					
	N Statistic	Minimum Statistic	Maximum Statistic	Mean Statistic	Std. Error
Pb208Pb204	25	37,5952602	38,7173097	38,4181824	,054452717
Valid N (listwise)	25				

Descriptive Statistics					
	Std. Deviation Statistic	Skewness		Kurtosis	
		Statistic	Std. Error	Statistic	Std. Error
Pb208Pb204	,272263585	-1,732	,464	3,167	,902
Valid N (listwise)					

9.7.3.1.2 Ergebnis Student'scher t-Test für die 1. Iteration bei $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ mit Faktor: 2σ **P value and statistical significance:**

The two-tailed P value equals 0.0888

By conventional criteria, this difference is considered to be not quite statistically significant.

Confidence interval:

The mean of Input minus Output equals -0.1111536315

95% confidence interval of this difference: From -0.2398824173 to 0.0175751544

Intermediate values used in calculations:

$t = 1.7402$

$df = 44$

standard error of difference = 0.064

Group	Input	Output
Mean	38.4171887965	38.5283424280
SD	0.2668108464	0.1146107441
SEM	0.0523259120	0.0256277415
n	26	20

9.7.3.2 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ mit Faktor: $1,48\sigma$

9.7.3.2.1 Iterative Berechnung der Isoplot Methode bei $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ mit Faktor: $1,48\sigma$

Alle Iterationen 1 bis 4 sind auf der Daten-DVD enthalten, im Ordner:
/SPSS Iterationen Sr/

Tab. 130: Vierte Iteration der Isoplot-Methode bei $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ mit Faktor: $1,48\sigma$.

Descriptive Statistics				
	N Statistic	Minimum Statistic	Maximum Statistic	Mean Statistic
Pb208Pb204FuerViertelt erationDieWerteWgEingre nzung	19	38,3328585	38,6953462	38,5183968
Valid N (listwise)	19			

Descriptive Statistics					
	Mean Std. Error	Std. Deviation Statistic	Skewness Statistic	Std. Error	Kurtosis Statistic
Pb208Pb204FuerViertelt erationDieWerteWgEingre nzung	,024896792	,108522600	-,061	,524	-,380
Valid N (listwise)					

9.7.3.2.2 Ergebnis Student'scher t-Test für die 2. Iteration bei $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ mit Faktor: $1,48\sigma$

P value and statistical significance:

The two-tailed P value equals 0.1254

By conventional criteria, this difference is considered to be not statistically significant.

Confidence interval:

The mean of Input minus Output equals -0.1140967492

95% confidence interval of this difference: From -0.2614805848 to 0.0332870864

Intermediate values used in calculations:

$t = 1.5672$

$df = 38$

standard error of difference = 0.073

Group	Input	Output
Mean	38.4171887965	38.5312855457
SD	0.2668108464	0.0639599458
SEM	0.0523259120	0.0170940146
n	26	14

9.7.3.3 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ mit Faktor: 2σ , $1,93\sigma$ bzw. $1,86\sigma$

Der σ -Outlier-Test wurde ebenso für das Isotopenverhältnis $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ durchgeführt. Die erste Iteration wurde mit 2σ durchgeführt. Als nächster Faktor wurde $1,93\sigma$ ¹⁷⁰ berechnet. Da bei diesem Faktor keine engere Werteeinschränkung geschah als bei 2σ , wurde der nächste Faktor, $1,86\sigma$ ¹⁷¹, berechnet. Auch hier gab es keine nähere Eingrenzung, darum wurde mit dem nächsten Faktor: $1,79\sigma$ ¹⁷² weiter gerechnet. Mit dem Wert $1,79\sigma$ konnte eine nähere Eingrenzung erfolgen.

Der nächste Faktor wurde als $1,57$ ¹⁷³ berechnet.

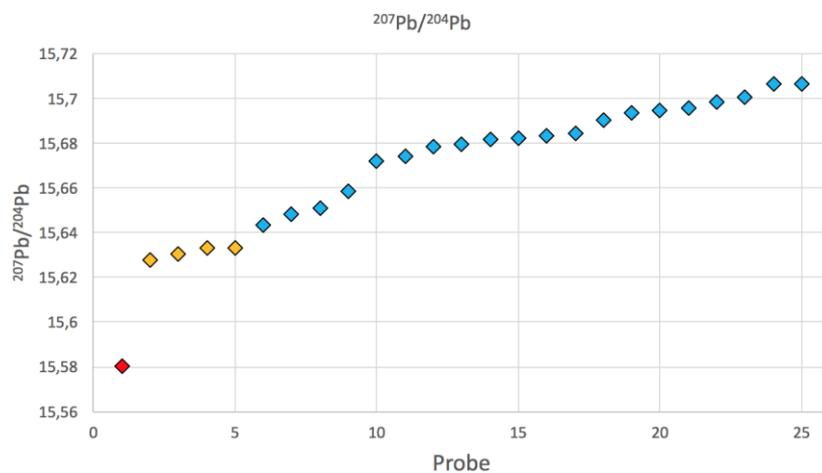


Abb. 88: Graphische Auftragung des σ -Outlier-Tests der $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ Isotopenverhältnisse, sortiert nach aufsteigendem Signaturwert. Die blauen Punkte markieren als lokal eingestufte Datensätze. Orange Punkte zeigen Ausreißer über der $1,79\sigma$

¹⁷⁰ vgl. Kapitel 3.7, zur Berechnung des nächsten Faktors:

$$\begin{aligned}
 &= 2 - \frac{0,025045932}{15,6730407} \cdot 100 \cdot 0,4548 \\
 &= 2 - 0,07 \\
 &= 1,93
 \end{aligned}$$

¹⁷¹ vgl. Kapitel 3.7, zur Berechnung des nächsten Faktors:

$$\begin{aligned}
 &= 1,93 - \frac{0,025045932}{15,6730407} \cdot 100 \cdot 0,4548 \\
 &= 1,93 - 0,07 \\
 &= 1,86
 \end{aligned}$$

¹⁷² vgl. Kapitel 3.7, zur Berechnung des nächsten Faktors:

$$\begin{aligned}
 &= 1,86 - \frac{0,025045932}{15,6730407} \cdot 100 \cdot 0,4548 \\
 &= 1,86 - 0,07 \\
 &= 1,79
 \end{aligned}$$

¹⁷³ vgl. Kapitel 3.7, zur Berechnung des nächsten Faktors:

$$\begin{aligned}
 &= 1,79 - \frac{0,022247896}{15,6768456} \cdot 100 \cdot 1,5255 \\
 &= 1,79 - 0,22 \\
 &= 1,57
 \end{aligned}$$

Marke. Rote Punkte liegen über dem 2σ -Vertrauensbereich (welcher identisch ist mit $1,93\sigma$ und $1,86\sigma$).

Tab. 131: Ergebnisse der zur Eingrenzung der lokalen $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ -Isotopensignatur angestrebten Berechnungen über verschiedene Modelle. Kursiv gestellt und auf grau sind die Werte, welche untauglich sind.

Berechnungsmodell	Unterer Grenzwert	Oberer Grenzwert	Nicht-lokale Anzahl [abs.]	Nicht-lokal Häufigkeit [%]
Iterativ: 2σ	15,62470	15,72138	1	4
Iterativ: $1,93\sigma$	15,62470	15,72138	1	4
Iterativ: $1,86\sigma$	15,62470	15,72138	1	4
Iterativ: $1,79\sigma$	15,63702	15,71667	5	20
Iterativ: $1,57\sigma$	15,66658	15,70658	9	36

9.7.3.3.1 Iterative Berechnung der Isoplot Methode bei $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ mit Faktor: 2σ , $1,93\sigma$ bzw. $1,86\sigma$

Alle Iterationen 1 bis 4 sind auf der Daten-DVD enthalten, im Ordner: /SPSS Iterationen Sr/

Tab. 132: Vierte Iteration der Isoplot-Methode bei $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ mit Faktor: 2σ .

Descriptive Statistics					
	N Statistic	Minimum Statistic	Maximum Statistic	Mean Statistic	Std. Error
Pb207Pb204	25	15,6279479	15,7063470	15,6730407	,005009186
Valid N (listwise)	25				

Descriptive Statistics					
	Std. Deviation Statistic	Skewness Statistic	Std. Error	Kurtosis Statistic	Std. Error
Pb207Pb204	,025045932	-,572	,464	-,945	,902
Valid N (listwise)					

9.7.3.3.2 Ergebnis Student'scher t -Test für die 1., 2. und 3. Iteration bei $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ mit Faktor: 2σ , $1,93\sigma$ bzw. $1,86\sigma$

P value and statistical significance:

The two-tailed P value equals 0.6513

By conventional criteria, this difference is considered to be not statistically significant.

Confidence interval:

The mean of Input minus Output equals -0.0035645177

95% confidence interval of this difference: From -0.0193161397 to 0.0121871042

Intermediate values used in calculations:

$t = 0.4548$

$df = 49$

standard error of difference = 0.008

Group	Input	Output
Mean	15.6694761735	15.6730406912
SD	0.0305377999	0.0250459322
SEM	0.0059889553	0.0050091864
n	26	25

9.7.3.4 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ mit Faktor: $1,79\sigma$

9.7.3.4.1 Iterative Berechnung der Isoplot Methode bei $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ mit Faktor: $1,79\sigma$

Alle Iterationen 1 bis 4 sind auf der Daten-DVD enthalten, im Ordner:
/SPSS Iterationen Sr/

Tab. 133: Vierte Iteration der Isoplot-Methode bei $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ mit Faktor: $1,79\sigma$.

Descriptive Statistics

	N Statistic	Minimum Statistic	Maximum Statistic	Mean Statistic	Std. Error
Pb207Pb204	23	15,6330921	15,7063470	15,6768456	,004639007
Valid N (listwise)	23				

Descriptive Statistics

	Std. Deviation Statistic	Skewness Statistic	Std. Error	Kurtosis Statistic	Std. Error
Pb207Pb204	,022247896	-,705	,481	-,480	,935
Valid N (listwise)					

9.7.3.4.2 Ergebnis Student'scher t-Test für die 4. Iteration bei $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ mit Faktor: $1,79\sigma$

P value and statistical significance:

The two-tailed P value equals 0.1349

By conventional criteria, this difference is considered to be not statistically significant.

Confidence interval:

The mean of Input minus Output equals -0.0115356403

95% confidence interval of this difference: From -0.0267962506 to 0.0037249699

Intermediate values used in calculations:

t = 1.5225

df = 45

standard error of difference = 0.008

Group	Input	Output
-------	-------	--------

Mean	15.6694761735	15.6810118138
SD	0.0305377999	0.0182996792
SEM	0.0059889553	0.0039933174
n	26	21

9.7.3.5 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ mit Faktor: $1,57\sigma$

9.7.3.5.1 Iterative Berechnung der Isoplot Methode bei $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ mit Faktor: $1,57\sigma$

Alle Iterationen 1 bis 4 sind auf der Daten-DVD enthalten, im Ordner:
/SPSS Iterationen Sr/

Tab. 134: Vierte Iteration der Isoplot-Methode bei $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ mit Faktor: $1,57\sigma$.

Descriptive Statistics

	N Statistic	Minimum Statistic	Maximum Statistic	Mean Statistic	Std. Error
Pb207Pb204	18	15,6584457	15,7063470	15,6865802	,003002274
Valid N (listwise)	18				

Descriptive Statistics

	Std. Deviation Statistic	Skewness Statistic	Std. Error	Kurtosis Statistic	Std. Error
Pb207Pb204	,012737570	-,246	,536	-,141	1,038
Valid N (listwise)					

9.7.3.5.2 Ergebnis Student'scher *t*-Test für die 5. Iteration bei $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ mit Faktor: $1,57\sigma$

P value and statistical significance:

The two-tailed P value equals 0.0198

By conventional criteria, this difference is considered to be statistically significant.

Confidence interval:

The mean of Input minus Output equals -0.0187589724

95% confidence interval of this difference: From -0.0343860169 to -0.0031319279

Intermediate values used in calculations:

$t = 2.4243$

$df = 41$

standard error of difference = 0.008

Group	Input	Output
Mean	15.6694761735	15.6882351459
SD	0.0305377999	0.0109546356

SEM	0.0059889553	0.0026568894
n	26	17

9.7.3.6 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ mit Faktor: 2σ

9.7.3.6.1 Iterative Berechnung der Isoplot Methode bei $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ mit Faktor: 2σ

Alle Iterationen 1 bis 4 sind auf der Daten-DVD enthalten, im Ordner:
/SPSS Iterationen Sr/

Tab. 135: Vierte Iteration der Isoplot-Methode bei $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ mit Faktor: $1,57\sigma$.

Descriptive Statistics

	N Statistic	Minimum Statistic	Maximum Statistic	Mean Statistic	Std. Error
Pb206Pb204	23	18,3234825	19,1225942	18,7760883	,053056446
Valid N (listwise)	23				

Descriptive Statistics

	Std. Deviation Statistic	Skewness		Kurtosis	
		Statistic	Std. Error	Statistic	Std. Error
Pb206Pb204	,254449778	-,297	,481	-1,039	,935
Valid N (listwise)					

9.7.3.6.2 Ergebnis Student'scher t-Test für die 5. Iteration bei $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ mit Faktor: 2σ

P value and statistical significance:

The two-tailed P value equals 0.4915

By conventional criteria, this difference is considered to be not statistically significant.

Confidence interval:

The mean of Input minus Output equals -0.0579028331

95% confidence interval of this difference: From -0.2259790816 to 0.1101734154

Intermediate values used in calculations:

t = 0.6934

df = 46

standard error of difference = 0.083

Group	Input	Output
Mean	18.7181855152	18.7760883483
SD	0.3173847934	0.2544497777
SEM	0.0634769587	0.0530564463
N	25	23

9.7.3.7 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ mit Faktor $1,06\sigma$

Zuerst wurde der σ -Outlier-Test für das Isotopenverhältnis $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ mit einem Faktor von 2σ berechnet. Anschließend wurde der nächste Faktor als $1,06\sigma$ ¹⁷⁴ berechnet. Die Werte, welche mit diesem Faktor ermittelt wurden, führen jedoch zu einem Ausschluss von 21 der 26 Werte (ca. 81 %) und damit zu einem enorm unnatürlichen Wertebestand, welcher abzulehnen ist.

Demnach bildet der interne Grenzbereich, der mit 2σ festgelegt wurde, den Vertrauenswert.

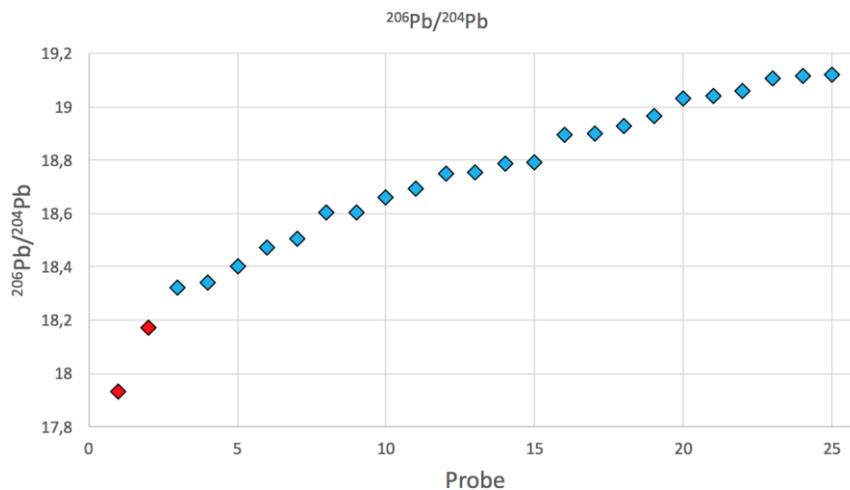


Abb. 89: Graphische Auftragung des σ -Outlier-Tests mit Faktor 2σ der $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ Isotopenverhältnisse, sortiert nach aufsteigendem Signaturwert¹⁶⁹.

Tab. 136: Ergebnisse der zur Eingrenzung der lokalen $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ -Isotopensignatur angestrebten Berechnungen über verschiedene Modelle. Kursiv gestellt und auf grau sind die Werte, welche untauglich sind.

Berechnungsmodell	Unterer Grenzwert	Oberer Grenzwert	Nicht-lokale Anzahl [abs.]	Nicht-lokal Häufigkeit [%]
Iterativ: 2σ	18,26719	19,28499	2	4
Iterativ: $1,06\sigma$	18,68360	18,79301	20	80

9.7.3.7.1 Iterative Berechnung der Isoplot Methode bei $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ mit Faktor: $1,06\sigma$

Alle Iterationen 1 bis 4 sind auf der Daten-DVD enthalten, im Ordner:
/SPSS Iterationen Sr/

¹⁷⁴ vgl. Kapitel 3.7, zur Berechnung des nächsten Faktors:

$$\begin{aligned}
 &= 2 - \frac{0,254449778}{18,7760883} \cdot 100 = 0,6934 \\
 &= 2 - 0,94 \\
 &= 1,06
 \end{aligned}$$

Tab. 137: Vierte Iteration der Isoplot-Methode bei $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ mit Faktor: $1,06\sigma$.**Descriptive Statistics**

	N Statistic	Minimum Statistic	Maximum Statistic	Mean Statistic
Pb206Pb204Nachiteration2.3eingegrenzt	6	18,6622420	18,7916034	18,7383036
Valid N (listwise)	6			

Descriptive Statistics

	Mean Std. Error	Std. Deviation Statistic	Skewness Statistic	Std. Error	Kurtosis Statistic
Pb206Pb204Nachiteration2.3eingegrenzt	,021069820	,051610307	-,633	,845	-1,194
Valid N (listwise)					

9.7.3.7.2 Ergebnis Student'scher *t*-Test für die 5. Iteration bei $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ mit Faktor: $1,06\sigma$

P value and statistical significance:

The two-tailed P value equals 0.8082

By conventional criteria, this difference is considered to be not statistically significant.

Confidence interval:

The mean of Input minus Output equals -0.0353303828

95% confidence interval of this difference: From -0.3305915890 to 0.2599308234

Intermediate values used in calculations:

$t = 0.2451$

$df = 28$

standard error of difference = 0.144

Group	Input	Output
Mean	18.7181855152	18.7535158980
SD	0.3173847934	0.0399239532
SEM	0.0634769587	0.0178545347
n	25	5

9.7.3.8 $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ mit Faktor 2σ

Der σ -Outlier-Test wurde ebenso für das Isotopenverhältnis $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ durchgeführt. Die erste Iteration wurde mit 2σ durchgeführt. Nach der ersten Iteration mit Faktor 2σ wurden von dieser Datenmenge vier Werte ausgeschlossen. Die Verteilung ist in den ersten drei der vier Schritte linksschief (Schiefe: -1,615, -0,376 und -0,142) und kann nach dem vierten Iterationsschritt als rechtsschief bezeichnet werden (Schiefe: +0,081).

Nach der ersten Iterationsschleife wurde der nächste Isoplot Faktor errechnet. Dieser ergibt sich aus Standardabweichung, Mittelwert und dem *t*-Wert aus der Student'schen *t*-Verteilung. Der Wert liegt bei 1,57¹⁷⁵. Der nächste Isoplot Faktor ist 1,20¹⁷⁶. Die Werte dieser Iterationsschleife ergaben jedoch zu enge interne Grenzen, weswegen sie zu verwerfen sind. Die Iterationsschleifen mit Faktor 2 und 1,57 sind valide und in nachfolgender Abb. 90 als Ausreißer eingetragen:

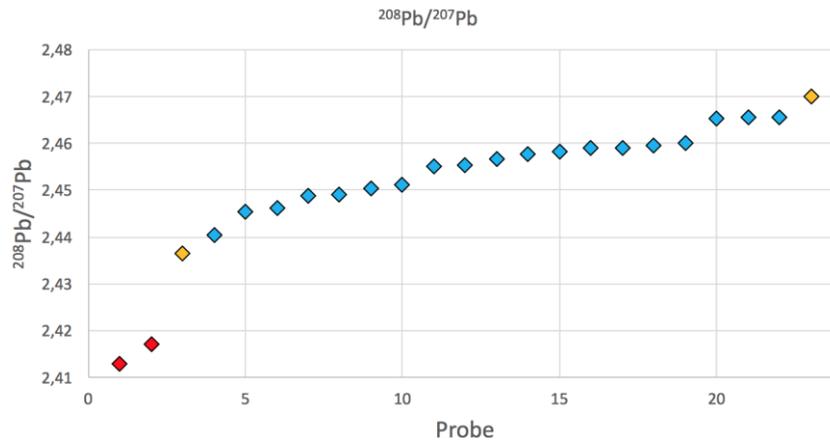


Abb. 90: Graphische Auftragung des σ -Outlier-Tests der ²⁰⁸Pb/²⁰⁷Pb Isotopenverhältnisse, sortiert nach aufsteigendem Signaturwert. Die blauen Punkte markieren als lokal eingestufte Datensätze. Orange Punkte markieren Werte über dem 1,57-fachen σ -Wert. Rote Punkte liegen über dem 2 σ -Vertrauensbereich.

Tab. 138: Ergebnisse der zur Eingrenzung der lokalen ²⁰⁸Pb/²⁰⁷Pb-Isotopensignatur angestrebten Berechnungen über verschiedene Modelle. Kursiv gestellt und auf grau sind die Werte, welche untauglich sind.

Berechnungsmodell	Unterer Grenzwert	Oberer Grenzwert	Nicht-lokale Anzahl [abs.]	Nicht-lokal Häufigkeit [%]
Iterativ: 2 σ	2,44280	2,47072	4	17
Iterativ: 1,06 σ	2,44677	2,46571	7	30

¹⁷⁵ vgl. Kapitel 3.7, zur Berechnung des nächsten Faktors:

$$= 2 - \frac{0,006981190}{2,45676015} \cdot 100 \approx 1,5032$$

$$= 2 - 0,43$$

$$= 1,57$$

¹⁷⁶ vgl. Kapitel 3.7, zur Berechnung des nächsten Faktors:

$$= 1,57 - \frac{0,006034393}{2,45624132} \cdot 100 \approx 1,4934$$

$$= 1,57 - 0,37$$

$$= 1,20$$

9.7.3.8.1 Iterative Berechnung der Isoplot Methode bei $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ mit Faktor: 2σ

Alle Iterationen 1 bis 4 sind auf der Daten-DVD enthalten, im Ordner:
/SPSS Iterationen Sr/

Tab. 139: Vierte Iteration der Isoplot-Methode bei $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ mit Faktor: 2σ .

Descriptive Statistics				
	N Statistic	Minimum Statistic	Maximum Statistic	Mean Statistic
Pb208Pb207nachIteratio n1.1	19	2,44542313	2,47011749	2,45676015
Valid N (listwise)	19			

Descriptive Statistics					
	Mean Std. Error	Std. Deviation Statistic	Skewness Statistic	Std. Error	Kurtosis Statistic
Pb208Pb207nachIteratio n1.1	,001601595	,006981190	,081	,524	-,675
Valid N (listwise)					

9.7.3.8.2 Ergebnis Student'scher *t*-Test für die 1. Iteration bei $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ mit Faktor: 2σ **P value and statistical significance:**

The two-tailed P value equals 0.1401

By conventional criteria, this difference is considered to be not statistically significant.

Confidence interval:

The mean of Input minus Output equals -0.0050490993

95% confidence interval of this difference: From -0.0118231252 to 0.0017249266

Intermediate values used in calculations:

$t = 1.5032$

$df = 43$

standard error of difference = 0.003

Group	Input	Output
Mean	2.4517110481	2.4567601474
SD	0.0133397004	0.0069811893
SEM	0.0026161305	0.0016015947
n	26	19

9.7.3.9 $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ mit Faktor $1,57\sigma$

9.7.3.9.1 Iterative Berechnung der Isoplot Methode bei $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ mit Faktor: $1,57\sigma$

Alle Iterationen 1 bis 4 sind auf der Daten-DVD enthalten, im Ordner:
/SPSS Iterationen Sr/

Tab. 140: Vierte Iteration der Isoplot-Methode bei $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ mit Faktor: $1,57\sigma$.**Descriptive Statistics**

	N Statistic	Minimum Statistic	Maximum Statistic	Mean Statistic
Pb208Pb207nachiteratio n2.2NEU	18	2,44615785	2,46554537	2,45624132
Valid N (listwise)	18			

Descriptive Statistics

	Mean Std. Error	Std. Deviation Statistic	Skewness Statistic	Std. Error	Kurtosis Statistic
Pb208Pb207nachiteratio n2.2NEU	,001422320	,006034393	,028	,536	-,931
Valid N (listwise)					

9.7.3.9.2 Ergebnis Student'scher t-Test für die 2. Iteration bei $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ mit Faktor: $1,57\sigma$ **P value and statistical significance:**

The two-tailed P value equals 0.1430

By conventional criteria, this difference is considered to be not statistically significant.

Confidence interval:

The mean of Input minus Output equals -0.0051234155

95% confidence interval of this difference: From -0.0120517316 to 0.0018049007

Intermediate values used in calculations:

$t = 1.4934$

$df = 41$

standard error of difference = 0.003

Group	Input	Output
Mean	2.4517110481	2.4568344635
SD	0.0133397004	0.0056534214
SEM	0.0026161305	0.0013711561
N	26	17

9.7.3.10 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ mit Faktor 2σ

9.7.3.10.1 Iterative Berechnung der Isoplot Methode bei $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ mit Faktor: 2σ

Alle Iterationen 1 bis 4 sind auf der Daten-DVD enthalten, im Ordner:
/SPSS Iterationen Sr/

Tab. 141: Vierte Iteration der Isoplot-Methode bei $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ mit Faktor: 2σ .

Descriptive Statistics				
	N Statistic	Minimum Statistic	Maximum Statistic	Mean Statistic
Pb206Pb207nachIteratio n1.1	21	1,17195687	1,21820222	1,19714485
Valid N (listwise)	21			

Descriptive Statistics					
	Mean Std. Error	Std. Deviation Statistic	Skewness Statistic Std. Error		Kurtosis Statistic
Pb206Pb207nachIteratio n1.1	,003157198	,014468101	-,287	,501	-,946
Valid N (listwise)					

9.7.3.10.2 Ergebnis Student'scher *t*-Test für die 1. Iteration bei $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ mit Faktor: 2σ **P value and statistical significance:**

The two-tailed P value equals 0.4853

By conventional criteria, this difference is considered to be not statistically significant.

Confidence interval:

The mean of Input minus Output equals -0.0035013591

95% confidence interval of this difference: From -0.0135388346 to 0.0065361164

Intermediate values used in calculations:

$t = 0.7040$

$df = 42$

standard error of difference = 0.005

Group	Input	Output
Mean	1.1936434904	1.1971448495
SD	0.0181145531	0.0144681003
SEM	0.0037771454	0.0031571983
N	23	21

9.7.3.11 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ mit Faktor $1,20\sigma$

Der σ -Outlier-Test wurde ebenso für das Isotopenverhältnis $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ mit dem Faktor 2σ durchgeführt. Dabei waren zwei Werte auszuschließen. Als nächster Faktor wurde 1,20 ermittelt¹⁷⁷. Anschließend wurde die Iterationsfolge mit diesem Faktor erneut durchgeführt. Wenngleich mathematisch berechnet, mussten die Ergebnisse dieser Iterationsfolge verworfen werden, da dieser Faktor 15 der 23 Werte eliminierte und die verbleibenden Datensätze aufgrund der zu eng gelegten internen Grenzwerte keine plausible Datenspanne mehr erzeugten. Demnach sind die Grenzwerte von Faktor 2σ als Vertrauensbereich anzusehen, wie in Abb. 91 farblich markiert.

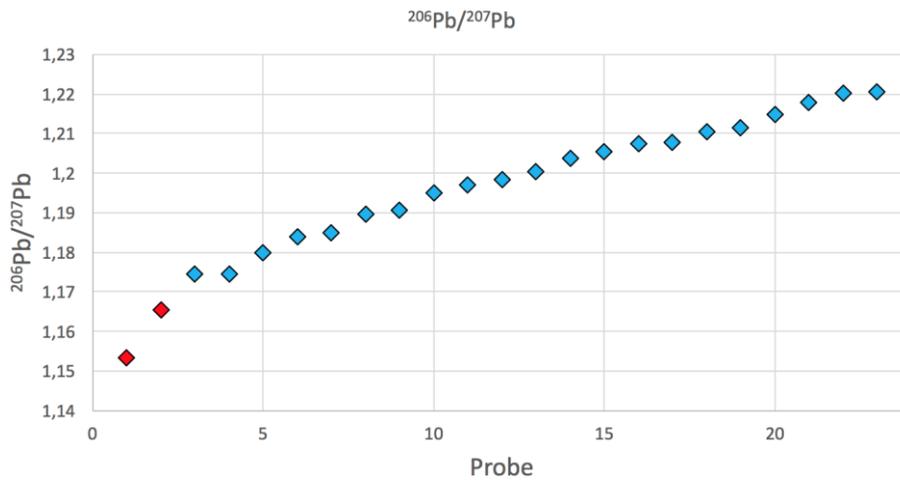


Abb. 91: Graphische Auftragung des σ -Outlier-Tests mit Faktor 2σ der $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ Isotopenverhältnisse, sortiert nach aufsteigendem Signaturwert¹⁶⁹.

Tab. 142: Ergebnisse der zur Eingrenzung der lokalen $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ -Isotopensignatur angestrebten Berechnungen über verschiedene Modelle. Kursiv gestellt und auf grau sind die Werte, welche untauglich sind.

Berechnungsmodell	Unterer Grenzwert	Oberer Grenzwert	Nicht-lokale Anzahl [abs.]	Nicht-lokal Häufigkeit [%]
Iterativ: 2σ	1,16821	1,22608	2	9
Iterativ: $1,20\sigma$	1,19045	1,20794	15	65

9.7.3.11.1 Iterative Berechnung der Isoplot Methode bei $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ mit Faktor: $1,20\sigma$

Alle Iterationen 1 bis 4 sind auf der Daten-DVD enthalten, im Ordner: /SPSS Iterationen Sr/

Tab. 143: Vierte Iteration der Isoplot-Methode bei $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ mit Faktor: $1,2\sigma$.

¹⁷⁷ vgl. Kapitel 3.7, zur Berechnung des nächsten Faktors:

$$\begin{aligned}
 &= 2 - \frac{0,014468101}{1,19714485} \cdot 100 = 0,7040 \\
 &= 2 - 0,85 \\
 &= 1,15
 \end{aligned}$$

Descriptive Statistics

	N Statistic	Minimum Statistic	Maximum Statistic	Mean Statistic
Pb206Pb207nachIteratio n2.3	12	1,18721324	1,20902150	1,19919565
Valid N (listwise)	12			

Descriptive Statistics

	Mean Std. Error	Std. Deviation Statistic	Skewness Statistic	Std. Error	Kurtosis Statistic
Pb206Pb207nachIteratio n2.3	,002104613	,007290594	-,322	,637	-,987
Valid N (listwise)					

9.7.3.11.2 Ergebnis Student'scher *t*-Test für die 2. Iteration bei $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ mit Faktor: $1,20\sigma$

P value and statistical significance:

The two-tailed P value equals 0.3586

By conventional criteria, this difference is considered to be not statistically significant.

Confidence interval:

The mean of Input minus Output equals -0.0061003508

95% confidence interval of this difference: From -0.0194758537 to 0.0072751520

Intermediate values used in calculations:

$t = 0.9328$

$df = 29$

standard error of difference = 0.007

Group	Input	Output
Mean	1.1936434904	1.1997438412
SD	0.0181145531	0.0045179711
SEM	0.0037771454	0.0015973440
n	23	8

9.7.4 Vergleichsdaten für $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ und $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ für DE, AT und IT

Tab. 144: Vergleichswerte für $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ und $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ für die Regionen Deutschland, Österreich und Italien, berechnet über die Werte aus Grupe et al. (2017).

	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ der Tiere	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ der Tiere	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ der Menschen	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ der Menschen
<u>Deutschland:</u>				
Minimum	0,741	1,812	0,786	1,937

Maximum	0,847	2,073	0,852	2,085
<u>Österreich:</u>				
Minimum	0,795	1,963	0,848	2,066
Maximum	0,851	2,086	0,854	2,074
<u>Italien:</u>				
Minimum	0,822	2,034	0,834	2,056
Maximum	0,852	2,093	0,846	2,078

9.7.5 Deskriptive Statistik für $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$

Hypothesis Test Summary				
	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of Pb208Pb204 is normal with mean 38,51465651 and standard deviation 0,128.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,200 ^{1,2}	Retain the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

¹Lilliefors Corrected

²This is a lower bound of the true significance.

Abb. 92: Überprüfung der $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ -Messdaten der beprobten Zähne aus Emmering auf Normalverteilung durch den Kolmogorov-Smirnov-Test.

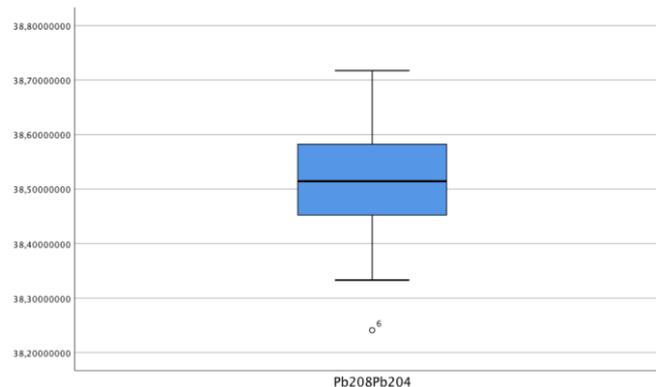


Abb. 93: Boxplot der Überprüfung der $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ -Messdaten der beprobten Zähne aus Emmering mittels σ -Outlier-Test.

9.7.6 Deskriptive Statistik für $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of Pb207Pb204 is normal with mean 15,68658017 and standard deviation 0,013.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,200 ^{1,2}	Retain the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

¹Lilliefors Corrected

²This is a lower bound of the true significance.

Abb. 94: Überprüfung der ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb-Messdaten der beprobten Zähne aus Emmering auf Normalverteilung durch den Kolmogorov-Smirnov-Test.

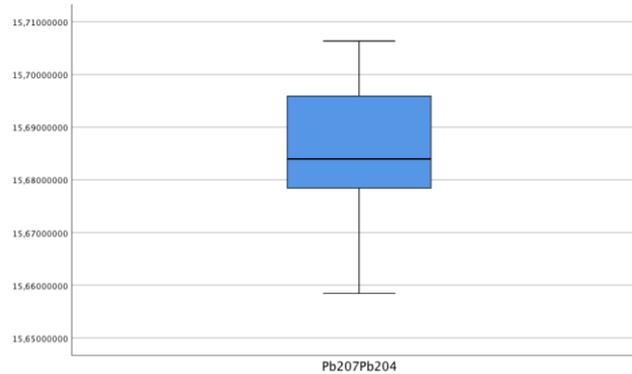


Abb. 95: Boxplot der Überprüfung der ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb -Messdaten der beprobten Zähne aus Emmering mittels σ -Outlier-Test.

9.7.7 Deskriptive Statistik für ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of Pb206Pb204 is normal with mean 18,77608835 and standard deviation 0,254.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,200 ^{1,2}	Retain the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

¹Lilliefors Corrected

²This is a lower bound of the true significance.

Abb. 96: Überprüfung der ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb-Messdaten der beprobten Zähne aus Emmering auf Normalverteilung durch den Kolmogorov-Smirnov-Test.

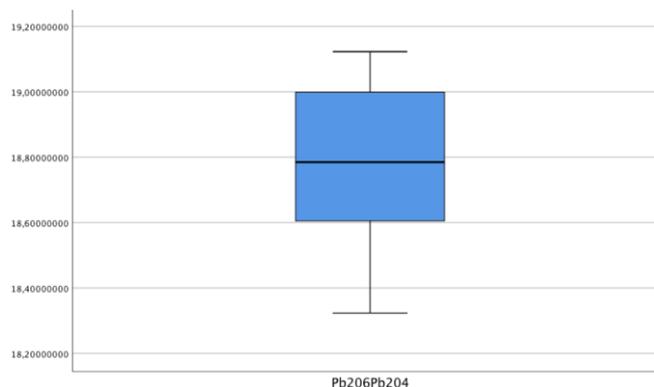


Abb. 97: Boxplot der Überprüfung der ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb -Messdaten der beprobten Zähne aus Emmering mittels σ -Outlier-Test.

9.7.8 Deskriptive Statistik für $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$

Hypothesis Test Summary				
	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of Pb208Pb207 is normal with mean 2,45171105 and standard deviation 0,013.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,020 ¹	Reject the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

¹Lilliefors Corrected

Abb. 98: Überprüfung der $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ -Messdaten der beprobten Zähne aus Emmering auf Normalverteilung durch den Kolmogorov-Smirnov-Test.

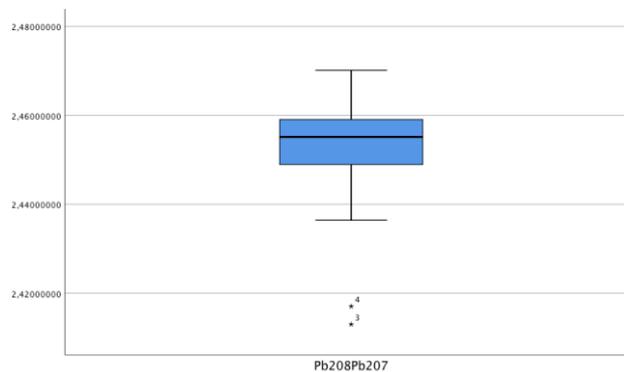


Abb. 99: Boxplot der Überprüfung der $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ -Messdaten der beprobten Zähne aus Emmering mittels σ -Outlier-Test.

9.7.9 Deskriptive Statistik für $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$

Hypothesis Test Summary				
	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of Pb206Pb207 is normal with mean 1,19348873 and standard deviation 0,018.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,200 ^{1,2}	Retain the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

¹Lilliefors Corrected

²This is a lower bound of the true significance.

Abb. 100: Überprüfung der $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ -Messdaten der beprobten Zähne aus Emmering auf Normalverteilung durch den Kolmogorov-Smirnov-Test.

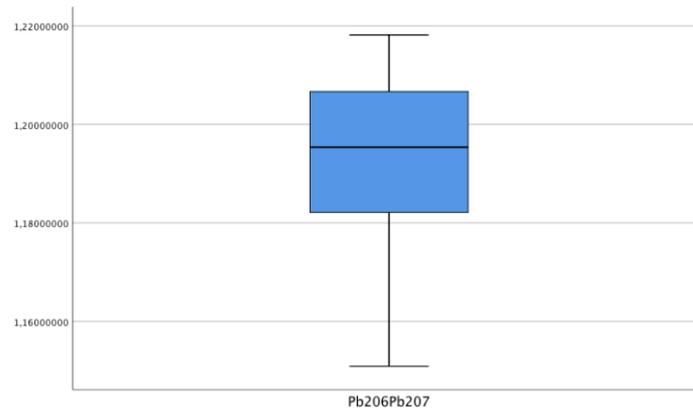


Abb. 101: Boxplot der Überprüfung der $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ -Messdaten der beprobten Zähne aus Emmering mittels σ -Outlier-Test.

9.8 Tabellen aus dem Bereich der *Inventarischen Auswertung*

9.8.1 Emmering

9.8.1.1 Schulter

Tab. 145: Anzahlen und Anteile von gesunden und arthrotisch belasteten Skelettelementen des Schultergelenks aus Emmering. Die Gesamtzahl von Skelettelementen, auf die sich die Anzahlen und Anteile beziehen beträgt 1.370 Stück.

Geschlecht	Absolute zahl links	An- Anteil links in Prozent	Absolute zahl rechts	An- Anteil rechts in Prozent
weiblich	9	0,7	12	0,9
eher weiblich	7	0,5	11	0,8
eher männlich	8	0,6	8	0,6
männlich	54	3,9	62	4,5
unbestimmbar	0	0,0	0	0,0

9.8.1.2 Ellenbogen

Tab. 146: Anzahlen und Anteile von gesunden und arthrotisch belasteten Skelettelementen des Ellenbogengelenks aus Emmering. Die Gesamtzahl von Skelettelementen, auf die sich die Anzahlen und Anteile beziehen beträgt 1.867 Stück.

Geschlecht	Absolute zahl links	An- Anteil links in Prozent	Absolute zahl rechts	An- Anteil rechts in Prozent
weiblich	0	0,0	4	0,2
eher weiblich	0	0,0	5	0,3
eher männlich	1	0,1	2	0,1
männlich	13	0,7	23	1,2
unbestimmbar	0	0,0	0	0,0

9.8.1.3 Hüfte

Tab. 147: Anzahlen und Anteile von gesunden und arthrotisch belasteten Skelettelementen des Hüftgelenks aus Emmering. Die Gesamtzahl von Skelettelementen, auf die sich die Anzahlen und Anteile beziehen beträgt 647 Stück.

Geschlecht	Absolute zahl links	An- Anteil links in Prozent	Absolute zahl rechts	An- Anteil rechts in Prozent
weiblich	23	3,6	15	2,3
eher weiblich	8	1,2	5	0,8
eher männlich	5	0,8	8	1,2
männlich	41	6,3	34	5,3
unbestimmbar	1	0,2	1	0,2

9.8.1.4 Knie

Tab. 148: Anzahlen und Anteile von gesunden und arthrotisch belasteten Skelettelementen des Kniegelenks aus Emmering. Die Gesamtzahl von Skelettelementen, auf die sich die Anzahlen und Anteile beziehen beträgt 1.867 Stück.

Geschlecht	Absolute zahl links	An- Anteil links in Prozent	Absolute zahl rechts	An- Anteil rechts in Prozent
weiblich	9	0,5	6	0,4
eher weiblich	11	0,7	7	0,4
eher männlich	10	0,6	6	0,4
männlich	19	1,1	25	1,5
unbestimmbar	3	0,2	1	0,1

9.8.1.5 Altersverteilung

Tab. 149: Überblick der Altersdaten durch das Statistikprogramm *R* anhand der Daten aus der *Inventarischen Auswertung* für das Reihengräberfeld Emmering.

Altersgruppe	Individuenzahl
Infans I	44
Infans II	23
Frühe Juvenis	15
Späte Juvenis	26
Frühe Adultas	31
Adultas	138
Späte Adultas	34
Frühe Maturitas	26
Maturitas	100

Späte Maturitas	37
Senilis	64
unbekannt	3
N/A, nicht vorhanden	0

9.8.1.6 Geschlechtsverteilung

Tab. 150: Überblick der Geschlechtsverteilung durch das Statistikprogramm R anhand der Daten aus der *Inventarischen Auswertung* für das Reihengräberfeld Emmerring.

Geschlechtszuordnung	Individuenzahl
Weiblich	125
Eher weiblich	94
Eher männlich	164
Männlich	73
Unbekannt	85
N/A, nicht vorhanden	0

9.8.2 Unterigling

9.8.2.1 Schulter

Tab. 151: Anzahlen und Anteile von gesunden und arthrotisch belasteten Skelettelementen des Schultergelenks aus Unterigling. Die Gesamtzahl von Skelettelementen, auf die sich die Anzahlen und Anteile beziehen beträgt 228 Stück.

Geschlecht	Absolute zahl links	An- Anteil links in Prozent	Absolute zahl rechts	An- Anteil rechts in Prozent
weiblich	17	7,5	13	5,7
eher weiblich	1	0,4	0	0,0
eher männlich	1	0,4	2	0,9
männlich	22	9,6	20	8,8
unbestimmbar	1	0,4	1	0,4

9.8.2.2 Ellenbogen

Tab. 152: Anzahlen und Anteile von gesunden und arthrotisch belasteten Skelettelementen des Ellenbogengelenks aus Unterigling. Die Gesamtzahl von Skelettelementen, auf die sich die Anzahlen und Anteile beziehen beträgt 595 Stück.

Geschlecht	Absolute zahl links	An- Anteil links in Prozent	Absolute zahl rechts	An- Anteil rechts in Prozent
weiblich	24	4,0	22	3,7
eher weiblich	6	1,0	3	0,5
eher männlich	8	1,3	8	1,3

männlich	34	5,7	37	6,2
unbestimmbar	1	0,2	3	0,5

9.8.2.3 Hüfte

Tab. 153: Anzahlen und Anteile von gesunden und arthrotisch belasteten Skelettelementen des Hüftgelenks aus Unterigling. Die Gesamtzahl von Skelettelementen, auf die sich die Anzahlen und Anteile beziehen beträgt 259 Stück.

Geschlecht	Absolute zahl links	An- Anteil links in Prozent	Absolute zahl rechts	An- Anteil rechts in Prozent
weiblich	47	18,1	40	15,4
eher weiblich	7	2,7	7	2,7
eher männlich	8	3,1	7	2,7
männlich	46	17,8	49	18,9
unbestimmbar	0	0,0	1	0,4

9.8.2.4 Knie

Tab. 154: Anzahlen und Anteile von gesunden und arthrotisch belasteten Skelettelementen des Kniegelenks aus Unterigling. Die Gesamtzahl von Skelettelementen, auf die sich die Anzahlen und Anteile beziehen beträgt 484 Stück.

Geschlecht	Absolute zahl links	An- Anteil links in Prozent	Absolute zahl rechts	An- Anteil rechts in Prozent
weiblich	38	7,9	41	8,5
eher weiblich	5	1,0	3	0,6
eher männlich	7	1,4	11	2,3
männlich	64	13,2	56	11,6
unbestimmbar	0	0,0	1	0,2

9.8.3 Umwandlung römischer Zahlen zu arabischen Ziffern

Zur Umwandlung von römischen Zahlen zu arabischen Ziffern wurde systemseitig die „Suchen und Ersetzen“ Funktion verwendet. Die Reihenfolge der Ersetzung ist dabei sehr wichtig. Die Funktion des „Suchen und Ersetzen“, bzw. das Ergebnis des Ersetzungsmusters muss dabei berücksichtigt werden. Es kann durch die falsche Reihenfolge geschehen, dass unbrauchbare Daten entstehen, welche nicht mehr weiter zu verarbeiten sind. Würde man beispielsweise bei der römischen „I“ beginnen und diese durch die Ziffer 1 ersetzen, würden sich die Zahlen auf der linken Seite der Tab. 155 nach der Ersetzungsfunktion ergeben. Eine sinnvolle Weiterbearbeitung dieser Daten

wäre demnach nicht möglich. Darum ist die Ersetzungsreihenfolge von römischen Ziffern zu arabischen Ziffern, wie auf der rechten Seite in Tab. 155 aufgelistet, zu wählen:

Tab. 155: Verschiedene Möglichkeiten der Ersetzungsreihenfolge. Links zur Demonstration eine fehlerhafte, rechts die anzuwendende Ersetzungsreihenfolge zur Migration der römischen Ziffern I bis VI zu arabischen Ziffern.

Lineare Ersetzungsreihenfolge mit fehlerhaftem Ergebnis, es bilden sich Artefakte.		Migration von römischen Ziffern I bis VI zu arabischen Ziffern in anzuwendender Reihenfolge.
I → 1		VI → 6
II → 11		IV → 4
III → 111		V → 5
IV → 1V		III → 3
V → V		II → 2
VI → V1		I → 1

Nachfolgende Tabelle zeigt, dass die Ziffernersetzung in exakt dieser Reihenfolge ein valides und weiter bearbeitbares Ergebnis erzeugt:

Tab. 156: Korrekte Ersetzungsreihenfolge zur Migration der römischen Ziffern I bis VI zu arabischen Ziffern ohne unerwünschte Artefaktbildung.

	Schritt 1	Schritt 2	Schritt 3	Schritt 4	Schritt 5	Schritt 6
Ursprungswert	VI -> 6	IV -> 4	V -> 5	III -> 3	II -> 2	I -> 1
I	I	I	I	I	I	1
II	II	II	II	II	2	2
III	III	III	III	3	3	3
IV	IV	4	4	4	4	4
V	V	V	5	5	5	5
VI	6	6	6	6	6	6

9.9 Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1:** Schema der Zahnentwicklung zur Altersbestimmung nach Ubelaker (1978), Buikstra & Ubelaker (1994). Zähne des Milchgebisses sind gerastert dargestellt; J = Jahre, M = Monate, Abbildung: Grupe et al (2015a). 9
- Abb. 2:** Der *Wundenmann* aus von Gerssdorff (1517) zeigt das Spektrum möglicher Gewalteinwirkung aufgrund kriegerischer Handlungen. 12
- Abb. 3:** Informationsverlust durch Taphonomie. Die Skizzen illustrieren den Übergang eines ganzen Tieres zu fossilisierten Fragmenten von Knochen. Von oben nach unten: lebender Herbivor; Kadaver des Herbivoren; Disartikulation und Zerstörung des Kadavers durch Raubtiere; weitere Zerstörung durch Zertrampeln; Zerschneiden und Aufteilung der Knochen durch Witterungsbedingungen; Invasion durch Wurzeln; Verschüttung in obere Sedimentschichten; Fossilisation; Verschiebung und Bruchschäden der Fossilien durch

Bruch; Aufdeckung durch spätere Erosion. Zeichnung von Dave Bichell. Abbildung: Shipman, 1981, p.14.....	14
Abb. 4: Zeitverlauf existierender Standards und Software, größere Veröffentlichungen. Blaue Pfeile markieren, wenn eine Software auf einer Publikation basiert; das Anthrobook, sowie die Ontologie <i>RDF Bones</i> befinden sich derzeit, Stand Februar 2019, noch in Entwicklung.	16
Abb. 5: Aufzeichnungen aus Torfkernen zu Hintergrundvorkommen von Bleisotopen über die Zeit in Europa (Shotyk et al. 1998) und den USA (Kamenov et al. 2009).	26
Abb. 6: Pb/Pb Diagramm für Oberboden (gefüllte Kreise) und 13 Torfproben aus einem ombotrophen Moor (offene Kreise) der Schweizer Jura (Shotyk et al. 2001) aus Haack et al. (2003).....	27
Abb. 7: Großlandschaft Alpenvorland. Eingerahmt und grün hinterlegt ist das <i>Fürstfeldbrucker Hügelland</i> , in welchem die Fundstelle liegt. Zur Verfügung gestellt von der Europäischen Metropolregion München e.V.	30
Abb. 8: Markierung der ältesten und jüngsten Gräber im digitalen Grabplan. Zur besseren Visualisierung wurde der gesamte Gräberfeldplan in Graustufen gestellt, nur die betroffenen Gräber wurden in Farbe belassen. Stand: Froh (2007).....	32
Abb. 9: Lage von Emmering und Unterigling in Bayern. Karte erstellt mithilfe des <i>BayernAtlas</i> , mit freundlicher Genehmigung des <i>Geoportals Bayern</i>	37
Abb. 10: Kartenausschnitt aus dem GeoFachdatenAtlas aus dem Bodeninformationssystem Bayerns des Bayerischen Landesamts für Umwelt (www.bis.bayern.de), mit Grundlage einer geologischen Karte 1:500.000, im Maßstab 1:15.000.....	38
Abb. 11: Schema zur Altersdiagnose. Die Zahlen bezeichnen den kompletten knöchernen Anschluss von Epiphysen und Apophysen und sind in folgender Reihenfolge angeordnet: Alter des ältesten Individuums mit offenen Epiphysenfugen/Altersspannweite, in dem ein partieller Verschluss auftritt/Alter des jüngsten Individuums mit komplettem Epiphysenschluss (Zeitangaben nach Scheuer et al. (2010), Abbildung: Grupe et al. (2015a)).	44
Abb. 12: Übersicht der Grundeinstellungswerte: Bestattungsart, Name des Grabfundes und Gesamtanzahl der Befunde.....	74
Abb. 13: Ansicht der Dateneingabemaske mit Eingabe von Befundnummer, Altersgruppe, Geschlecht und Gelenkstatus je Körperseite.	76
Abb. 14: Filtermöglichkeiten der vorliegenden Daten in der Datenbank. Filtern ist nach Teilgelenk, Körperseite, Altersgruppe und Geschlecht möglich.	79
Abb. 15: Ergebnis einer Suche an die „Fragmentary Data“ Datenbank; gesucht wurde nach einer Schulterarthrose, hierbei alle drei möglichen Teilgelenke (Articulatio Humeri, Articulatio Acromioclavicularis und Articulatio Sternoclavicularis) für die linke Körperseite (alle Altersklassen und Geschlechter).	79
Abb. 16: Erhaltungsgrade des Skelettmaterials aus Emmering, nach Überlieferungsgrad segmentiert und graphisch dargestellt.	87
Abb. 17: Sterbewahrscheinlichkeit der Emmeringer Bevölkerung ab früher Adultas, aufgetragen nach Altersklassen. Die rote Linie zeigt den Verlauf der Frauen an, die blaue Linie den der Männer. Die graue Linie zeigt die gesamte Sterbewahrscheinlichkeit beider Geschlechter bis zur frühen Adultas.	97
Abb. 18: Durchschnittliche Lebenserwartung (Jahre) der Emmeringer Bevölkerung in den jeweiligen Altersklassen; Frauen sind rot, Männer sind blau markiert. Die Gesamtzahl der Individuen beträgt n = 539. Berechnung nach Acsádi und Nemeskeri (1970).....	97

Abb. 19:	Absinken der Lebenserwartung in Jahren, aufgetragen nach Altersklassen. Graue Linie = Kurve der gesamten Population (inkl. vom Geschlecht her unbestimmbarer Individuen). Rot sind die Frauen markiert, blau die Männer.	98
Abb. 20:	<i>Osteophyten</i> am <i>Dens Axis</i> , links Befund 446, rechts Befund 332 mit zusätzlicher <i>Eburnisierung</i>	100
Abb. 21:	An der Wirbelsäule von Befund 63 sind <i>Osteophyten</i> , <i>Schmorl'sche Knorpelknötchen</i> und veränderte <i>Facies articulares</i> zu erkennen.....	101
Abb. 22:	Blockwirbelbildung von Lumbalwirbel 4 und 5 (Befund 63).	101
Abb. 23:	Durchschnittliche Abrasionsrate der Emmeringer Bevölkerung, aufgeteilt nach den unterschiedlichen Zahnarten.	103
Abb. 24:	Wurzelspitzenabszess an Individuum 383, an Zahn 46. Links: gesamtes Skelettelement. Rechts: Detailaufnahme.	104
Abb. 25:	Schnittspur an Fragment des linken hinteren <i>Os parietale</i> (Befund 446).....	109
Abb. 26:	Unverheilte Schnittspur am linken <i>Os frontale</i> (Befund 3), die Schnittführung erfolgte von der rechten zur linken Seite.....	109
Abb. 27:	Die linke <i>Ulna</i> zeigt einen <i>Frakturkallus</i> (Befund 182).	109
Abb. 28:	Parierfraktur an linker <i>Ulna</i> (Befund 564).	110
Abb. 29:	Schnittspur am rechten <i>Os ilium</i> , <i>anterior-inferior</i> an der <i>Spina iliaca</i> gelegen, nebst Detailaufnahme (Befund 212).	110
Abb. 30:	Unverheilte Schnittspur am rechten <i>Os cuneiforme II</i> , sowie Schnittführung über den rechten <i>Metatarsus III, IV</i> und <i>V</i> (Befund 212).	111
Abb. 31:	Perimortale Fraktur, ggfs. Hiebverletzung, an linker <i>Tibia</i> (Befund 63). Oben: Gesamtaufnahme, Ideallage simuliert. Unten: Detailsicht der Frakturkante.....	111
Abb. 32:	Rechte <i>Cavitas glenoidalis</i> von Befund 380. Die stark ausgeprägte Randleiste ist deutlich im Foto zu erkennen.	112
Abb. 33:	Rechter <i>Humerus</i> von Befund 380 mit ausgeprägter Muskelansatzstelle proximal, sowie einem Knochensporn medial gelegen. Links: proximales Ende, rechts: distales Ende. Oben: Übersicht des ganzen Knochens. Unten links: ausgeprägte Muskelansatzstelle. Unten rechts: Knochensporn.	113
Abb. 34:	Rechte <i>Tibia</i> mit dislozierter Fraktur von Befund 380, rechts proximales Ende, links distales Ende. Oben: Ansicht posterior. Unten links: Ansicht von medial. Unten mittig: Ansicht anterior. Unten rechts: Ansicht von lateral.	113
Abb. 35:	Rechter und linker <i>Talus</i> zeigen eine <i>Osteochondrosis dissecans</i> am <i>Calcaneusgelenk</i> (Befund 63).	114
Abb. 36:	Osteome extracranial am <i>Os frontale</i> (Befund 380).	115
Abb. 37:	Differenzierter Gelenkstatus aller Teilgelenke der Schulter für das Reihengräberfeld Emmering. Die Abszisse zeigt den Arthrosestatus; dieser ist gruppiert nach den Altersklassen: <i>Infans I</i> , <i>Infans II</i> , <i>frühjuvenil</i> , <i>spätjuvenil</i> , <i>frühadult</i> , <i>adult</i> , <i>spätadult</i> , <i>frühmatur</i> , <i>matur</i> , <i>spät matur</i> und <i>senil</i> . Die Ordinate zeigt die absolute Häufigkeit der aufgetretenen Status.....	118
Abb. 38:	Differenzierter Gelenkstatus aller Teilgelenke der Ellenbogen für das Reihengräberfeld Emmering. Beschriftung wie in Abb. 37.	121
Abb. 39:	Differenzierter Gelenkstatus aller Teilgelenke der Knie für das Reihengräberfeld Emmering. Beschriftung wie in Abb. 37.	127
Abb. 40:	Differenzierter Gelenkstatus aller Teilgelenke der Schulter für Unterigling. Beschriftung wie in Abb. 37.	132
Abb. 41:	Differenzierter Gelenkstatus aller Teilgelenke der Ellenbogen für das Reihengräberfeld Unterigling. Beschriftung wie in Abb. 37.....	134

- Abb. 42:** Differenzierter Gelenkstatus aller Teilgelenke der Knie für das Reihengräberfeld Unterigling. Beschriftung wie in Abb. 37..... 139
- Abb. 43:** Absolute Anzahlen des Status der vier großen Gelenke von Emmering zum Vergleich zwischen den Körperseiten. Grün = linke Körperseite, blau = rechte Körperseite⁸⁷. 142
- Abb. 44:** Absolute Anzahlen des Status der vier großen Gelenke von Unterigling zum Vergleich zwischen den Körperseiten. Grün = linke Körperseite, blau = rechte Körperseite. 0 = gesundes Gelenk, 1 =beschädigtes Gelenk, 2 = Gelenk fehlt. 145
- Abb. 45:** Verteilung der ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr Isotopenverhältnisse, sortiert nach aufsteigendem Signaturwert. Horizontal ist die laufende Probennummer, vertikal die ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr Signatur aufgetragen. Mit Linien eingezeichnet ist der Mittelwert mit zweifacher Standardabweichung ($0,70956 \pm 0,000396$). In grau ist der Erwartungsbereich für Sedimentproben eingezeichnet. 149
- Abb. 46:** Verteilung der ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr Isotopenverhältnisse, sortiert nach aufsteigendem Signaturwert, mit eingetragenen Erwartungsbereichen für verschiedene Bodentypen. Ergänzt um die Erwartungsbereiche der Signatur für den Raum Süddeutschland (gelb, rechts), sowie die gemessenen Sedimentproben aus dem Fundort (grau, rechts). 150
- Abb. 47:** Graphische Auftragung des σ -Outlier-Tests der ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr Isotopenverhältnisse, sortiert nach aufsteigendem Signaturwert. Die blauen Punkte markieren als *sicher lokal* eingestufte Datensätze. Gelbe Punkte zeigen Ausreißer über der $1,73\sigma$ -Grenzmarke, orange Punkte entsprechend Ausreißer über der $1,86\sigma$ -Grenzmarke. Rote Punkte liegen außerhalb des 2σ -Vertrauensbereiches. 153
- Abb. 48:** Graphische Auftragung von ²⁰⁸Pb/²⁰⁶Pb gegen ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb Isotopenverhältnisse mit rot markierten Ausreißern, vgl. Abb. 49. Schwarz eingetragen ist die Korrelationslinie des Emmeringer Gräberfeldes, blau ist die *ESLP* eingezeichnet. 155
- Abb. 49:** Graphische Auftragung der ²⁰⁸Pb/²⁰⁶Pb Isotopenverhältnisse gegen die ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb Isotopenverhältnisse. Rot markiert sind Ausreißer, deren Werte (auch unter Berücksichtigung des zweifachen Standardfehlers) nicht mit der Trendlinie überlappen. 158
- Abb. 50:** ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb aufgetragen gegen die ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb und ²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb Isotopenverhältnisse aus Molaren aus Emmering. Zum Vergleich sind in den grauen Kästen Pb Isotopendaten aus Süddeutschland eingezeichnet. Die Daten stammen von Grupe et al. (2017) und weisen folgende Wertespanssen auf: ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb = 18,421 bis 21,397, ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb = 15,604 bis 15,857 und ²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb = 38,188 bis 38,777. 161
- Abb. 51:** Auftragung von ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb gegen ²⁰⁸Pb/²⁰⁶Pb Isotopenverhältnisse der Emmeringer Messwerte. Vergleiche mit Minimal- und Maximalwerten für den Alpenraum (Deutschland), das Inntal (Österreich) und Italien aus Grupe et. al. (2017) für Tiere und Menschen sind mit farblichen Schattierungen hinterlegt. Die Pfeilspitzen deuten an, dass die Schattierung noch deutlich weiter gehen würde, als in der Abbildung darstellbar. .. 162
- Abb. 52:** Ausreißermarkierung innerhalb der graphischen Auftragung von ²⁷⁸Pb/²⁰⁶Pb gegen ²⁰⁸Pb/²⁰⁶Pb. Ausreißer, deren Werte (unter Berücksichtigung des zweifachen Standardfehlers) nicht mit der Trendlinie überlappen, sind rot markiert¹¹⁰. Die Abbildung ist identisch skaliert zur vorigen Abb. 51, damit die Datenpunkte gleich liegen und direkt miteinander abgeglichen werden können. 163
- Abb. 53:** ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb vs. ²⁰⁸Pb/²⁰⁶Pb Isotopenverhältnisse der Emmeringer Messwerte. Vergleich mit Werten süddeutscher Fundorte aus Grupe et al. (2017). Legende zu Fundorten: weiß = Emmering, blau = Aubing, grün = Obermenzing, rot = Engelschalking, orange = München-Residenz, gelb = Trudering. 164
- Abb. 54:** ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb vs. ²⁰⁸Pb/²⁰⁶Pb Isotopenverhältnisse der Emmeringer Messwerte. Vergleich mit Messwerten für süddeutsche Fundorte aus Grupe et al. (2017). Legende zu

- den Fundorten: weiß = Emmering, blau = Eching, grün = Forstinning, rot = Grünwald, orange = Gernlinden, gelb = Poing¹¹¹. 164
- Abb. 55:** $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ vs. $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ Isotopenverhältnisse der Emmeringer Messwerte. Vergleich mit Messwerten für süddeutsche Fundorte aus Grupe et al. (2017). Legende zu den Fundorten: weiß = Emmering, blau = Königsbrunn-Zeller, orange = Kleinaitingen¹¹¹.
165
- Abb. 56:** $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ vs. $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ Isotopenverhältnisse der Emmeringer Messwerte. Vergleich mit Messwerten für süddeutsche Fundorte aus Grupe et al. (2017). Legende zu den Fundorten: weiß = Emmering, violett = Waging am See, grün = Flintsbach am Inn¹¹¹.
165
- Abb. 57:** Graphische Auftragung der $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ Isotopenverhältnisse gegen die $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ Isotopenverhältnisse der Emmeringer Messwerte. Vergleich mit Messwerten für die Ägäis, Toskana, Zypern, Großbritanninen, Frankreich und Sardinien, sowie deutsche Lagerstätten wie auch römische und keltische Bleiartefakte aus Durali-Müller et al. (2007).
166
- Abb. 58:** Die Ausreißer Emm 376 und Emm 449 sind grün innerhalb der Auftragung der Strontiumisotopenverhältnisse markiert. Rot, orange und gelb sind die weiteren Ausreißer aus Abb. 47 gekennzeichnet. 167
- Abb. 59:** Die Ausreißer Emm 376 und Emm 449 sind grün innerhalb der Auftragung von $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ zu $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ Isotopenverhältnissen markiert. Rot sind die weiteren Ausreißer aus Abb. 49 gekennzeichnet. 167
- Abb. 60:** Altersverteilung vom Reihengräberfeld Emmering (schwarze Linie) im Vergleich mit der Altersverteilung von Unterigling (graue Linie). Grün ist die Altersverteilung von Emmering nach Korrektur des Kleinkinderdefizits eingezeichnet. 172
- Abb. 61:** Strontiumisotopen-Verhältnisse der wichtigsten geologischen Einheiten Südwestdeutschlands. Die schwarzen Balken für die Gesteinswerte orientieren sich an den Mittelwerten der Untersuchungen von oben genannten Autoren. Verändert nach Price et al. (2003). Gelb sind die $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Isotopendaten der Bodenproben aus Emmering eingezeichnet. 209
- Abb. 62:** Moderne 3D Ansicht von Emmering. Der Ort ist geprägt durch die Durchquerung der Amper und Umgebung von landwirtschaftlichen Nutzflächen und Wäldern. Die gelbe Raute zeigt die ungefähre Lage des Reihengräberfeldes. 211
- Abb. 63:** Karte der Geologie und Bodenart im Landkreis Fürstentfeldbruck. Herausgegeben und mit freundlicher Erlaubnis von: Bund Naturschutz in Bayern e.V., Kreisgruppe FFB. 250
- Abb. 64:** Auswahl der Sedimentproben aus dem Reihengräberfeld Emmering. Entnommene Bodenproben sind im Grabplan grün markiert. Es gibt weitere Proben, vgl. Tab. 8, welche jedoch nicht im Grabplan eingezeichnet werden konnten, da der Grabplan diese Befundnummern nicht umfasst. 251
- Abb. 65:** Differenzierter Gelenkstatus des Schulterhauptgelenks *Articulatio humeri* für das Reihengräberfeld Emmering. 261
- Abb. 66:** Differenzierter Gelenkstatus des Schulterneben gelenks *Articulatio acromioclavicularis* für das Reihengräberfeld Emmering¹⁶². 263
- Abb. 67:** Differenzierter Gelenkstatus des Schulterneben gelenks *Articulatio sternoclavicularis* für das Reihengräberfeld Emmering¹⁶². 265
- Abb. 68:** Differenzierter Gelenkstatus des Ellenbogenneben gelenks *Articulatio humeroulnaris* für das Reihengräberfeld Emmering¹⁶². 267
- Abb. 69:** Differenzierter Gelenkstatus des Ellenbogenneben gelenks *Articulatio humeroradialis* für das Reihengräberfeld Emmering¹⁶². 269

Abb. 70:	Differenzierter Gelenkstatus des Ellenbogenneben gelenks <i>Articulatio radioulnaris proximalis</i> für das Reihengräberfeld Emmering ¹⁶²	271
Abb. 71:	Differenzierter Gelenkstatus des Hüftgelenks <i>Articulatio coxae</i> für das Reihengräberfeld Emmering ¹⁶²	273
Abb. 72:	Differenzierter Gelenkstatus des Kniegelenks <i>Articulatio femorotibialis</i> für das Reihengräberfeld Emmering ¹⁶²	275
Abb. 73:	Differenzierter Gelenkstatus des Kniegelenks <i>Articulatio femoropatellaris</i> für das Reihengräberfeld Emmering ¹⁶²	277
Abb. 74:	Differenzierter Gelenkstatus des Schulterhauptgelenks <i>Articulatio humeri</i> für das Reihengräberfeld Unterigling ¹⁶²	279
Abb. 75:	Differenzierter Gelenkstatus des Ellenbogengelenk <i>Articulatio humeroulnaris</i> für das Reihengräberfeld Unterigling ¹⁶²	281
Abb. 76:	Differenzierter Gelenkstatus des Ellenbogengelenk <i>Articulatio humeroradialis</i> für das Reihengräberfeld Unterigling ¹⁶²	283
Abb. 77:	Differenzierter Gelenkstatus des Ellenbogengelenk <i>Articulatio humeroulnaris</i> für das Reihengräberfeld Unterigling ¹⁶²	285
Abb. 78:	Differenzierter Gelenkstatus des Hüftgelenks <i>Articulatio coxae</i> für das Reihengräberfeld Unterigling ¹⁶²	287
Abb. 79:	Differenzierter Gelenkstatus des Kniegelenks <i>Articulatio femorotibialis</i> für das Reihengräberfeld Unterigling ¹⁶²	289
Abb. 80:	Differenzierter Gelenkstatus des Kniegelenks <i>Articulatio femoropatellaris</i> für das Reihengräberfeld Unterigling ¹⁶²	291
Abb. 81:	Darstellung der ⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr Messdaten des SRM 1400. In der Abbildung eingezeichnet ist der Mittelwert nebst der einfachen Standardabweichung (0,71303 ± 0,00096).....	296
Abb. 82:	Überprüfung der Strontium-Messdaten von Sedimentproben aus Emmering auf Normalverteilung durch den Kolmogorov-Smirnov-Test; aufgrund der geringen Kardinalität (n=4) kann kein Ergebnis geliefert werden. Die Nullhypothese muss verworfen werden. 299	
Abb. 83:	Deskriptive Statistik der Strontium-Messdaten von Sedimentproben aus Emmering mittels σ -Outlier-Test.....	299
Abb. 84:	Boxplot der Überprüfung der Strontium-Messdaten von Sedimentproben aus Emmering mittels σ -Outlier-Test.....	299
Abb. 85:	Darstellung der ²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb Messdaten des SRM 1400. In der Abbildung eingezeichnet ist der Mittelwert nebst der einfachen Standardabweichung (18,37457 ± 0,00713).....	300
Abb. 86:	Darstellung der ²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁷ Pb Messdaten des SRM 1400. In der Abbildung eingezeichnet ist der Mittelwert nebst der einfachen Standardabweichung (1,17539 ± 0,00026).....	300
Abb. 87:	Graphische Auftragung des σ -Outlier-Tests mit Faktor 2 σ der ²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb Isotopenverhältnisse, sortiert nach aufsteigendem Signaturwert.	310
Abb. 88:	Graphische Auftragung des σ -Outlier-Tests der ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb Isotopenverhältnisse, sortiert nach aufsteigendem Signaturwert. Die blauen Punkte markieren als lokal eingestufte Datensätze. Orange Punkte zeigen Ausreißer über der 1,79 σ Marke. Rote Punkte liegen über dem 2 σ -Vertrauensbereich (welcher identisch ist mit 1,93 σ und 1,86 σ). 313	
Abb. 89:	Graphische Auftragung des σ -Outlier-Tests mit Faktor 2 σ der ²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb Isotopenverhältnisse, sortiert nach aufsteigendem Signaturwert ¹⁶⁸	318

Abb. 90:	Graphische Auftragung des σ - <i>Outlier-Tests</i> der $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ Isotopenverhältnisse, sortiert nach aufsteigendem Signaturwert. Die blauen Punkte markieren als lokal eingestufte Datensätze. Orange Punkte markieren Werte über dem 1,57-fachen σ -Wert. Rote Punkte liegen über dem 2σ -Vertrauensbereich.	320
Abb. 91:	Graphische Auftragung des σ - <i>Outlier-Tests</i> mit Faktor 2σ der $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ Isotopenverhältnisse, sortiert nach aufsteigendem Signaturwert ¹⁶⁸	324
Abb. 92:	Überprüfung der $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ -Messdaten der beprobten Zähne aus Emmering auf Normalverteilung durch den Kolmogorov-Smirnov-Test.	326
Abb. 93:	Boxplot der Überprüfung der $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ -Messdaten der beprobten Zähne aus Emmering mittels σ - <i>Outlier-Test</i>	326
Abb. 94:	Überprüfung der $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ -Messdaten der beprobten Zähne aus Emmering auf Normalverteilung durch den Kolmogorov-Smirnov-Test.	327
Abb. 95:	Boxplot der Überprüfung der $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ -Messdaten der beprobten Zähne aus Emmering mittels σ - <i>Outlier-Test</i>	327
Abb. 96:	Überprüfung der $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ -Messdaten der beprobten Zähne aus Emmering auf Normalverteilung durch den Kolmogorov-Smirnov-Test.	327
Abb. 97:	Boxplot der Überprüfung der $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ -Messdaten der beprobten Zähne aus Emmering mittels σ - <i>Outlier-Test</i>	327
Abb. 98:	Überprüfung der $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ -Messdaten der beprobten Zähne aus Emmering auf Normalverteilung durch den Kolmogorov-Smirnov-Test.	328
Abb. 99:	Boxplot der Überprüfung der $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ -Messdaten der beprobten Zähne aus Emmering mittels σ - <i>Outlier-Test</i>	328
Abb. 100:	Überprüfung der $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ -Messdaten der beprobten Zähne aus Emmering auf Normalverteilung durch den Kolmogorov-Smirnov-Test.	328
Abb. 101:	Boxplot der Überprüfung der $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ -Messdaten der beprobten Zähne aus Emmering mittels σ - <i>Outlier-Test</i>	329

9.10 Formelverzeichnis

9.10.1 Verwendete Formeln

Formel 1:	Gleichung für die Korrelation der Datensätze der ESLP, mit Bestimmtheitsmaß R^2 , nach Haack et al. (2003).	27
Formel 2:	Relativer Anteil der Gestorbenen je Altersklasse d_x	47
Formel 3:	Relativer Anteil der Überlebenden je Altersklasse l_x	47
Formel 4:	Sterbewahrscheinlichkeit innerhalb der Altersklasse q_x	47
Formel 5:	Überlebenswahrscheinlichkeit innerhalb der Altersklasse p_x	47
Formel 6:	Anzahl der durchlebten Jahre je Altersklasse L_x	47
Formel 7:	Gesamtzahl der noch zu durchlebenden Jahre T_x	47
Formel 8:	Durchschnittliche Lebenserwartung mit Eintritt in die Altersklasse e_x	47
Formel 9:	Berechnung der Mortalitätsrate Q	47
Formel 10:	Sterbewahrscheinlichkeit im ersten Lebensjahr nach Bocquet und Masset (1977), ω = maximal erreichbares Lebensalter.	49
Formel 11:	Sterbewahrscheinlichkeit in den ersten fünf Lebensjahren nach Bocquet und Masset (1977), ω = maximal erreichbares Lebensalter.	49

Formel 12:	Lebenserwartung zum Zeitpunkt der Geburt nach Bocquet und Masset (1977), ω = maximal erreichbares Lebensalter.	50
Formel 13:	Verhältnis der verstorbenen 5- bis 9-Jährigen zu den verstorbenen 10- bis 14-Jährigen nach Bocquet und Masset (1977).	51
Formel 14:	Verhältnis der verstorbenen 5- bis 14-Jährigen zu den verstorbenen Erwachsenen, nach Bocquet und Masset (1977).	51
Formel 15:	Berechnung des Maskulinitätsindex MI.	52
Formel 16:	Verhältnis der verstorbenen 0- bis 14-Jährigen zu den verstorbenen Erwachsenen, nach Bocquet und Masset (1977).	52
Formel 17:	Verhältnis der verstorbenen 0- bis 10-Jährigen zu den verstorbenen 11 bis 59-Jährigen, adaptiert nach Bocquet und Masset (1977).	53
Formel 18:	Berechnung der Kopfzahl der zum Gräberfeld zugehörigen Siedlung nach Acsádi und Neméskeri (1987).	53
Formel 19:	Berechnung der Mortalitätsrate nach Bocquet-Appel und Masset (1977).	54
Formel 20:	Berechnung der Wachstumsrate einer Bevölkerung, nach Bocquet-Appel und Masset (1977).	54
Formel 21:	Berechnung des σ Testfaktors für die Iterationsfolge des σ -Outlier-Tests.	63
Formel 22:	Mortalitätsraten des Emmeringer Reihengräberfeldes, nach Weiss (1973). ...	92
Formel 23:	Gleichung für die Korrelation der $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ zu $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ Isotopenverhältnisse, gemessen an Zahnschmelz von geeigneten Molaren des Emmeringer Gräberfeldes, mit Bestimmtheitsmaß R^2	155

9.10.2 Verwendete Formeln und Skripte in R Studio

Die in *R Studio* verwendeten Skripte sind auf der Daten-DVD beigelegt. Es gibt jeweils ein eigenes Skript für ein großes Gelenk, demnach eines für die Schulter, die Ellenbogen, die Hüften und die Knie. Sie sind in den folgenden Pfaden verortet:

/Fragmentary Data R Skripte/r_code-Schulter.R

/Fragmentary Data R Skripte/r_code-Ellenbogen.R

/Fragmentary Data R Skripte/r_code-Hüfte.R

/Fragmentary Data R Skripte/r_code-Knie.R

Zur Verwendung der Skripte wird zwingend die Fragmentary Data Excel Master Datei aus Anhang 9.12.6 Datenliste der Inventarischen Auswertung benötigt, welche alle Daten hält.

9.11 Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Mögliche Substitutionen an die mineralische Komponente des Knochens, modifiziert nach Hoke (2017).	7
Tab. 2:	Verschiedene Arten von Trauma mit beispielhafter Krafteinwirkung, nach Herrmann et al. (1990) und Grupe et al. (2015a).	12
Tab. 3:	Die vier stabilen Strontiumisotope und deren Anteile (Stanley und Faure 1979). ...	19
Tab. 4:	Die vier stabilen Isotope von Blei und deren Anteile (Mortimer 1996).	24
Tab. 5:	Erwartungswerte für vorindustrielle Bleiisotopenverhältnisse nach Breitenlechner et al. (2010), Kylander et al. (2010), Kamenov und Gulson (2014), Shotyk et al. (1996). Werte für Eisenvorkommen in den Alpen nach Villa (2016).	25

Tab. 28:	Geschlechterverteilung der Emmeringer Population, mit Einbezug der archäologischen Geschlechtszuordnung, tabellarisch aufgetragen.....	89
Tab. 29:	Geschlechterverteilung der Emmeringer Population, ohne Einbezug der Kinder, mit Einbezug archäologischer Geschlechtszuordnung, tabellarisch aufgetragen.	90
Tab. 30:	Auflistung der errechneten Variablen zur Modellierung der Paläodemographie.	93
Tab. 31:	Sterbetafel der Emmeringer Population, Anzahl n = 671, mit feinerer Aufschlüsselung von Individuen im Kindesalter.....	94
Tab. 32:	Veränderung der Lebenserwartung zwischen den Altersklassen.	94
Tab. 33:	Sterbetafel der Frauen aus der Emmeringer Population. Anzahl = 539 ⁶⁰ . Die Werte subadulter Individuen sind ausgeblendet.....	95
Tab. 34:	Sterbetafel der Männer aus der Emmeringer Population. Anzahl = 539 ⁶⁰ . Die Werte subadulter Individuen sind ausgeblendet.....	96
Tab. 35:	Absolut aufgefundene Zähne im Befundmaterial des Emmeringer Reihengräberfeldes. Die Tabelle listet die Zähne nach dem FDI Zahnschema für Menschen auf.	101
Tab. 36:	Aufteilung des Zahnverlustes der Emmeringer Bevölkerung, unterschieden je Kieferquadrant. Beim Zahnverlust wurde unterschieden zwischen <i>intravital</i> (i.v.), <i>postmortal</i> (p.m.) und <i>unbekannt</i> (?). 100 % entsprechen den 2.079 Zahnfächern, an denen eine Aussage über das Vorliegen oder Fehlen eines Zahnes möglich war.	102
Tab. 37:	Zahnverlust des Oberkiefers, gelistet nach den verschiedenen Verlustarten. ...	102
Tab. 38:	Zahnverlust des Unterkiefers, gelistet nach den verschiedenen Verlustarten. ...	102
Tab. 39:	Häufigkeiten der Abrasionsgrade der Emmeringer Bevölkerung. Grad 1 steht für gesunde Individuen, gefolgt von aufsteigenden Graden mit ansteigendem Abrasionsgrad, bis hin zu vollständiger Abrasion der Krone bis zum Wurzelhals bei Grad 5.....	102
Tab. 40:	Kariesintensität und -frequenz der Emmeringer Bevölkerung im Alters- und Geschlechtervergleich.....	104
Tab. 41:	Kariesintensität aus Emmering im Alters- und Geschlechtervergleich.	104
Tab. 42:	Häufigkeit arthrotischer Veränderungen am Schultergelenk im Befund von Emmering, aufgeteilt nach Körperseiten.	117
Tab. 43:	Auflistung der Schulterteilgelenke und deren fehlender Elemente. Der Status ist in den Abbildungen Abb. 65, Abb. 66 und Abb. 67 enthalten.	120
Tab. 44:	Häufigkeit arthrotischer Veränderungen am Ellenbogengelenk im Befund von Emmering, aufgeteilt nach Körperseiten ⁶⁸	120
Tab. 45:	Auflistung der Ellenbogenteilgelenke und deren fehlender Elemente. Der Status ist in den Abbildungen Abb. 68, Abb. 69 und Abb. 70 enthalten.....	124
Tab. 46:	Häufigkeit arthrotischer Veränderungen am Hüftgelenk im Befund von Emmering, aufgeteilt nach Körperseiten ⁶⁸	124
Tab. 47:	Auflistung des Hüftgelenks und seiner fehlenden Elemente. Der Status ist in der Abb. 71 enthalten.....	126
Tab. 48:	Häufigkeit arthrotischer Veränderungen am Kniegelenk im Befund von Emmering, aufgeteilt nach Körperseiten ⁶⁸	126
Tab. 49:	Auflistung der Knieteilgelenke und deren fehlender Elemente. Der Status ist in den Abbildungen Abb. 72 und Abb. 73 enthalten.....	130
Tab. 50:	Häufigkeit arthrotischer Veränderungen am Gelenk <i>Articulatio humeri</i> im Befund von Unterigling, aufgeteilt nach Körperseiten ⁶⁸	131
Tab. 51:	Häufigkeit arthrotischer Veränderungen am Ellenbogengelenk im Befund von Unterigling, aufgeteilt nach Körperseiten ⁶⁸	133

Tab. 52:	Auflistung der Ellenbogengelenke und fehlender Elemente. Der Status ist in den Abbildungen Abb. 75, Abb. 76 und Abb. 77 enthalten.	136
Tab. 53:	Häufigkeit arthrotischer Veränderungen am Hüftgelenk im Befund von Unterigling, aufgeteilt nach Körperseiten ⁶⁸	136
Tab. 54:	Auflistung des Hüftgelenks und seiner fehlenden Elemente. Der Status ist in der Abb. 78 enthalten.....	137
Tab. 55:	Häufigkeit arthrotischer Veränderungen am Kniegelenk im Befund von Unterigling, aufgeteilt nach Körperseiten ⁶⁸	138
Tab. 56:	Auflistung der Kniegelenke und deren fehlender Elemente. Der Status ist in den Abbildungen Abb. 79 und Abb. 80 enthalten.....	141
Tab. 57:	Status der vier großen Gelenke aus Emmering, nach Körperseite sortiert. Der Anteil fehlender Skelettelemente ist prozentual angegeben.	142
Tab. 58:	Dreidimensionale Kontingenztabelle mit absoluten und relativen Häufigkeiten... 143	143
Tab. 59:	Dreidimensionale Kontingenztabelle mit absoluten und relativen Häufigkeiten ⁸⁸ . 143	143
Tab. 60:	Dreidimensionale Kontingenztabelle mit absoluten und relativen Häufigkeiten ⁸⁸ . 144	144
Tab. 61:	Dreidimensionale Kontingenztabelle mit absoluten und relativen Häufigkeiten ⁸⁸ . 144	144
Tab. 62:	Status der vier großen Gelenke aus Unterigling, nach Körperseite sortiert. 0 steht für „gesundes Gelenk“, 1 steht für „beschädigtes Gelenk“, 2 steht für „kein Gelenk vorhanden“, also fehlendes Gelenk. Der Anteil der fehlenden Skelettelemente ist in Prozent angegeben.	144
Tab. 63:	Dreidimensionale Kontingenztabelle mit absoluten und relativen Häufigkeiten ⁸⁸ . 146	146
Tab. 64:	Dreidimensionale Kontingenztabelle mit absoluten und relativen Häufigkeiten ⁸⁸ . 146	146
Tab. 65:	Dreidimensionale Kontingenztabelle mit absoluten und relativen Häufigkeiten ⁸⁸ . 146	146
Tab. 66:	Dreidimensionale Kontingenztabelle mit absoluten und relativen Häufigkeiten ⁸⁸ . 146	146
Tab. 67:	Überprüfung der NBS 987 Standardmessungen der Emmeringer Proben.	148
Tab. 68:	Deskriptive Statistik der Strontium-Messdaten aus Emmering.	148
Tab. 69:	Liste der Messwerte der Strontium-Messungen Emmeringer Sedimentproben:149	149
Tab. 70:	Strontium-Isotopen definierter Böden, nach Price et al. 2003.	150
Tab. 71:	Deskriptive Statistik der Messfehler in Emmering (⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr Isotopensignatur). 151	151
Tab. 72:	Vergleich der verschiedenen Iterationsschleifen mit unterschiedlichen Testfaktoren. Der verbleibende Bereich zwischen den <i>cut off values</i> und die Zahl der Ausreißer geben ergänzend zu weiteren aufgeführten Daten einen Hinweis auf die Robustizität des geschälerten Datenbestandes.....	152
Tab. 73:	Ausreißer der ⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr Isotopendaten der Emmeringer Proben nach σ - <i>Outlier-Test</i> mit Faktor 1,73, vgl. Tab. 72.	152
Tab. 74:	Ergebnisse der zur Eingrenzung der lokalen ⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr-Isotopensignatur angestrebten Berechnungen über verschiedene Modelle. Kursiv gestellt und auf grau sind die Werte, welche untauglich sind.....	153
Tab. 75:	Vertrauensbereich für Messergebnisse der Bleiisotopenanalyse in den verschiedenen Isotopensystemen (Grupe et al. 2017).	154
Tab. 76:	Deskriptive Statistik der Messfehler der Bleimessungen von Emmering Die ermittelten Isotopensignaturen sind ²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb, ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb, ²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb, ²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁷ Pb und ²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁷ Pb.	156
Tab. 77:	Ausreißer der verschiedenen Bleiisotopensysteme nach dem iterativen Isoplot-Modell, kombiniert mit der Ausreißerermittlung durch Auftragung von ²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁶ Pb gegen ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb.	159

Tab. 78:	Vergleich der Ausreißer der $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Isotopenmessung (Abb. 47) mit den Ausreißern der Bleisotopendaten (vgl. Abb. 49 und Tab. 77).....	167
Tab. 79:	Gelenkschäden der vier großen Gelenke aus dem Skelettmaterial von Emmering, prozentual ausgedrückt zur Gesamtzahl vorhandener Skelettelemente.	190
Tab. 80:	Gelenkschäden der vier großen Gelenke aus dem Skelettmaterial von Unterigling, prozentual ausgedrückt zur Gesamtzahl vorhandener Skelettelemente.	190
Tab. 81:	Mittelwerte der fehlenden Gelenke von Emmering und Unterigling im direkten Vergleich (nach Korrektur der defekten Daten). Der niedrigere Wert an fehlenden Daten beim Vergleich innerhalb einer Zeile ist jeweils grün markiert, der höhere in rot.	192
Tab. 82:	Beschädigungsgrad in Prozent für erwachsene Individuen aus Emmering und Unterigling (nach Korrektur der defekten Daten).....	204
Tab. 83:	Informationen aus den Grablisten zu den Ausreißern der verschiedenen Bleisotopensysteme nach dem iterativen Isoplot-Modell und den Ausreißern mittels der Ausreißerermittlung durch Auftragung von $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ gegen $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	216
Tab. 84:	Verwendete Geräte, Materialien und Software.....	246
Tab. 85:	Verwendete Chemikalien und Materialien.	247
Tab. 86:	Legende zur Karte der Geologie in Abb. 63. Herausgegeben und mit freundlicher Erlaubnis von: Bund Naturschutz in Bayern e.V., Kreisgr. Fürstentfeldbruck.	250
Tab. 87:	Auflistung der aufgefundenen Pathologien und Discreta am Schädel, Skelettelement: Os frontale.	252
Tab. 88:	Auflistung der aufgefundenen Pathologien und Discreta am Schädel, Skelettelement: Os parietale.....	252
Tab. 89:	Auflistung der aufgefundenen Pathologien und Discreta am Schädel, Skelettelement: Os occipitale.	252
Tab. 90:	Auflistung der aufgefundenen Pathologien und Discreta am Schädel, Skelettelement: Os temporale.	252
Tab. 91:	Auflistung der aufgefundenen Pathologien und Discreta am Schädel, Skelettelement: Basis cranii.	253
Tab. 92:	Auflistung der aufgefundenen Pathologien und Discreta am Schädel, Skelettelement: Os nasale.....	253
Tab. 93:	Auflistung der aufgefundenen Pathologien und Discreta am Schädel, Skelettelement: Maxilla.	253
Tab. 94:	Auflistung der aufgefundenen Pathologien und Discreta am Schädel, Skelettelement: Mandibula.....	253
Tab. 95:	In dieser Auflistung sind diejenigen Pathologien an Scapula und Clavicula aufgelistet, welche nicht bereits bei den arthrotischen Ereignissen im Kapitel zu den Erkrankungen der vier großen Gelenke enthalten sind.	254
Tab. 96:	In dieser Auflistung sind diejenigen Pathologien aufgelistet, welche nicht bereits bei den arthrotischen Ereignissen im Kapitel zu den Erkrankungen der vier großen Gelenke enthalten sind.	254
Tab. 97:	Auflistung der aufgefundenen Pathologien und Discreta am Brustkorb.	256
Tab. 98:	Auflistung der aufgefundenen Pathologien und Discreta an der Hüfte.....	256
Tab. 99:	Auflistung der aufgefundenen Pathologien an den unteren Extremitäten.	257
Tab. 100:	Auflistung der aufgefundenen Pathologien und Discreta an den Füßen.	258
Tab. 101:	Auflistung der aufgefundenen Pathologien an der Halswirbelsäule.....	292
Tab. 102:	Auflistung der aufgefundenen Pathologien an der Brustwirbelsäule.....	292
Tab. 103:	Auflistung der aufgefundenen Pathologien an der Lendenwirbelsäule.....	293

Tab. 104:	Auflistung der aufgefundenen Pathologien am Kreuzbein.	293
Tab. 105:	Kategorien, Charakterisierung und Beispiele für anatomische Skelettvarianten. Auflistung nach Saunders und Rainey (2008), mit Ergänzungen von Grupe et al. (2015).	293
Tab. 106:	Sterbetafel der Emmeringer Population, Anzahl n = 535, mit feinerer Aufschlüsselung von Individuen im Kindesalter.....	294
Tab. 107:	Messwerte der bei den Sr-Messungen mitgeführten NBS 987 Standardproben: 295	
Tab. 108:	Standardfehler der Messwerte der bei den Strontium-Messungen mitgeführten NBS 987 Standardproben:.....	295
Tab. 109:	Auflistung der Messwerte der mitgeführten NBS 1400 Standardproben:.....	295
Tab. 110:	Auflistung der Messwerte der Strontium-Messungen aus Zahnschmelz:	296
Tab. 111:	Überprüfung der Strontium-Messdaten aus Emmering auf Normalverteilung durch den Kolmogorov-Smirnov-Test:	297
Tab. 112:	Werteentwicklung mit <i>cut off value</i> 2σ für die 50 validen $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Isotopendaten von Emmering.	298
Tab. 113:	Werteentwicklung mit <i>cut off value</i> $1,86\sigma$ für die 50 validen $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Isotopendaten von Emmering.....	298
Tab. 114:	Werteentwicklung mit <i>cut off value</i> $1,73\sigma$ für die 50 validen $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Isotopendaten von Emmering.....	298
Tab. 115:	Werteentwicklung mit <i>cut off value</i> $1,62\sigma$ für die 50 validen $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Isotopendaten von Emmering.....	298
Tab. 116:	Auflistung der Messwerte der bei den Blei-Messungen mitgeführten NBS 1400 Standardproben der Systeme $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ und $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$:	300
Tab. 117:	Auflistung der Messwerte der Blei-Isotopenanalyse. Als Messwerte sind die folgenden Systeme aufgetragen $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ und $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$:	301
Tab. 118:	Auflistung der Messwerte der Bleiisotopenanalysen der Systeme $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ und $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ aus Grupe et al. (2017) verschiedener Fundorte:.....	302
Tab. 119:	Vierte Iteration der Isoplot-Methode bei $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ mit Faktor: 2σ	304
Tab. 120:	Werteentwicklung während der Iterationen mit Faktor: 2σ für die 50 validen $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Isotopendaten des Emmeringer Reihengräberfeldes.	304
Tab. 121:	Vierte Iteration der Isoplot-Methode bei $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ mit Faktor: $1,86\sigma$	305
Tab. 122:	Werteentwicklung während der Iterationen mit Faktor: $1,86\sigma$ für die 50 validen $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Isotopendaten des Emmeringer Reihengräberfeldes.	305
Tab. 123:	Vierte Iteration der Isoplot-Methode bei $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ mit Faktor: $1,73\sigma$	306
Tab. 124:	Werteentwicklung während der Iterationen mit Faktor: $1,73\sigma$ für die 50 validen $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Isotopendaten des Emmeringer Reihengräberfeldes.	306
Tab. 125:	Vierte Iteration der Isoplot-Methode bei $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ mit Faktor: $1,62\sigma$	307
Tab. 126:	Werteentwicklung während der Iterationen mit Faktor: $1,62\sigma$ für die 50 validen $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Isotopendaten des Emmeringer Reihengräberfeldes.	308
Tab. 127:	Verbleibende valide enthaltene Werte nach 4-facher Iteration mit unterschiedlichen σ -Faktoren für die $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Isotopensignaturen aus Emmering. Der ursprüngliche Datenpool besaß n=50. Mit kleineren internen Grenzwerten wird der verbleibende Datenpool immer kleiner.	309
Tab. 128:	Ergebnisse der zur Eingrenzung der lokalen $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ -Isotopensignatur angestrebten Berechnungen über verschiedene Modelle. Kursiv gestellt und auf grau sind die Werte, welche untauglich sind.....	310

Tab. 129:	Vierte Iteration der Isoplot-Methode bei $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ mit Faktor: 2σ	311
Tab. 130:	Vierte Iteration der Isoplot-Methode bei $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ mit Faktor: $1,48\sigma$	312
Tab. 131:	Ergebnisse der zur Eingrenzung der lokalen $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ -Isotopensignatur angestrebten Berechnungen über verschiedene Modelle. Kursiv gestellt und auf grau sind die Werte, welche untauglich sind.....	314
Tab. 132:	Vierte Iteration der Isoplot-Methode bei $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ mit Faktor: 2σ	314
Tab. 133:	Vierte Iteration der Isoplot-Methode bei $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ mit Faktor: $1,79\sigma$	315
Tab. 134:	Vierte Iteration der Isoplot-Methode bei $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ mit Faktor: $1,57\sigma$	316
Tab. 135:	Vierte Iteration der Isoplot-Methode bei $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ mit Faktor: $1,57\sigma$	317
Tab. 136:	Ergebnisse der zur Eingrenzung der lokalen $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ -Isotopensignatur angestrebten Berechnungen über verschiedene Modelle. Kursiv gestellt und auf grau sind die Werte, welche untauglich sind.....	318
Tab. 137:	Vierte Iteration der Isoplot-Methode bei $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ mit Faktor: $1,06\sigma$	319
Tab. 138:	Ergebnisse der zur Eingrenzung der lokalen $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ -Isotopensignatur angestrebten Berechnungen über verschiedene Modelle. Kursiv gestellt und auf grau sind die Werte, welche untauglich sind.....	320
Tab. 139:	Vierte Iteration der Isoplot-Methode bei $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ mit Faktor: 2σ	321
Tab. 140:	Vierte Iteration der Isoplot-Methode bei $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ mit Faktor: $1,57\sigma$	322
Tab. 141:	Vierte Iteration der Isoplot-Methode bei $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ mit Faktor: 2σ	323
Tab. 142:	Ergebnisse der zur Eingrenzung der lokalen $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ -Isotopensignatur angestrebten Berechnungen über verschiedene Modelle. Kursiv gestellt und auf grau sind die Werte, welche untauglich sind.....	324
Tab. 143:	Vierte Iteration der Isoplot-Methode bei $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ mit Faktor: $1,2\sigma$	324
Tab. 144:	Vergleichswerte für $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ und $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ für die Regionen Deutschland, Österreich und Italien, berechnet über die Werte aus Grupe et al. (2017).....	325
Tab. 145:	Anzahlen und Anteile von gesunden und arthrotisch belasteten Skelettelementen des Schultergelenks aus Emmering. Die Gesamtzahl von Skelettelementen, auf die sich die Anzahlen und Anteile beziehen beträgt 1.370 Stück.	329
Tab. 146:	Anzahlen und Anteile von gesunden und arthrotisch belasteten Skelettelementen des Ellenbogengelenks aus Emmering. Die Gesamtzahl von Skelettelementen, auf die sich die Anzahlen und Anteile beziehen beträgt 1.867 Stück.	329
Tab. 147:	Anzahlen und Anteile von gesunden und arthrotisch belasteten Skelettelementen des Hüftgelenks aus Emmering. Die Gesamtzahl von Skelettelementen, auf die sich die Anzahlen und Anteile beziehen beträgt 647 Stück.	330
Tab. 148:	Anzahlen und Anteile von gesunden und arthrotisch belasteten Skelettelementen des Kniegelenks aus Emmering. Die Gesamtzahl von Skelettelementen, auf die sich die Anzahlen und Anteile beziehen beträgt 1.867 Stück.	330
Tab. 149:	Überblick der Altersdaten durch das Statistikprogramm <i>R</i> anhand der Daten aus der <i>Inventarischen Auswertung</i> für das Reihengräberfeld Emmering.....	330
Tab. 150:	Überblick der Geschlechtsverteilung durch das Statistikprogramm <i>R</i> anhand der Daten aus der <i>Inventarischen Auswertung</i> für das Reihengräberfeld Emmering.....	331
Tab. 151:	Anzahlen und Anteile von gesunden und arthrotisch belasteten Skelettelementen des Schultergelenks aus Unterigling. Die Gesamtzahl von Skelettelementen, auf die sich die Anzahlen und Anteile beziehen beträgt 228 Stück.	331
Tab. 152:	Anzahlen und Anteile von gesunden und arthrotisch belasteten Skelettelementen des Ellenbogengelenks aus Unterigling. Die Gesamtzahl von Skelettelementen, auf die sich die Anzahlen und Anteile beziehen beträgt 595 Stück.	331

- Tab. 153:** Anzahlen und Anteile von gesunden und arthrotisch belasteten Skelettelementen des Hüftgelenks aus Unterigling. Die Gesamtzahl von Skelettelementen, auf die sich die Anzahlen und Anteile beziehen beträgt 259 Stück. 332
- Tab. 154:** Anzahlen und Anteile von gesunden und arthrotisch belasteten Skelettelementen des Kniegelenks aus Unterigling. Die Gesamtzahl von Skelettelementen, auf die sich die Anzahlen und Anteile beziehen beträgt 484 Stück. 332
- Tab. 155:** Verschiedene Möglichkeiten der Ersetzungsreihenfolge. Links zur Demonstration eine fehlerhafte, rechts die anzuwendende Ersetzungsreihenfolge zur Migration der römischen Ziffern I bis VI zu arabischen Ziffern. 333
- Tab. 156:** Korrekte Ersetzungsreihenfolge zur Migration der römischen Ziffern I bis VI zu arabischen Ziffern ohne unerwünschte Artefaktbildung. 333

9.12 Listen

9.12.1 Grabliste nebst Geschlechtszuordnung anhand archäologischer Funde

Übergebene Auflistung der Grabnummern von Herrn Rolf Marquardt nebst Geschlechtszuordnung anhand archäologischer Funde, Seite 1:

24.05.11

Emmeringer Gräber mit Funden (o = ohne)

Grab Zeit Sk St Grab Zeit Sk St Grab Zeit Sk St Grab Zeit Sk St

001 w		049				097 m 625				145 o
002 w 600		050 w 675				098 o				146 w 600
003		051				099				147
004		052				100				148
005		053				101 o				149 o
006 o		054 o				102 m 550				150
007		055 o				103 o				151 m 650
008		056 m				104 o				152 o
009 w 600		057				105 m 625				153 o
010 m 650		058				106				154 o
011 o		059				107 o				155 o
012		060 o				108				156 525
013 o		061 w				109 o				157
014 o		062				110				158 w
015 o		063 o				111 m 625				159
016 o		064 w				112 m 625				160 o
017 o		065 w				113 w 650				161 o
018 o		066 m 625				114				162 w
019 o		067				115 o				163 o
020		068 o				116				164 o
021 o		069 w 600				117				165 m 600
022 o		070 m 600				118				166
023		071 w				119				167 w 650
024 o		072 m 650				120				168 w 625
025		073 m 600				121 w 600				169
026 m 650		074 m				122 w				170 w
027 650		075 o				123 o				171 o
028		076				124 o				172 o
029 o		077 o				125				173 o
030 o		078				126				174 o
031 o		079			o	127 o				175 w
032 m 575		080				128 o				176 o
033 m 600		081 m 650				129				177
034 o		082 w				130 w				178 o
035		083 w 575				131 o				179
036 m 650		084 o				132 w 600				180 m 625
037 o		085 o				133				181 m 625
038		086 m 600				134 m				182
039		087 o				135 o				183 w 475
040		088				136				184
041 w		089 m 600				137 m 650				185
042 m 625		090 w 550				138				186 o
043 o		091				139 o				187
044 w 625		092 w				140 m 600				188 w
045		093				141				189
046 m 625		094 m				142 o				190
047 w 625		095 m				143				191
048 o		096 m 550				144 o				192 o

Übergabene Auflistung der Grabnummern von Herrn Rolf Marquardt nebst Geschlechtszuordnung anhand archäologischer Funde, Seite 2:

193 w	244	296 w 650	348 o	
194 o	245	297	349 o	w
195 w 625	246	298 o	350 o	m
196	247	299 o	351 w	
197 o	248 o	300	352 w 575	
198	249 o	301 m	353 m	
199	250	302 w	354 m 550	
200	251 o	303	355 550	
201 o	252	304	356	m
202 w	253 o	305	357 o	
203	254	306 o	358 o	
204	255	307 o	359 o	
205 w 625	256 o	308 m	360 475	m
206 m 675	257	309 m 625	361 w 650	
207 o	258 o	310 o	362	w
208 w 650	259 o	311 o	363 o	
209 w 650	260 o	312	364	
210 w 625	261 o	313 o	365	
211 m 650	262 o	314 o	366 o	
212 m	263 o	315 m 625	367	m
213	264 o	316	368	
214 m	265 o	317 m 650	369 o	m
215 o	266 o	318 o	370	
216	267 o	319 o	371 o	m
217 o	268 o	320 o	372 o	
218 m 650	269 o	321 m 600	373 o	m
219 m 650	270 o	322	374 o	
220	271 o	323 o	375 600	w
221 o	272 o	324 m	376 m	m
222 o	273 o	325 o	377 o	
223 o	274 o	326 m 525	378 o	
224 o	275 o	327	379	
225 w 650	276 o	328 o	380	
226	277 o	329 o	381 o	
227 o	278 o	330	382 o	
228 m 675	279 o	331 w	383	
229 o	280 o	332 o	384 o	-
230 m 725	281 o	333	385 o	
231 o	282 o	334	386 o	
232 w 625	283 w 675	335	387	
233 w 600	284 m 600	336	388 o	
234 o	285	337 o	389	-
235 675	286 o	338	390 o	
236	287 m 600	339 m 575	391 o	
237	288 o	340 o	392 o	-
238a 700	289 o	341 o	393 o	
238c m 700	290 m	342 o	394 w 675	
239 o	291	343 o	395 o	
240	292 o	344 o	396 o	
241	293	345 o	397 w 600	-
242 0	294 m 625	346	398 o	
243 o	295 m	347 o	399 o	

Übergabene Auflistung der Grabnummern von Herrn Rolf Marquardt nebst Geschlechtszuordnung anhand archäologischer Funde, Seite 3:

400 o		446 o		492	538 w	
401		447		493 o	539 w 500	
402		448 o		494	540 w 500	
403		449 o	m	495	541 500	
404 o		450 m 650	m	496 m 650	542 o	
405 o		451 w 650		497 w 650	543	
406 w 675		452		498 o	544 o	
407		453 o		499 w 650	545 o	
408 o		454 o		500 w	546 o	
409 o		455 o	-	501 m	547 o	
410 o		456	m	502 m	548	
411 o		457 o	w	503	549 o	
412 m 600		458 o	-	504 o	550 o	
413	m	459 w		505 m	551 w	
414		460	m	506	552 o	
415		461 o		507	553 o	
416		462		508	554 o	
417 o		463 o		509	555 o	
418	w	464 o	w	510	556 o	
419 o		465	-	511 o	557 o	
420 m		466 o	w	512 o	558 w	
421 m		467 m 600		513 m	559 o	
422 o	m	468 o		514 o	560 w 500	
423		469		515 o	561 o	
424		470 w		516 o	562	
425 m 625		471		517 o	563 o	
426 m		472		518 o	564 m	
427 o		473		519 o	565 o	m
428 o		474		520 o	566 o	
429 o		475		521	567 o	m
430 w		476		522 w 500	568	
431		477 w		523 m 625	569 o	
432 o		478 o		524 w 500	570 o	
433 w		479 o		525	571 o	
434		480 o		526 w 500	572 o	
435 w		481		527 w	573 w	
436 o		482 o		528 o	574	
437 o		483		529 m 650		
438 o		484 o		530 m		
439	m	485 m		531		
440 w		486 m		532 o		
441 w	m	487		533 m		
442	-	488		534 o		
443		489 o		535 o		
444 o	-	490 o		536 o		
445 o	w	491 o		537 o		

9.12.2 Liste archäologischer Geschlechtszuordnung

Übergebene Auflistung von Tobias Georg Albrecht (Albrecht 2018): mögliche Geschlechtszuordnung anhand archäologischer Fundstücke an anthropologisch vom Geschlecht her unbestimmbaren Individuen, Seite 1:

nicht zu bestimmen archäolog. Geschlechtszuordnung Vermutung aufgrund von folgenden archäolog. Funden:

3-Kind		
12-3		
13		
27		
31		
34		
37		
46	männlich eher männlich	Gegenbeschlag einer dreiteiligen Gürtelgarnitur
48 – verworfen		
58		
61-Kind	weiblich	Fundinventar nicht von den anderen Individuen zu trennen
83	weiblich weiblich	größere Perlenkette
92	weiblich eher weiblich	in Männergräbern eigtl. nicht bekannt
98		
99		
100		
104		
105	männlich männlich	Beschläge und Riemenzungen einer vierteiligen Gürtelgarnitur
109		
114		
125		
130	weiblich weiblich	Perlenkette
132	weiblich eher weiblich	einzelne Perle
134	männlich männlich	Pfeilspitzen
135		
138		
142		
146	weiblich weiblich	Perlenkette, Tonwirtel
147		
164		
169		
171	weiblich	größere Perlenkette, silberne Ohrringe
188	sehr wahrscheinlich weiblich	Radanhänger, sehr wahrscheinlich als Zierscheibe für Gürtelgehänge genutzt
190	männlich	Gürtelgarnitur
195-Kind	weiblich	Fundinventar nicht von den anderen Individuen zu trennen
204		
207		
210	weiblich eher weiblich	Pressblechsilber, einzelne Perle
220		
241		
242		
244		
261		
268		
301	männlich männlich	Beschläge und Riemenzungen einer vierteiligen Gürtelgarnitur
311		
320		
336		
337		
341		

grün = Zuordnung Liste 8.10.1 blau = Zuordnung Liste von Tobias Georg Albrecht

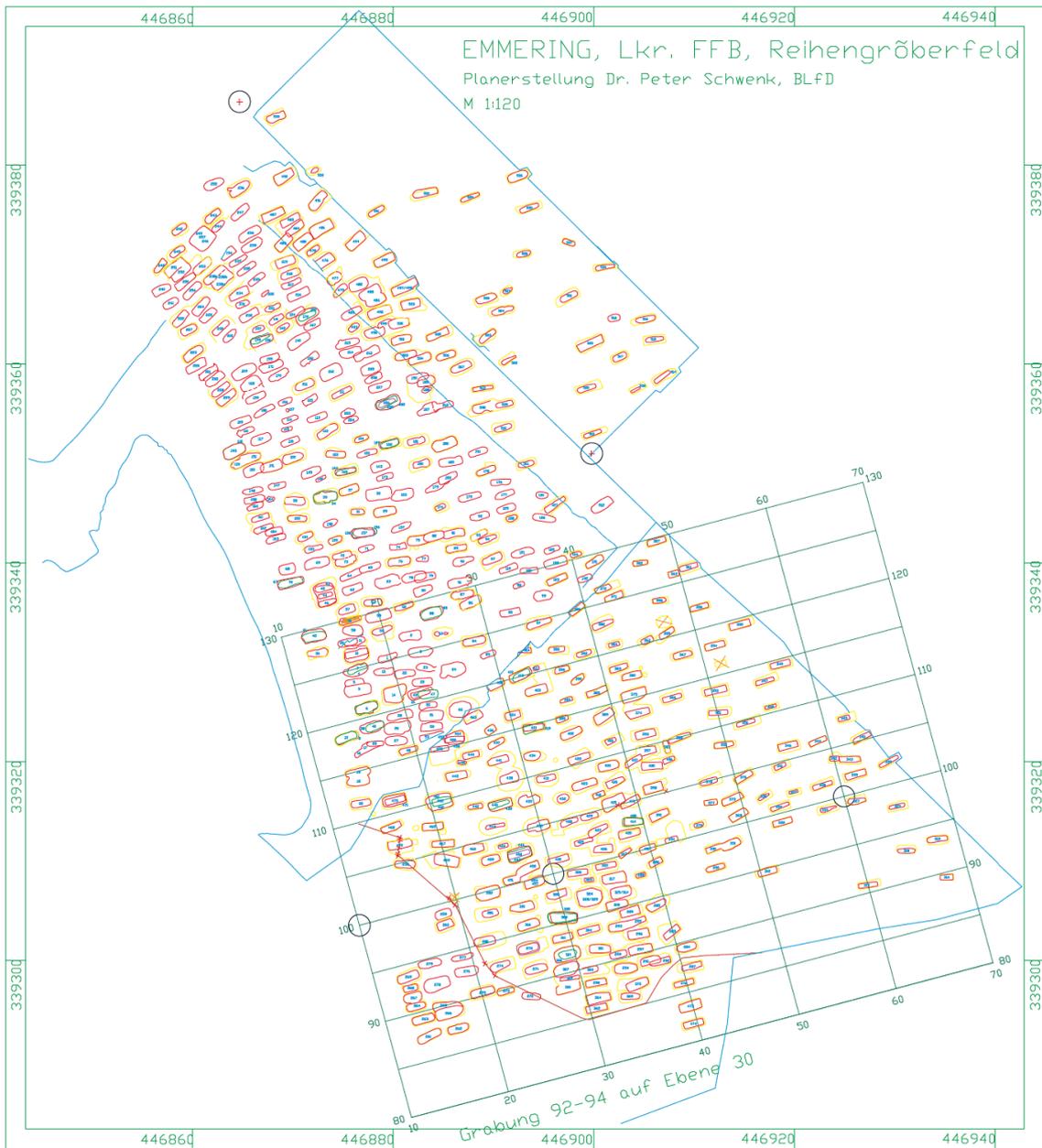
Übergebene Auflistung von Tobias Georg Albrecht (Albrecht 2018): mögliche Geschlechtszuordnung anhand archäologischer Fundstücke an anthropologisch vom Geschlecht her unbestimmbaren Individuen, Seite 2:

nicht zu bestimmen archäolog. Geschlechtszuordnung Vermutung aufgrund von folgenden archäolog. Funden:

345		
379		
384		
387		
389		
392		
394	weiblich weiblich	Perlenkette, Gürtelkette
396		
399		
400		
406	weiblich weiblich	Perlenkette
416		
417		
432		
436		
442		
444		
452		
458		
462		
465		
483		
493		
499	weiblich weiblich	Perlenkette, Perlenanhänger, Scheibenfibel
502	männlich männlich	Gürtelgarnitur
512		
517		
525		
527	weiblich eher weiblich	Glaswirtels beziehungsweise kleinen Gürtelgehänges ein
528		
537		
538	weiblich weiblich	Perlen, Ring im Beinbereich, der als Gürtelgehänge zu interpretieren ist
543	eher männlich	schlecht erhaltener Taschenbügel
548		
554		

grün = Zuordnung Liste 8.10.1 blau = Zuordnung Liste von Tobias Georg Albrecht

9.12.3 Gräberfeldplan



9.12.4 Zweiter Erfassungsbogen während der anthropologischen Befundung

Emmering	Grab-Nr.	Bef.-Nr.	Flstnr.
----------	----------	----------	---------

Erhaltungsgrad:	<input type="checkbox"/> gut	<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> schlecht
Überlieferungsgrad:	<input type="checkbox"/> vollständig		<input type="checkbox"/> unvollständig

Geschlecht: w eher w eher m m n.z.b.

Sterbealter:

Infans I _____

Infans II _____

Juvenis _____

Adultas _____

Maturitas _____

Senilis _____

Körperhöhe:	links	rechts	
Femur	_____	_____	KH: _____
Humerus	_____	_____	KH: _____
Tibia	_____	_____	KH: _____
Radius	_____	_____	KH: _____

Gebiss-Status:

rOK																IOK
18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28	28
48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	38	38
rUK																IUK

lose Zähne:

Pathologica, Descriptiva, etc.

Beifunde, Tierknochen, Keramik, etc.?

überzählige Skelettelemente?

9.12.5 Dritter Erfassungsbogen während der anthropologischen Befundung

Emmering

Grab-Nr.

Bef.-Nr.

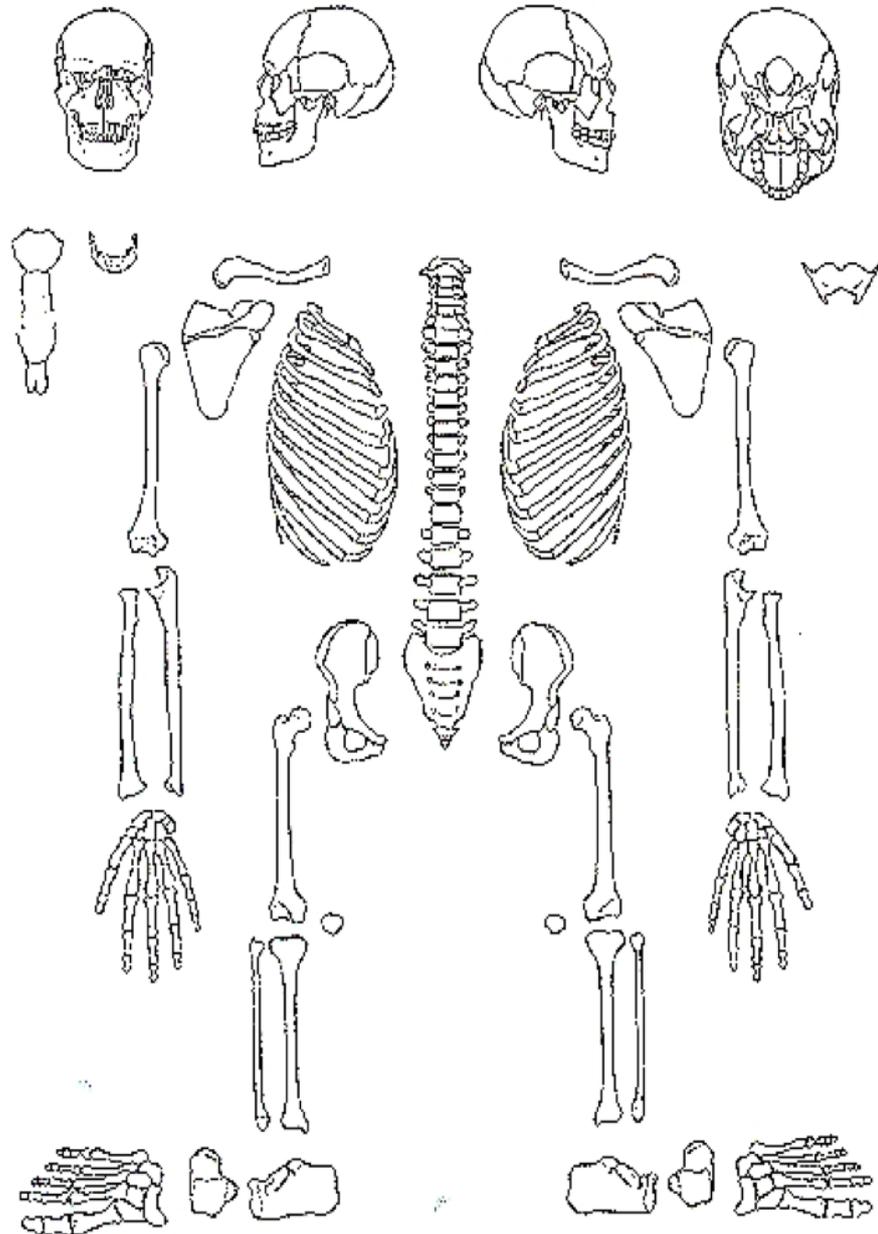
Flstnr.

Erhaltungsgrad

- gut
- mäßig
- schlecht

Überlieferungsgrad

- vollständig
- unvollständig



Anmerkungen

Geschlecht

weiblich eher weiblich männlich eher männlich nicht bestimmbar

Kriterien

Sterbealter

Infans I Infans II Juvenis Adultas Maturitas Senilis

Suturenverschluss

C1	
C2	
C3	
S1	
S2	
S3	
S4	
L1	
L2	
L3	

Schambeinsymphyse

nach Todd (1-10) links rechts

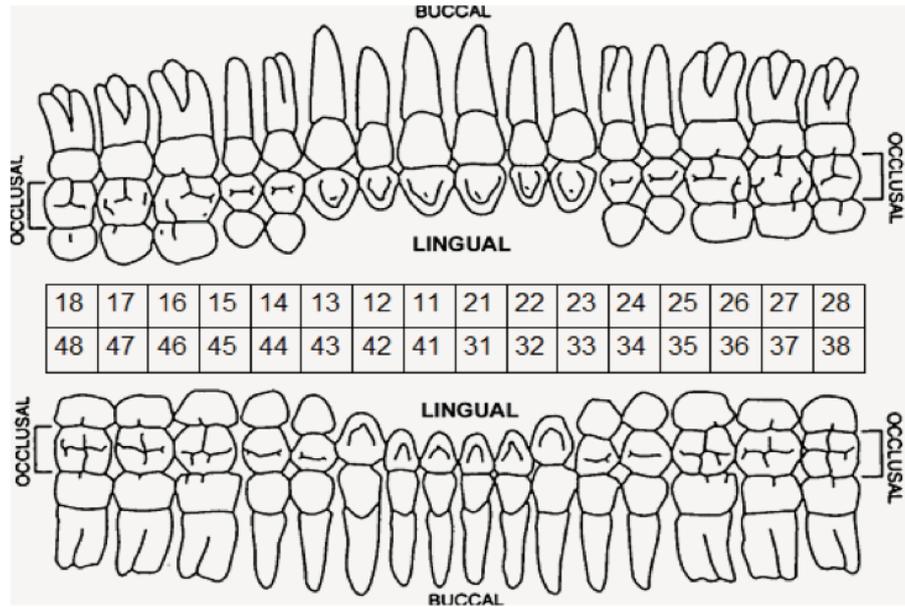
Facies auricularis

nach Lovejoy et al. (1-8) links rechts

Körperhöhe

	links	rechts
<i>Femur</i>	_____	_____
<i>Humerus</i>	_____	_____
<i>Tibia</i>	_____	_____
<i>Radius</i>	_____	_____

Zahnstatus



Lose Zähne

Pathologica/Descriptiva

Beifunde (Tierknochen/Keramik)

Überzählige Skelettelemente

9.12.6 Datenliste der Inventarischen Auswertung

Die Daten aus der *Inventarischen Auswertung* wurden aufbereitet zur Verwendung im Statistik-Programm R. Die hierzu nötige, korrekt formatierte, CSV-Datei liegt auf der Daten-DVD im folgenden Pfad ab:

/Fragmentary Data Excel Master/FragmentaryDataExcelMaster.csv

Achtung: Die Datei ist für die Verwendung auf einem Windows PC formatiert. Zur Verwendung auf einem macOS System muss die Datei aufgrund der enthaltenen Umlaute vorher auf das macOS Dateisystem kopiert, geöffnet und einmal abgespeichert werden.

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere hiermit an Eides statt, dass die vorgelegte Dissertation von mir selbständig und ohne unerlaubte Hilfe angefertigt ist.

München, den 28.04.2019, Alexander Lutz

Erklärung

Hiermit erkläre ich,

- dass die Dissertation nicht ganz oder in wesentlichen Teilen einer anderen Prüfungskommission vorgelegt worden ist.
- dass ich mich anderweitig einer Doktorprüfung ohne Erfolg **nicht** unterzogen habe.

München, den 28.04.2019, Alexander Lutz

Danksagung

Mein herzlicher Dank gilt allen, die zur Entstehung dieser Arbeit beigetragen haben. Insbesondere bin ich folgenden Personen zu Dank verpflichtet:

Allen voran möchte ich mich bei Frau Prof. Dr. G. Grupe für die sehr gute Betreuung meiner Arbeit bedanken. Sie hat mir die faszinierende Arbeit im Feld der Isotopenanalytik ermöglicht und darüber hinaus die interdisziplinäre Kooperation vorgelebt. Die gelegentlichen Kurskorrekturen verbunden mit ihrer Diskussionsbereitschaft haben maßgeblich zum Erfolg dieser Arbeit beigetragen.

Herrn Prof. Dr. H. Stibor danke ich, dass er sich sofort dafür bereit erklärt hat, das Zweitgutachten meiner Arbeit zu übernehmen. Bedanken möchte ich mich ebenso bei den Mitgliedern meiner Prüfungskommission, die ihre Zeit in die Korrektur meiner Arbeit investiert und mir darüber hinaus neue Blickwinkel gezeigt haben.

Besonderer Dank gilt dem historischen Verein Fürstfeldbruck für die enge Kooperation. Hier möchte ich in erster Linie Herrn Rolf Marquardt erwähnen, der in spannenden Gesprächen und Diskussionen immer ein wahrer Schatz für das Leben der damaligen Bajuwaren war.

Danken möchte ich ebenso Herrn Dr. George McGlynn, Herrn Dr. Mike Schweissing und Frau Dr. Anja Staskiewicz, die mich bei kniffligen Fällen während der anthropologischen Befundung auf die richtige Spur gebracht haben und immer eine Quelle der Inspiration für mich waren. Ich danke außerdem den Mitarbeitern der Staatssammlung für Anthropologie und Paläoanatomie München dafür, dass sie mich stets mit offenen Armen empfangen und unterstützt haben.

Meiner gesamten Arbeitsgruppe möchte ich herzlich für die gegenseitige Hilfe, die Diskussionsbereitschaft und Motivation bei seltsamen Datensätzen bedanken. Insbesondere hätte die Arbeit ohne meine Freunde Frau Dr. Nadja Hoke (mit Roxie), Frau Dr. Marina Vohberger (mit Sammy), Franziska Immler und Frau Dr. Andrea Göhring nicht halb so viel Spaß gemacht. Danke auch an Herrn Salah Soliman, der immer für ein freundliches Gespräch im Labor aufgelegt war.

Ein herzlicher Dank gilt Herrn Prof. Dr. S. Hölzl und Frau Karin Heck vom RiesKraterMuseum Nördlingen für die Isotopenmessung und Erläuterungen zu selbigen Daten und manchen Messfehlern.

Ein ganz spezieller Dank geht an Dr. Tobias Albrecht, der die archäologischen Funde im Reihengräberfeld Emmering bearbeitet hat. Die gemeinsamen Treffen und ganz be-

Danksagung

sonders die Diskussionen bei widersprüchlichen Aussagen zwischen Archäologie und Anthropologie waren ein akademischer Nervenkitzel. Vielen Dank für Deine Zeit.

Danke an Herrn Dr. Freiburger vom Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege für die Bereitstellung von Grabplänen, den Vermessungsdaten der Grabung und Scans der Diafotos der Grabungen aus den Neunziger-Jahren.

Ein großes Dankeschön geht an Herrn Prof. Dr. H. Küchenhoff und Hannah Nepl vom StaBLab, dem statistischen Beratungslabor der Fakultät für Mathematik, Informatik und Statistik, welche mich in vielerlei Stunden in die Geheimnisse von *R* eingeführt und logische Fehler aus meinen *R* Skripten entfernt haben. Ohne Ihre Hilfe hätte ich das nicht verstanden.

Danken möchte ich ebenso Herrn Dr. Stefan Schlager und Herrn Felix Engel vom ZMG in Freiburg und Frau Dr. Michaela Harbeck von der SAPM München für gemeinsame Diskussionen und den regen Austausch, sowie für die Bereitschaft zur Gründung einer Arbeitsgruppe für Datenstandardisierung und Datenmodellierung in der Gesellschaft für Anthropologie (GfA). Darüber hinaus geht ein persönlicher Dank an Petra Urban, die mit mir gemeinsam von 2017-2019 Sprecherin des wissenschaftlichen Nachwuchses in der GfA ist. Diesen Posten hätte ich ohne Dich nicht mit so viel Leben füllen können.

Weiterer Dank geht an meine Mitarbeiter bei NeoDesign: Herrn Sebastian Brieschenk für die stets aufbauende Unterstützung bei der Programmierung der MySQL Datenbank nebst PHP Abfragen, Web-Formulare, Datenexporte und -konvertierungen zu *R*. Herrn Dr. Ralph Rösner und Herrn Torsten Drewes für kritische Anmerkungen und diverse Diskussionen, sowie Unterstützung bei Präsentationen. Herr Dominic Ingram half mir, wenn ich beim Drucken von Postern der Verzweiflung nahe war.

Manuel Kröger gab mir die Perspektive für den notwendigen Dienst am Leser. Frau Anna-Lena Henkel danke ich für spannende Diskussionen, sprachliche Verbesserung und eine unentwegt positive Einstellung.

Auch wäre die Durchführung meiner Arbeit ohne meine Freunde, meine Eltern und meinen Bruder, die mich vorbehaltlos unterstützten und immer an mich glaubten, nicht möglich gewesen. Nicht vergessen möchte ich meine treuen Begleiter Leo und Hana-Nana.

Katharina: Danke, dass Du immer für mich da warst, mir stets zur Seite standest und dass wir gemeinsam unsere wundervollen Kinder großziehen.

Leider ist mein Vater, Herr Herbert Lutz, Anfang Juni 2018 verstorben und hat den Abschluss meiner Arbeit nicht mehr erleben können. Er wäre sicher stolz auf mich gewesen.