

Untersuchungen zum innovativen Verhalten
domestizierter Pferde
(*Equus caballus*)

von Laureen Camille Esch

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität
München

„Untersuchungen zum innovativen Verhalten
domestizierter Pferde (*Equus caballus*)“

von
Laureen Camille Esch
aus Lübeck

München
2020

Aus dem Veterinärwissenschaftlichen Department der
Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München
Lehrstuhl für Tierschutz, Verhaltenskunde, Tierhygiene
und Tierhaltung

Arbeit angefertigt unter der Leitung von:
Univ.- Prof. Dr. Dr. Michael Erhard

Mitbetreuung durch:
Dr. Anna-Caroline Wöhr

Angefertigt
an der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt
Nürtingen - Geislingen
Mentorin:
Prof. Dr. Konstanze Krüger

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Dekan:

Univ.-Prof. Dr. Reinhard K. Straubinger, Ph.D.

Berichterstatter:

Univ.- Prof. Dr. Dr. Michael Erhard

Korreferentin:

Priv.-Doz. Dr. Bettina Wollanke

Tag der Promotion:

8. Februar 2020

„Über das Pferd zu sprechen, heißt es sei ebenso
unerschöpflich wie das Meer.“

aus *Richard III*
von William Shakespeare

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Erweiterte Literaturübersicht.....	2
2.1	Evolution des Pferdes	2
2.2	Domestikation des Pferdes	3
2.3	Ethologie des Pferdes	4
2.3.1	Der natürliche Lebensraum des Pferdes	5
2.3.2	Sozialverhalten des Pferdes	5
2.4	Kognitive Fähigkeiten von Pferden.....	7
2.4.1	Kognition im intraspezifischen Kontext	7
2.4.2	Kognition im interspezifischen Kontext	8
2.4.3	Einfluss der Domestikation auf die Kognition des Pferdes.....	8
2.4.4	Einfluss der Haltungsform auf die Kognition des Pferdes	9
2.5	Lernverhalten von Pferden	11
2.5.1	Nicht-assoziatives Lernen.....	11
2.5.2	Assoziatives Lernen.....	11
2.5.3	Soziales Lernen	14
2.6	Innovatives Verhalten.....	15
2.6.1	Spielverhalten und die Entstehung von Innovationen	17
2.6.2	Einflussfaktoren auf die Innovativität	17
2.6.3	Ansatz zur Erforschung des innovativen Verhaltens von Pferden	23
3	Zielsetzung der Arbeit.....	25
3.1	Neuartige Verhaltensweisen	25
3.2	Pferde öffnen Türen und Tore	25
3.3	Futterautomat im Experiment	25
4	Kumulativer Teil der Dissertation	27

4.1	Futterautomat im Experiment	27
4.1.1	Zusammenfassung und Diskussion	27
4.1.2	Darstellung der Eigenleistung	28
4.2	Pferde öffnen Türen und Tore	45
4.2.1	Zusammenfassung und Diskussion	45
4.2.2	Darstellung der Eigenleistung	45
5	Erweiterte Ergebnisse.....	67
5.1	Neuartige Verhaltensweisen	67
5.1.1	Zusammenfassung und Diskussion	67
5.1.2	Darstellung der Eigenleistung	67
5.2	Pilotstudie.....	92
5.2.1	Material und Methoden Pilotstudie.....	92
5.2.2	Ergebnisse der Pilotstudie	94
5.3	Persönlichkeit der Pferde	94
5.3.1	Horse Personality Questionnaire	95
5.3.1	Statistische Auswertung der Persönlichkeitsattribute	96
5.3.2	Einfluss der Persönlichkeit auf die Innovativität	96
6	Erweiterte Diskussion	97
6.1	Entstehung von Innovationen	97
6.1.1	Kognitive Prozesse	97
6.1.2	Sozialer Kontext.....	99
6.2	Einflussfaktoren auf das innovative Verhalten.....	103
6.2.1	Bewegung.....	103
6.2.2	Futter	104
6.2.3	Erfolgreiche Problemlösung	104
6.2.4	Spielverhalten	105
6.2.5	Stress	106

6.2.6	Persönlichkeit	107
6.2.7	Schlaf.....	108
6.2.8	Training.....	108
6.3	Diskussion der Methodik	109
6.3.1	Innovation counts.....	109
6.3.2	Innovative Problem Solving	110
6.4	Fazit	112
7	Zusammenfassung	113
8	Summary „Investigations on the innovative behaviour of domesticated horses (Equus caballus)”	115
9	Abbildungsverzeichnis	117
10	Erweitertes Literaturverzeichnis	118
11	Anhang	149
11.1	Datenerhebung und -selektion	149
11.2	Fragebogen I.....	151
11.3	Fragenbogen II	155
11.4	Posterpräsentation	159
11.5	Versuchsaufbau Pilotstudie.....	160
11.6	HPQ	161
11.7	Statistik – HPQ	164
11.8	Darstellung Ergebnisse – HPQ.....	165
11.9	Analyseergebnisse der Glukokortikoid Metaboliten.....	166
12	Danksagung.....	168

Abkürzungsverzeichnis

ACTH	Adrenocorticotropes Hormon
Abb.	Abbildung
BMELV	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
CRH	Corticotropin Releasing Hormone
EIA	Enzyme Immuno Assay
GCM	Glukokortikoid Metaboliten
HPQ	Horse Personality Questionnaire
REM	Rapid Eye Movement
s.	siehe
Suppl. Mat.	Supplementary Material
SWS	Slow Wave Sleep
VZBV	Verbraucherzentrale Bundesverband

1 Einleitung

Das Pferd hat die Entwicklung der menschlichen Zivilisation beeinflusst, wie kein anderes Tier (Brade et al., 2011). Laut einer Studie der Allensbacher Markt- und Werbeträgeranalyse (AWA) gaben im Jahr 2016 ca. 14 Millionen Befragte in Deutschland an, Interesse am Reiten zu haben. Heutzutage werden Pferde in der westlichen Zivilisation vornehmlich als Sport- und Freizeitpartner genutzt und für Therapiezwecke eingesetzt (Waran, 2007). Dementsprechend hat sich auch die Einstellung den Pferden gegenüber geändert: Die Mehrheit der heutigen Pferdebesitzer sieht sein Pferd nicht mehr nur als Tier an, sondern räumt ihm als Freund und Partner einen wichtigen Stellenwert ein (Waran, 2007; Hausberger et al., 2008). Dies bringt mit sich, dass die Forderungen nach tiergerechter Haltung und Umgang größer werden (McDonnell, 2005). Um Pferde artgemäß halten und trainieren zu können, ist es unabdingbar, ihre kognitiven Fähigkeiten zu kennen (Boyd und Houpt, 1994). Denn sowohl ein Über-, wie auch Unterschätzen der kognitiven Fähigkeiten von Pferden kann deren Wohlbefinden einschränken (McGreevy et al., 2018). Aus diesem Grund ist es notwendig, die Kognition von Pferden genauer zu erforschen. Als ein Hauptkriterium zur Beurteilung der kognitiven Kapazitäten einer Spezies wird das Auftreten innovativen Verhaltens angesehen (Lefebvre et al., 1997; Reader und Laland, 2003). Unter innovativem Verhalten versteht man, wenn ein Tier einen neuen Ansatz findet, um ein umwelttechnisches oder soziales Problem zu lösen (Lee, 1991). Das innovative Verhalten von Pferden wurde bisher nicht erforscht. Wie groß das öffentliche Interesse an der Innovativität von Pferden ist, zeigt die rege Teilnahme an den im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführten Umfragen, verschiedene Berichte in Zeitschriften und Fernsehen, sowie die erfolgreiche Finanzierung einer Teilstudie der vorliegenden Arbeit durch ein Crowdfunding Projekt. Im Rahmen dieser Arbeit soll ermittelt werden, ob a) sich Pferde innovativ verhalten b) wenn ja, welche Art von Innovationen sie zeigen und wovon das Auftreten dieser abhängig sein mag und c) es in einem experimentellen Ansatz möglich ist, innovatives Verhalten von Pferden auszulösen und wenn ja, ob dies von bestimmten Faktoren beeinflusst wird. Ziel dieser Arbeit ist es, durch ein besseres Verständnis der kognitiven Fähigkeiten von Pferden einen Beitrag zu leisten, um deren Wohlbefinden im Zusammenleben mit den Menschen zu verbessern.

2 Erweiterte Literaturübersicht

2.1 Evolution des Pferdes

Die Entwicklung der Pferde begann bereits vor ca. 60 Millionen Jahren im Zeitalter des Eozän (Kräußlich, 1997). Es bedurfte einer langen Evolutionsgeschichte, bis sich der ca. 38 cm große laubfressende Waldbewohner *Eohippus*, schließlich zu dem derzeitigen Hauspferd *Equus caballus* entwickelte. Über verschiedene Zwischenformen entstand in der letzten Periode des Pliozäns vor rund 10 Millionen Jahren aus dem *Pliohippus* die Gattung *Equus*, die Pferde, Esel und Zebras umfasst

(Des Moehlman, 2002). Im Pleistozän vor etwa einer Million Jahren breiteten sich die Wildpferde in Nordamerika aus und wanderten über die noch verbundenen Kontinentalplatten nach Eurasien und drangen bis nach Afrika vor (Olsen, 2006). Durch die sich verändernden Anforderungen der Umwelt mussten sich die Equiden entsprechend anpassen (Olsen, 2006). Als sichtbare anatomische Veränderungen vom *Eohippus* zum *Equus ferus*, der Wildform des *Equus caballus*, sind vor allem die Verstärkung des mittleren Strahlbeines und Rückbildung der anderen vier Zehen, sowie die Anpassung der Zähne an das Gras in der Steppe und die Verlängerung des Schädels zu nennen (Kräußlich, 1997). Doch nicht nur äußerlich fanden Veränderungen vom *Eohippus* zum *Equus ferus* statt.

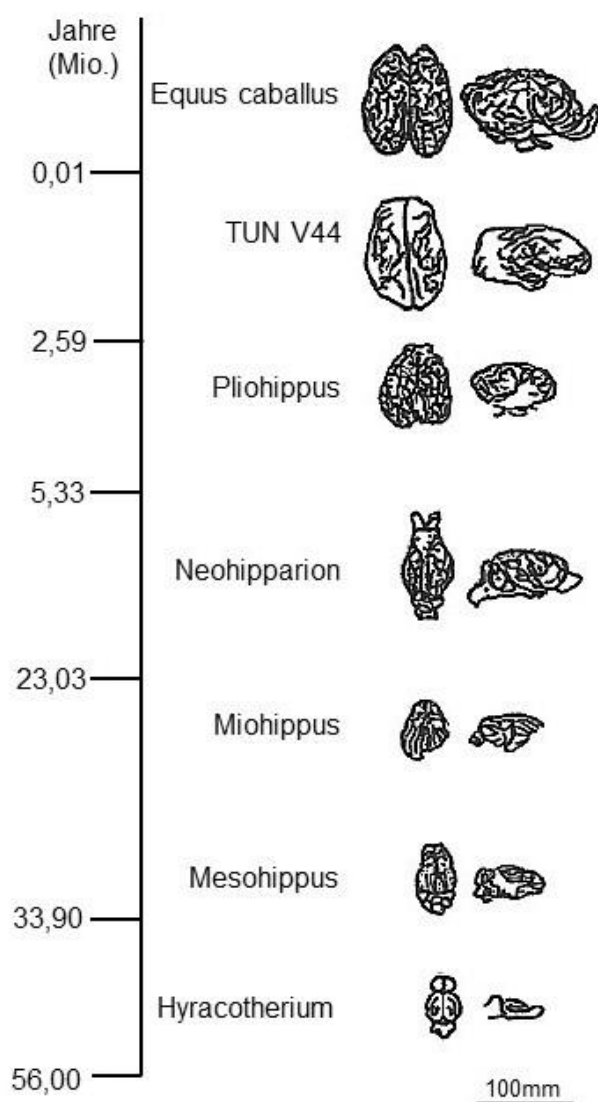


Abbildung 1: Morphologische Veränderungen des Pferdegehirns nach Edinger (1948) und Radinsky (1976); zusammengefasst von Tang (1983) und Hu (2012).

Auch das Gehirn veränderte sich evolutionär (Edinger, 1948; Radinsky et al., 1976; Olsen, 2006; Hu et al.,

2012). Insgesamt hat das Gehirnvolumen zugenommen (Jerison, 1979), wobei die Entwicklung der oberen Großhirnteile (Neokortex) besonders auffällig ist (Willemet, 2013). Im Neokortex werden vornehmlich Sinneseindrücke verarbeitet (Rockel et al., 1980). Die Zunahme des Neokortexes geht Hand in Hand mit der Zunahme höherer mentaler Fähigkeiten (Barton, 1998). Ein größeres Gehirn erhöht die ökologischen Fähigkeiten eines Individuums (Reader und Laland, 2002), indem es besser mit einer Veränderung der Umwelt umgehen kann (Parker und Gibson, 1977; Harvey et al., 1980; Sol, 2009). Als eine einschneidende Veränderung der Umwelt kann die Domestikation der Wildpferde angesehen werden (Price, 1984; Levine, 2005).

2.2 Domestikation des Pferdes

Man schätzt, dass das Pferd vor 6000 Jahren domestiziert wurde (Levine, 2005), wobei die Wildpferde Südasiens den *Equus ferus przewalskii* und die Wildpferde Zentral- und Westasiens dem *Equus ferus gmelini* zugeordnet wurden (Kräußlich, 1997). Eine neueste Studie gibt allerdings an, dass die heutigen Przewalski-Pferde verwilderte Haus- und keine Wildpferde wären (Gaunitz et al., 2018) und echte Wildpferde demnach ausgestorben seien.

Zunächst dienten Hauspferde vor allem als Fleisch-, Fell- und Milchlieferanten (Röhrs, 1994). Da Pferde vor dem Pflug oder der Kutsche mehr zu leisten vermochten als Rinder, lösten sie diese größtenteils als Zugtiere ab (Bökönyi, 1988). In Steppenregionen, wo Gespanne schwer zu manövrieren waren, wurde das Pferd vor ca. 4000 Jahren erstmals als Reittier eingesetzt (Kelekna, 2009). Danach erlangte das Pferd als Transport-, Kriegs- und Fortbewegungsmittel an Bedeutung (Röhrs, 1994). Durch seinen Bedeutung für den Krieg, hatte es nicht nur einen großen Einfluss auf die kulturelle Entwicklung, sondern bekam vom Menschen einen höheren Stellenwert als andere domestizierte Tiere eingeräumt (Kräußlich, 1997). So war bis zur Christianisierung im frühen Mittelalter das Pferd als Grabbeigabe (Levine, 2005) und Opfertier von großer Bedeutung für das heidnische Brauchtum (Härke, 2014). Im Mittelalter erhielt das Pferd als Freizeitpartner des Adels ein nobles Ansehen (Belcastro et al., 2007). Bis zum Ende des zweiten Weltkrieges war das Militär, neben der Nutzung des Pferdes als Arbeitstier und Transportmittel, der Haupteinsatzort für Pferde (Röhrs, 1994; Olsen, 2006). Die zunehmende Motorisierung der westlichen Industrieländer im zwanzigsten Jahrhundert, führte zu einem Rückgang der Pferdebestände in Deutschland (Olsen, 2006). Mit zunehmender Beliebtheit des Pferdesports stiegen die Zahlen nach 1970 wieder an (FN - Deutsche Reiterliche

Vereinigung, 2016). Aktuell leben laut Hochrechnungen der deutschen reiterlichen Vereinigung rund 1,3 Millionen Pferde in Deutschland (FN, 2016).

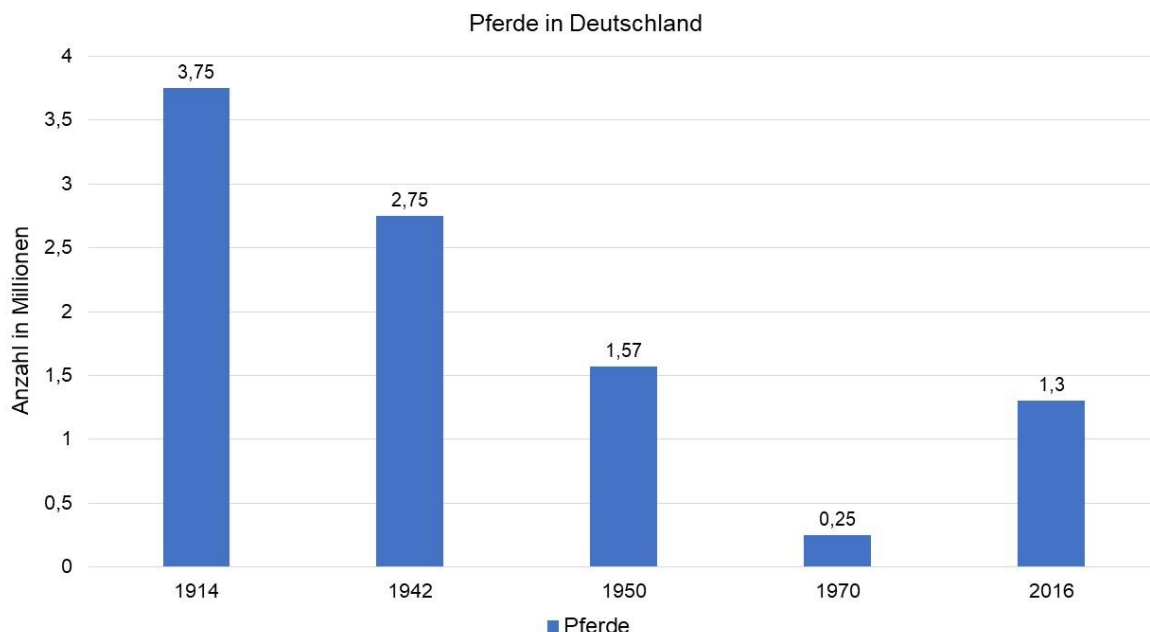


Abbildung 2: Anzahl der Pferde in Deutschland von 1914-2016; Quelle der Daten: FN „Zahlen und Fakten“ (2016).

Wie eingangs erwähnt, hat sich der Stellenwert des Pferdes mit zunehmendem Wohlstand geändert (Olsen, 2006), wodurch die Forderungen nach artgemäßer Haltung und Umgang größer werden (McDonnell, 2005). Unter einer artgemäßen Tierhaltung versteht man, wenn auf die angeborenen Verhaltensweisen der Tiere Rücksicht genommen wird und eine Orientierung an den natürlichen Lebensbedingungen der Tiere stattfindet, damit die Tiere ihre artspezifischen Bedürfnisse decken können (VZBV, 2018).

2.3 Ethologie des Pferdes

Um die artspezifischen Verhaltensweisen einer Tierart zu kennen, muss man das Verhalten der Tiere und dessen Auswirkungen auf die Umwelt beobachten. Während das Studium der artspezifischen Verhaltensweisen einer Tierart in seinem natürlichen Umfeld als Ethologie bezeichnet wird, versteht man unter angewandter Ethologie das Verhalten von Tieren in einer vom Menschen geschaffenen Umgebung (Tinbergen, 1963). Die angewandte Ethologie befasst sich nicht nur mit dem Normalverhalten, sondern auch mit Verhaltensstörungen, die durch falsche Haltungsbedingungen entstehen können (Tinbergen, 1963). Dadurch nimmt sie bei der Gestaltung und Umsetzung tiergerechter Haltungsformen einen wichtigen Stellenwert ein. Weiterhin

beschreibt die kognitive Ethologie die kognitiven Fähigkeiten der Tiere in ihrem natürlichen Umfeld (Griffin, 1978, 2013). Da echte Wildpferde als ausgestorben gelten (Gaunitz et al., 2018), werden ethologische Beobachtungen an wildlebenden domestizierten Pferden durchgeführt (Tyler, 1972; Berger, 1977).

2.3.1 Der natürliche Lebensraum des Pferdes

Der natürliche Lebensraum einer Herde beinhaltet neben Futter und Wasser, auch Plätze, die vor Wind, Sonne, Regen und Insekten schützen (Boyd und Keiper, 2005). Der Aktionsradius der Pferdeherde variiert von 0,6 km² bis 78 km² in Abhängigkeit von Umwelteinflüssen (Boyd und Keiper, 2005) und bleibt über mehrere Monate bis Jahre konstant (McCort, 1984). Pferde verbringen durchschnittlich 90-98% des Tages damit zu fressen und zu ruhen (Salter und Hudson, 1979; Waring, 2003). Wie viel Zeit sie mit Grasern verbringen, hängt stark vom Nahrungsangebot ab; in der Wüste werden bis zu 18 Stunden grasend verbracht (Salter und Hudson, 1982), während in Graslandschaften nur 13 Stunden (Duncan und Cowtan, 1980; Keiper und Keenan, 1980) der Nahrungsaufnahme gewidmet werden. Pferde sind räumlich flexibel und können je nach Saison die besten Futterquellen aufsuchen (Klingel, 1975). Die Flexibilität entsteht dadurch, dass ein Hengst seine Stuten mehr verteidigt als sein Territorium (Klingel, 1975; Feh, 2005). Im Gegensatz zu vielen anderen Huftieren, die über territoriales Markieren soziale Beziehungen regeln (Gosling und Roberts, 2001).

2.3.2 Sozialverhalten des Pferdes

Pferde leben in mehr oder weniger stabilen sozialen Gefügen, sogenannten **Fission-fusion societies**, zusammen (Fischhoff et al., 2007). Das heißt es herrscht ein regelmäßiges Kommen und Gehen in den Pferdegruppen einer Pferdeherde (Boyd et al., 2017), wobei ca. 15% der Mitglieder einer Gruppe jährlich wechseln (Krueger et al., 2017). Unter einer **Herde** versteht man, wenn sich mehrere Gruppen einen Lebensraum teilen und sich untereinander austauschen (Miller und Dennisto, 1979; Berger, 1987). Herden wildlebender Pferde umfassen bis zu 300 Tiere (Wernicke und van Dierendonck, 2003). Die Herde bietet einen höheren Schutz vor Beutegreifern und unwirtlichen klimatischen Bedingungen (Rubenstein, 1986; Nowzari et al., 2013).

Bei den **Gruppen** einer Herde unterscheidet man zwischen einem **Harem** und einem Junggesellenverband. Unter einem Harem versteht man das Zusammenleben von einem oder bis zu fünf ausgewachsenen Hengsten und seinen Stuten, sowie deren Nachwuchs (Tyler, 1972; Berger, 1977; Linklater et al., 2000). Die Größe eines Harems

variiert von 2 bis zu 35 Pferden (Boyd und Keiper, 2005). Junghengste schließen sich zu **Junggesellenbanden** von zwei bis zu rund 17 Pferden zusammen, die zum Teil auch ältere Stuten aufnehmen, die den Anschluss an ihren Harem verloren haben (Berger, 1977; McCort, 1984; Rubenstein, 1986).

Eine Fluktuation in den Gruppen kommt durch verschiedene Faktoren zustande: 1) durch den Einfluss von Umweltbedingungen, wie Ressourcenknappheit oder Insektenbelästigung (Duncan und Cowtan, 1980) und 2) durch soziale Interaktionen. So werden Stuten zwischen zwei und drei Jahren von ihrem Vater aus dem Harem verstoßen, wodurch Inzest vermieden wird (Berger, 1987) und Junghengste, die noch zu jung sind, um einen eigenen Harem zu gründen, schließen sich zu einem Junggesellenverband zusammen (Berger, 1987; Feh, 1999). Außerdem verlieren alte Stuten den Anschluss an die Gruppe (Rubenstein, 1986) oder älteren Hengsten wird ihr Harem von einem jüngeren Hengst abgenommen (Rubenstein, 1986). Pferdegruppen werden durch eine Hierarchie, die auf Dominanz basiert, strukturiert (Berger, 1977; Houpt et al., 1978; Wells und Goldschmidt-Rothschild, 1979; Houpt und Wolski, 1980). Über die Art des Hierarchiesystems herrschen unterschiedliche Ansichten: Einige Autoren vertreten die Meinung, dass Pferde eine lineare Hierarchie haben. Krueger et al. (2014) meinen, dass generell ein lineares System herrscht, das gelegentlich durch einzelne dyadische und trianguläre Bindungen durchbrochen wird. Das heißt zum Beispiel Pferd A ist dominant über Pferd B, Pferd B über Pferd C und Pferd C wiederum über Pferd A. Wohingegen Houpt et al. (1978) festgestellt haben, dass die Hierarchie von der Gruppengröße abhängt. In kleinen Gruppen herrscht meist eine lineare Hierarchie, die mit Zunahme der Gruppengröße triangulär wird (Houpt et al., 1978). Andere Autoren unterstützen die Annahme, dass Pferde generell kein lineares, sondern ein trianguläres Hierarchiesystem haben (Goldschmidt-Rothschild und Tschanz, 1978; Hall, 1983; Feh, 1988).

Hochrangige Hengste schaffen es, ihren Harem alleine zu führen, während nieder rangige Hengste zu zweit kooperieren, um ihre Stuten gegen Rivalen zu verteidigen (Feh, 1999). Außerdem ist die Fohlensterblichkeit in Hengstallianzen niedriger als bei Harems mit nur einem Hengst (Duncan, 1992; Feh, 1999).

Trotz der Fluktuation in der Gruppenzusammenstellung gibt es starke **Bindungen** zwischen einzelnen Individuen (Sundaresan et al., 2007). Über ihr gesamtes Leben haben Pferde ein bis höchstens drei bevorzugte Sozialpartner (van Dierendonck et al.,

1994; Snorrason et al., 2003). Diese Partner bleiben in der Nähe voneinander und betreiben Fellpflege (Feh, 1988; Wolter et al., 2018).

Das Führen und die Verteidigung (Schneider und Krueger, 2012) von individuellen Beziehungen und das entsprechende Reagieren auf Artgenossen erfordert kognitive Fähigkeiten (Krueger et al., 2017) und ist essentiell für das Wohlergehen der Pferde (Sigurjónsdóttir und Haraldsson, 2019).

2.4 Kognitive Fähigkeiten von Pferden

Die kognitiven Fähigkeiten von Pferden wurden Jahrzehnte lang unterschätzt (Krueger et al., 2017). Was daran liegen mag, dass die Kognitionsforschung dank des Pferdes „Kluger Hans“ zunächst zum Erliegen kam. Vor 100 Jahren wurde das Pferd Hans berühmt, weil es zählen und rechnen konnte (Pfungst, 1907). Später stellte sich dies als Trugschluss heraus (s. 2.5.2).

Allgemein definiert, umfasst Kognition alle Aspekte des Informationsaustausches von Tieren (Duden, 1991). Jede Sinneswahrnehmung, die aufgenommen, verarbeitet, abgespeichert und eine Reaktion des Tieres auslöst, stellt einen kognitiven Prozess dar (Shettleworth, 2010).

2.4.1 Kognition im intraspezifischen Kontext

In ihrem natürlichen Umfeld erfordert das Leben als Fluchttier neben dem aufmerksamen Beobachten der Umgebung, auch ein gutes geografisches Gedächtnis (Hothersall et al., 2010), um zu wissen wohin eine Flucht sinnvoll ist (Krueger et al., 2017). Die Flucht erfolgt gemeinsam in der Gruppe, dies erfordert die Entscheidung über die Bewegung der ganzen Gruppe (Cameron et al., 2009). Im Prinzip kann jedes Pferd eine Gruppenbewegung auslösen, wobei dem Treiben von Hengsten und der Bewegungsinitiierung ranghoher Pferden häufiger gefolgt wird (Krueger et al., 2014). Außerdem müssen Pferde zwischen Objekten unterscheiden können (Hanggi, 2003; Gabor und Gerken, 2012). Nur so können sie sich anhand von bestimmten Punkten in der Umgebung orientieren und Fressfeinde als solche wiedererkennen. Die Differenzierung von Objekten ist entscheidend darüber, dass Pferde genießbares Futter von ungenießbarem unterscheiden können. Im sozialen Kontext zeigen sich die kognitiven Fähigkeiten der Pferde deutlich. Sie müssen ihren eigenen und den Rang anderer Gruppenmitglieder kennen und einschätzen können.

Die Fluktuation in der Gruppe bedingt, dass Pferde dazu in der Lage sein müssen, ihre Gruppenmitglieder individuell identifizieren zu können. Dies gelingt ihnen anhand der

äußeren Erscheinung, dem Körpergeruch und dem Geruch von Ausscheidungen (Kimura, 2001; Krueger et al., 2011), sowie den Lautäußerungen (Proops et al., 2009). Auch zeigen Pferde kognitive Fähigkeiten, indem sie sich freundlich gegenüber Gruppenmitgliedern verhalten, die von einem anderen Pferd angegriffen wurden (Cameron et al., 2009; Cozzi et al., 2010). Durch die Domestikation wurde der Mensch Teil des sozialen Umfelds von Pferden (Maros et al., 2008; Krueger et al., 2011; Proops und McComb, 2012; Proops et al., 2018).

2.4.2 Kognition im interspezifischen Kontext

Domestizierte Pferde sind in der Lage, richtungsweisende Gesten zu deuten und die Ausrichtung von Kopf und Körper des Menschen zu nutzen, um zum Beispiel Futter zu finden (Hausberger et al., 2008; Schuetz et al., 2017). Malavasi und Huber (2016) konnten zeigen, dass Pferde Menschen nutzen, um sich von ihnen Türen öffnen zu lassen, damit sie an Futter gelangen. Ebenso können Pferde die Gefühlslage von Menschen erkennen: Pferde passen sich der Herzfrequenz ihres Reiters an (Keeling et al., 2009) und machen mithilfe von Fotos Rückschlüsse auf den emotionalen Status von Menschen (Hausberger et al., 2008; Smith et al., 2016; Proops et al., 2018). Pferde erkennen auch Menschen individuell und stufen die zuvor gemachten Erfahrungen mit dem jeweiligen Menschen als negativ oder positiv ein (Hausberger et al., 2008). Proops et al. (2018) konnten zeigen, dass Pferde die Stimmung eines Menschen auf einem Foto erkennen, wenn ihnen Fotos von unbekannten Menschen gezeigt werden, auf denen der Mensch entweder böse oder freundlich schaut. Die anhand des Fotos gemachte Erfahrung mit dem Menschen löste entsprechend, eine positive oder negative Reaktion der Pferde aus, wenn sie ihm real begegnen und sich der Mensch dabei neutral verhält (Proops et al., 2018).

2.4.3 Einfluss der Domestikation auf die Kognition des Pferdes

Mit seiner Domestikation wurden dem Pferd viele Aufgaben abgenommen, wodurch sein Gehirnvolumen (Olsen, 2006) wie bei den meisten Spezies abgenommen hat (Kruska, 2005). Wie stark die Reduktion des Gehirns ist, hängt von der Spezies und deren Nutzung ab (Kruska, 2005; 2012). So hat sich das Gehirn von einem domestizierten Schaf im Vergleich zu seinen wildlebenden Vorfahren um 23,9% verkleinert (Ebinger, 1974), während bei Kaninchen die Differenz nur 13,1% beträgt (Fischer, 1973). Röhrs (1985) bezeichnet dies als regressive Evolution. Ebenso sagen Niven (2005) und Smaers et al. (2012), dass die Evolution der Größe des Gehirns kein

irreversibler Prozess ist. Durch die Anpassung der Gehirnmenge an Umweltbedingungen wird die Erscheinung und daraus resultierende selektive Wahrnehmung der Umwelt entsprechend angeglichen (Winkler et al., 2004). Die Domestikation führte vor allem zu einer Abnahme der neueren Gehirnbereiche (Finlay et al., 2011). Für Fluchttiere wie Pferde mag diese Veränderung von Vorteil sein, indem sie weniger sensibel auf Sinneseindrücke reagieren (Goodwin, 2007). Dadurch sind die Tiere entspannter und reagieren auf Interaktionen mit dem Menschen weniger ängstlich (Goodwin, 2007). Ansonsten haben sich ihre natürlichen Bedürfnisse seit der Domestikation kaum verändert (Christensen et al., 2002), worauf bei der Gestaltung des Haltungssystems Rücksicht genommen werden sollte (Goodwin et al., 2002).

2.4.4 Einfluss der Haltungsform auf die Kognition des Pferdes

Es wird zwischen Einzel- und Gruppenhaltung unterschieden, die bestimmte Anforderungen erfüllen müssen (s. BMELV, 2009). Bei beiden Haltungsformen muss die Möglichkeit zu **Sozialkontakten** gegeben sein (BMELV, 2009). Nur in bestimmten Fällen (Rehabilitation, Gefahr durch Verhaltensstörung etc.) kann eine Ausnahmeregelung erfolgen (BMELV, 2009). Wie wichtig Sozialkontakte für die Entfaltung kognitiver Fähigkeiten sind, konnte bereits in verschiedenen Studien gezeigt werden: Jungpferde, die in einer Gruppe gehalten wurden, erreichten die Lernziele in der Grundausbildung schneller, als die in Boxen gehaltenen Vergleichspferde (Hausberger et al., 2004). Hoffmann (2009) zeigte mithilfe der Herzfrequenzvariabilität, dass 70% der Pferde in Gruppenhaltung weniger Stress empfinden als einzeln gehaltene Pferde. Zum Beispiel gelangten Pferde, die in Einzelboxen untergebracht waren zu einer positiveren Einstellung, wenn sie tagsüber in einer Gruppe Auslauf hatten (Löckener et al., 2016). Wie wichtig die Gruppe für die Motivation zur **Bewegung** ist, konnten Søndergaard und Schougaard (2000) anhand von Hengsten zeigen, die sich auf der Weide in der Gruppe mehr bewegten, als wenn sie alleine draußen waren. Bewegung an sich fördert neben der Motorik die Entfaltung kognitiver Fähigkeiten (Minero und Canali, 2009). Unter natürlichen Bedingungen laufen Pferde bis zu 30 km am Tag, hauptsächlich im Schritt, während sie kontinuierlich **Futter** aufnehmen (McDonnell, 2005). Auch in der Haltung von Pferden sollte eine Fresspause nicht länger als vier Stunden betragen und die Ration vornehmlich aus strukturiertem Futter bestehen (Goodwin et al., 2002). Bei zu hoher Kraftfuttergabe besteht neben der Gefahr von Erkrankungen, wie z.B. Kotwasser (Meyer und Coenen, 2014) oder Magengeschwüre (Murray et al., 1996), auch die Gefahr der Entwicklung

von Stereotypen, wie Koppen, Leerkauen oder Zungenspiel, da das Kaubedürfnis unzulänglich befriedigt wird (Waters et al., 2002). Pferde, die Stereotypen zeigen, lernen schlechter und legen sich seltener hin (Hausberger et al., 2007). Liegen ist allerdings ein entscheidender Faktor für das **Ruhebedürfnis** von Pferden. Typischerweise ruhen ausgewachsene Pferde ca. sechs bis neun Stunden (Wöhr und Erhard, 2006; Baumgartner et al., 2015; Zeitler-Feicht, 2015) über den Tag verteilt (Sprayberry und Robinson, 2014; Baumgartner et al., 2015; Zeitler-Feicht, 2015), wovon sie drei bis vier Stunden schlafen (Sprayberry und Robinson, 2014). Etwa 80% der Ruhezeit verbringen sie im Stehen und nur 20% im Liegen (Haupt, 2005). Man unterscheidet zwischen Non-REM Schlaf, der SWS Schlaf und Dösen beinhaltet und REM Schlaf (Peter et al., 2007). SWS Schlaf, auch Tiefschlaf genannt, kann sowohl im Stehen, wie auch in der Brustlage stattfinden (Ruckebusch et al., 1970). Um in den REM Schlaf zu gelangen, müssen Pferde in Seitenlage liegen (Haupt, 1980; Bonakis et al., 2008; Kalus, 2014). Der REM Schlaf ist wichtig für die Erholung der Muskulatur (Aserinsky und Kleitman, 1953; Mahowald und Schenck, 2011). Hausberger et al. (2007) konnten zeigen, dass Pferde, die weniger ruhen und schlafen sich schlechter konzentrieren können und weniger effizient lernen. Daher muss den Pferden ein trockener, verformbarer und für alle zugänglicher Untergrund zum Liegen zur Verfügung gestellt werden (Wöhr und Erhard, 2010; Baumgartner, 2012). Außerdem ist die Größe der Liegefläche entscheidend, wie lange sich die Pferde ablegen (Raabymagle und Ladewig, 2006). Neben dem Bedürfnis nach Ruhe brauchen Pferde auch eine **reizvolle Umgebung**, um ihre kognitiven Fähigkeiten entfalten zu können. Rogers (2010) zeigte, dass die Bereicherung der Umgebung „environmental enrichment“ zu einer positiveren Einstellung „cognitive bias“ (s. 2.6.2.1.) führen kann. So können zum Beispiel verschiedene Funktionsbereiche im Stall, die Auswahl an verschiedenen Kräutern und Pflanzen (Goodwin et al., 2002) oder Spielangebote eine Bereicherung darstellen. Generell wird das Wohlbefinden von Pferden erhöht, wenn man ihnen möglichst viel Freiraum in der Gestaltung ihres Tagesablaufs lässt (McGreevy et al., 2018). Pferde können zum Beispiel lernen, mithilfe unterschiedlicher Symbole, dem Menschen mitzuteilen, ob sie eine Decke tragen möchten oder nicht (Mejdell et al., 2016). Das Nutzen der Lernfähigkeit von Pferden ist somit nicht nur im Training, sondern auch für die Erhöhung ihres Wohlbefindens in den von Menschen gemachten Haltungsbedingungen von Interesse.

2.5 Lernverhalten von Pferden

Erst seit Mitte des zwanzigsten Jahrhunderts wurde das Lernverhalten von Tieren zum Thema der Forschung. Lernen ist definiert als durch eine Erfahrung ausgelöste adaptive Verhaltensänderung eines Individuums (Lefrancois, 1994). Mithilfe von Lerntheorien versucht man Verhaltensänderungen, die durch mentale und/oder physische Reize entstehen, zu erklären. Generell unterscheidet man zwischen Nicht-assoziativem und assoziativem Lernen (Heyes, 1994; McGreevy und McLean, 2007).

2.5.1 Nicht-assoziatives Lernen

Nicht-assoziatives Lernen stellt einen simplen Lernprozess dar, bei dem das Tier Informationen über einen Reiz erfährt und sein Verhalten entsprechend angleicht (Heyes, 1994). Diese Form des Lernens umfasst die Habituation, Sensibilisierung und Dishabituation. Unter **Habituation** versteht man die Gewöhnung und daraus resultierende Reaktionslosigkeit gegenüber einem Reiz (Rankin et al., 2009; Schmid et al., 2015). Tiere werden durchgehend mit Reizen aus ihrer Umwelt konfrontiert und die Habituation dient dazu, unterscheiden zu können, auf welche Reize reagiert werden sollte und welche ignoriert werden können und bildet somit die Basis für alle anderen Formen des Lernens (Rankin et al., 2009; Schmid et al., 2015). Im Training von Pferden spielt die Habituation eine große Rolle (McGreevy und McLean, 2007) und wird zum Beispiel genutzt, um Pferde an den Sattelgurt zu gewöhnen (McLean und McGreevy, 2010). Im Gegensatz dazu wird bei der **Sensibilisierung** die Reaktion auf einen Reiz erhöht. Wenn ein Pferd zum Beispiel vor einer Tüte, die hinter einer Hausecke hervorgeweht wird, scheut, dann mag das nächste Mal das Passieren der Hausecke bei Wind eine ebenso starke Fluchtreaktion hervorrufen, obwohl keine Tüte vorbeifliegt. **Dishabituation** wiederum stellt die Wiederbelebung einer Reaktion, auf einen bereits gewohnten Reiz dar. Die Präsentation eines neuen Stimulus, der sich von dem gewohnten unterscheidet, führt wieder zu einer Zunahme der vorher entwöhnten Reaktion auf den bisherigen Stimulus (Rankin et al., 2009). Pferde, die nicht mehr auf eine Schenkelhilfe reagieren, können durch den Einsatz einer Gerte in Kombination mit der Schenkelhilfe wieder auf den bisherigen Reiz (Schenkeldruck) reaktiv gemacht werden.

2.5.2 Assoziatives Lernen

Assoziatives Lernen bedeutet, dass zwischen bestimmten Ereignissen eine Beziehung gebildet wird. Die Zusammenhänge können zwischen Reizen (**klassische**

Konditionierung) oder zwischen Verhaltensweisen und deren Konsequenzen (**operante Konditionierung**) hergestellt werden (Cooper, 1998). Dabei kann ein Verhalten positiv oder negativ verstärkt oder bestraft werden. **Positive Verstärkung** bedeutet, dass ein angenehmer Stimulus hinzugefügt wird (Goodwin et al., 2009), wohingegen bei der **negativen Verstärkung** ein unerwünschter Stimulus entzogen wird, damit das erwünschte Verhalten öfter gezeigt wird (Skinner, 1953). Bei **positiver Bestrafung** wird ein unangenehmer Stimulus hinzugefügt und bei **negativer Bestrafung** wird ein angenehmer Stimulus entzogen, damit das unerwünschte Verhalten nicht nochmal gezeigt wird (Skinner, 1953).

Unter natürlichen Bedingungen lernen Pferde mithilfe von negativer Verstärkung (McLean und Christensen, 2017). Wird ein Pferd von einem ranghöheren Artgenossen vertrieben, legt dieses zunächst die Ohren an; wenn darauf keine Reaktion erfolgt, verstärkt er seine Drohgebärde bis das rangniedere Pferd weicht. Die meisten Hilfen im Umgang mit Pferden werden negativ verstärkt; Erhöhung des Drucks von Zügeln, Schenkeln, Sporen etc. Positive Verstärkung im Pferdetraining findet seit Ende des zwanzigsten Jahrhunderts großen Anklang; wie zum Beispiel beim „Clicker-Training“ (Kurland, 1998).

Bei der **klassischen Konditionierung** wird eine natürliche Reaktion mit einem bisher neutralen Reiz kombiniert. Durch wiederholte Paarung von Reiz und Reaktion, löst allein der nun konditionierte Reiz die entsprechende Reaktion aus (Pavlov, 1927). Das „Kluger Hans Phänomen“ ist ein Beispiel für klassische Konditionierung: dem Pferd Hans wurde, wie in 2.4 erwähnt, die Fähigkeit zugeschrieben zählen und rechnen zu können. Später zeigte sich, dass „Hans“ weder zählen noch rechnen konnte, sondern lernte die einer Futterbelohnung vorausgehende Körperhaltung zu erkennen und darauf entsprechend zu reagieren (Samhita und Gross, 2013). Bei der **operanten Konditionierung** (Cooper, 1998) wird das Verhalten über das Erleben von Konsequenzen gesteuert. In der Grundausbildung eines Pferdes wird dem Pferd beigebracht auf Druck mit Nachgeben zu reagieren. Der zunehmende Druck veranlasst das Pferd, alle möglichen Reaktionen als Antwort darauf zu zeigen. Sobald das Pferd das gewünschte Verhalten zeigt, wird der Druck nachgelassen und stellt somit eine negative Verstärkung dar. Die Lernleistung von Pferden reicht über assoziatives Lernen hinaus, da sie auch imstande sind, Kategorien und Konzepte zu lernen (Hanggi, 2005), was **Lernen durch Einsicht** erfordert. Lernen durch Einsicht

ist definiert als die Aneignung und Umstrukturierung von Wissen, das nach der Lerntheorie (Wertheimer, 1959; Köhler, 1971) in sechs Phasen erfolgt (s. Abb. 3).

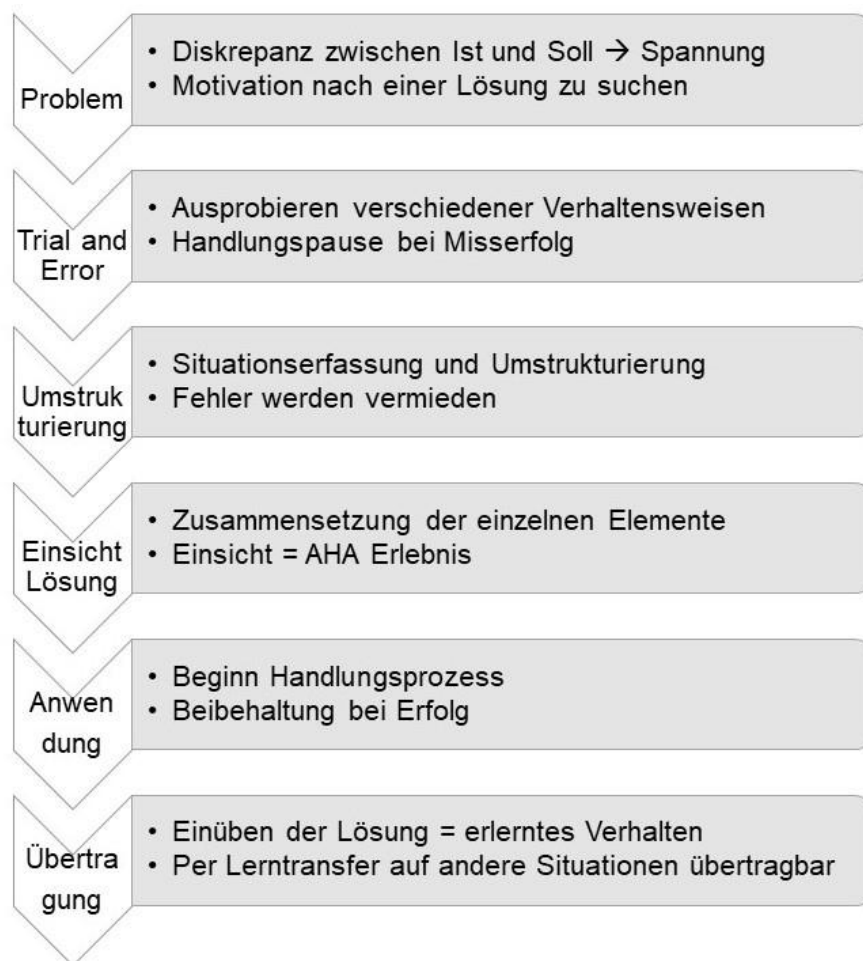


Abbildung 3: Die sechs Phasen des Lernens durch Einsicht. Modifiziert nach der Lerntheorie von Wolfgang Köhler (1971) und Max Wertheimer (1959).

Einsicht setzt das Erkennen und Verstehen eines Sachverhaltes voraus, wodurch die Zusammenhänge von Ursache und Wirkung verstanden werden können. Dadurch kann ein Verhalten zielgerichtet, entsprechend der aktuellen Situation verändert werden. Lernen durch Einsicht stellt den absoluten Lösungszustand nach dem Alles-oder-Nichts-Prinzip dar, das auf anfängliches Versuchs- und Irrtums Verhalten „**Trial and Error**“ folgen kann. Ein bekanntes Beispiel für Lernen durch Einsicht ist der Schimpanse *Pan troglodytis* „Sultan“ (Köhler, 1922; 2013): Eine Banane wurde in unerreichbarer Höhe in das Affengehege gehängt. Zunächst versuchte „Sultan“ die Banane springend zu erreichen, jedoch erfolglos. Daraufhin verweilte er und beobachtete sein Umfeld. In dem Käfig befanden sich Kisten. Auf einmal stand der Affe auf und stellte eine Kiste unter die Banane, die noch nicht ausreichte, um die

Bananen zu erreichen. Somit holte er sich weitere Kisten und stapelte sie zu einem Turm. Daraufhin konnte er die Banane erreichen.

Der Lernprozess wird in diesem Beispiel durch die Versuchssituation beeinflusst. Lernen kann nicht nur durch eine Situation, sondern auch durch das soziale Umfeld beeinflusst werden (Heyes, 1994).

2.5.3 Soziales Lernen

Soziales Lernen findet statt, wenn ein Individuum (Demonstrator) durch verschiedene Prozesse das Lernen eines anderen Individuums (Beobachter) beeinflusst (Hoppitt und Laland, 2008; 2013). Die Prozesse werden wie folgt definiert (Hoppitt und Laland, 2013): Unter sozialer Lenkung „**social facilitation**“ versteht man, wenn die Anwesenheit eines Artgenossen das Lernverhalten des anderen Individuums beeinflusst. Dieses Phänomen wird durch die Veränderung der Emotionen erklärt. Hausberger et al. (2008) konnten zeigen, dass die Motivation von Pferden durch ihre Gemütslage beeinflusst wird. McVey et al. (2018) unterstrichen die Bedeutung von sozialer Erleichterung für den Erfolg in Detour Tasks bei Pferden. Bei der Verstärkung eines Ortes „**local enhancement**“ lenkt der Demonstrator die Aufmerksamkeit des Beobachters auf einen bestimmten Ort. Krueger et al. (2011) demonstrierte, dass Pferde Menschen als lokale Verstärker nutzen, wenn diese in der Nähe von dem zu findenden Futter stehen. Wird der Beobachter durch den Demonstrator in eine Situation versetzt, die den Erwerb von Wissen oder neuen Fähigkeiten erleichtert, spricht man von der Verfügungstellung von Möglichkeiten „**opportunity providing**“. Bei der Reizverstärkung „**stimulus enhancement**“ setzt ein Demonstrator einen Beobachter einem bestimmten Reiz aus, wodurch der Beobachter die Beziehung zwischen Reiz und Ergebnis lernt. Wohingegen bei der Konditionierung durch Beobachtung „**observational conditioning**“ das Verhalten des Demonstrators entscheidend ist, damit der Beobachter eine neue Verbindung zwischen Reiz und Ergebnis herstellt. Pferde, die in einem operanten Futtersuchversuch einen menschlichen Demonstrator hatten, waren signifikant erfolgreicher als die Kontrollgruppe ohne Demonstrator (Schuetz et al., 2017). Bei der direkten Nachahmung „**imitation**“ reproduziert der Beobachter ein spezielles Verhalten des Demonstrators. Während bei der übertragenen Nachahmung „**emulation**“ der Beobachter seine eigene Methode umsetzt, um dasselbe Ergebnis wie der Demonstrator zu erzielen.

Somit kann soziales Lernen auf der Basis von einfachen Lernprozessen wie Versuch und Irrtum oder sozialer Lenkung (McVey et al., 2018), aber auch durch komplexere

Lernvorgänge, wie Imitation oder Emulation entstehen (Heyes, 1994). Der soziale Kontext ist auch für die Entstehung innovativen Verhaltens von Bedeutung (Yurk et al., 2002; Laland und Hoppitt, 2003; Laland und Janik, 2006). Zum einen wird die Arbeit in der Gruppe aufgeteilt, wodurch das Individuum mehr Zeit zur Verfügung hat, um innovatives Verhalten zu entwickeln (Kummer und Goodall, 1985) und zum anderen gibt es in der Gruppe eine größere Variation an Verhaltensweisen auf deren Basis, Innovationen leichter entstehen können (Reader und Laland, 2002; Lee, 2003). Verschiedene Studien haben gezeigt, dass innovativere Tiere mehr sozial lernen, als weniger innovative Arten (Reader und Laland, 2002; Bouchard et al., 2007). Außerdem betonen Logan und Pepper (2007) die Bedeutung sozialen Lernens für die Verbreitung einer Innovation. Das heißt bei Tierarten, die sich innovativ verhalten und sozial lernen, kommt es zu einer schnelleren Verbreitung neuartiger Verhaltensweisen in der Population (Wyles et al., 1983).

2.6 Innovatives Verhalten

In der Pferdewelt nahm man lange Zeit an, dass die Lernfähigkeiten von Pferden nicht über assoziatives Lernen hinausgehen (Hanggi, 2005). Deswegen ist es von großer Bedeutung zu erforschen, ob Pferde zu höheren kognitiven Leistungen fähig sind, wenn man ihren Bedürfnissen gerecht werden möchte (Warren-Smith und McGreevy, 2008). Als einer der wichtigsten Parameter für die kognitiven Fähigkeiten einer Spezies wird das innovative Verhalten angesehen (Lefebvre et al., 1997; Ramsey et al., 2007; Reader et al., 2011). Dies bedeutet nicht, dass eine Innovation nur durch komplexe kognitive Prozesse entstehen kann, sondern auch einfache kognitiven Vorgänge können einer Innovation zu Grunde liegen. Unter einer Innovation kann zum Beispiel verstanden werden, wenn ein Tier einen neuen Ansatz findet, um ein umwelttechnisches oder soziales Problem zu lösen (Lee, 1991). Wohingegen Boden (1995) jede Idee, die für das Individuum neu erscheint, als Innovation bezeichnet. Auch kann man sagen, dass die Verwendung bereits etablierter Verhaltensmuster in einem neuen Kontext, als eine Innovation gewertet werden kann (Taylor et al., 2010). Daraus ergibt sich, dass die individuelle Kapazität, sich an spezielle Forderungen anzupassen, als die Fähigkeit zur Innovation bezeichnet wird (Healy und Rowe, 2007). Innovationen im Tierreich kommen häufig vor (Sol, 2015), vor allem um das Nahrungsangebot zu vergrößern (Lefebvre et al., 1997; Reader und Laland, 2002). Sol (2015) erklärt die Entstehung innovativen Verhaltens in vier Schritten (s. Abb. 4).

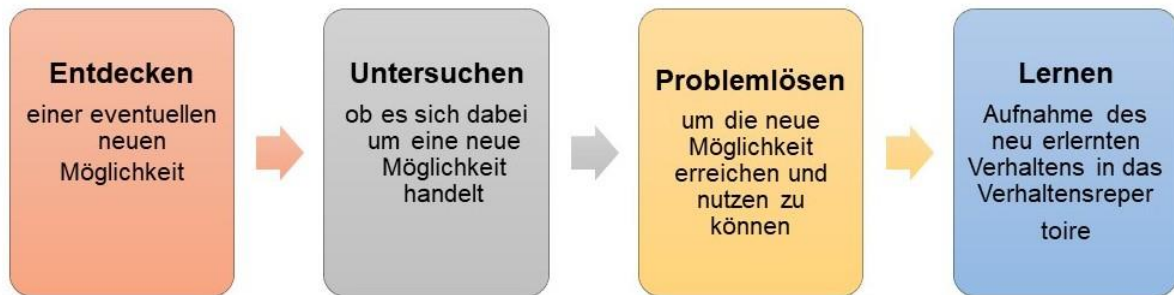


Abbildung 4: Entstehung einer Innovation. Prozess in vier Schritten; Sol (2015).

Ob sich Tiere innovativ verhalten, mag unter anderem von der Größe ihres Gehirns abhängen (Reader, 2003; Sol et al., 2005b). Vögel mit einem ausgeprägten *Hyperstriatum ventrale* und *Neostriatum*, sowie Primaten mit einem großen *Isokortex* und *Striatum* sind innovativer als Artgenossen, bei denen diese Gehirnareale weniger groß ausgebildet sind (Lefebvre et al., 2004). Einige Forscher gehen davon aus, dass innovatives Verhalten positiv mit der Größe des Vorderhirns korreliert (Lefebvre et al., 1997; Reader und Laland, 2002; Overington et al., 2009; Reader et al., 2011), während andere Autoren der Meinung sind, dass die absolute Größe des Gehirns die speziesspezifischen Unterschiede in Bezug auf die kognitiven Fähigkeiten am besten erklären kann (Dunbar, 1992; Gibson, 2002; Deaner et al., 2007; Dunbar, 2009; Amici et al., 2010). Heute ist man der Meinung, dass die Größe des Neokortex entscheidend ist, wie intelligent eine Spezies ist (Barton, 1998; Byrne und Corp, 2004). Proportional zu ihrer Körpergröße haben Pferde generell ein kleines Gehirn (Edinger, 1948) und über die Größe ihres Neokortex liegen keinen Angaben vor. Daher wurden Pferde bisher als nicht besonders intelligent angesehen (Hanggi, 2005). Dem widerspricht, dass Pferde in einem komplexen sozialen Umfeld leben und dies höher entwickelte kognitive Fähigkeiten, wie soziales Lernen (Krueger und Heinze, 2008; Krueger et al., 2014) erfordert (Reader und Laland, 2002) und mit einer größeren Ausprägung des Neokortex einhergeht (Dunbar und Bever, 1998; Shultz und Dunbar, 2005; Dunbar und Shultz, 2007). Außerdem ist bekannt, dass die meisten innovativen Tiere sozial sind (Fragaszy und Visalberghi, 1990; Reader und Laland, 2003; Mulgan, 2006). Der soziale Kontext bietet häufig die Möglichkeit zum Spiel, was eine kaum vergleichbare Basis für die Entwicklung von Innovationen schafft (Kuczaj et al., 2006; Auersperg, 2015).

2.6.1 Spielverhalten und die Entstehung von Innovationen

Generell kann spielen einzeln oder in der Gruppe stattfinden. Soziales Spiel stellt vor allem bei in einem Herdenverband lebenden Tieren, wie Pferden, einen wichtigen Bestandteil der individuellen Entwicklung dar (Bekoff, 2001). Zum Beispiel können unterschiedliche Rangpositionen durchgespielt werden und helfen dem Jungtier etwas über die sozialen Beziehungen, sowie das Zusammenleben in der Gruppe zu erfahren (Coelho Jr et al., 1982; Colvin und Tissier, 1985). Zunächst erscheint Spielverhalten ziellos, stellt jedoch bei genauerer Betrachtung einen wichtigen Bestandteil der individuellen Entwicklung eines jungen Säugetieres dar. Durch Spielen können sich die Fähigkeiten, Probleme zu lösen verbessern, indem neue Verhaltensweisen ausprobiert und deren Resonanz erfahren wird (Kuczaj und Trone, 2001; Spinka et al., 2001). Dadurch entsteht eine Möglichkeit, spielerisch zu lernen mit neuen Aufgaben umzugehen, ohne dabei zielgerichtet vorgehen zu müssen. Jedoch wird die Innovativität einer Spezies nicht nur durch Spielen (Reader und Laland, 2003; Kendal et al., 2005), sondern auch von weiteren Faktoren beeinflusst.

2.6.2 Einflussfaktoren auf die Innovativität

Die Einflussfaktoren auf das innovative Verhalten können sowohl intrinsischer wie auch extrinsischer Natur sein (Patterson und Mann, 2015), wobei diese sich zum Teil überlappen (s. Abb. 5).

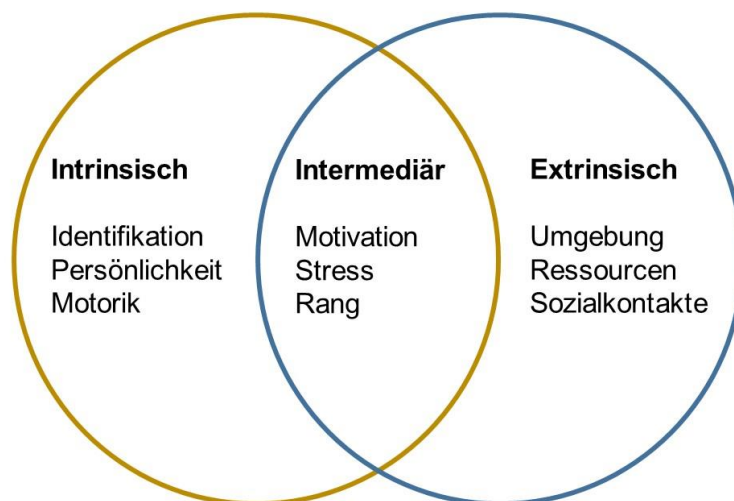


Abbildung 5: Einflussfaktoren auf das innovative Verhalten. Zusammengefasst und modifiziert nach Kaufman und Kaufman (2015).

2.6.2.1 Intrinsische Einflussfaktoren

Als wichtige intrinsische Einflussfaktoren auf das innovative Verhalten werden das Alter, Geschlecht und die Rasse genannt, die zusammengefasst als **Identifikation** bezeichnet werden. Ob jüngere (Kummer und Goodall, 1985; Lee, 2003) oder ältere Tiere (Reader und Laland, 2001) innovativer sind, wird noch diskutiert. Bei Pferden weiß man, dass jüngere Tiere schneller lernen, interessierter an neuen Reizen und erfolgreicher in Versuchs- und Irrtumsversuchen sind (Haag et al., 1980; Mader und Price, 1980; Lindberg et al., 1999). Männliche Schimpansen *Pan troglodytes schweinfurthii* sind weniger persistent im Gebrauch von Werkzeugen und der Erschließung von neuen Nahrungsquellen (Lonsdorf, 2005); dafür zeigen sie sich im Erobern neuer Geschlechtspartner, sowie der Verbesserung ihrer Rangposition innovativer (Reader und Laland, 2001; Laland und van Bergen, 2003; Lee, 2003), als ihre weiblichen Artgenossen.

Bestimmte Merkmale der **Persönlichkeit** mögen einen Einfluss darauf haben, ob sich ein Tier innovativ verhält oder nicht. Das Konzept der "Persönlichkeit" beschreibt die Verhaltensunterschiede zwischen Individuen einer Spezies, die über ihre individuellen kognitiven Fähigkeiten hinausgehen (Gosling et al., 2003; Uher, 2011). Jedoch besteht eine Verbindung zwischen der jeweiligen Gehirnanatomie und den Persönlichkeitsattributen (DeYoung et al., 2010). Um individuelle Verhaltensweisen zu verstehen, sollten kognitive Fähigkeiten gemeinsam mit der Persönlichkeit untersucht werden (Sih und Del Giudice, 2012). So entscheidet zum Beispiel der Grad an Neophobie wie risikobereit ein Tier ist (Greenberg, 2003; Reader, 2003). Benson und Holekamp (2012) konnten bei Hyänen zeigen, dass die weniger neophoben Tiere die innovativeren waren. Ebenso waren Pferde, die als neophober eingestuft wurden, weniger erfolgreich darin, einen Futterautomaten zu bedienen, nachdem sie die Möglichkeit hatten, einem Pferd bei der erfolgreichen Demonstration zuzusehen (Krueger et al., 2014). Eine flexible Persönlichkeit ist von Vorteil, wenn es um Experimentier- (Auersperg et al., 2011) und Risikofreudigkeit geht, um dadurch neue Verhaltensweisen in das Repertoire aufzunehmen (Reader und Laland, 2003; Reader und MacDonald, 2003). Auch die Einstellung oder kognitive Verzerrung „**cognitive bias**“ mag einen Einfluss darauf haben, wie experimentierfreudig ein Pferd ist. Dabei unterscheidet man zwischen einer positiven (optimistischen) und negativen (pessimistischen) Verzerrung (Rogers, 2010). Pferde, die eine positive Grundeinstellung haben, tendieren dazu, ungewisse Situationen als angenehm oder

positiv zu bewerten, während Pferde mit einer negativen kognitiven Voreingenommenheit die gleiche Situation als unangenehm oder negativ beurteilen (Rogers, 2010). Welche Einstellung ein Pferd hat, hängt von den bisherigen Erfahrungen, vor allem vom bisher erlebten Stress ab (Rogers, 2010).

Auch beim Menschen ist bekannt, dass eine positive Einstellung und eine offene Persönlichkeit die Entfaltung von Kreativität fördern (Forgeard und Mecklenburg, 2013). Konservative Eigenschaften sind hingegen hinderlich (Lee und Antonio, 2015), wenn es darum geht, neue Strategien zu entwickeln für den Fall, dass die bisherigen nicht erfolgreich sind (Diamond Jr, 2006). Um neue Probleme zu lösen, sollte man möglichst viele verschiedene Verhaltensweisen ausprobieren (Greenberg und Mettke-Hofmann, 2001).

Ob ein Tier Probleme innovativ zu lösen vermag, hängt außerdem von seinen **motorischen Fähigkeiten** (Greenberg, 2003) und seiner Fähigkeit ab, die Abfolge der Bewegungen zu ändern (Güntürkün, 2012; Diquelou et al., 2015). Anders formuliert setzt eine Innovation nicht nur mentale, sondern auch motorische Flexibilität voraus (Diquelou et al., 2015). Das heißt, eine Innovation erfordert entweder das Entwickeln neuer Bewegungsmuster oder das Nutzen bekannter motorischer Abfolgen in einem neuen Kontext (Griffin und Guez, 2014). Zum Beispiel beinhaltet das natürliche Bewegungsrepertoire der Pferde, dass sie mit der Hinterhand ausschlagen können. Wenn sie nun gegen einen Baum treten, um an dessen Äpfel zu gelangen, stellt dies innovatives Verhalten dar (s. 5.1).

2.6.2.2 Intermediäre Einflussfaktoren

Ob ein Individuum sich innovativ verhält oder nicht, wird stark von seiner **Motivation** beeinflusst (Kacelnik, 2009; Sol et al., 2012). Belohnung als motivierender Faktor kann sowohl intrinsischer (Boakes, 1984) wie auch extrinsischer Natur sein. Die Untersuchung eines neuen Objekts oder eines Problems wird erst wiederholt, wenn sich eine potenzielle Belohnung für das Tier ergibt (Bateson, 2014). Auf der einen Seite mag es Belohnung genug sein, sich mit einem Problem auseinanderzusetzen (Miyata et al., 2011). Dies dient vor allem der Befriedigung des Spieltriebs (Greenberg und Mettke-Hofmann, 2001). Andererseits wird innovatives Verhalten vor allem gezeigt, um einen offensichtlichen Vorteil, wie zum Beispiel Futter (Lefebvre et al., 1997; Reader und Laland, 2002) zu erlangen. Zieht ein Ort mit einer potenziellen Belohnung die Aufmerksamkeit des Tieres an, dann stellt die Belohnung einen extrinsischen Faktor dar, der durch eine Veränderung der Umwelt gegeben ist (Sol und Lefebvre,

2000; Lee und Antonio, 2015). Neben der Motivation spielt auch **Stress** als intermediärer Einflussfaktor auf das innovative Verhalten eine große Rolle (Reader und Laland, 2003). Stress löst im Körper eine Reihe von Reaktionen aus, die über zwei Achsen (s. Abb. 6) gesteuert werden (Selye, 1980): in akuten Stresssituationen werden über die Sympathikus-Nebennierenmark-Achse Adrenalin und Noradrenalin freigesetzt und der Sympathikus aktiviert. Dadurch ist der Körper zu Höchstleistungen fähig. Man bezeichnet dies auch als Angriff- oder Fluchtreaktion. Falls der Stressor länger andauert, schaltet sich die Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse ein. Durch die Freisetzung von CRH aus dem Hypothalamus wird ACTH aus der Hypophyse freigesetzt, welches wiederum die Nebennierenrinde zur Sekretion von Glukokortikoiden, vor allem Kortison stimuliert (Engelhardt und Breves, 2015). Physiologisch gesehen ist Stress per se nicht als negativ zu bewerten (Selye, 1980; Badyaev, 2008). Erst wenn Stress länger andauert kann er negative Folgen auf die Fitness, in Form von Immunsuppression und Gewebeatrophie haben (Rabin, 1999; Cohen et al., 2012). Außerdem kann Stress die Entwicklung von Stereotypen positiv beeinflussen (McGreevy et al., 1995b; 1995a; Hemmann et al., 2012).

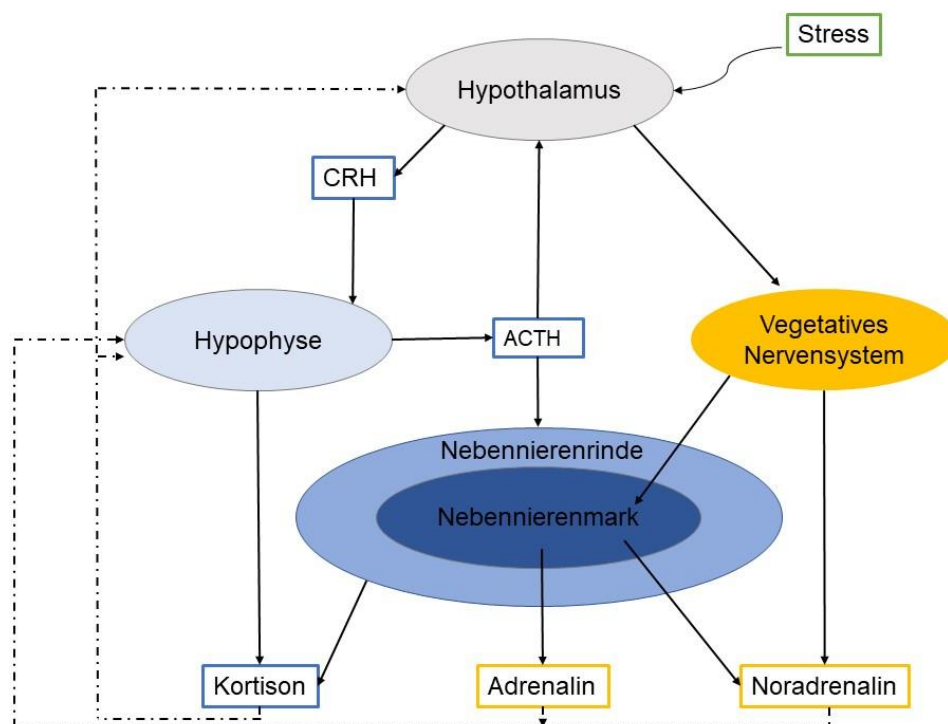


Abbildung 6: Physiologische Stressreaktion. Darstellung des Zusammenhangs der daran beteiligten Achsen a) Sympathikus-Nebennieren-Achse b) Hypothalamus-Hypophyse-Nebennieren-Achse

Der Übergang von einem Stresslevel „Eustress“, der sich positiv auf das Lernverhalten ausübt und einem zu hohen Stresslevel „Distress“, das Lernen unmöglich macht, ist fließend. Dies kann mithilfe des Yerkes – Dodson - Gesetzes (1908) beschrieben werden: zwischen der kognitiven Leistungsfähigkeit und dem allgemein-nervösen Erregungsniveau „arousal“ besteht ein inverser U-förmiger Zusammenhang. Das bedeutet, dass leichtere Aufgaben auch mit einem hohen Erregungsniveau gelöst werden können, während herausfordernde Aufgaben besser in einem niedrigen Erregungszustand gelöst werden (Mair et al., 2011; Starling et al., 2013). Ob ein Lebewesen Stress empfindet, hängt nicht nur von den äußeren Stressoren ab, sondern auch davon, wie es physisch und mental (Stressintelligenz) darauf reagiert (Badyaev, 2008). Wie die Stressintelligenz entwickelt ist, hängt von den bisher gemachten Erfahrungen (Badyaev, 2008), sowie der Persönlichkeit ab (Bergmüller, 2010; Montiglio et al., 2012). Rogers (2010) konnte zeigen, dass Mäuse eine negative Einstellung „cognitive bias“ entwickeln, wenn sie während der Gehirnentwicklung stressige Situationen erleben. Eine starke negative Einstellung geht mit einer Linksverschiebung der motorischen Lateralität einher (Marr et al., 2018). Die motorische Lateralität stellt die präferierte Nutzung eines Vorderbeins dar, während die sensorische Lateralität, die bevorzugte Verwendung der Sinnesorgane einer bestimmten Seite bezeichnet (Rogers, 2010; Forrester et al., 2018). Die Lateralität resultiert aus der jeweils kontralateralen Zuständigkeit der Gehirnhälften für unterschiedliche Prozesse. Während die linke Gehirnhälfte rationale Informationen (Lernverhalten, Routinesituationen etc.) verarbeitet, ist die rechte Gehirnhälfte für die Verarbeitung von emotionalen Eindrücken (endokrine Funktionen, Stressreaktionen etc.) zuständig (Bisazza et al., 1998; McGreevy und Rogers, 2005; Rogers, 2010; Forrester et al., 2018). Marr et al. (angenommen 2019) konnten zeigen, dass Stress bei heranwachsenden Pferden eine Linksverschiebung der motorischen, sowie der sensorischen Lateralität bewirkt. Stress entsteht bei Pferden häufig, wenn sich ihr soziales Gefüge, durch z.B. Stallwechsel oder neue Herdenmitglieder, ändert. Dadurch müssen sie neue soziale Bindungen aufbauen (van Dierendonck et al., 2004) und aufs Neue die Rangordnung klären (Hartmann et al., 2012). Die Möglichkeit, seinen sozialen Rang in der Gruppe zu verbessern, wird jedoch auch als Antriebskraft für Innovationen angesehen. Reader und Laland (2001) konnten bei Primaten zeigen, dass sich rangniedere Tiere innovativer verhalten als ranghöhere Artgenossen. Welchen Rang das Individuum inne hat, hängt nicht nur von der Persönlichkeit und

Identifikation des Tieres, sondern auch von der Gruppenkonstellation, sowie weiteren extrinsischen Einflussfaktoren ab.

2.6.2.3 Extrinsische Einflussfaktoren

Zu den extrinsischen Faktoren zählt die Umgebung. Diese setzt sich wiederum aus der Haltung, dem Training und der Nutzung zusammen. Pferde werden in der durch den Menschen geschaffenen Haltungsform häufig mit Problemen konfrontiert, die in ihrem natürlichen Umfeld nicht vorkommen (McNicholas et al., 2005). Zum Beispiel widerspricht es einem Pferd isoliert von Artgenossen gehalten zu werden und der gemäß den Leitlinien zur Pferdehaltung (BMELV, 2009) geforderte Sichtkontakt reicht oftmals nicht aus. So ist es nicht verwunderlich, dass Pferde innovative Lösungen entwickeln, um zu ihren Artgenossen zu gelangen (s. 4.2). Weitere Studien haben gezeigt, dass die Innovationsrate steigt, wenn Tiere Problemen ausgesetzt sind, für die sie noch keine passende Lösung gefunden haben (Giraldeau et al., 2007). Dies wird als „Innovation aus der Not“ (Sol, 2003) heraus bezeichnet, die durch sich häufig verändernde Umweltbedingungen gefördert wird (Sol et al., 2005a). Positiv betrachtet kann man sagen, dass komplexe und neuartige Umwelteinflüsse das Erkundungsverhalten, den Lernprozess und somit die Gehirnentwicklung stimulieren (van Praag et al., 2000). Dem gegenüber steht, dass stabile, weniger risikoreiche Umweltbedingungen Innovation fördern (Greenberg, 2003; Reader und MacDonald, 2003). Außerdem kann die Fähigkeit zur Innovation durch den Umgang bzw. das Training beeinflusst werden. Beim Menschen weiß man, dass unterschiedliche pädagogische Systeme einen hemmenden oder fördernden Einfluss auf die Kreativität und Innovation haben (Roffe, 1999). Durch falsch angewandte Trainingsmethoden kann sich das Pferd hilflos fühlen; sogenannte „learned helplessness“ (McLean und Christensen, 2017), was einen negativen Effekt auf das Wohlbefinden des Pferdes hat (Hall et al., 2008; McLean und McGreevy, 2010). Wenn zum Beispiel der Druck nicht nachgegeben wird, obwohl das Pferd schon richtig reagiert hat, dann weiß das Pferd mit diesem aversiven Stimulus nicht umzugehen und reagiert mit Hilflosigkeit (Hall et al., 2008). Dadurch ist das Pferd weniger motiviert, neue Verhaltensweisen auszuprobieren (Haag et al., 1980) und zeigt Lerndefizite (Parker et al., 2008).

Das Angebot an Ressourcen beeinflusst sowohl bei wild, wie auch in Gefangenschaft lebenden Tieren die Entstehung innovativen Verhaltens. Dies bedeutet nicht, dass unbedingt ein Mangel bestehen muss. Es kann auch eine Erhöhung der Futterauswahl (Goodwin et al., 2002) oder eine leichtere Form der Nahrungsbeschaffung die

Grundlage für eine Innovation sein. So öffnen zum Beispiel manche Pferde ihre Box, um an besonders schmackhaftes Futter in der Futterkammer zu gelangen (s. 4.2), obwohl sie mit Kraftfutter versorgt werden und ad libitum Heu zur Verfügung haben. Gajdon et al. (2006) berichten von Keas *Nestor notabilis*, die sich Nahrung aus Mülltonnen beschaffen und Fisher und Hinde (1949) von Blaumeisen *Cyanistes caeruleus*, die Milchtüten aufpicken und die Milch trinken (Aplin et al., 2013).

Ob ein Pferd alleine oder in der Gruppe gehalten wird mag einen großen Einfluss auf die Entwicklung von innovativem Verhalten haben. So lernen Pferde, die in Gruppen gehalten werden schneller als einzeln gehaltene Pferde (Rivera et al., 2002; Søndergaard und Ladewig, 2004). Es ist bekannt, dass stabile soziale Gefüge die Entwicklung von Innovationen fördern (Bond et al., 2004; Dunbar, 2009). Laut Kummer und Goodall (1985) wird Innovativität und Kreativität bei Primaten durch das Zusammenleben in einer sozialen Gruppe gefördert, da mehr Freizeit zur Verfügung steht. Außerdem kann sich im Herdenverband die Möglichkeit ergeben, neue Verhaltensweisen sozial zu erlernen (Heyes, 1994). Einerseits existiert eine positive Korrelation zwischen sozialem Lernen und innovativem Verhalten (Reader und Laland, 2002), andererseits kann die Entwicklung von innovativem Verhalten durch soziales Lernen behindert (Price, 2009; van de Waal et al., 2013) oder gedämpft (Gruber et al., 2011) werden.

2.6.3 Ansatz zur Erforschung des innovativen Verhaltens von Pferden

Bisher wurde noch nicht wissenschaftlich belegt, dass Pferde innovatives Verhalten zeigen.

Es ist gängig sich der Erforschung dieses Themas auf zwei Wegen anzunähern:

1) Innovation Counts: Dabei werden spontane Innovationen beobachtet und die daraus resultierenden Daten gesammelt (Griffin und Guez, 2014). Zum Beispiel suchten Lefebvre et al. (1997) in ornithologischen Fachzeitschriften systematisch nach innovativem Verhalten von Vögeln und untersuchten dies in Zusammenhang mit der relativen Größe des Vorderhirns.

2) Innovative Problem Solving: In einem experimentellen Ansatz werden Tiere mit einem neuen Problem oder einer unbekannten Situation konfrontiert (Griffin und Guez, 2014). In den meisten Versuchen zum innovativen Verhalten mussten die Tiere eine neue Aufgabe lösen, um an Futter zu gelangen (Griffin und Guez, 2014). Zum Beispiel wurde untersucht ob Tüpfelhyänen *Crocuta crocuta* eine Puzzlebox, in der das Futter sichtbar war, öffnen können (Benson-Amram und Holekamp, 2012) oder ob

Blaumeisen *Cyanistes Caerulus* einen Deckel öffnen können, unter dem Futter versteckt war (Aplin et al., 2013).

Diese Vorgehensweisen wurden in der vorliegenden Arbeit angewandt. Im Rahmen des Bachelorstudienganges Pferdewirtschaft an der HfWU Nürtingen-Geislingen wurde 2013 ein Fragebogen (verfügbar in Deutsch und Englisch) konzipiert, der Pferdebesitzer und -trainer weltweit nach **untypischen Verhaltensweisen** von Pferden befragt. Des Weiteren wurden die Internetplattformen Facebook und Youtube nach Videos von innovativen Pferden durchsucht. Die Fragebogen und Videos wurden überprüft und für den Fall, dass sie innovatives Verhalten darstellen, in eine Datenbank integriert. Erste Analysen der Daten wurden in der Bachelorarbeit von Simone Weil (2014) vorgestellt. Dabei konnte gezeigt werden, dass Pferde innovativ sind.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde der vorhandene Datensatz zum innovativen Verhalten erweitert und analysiert. Unter anderem konnte festgestellt werden, dass ein Großteil der Pferde **innovatives Verhalten zeigt, um Türen und Tore zu öffnen**. Aus diesem Grund wurde ein zweiter Fragebogen konzipiert, der explizit nach Pferden, die Türen und Tore öffnen fragt. Der Fragebogen ist auf Deutsch, Englisch und Französisch verfügbar und wurde über verschiedene Medien verbreitet. Des Weiteren wurde ein **experimenteller Ansatz** zur Erforschung der Innovativität von Pferden entwickelt. Dafür wurde ein Futterautomat konzipiert, der von den Pferden ohne vorherige Demonstration bedient werden sollte. Um mögliche Einflussfaktoren auf das innovative Verhalten zu überprüfen, wurden das individuelle Level an Stresshormonen, die Persönlichkeit und das Verhalten im Umgang mit der Testsituation, sowie die motorische und sensorische Lateralität der Pferde ermittelt.

3 Zielsetzung der Arbeit

3.1 Neuartige Verhaltensweisen

Mithilfe einer Umfrage (Fragebogen I) soll erfragt werden, ob Pferde neue Verhaltensweisen zeigen, die als innovatives Verhalten gewertet werden können. Außerdem stellt sich die Frage wovon das Auftreten innovativen Verhaltens abhängt. Dabei soll vor allem hinterfragt werden, ob Innovationen zur Befriedigung eines Bedürfnisses entwickelt werden oder als eine Erweiterung der Möglichkeiten dienen. Die daraus resultierenden Ergebnisse sollen dabei helfen, die Haltung und den Umgang mit Pferden moderater gestalten zu können. Dies mag eine erhebliche Verbesserung des Wohlbefindens des Pferdes in seinem vom Menschen geschaffenen Lebensraum mit sich bringen.

3.2 Pferde öffnen Türen und Tore

Aufbauend auf dem Fragebogen zu neuen Verhaltensweisen von Pferden, wurde ein weiterer Fragebogen (II), der speziell auf die Fähigkeit von Pferden Türen und Tore zu öffnen, eingeht. Für das Pferd als Lauf- und Fluchttier mag das Leben auf eingeschränktem Raum eine der größten Anpassungen seit seiner Domestikation darstellen. Darum ist anzunehmen, dass Pferde sich innovativ verhalten, um Türen und Tore zu öffnen. Mithilfe des Fragebogens, sowie Videos von den Internetplattformen „Youtube“ und „Facebook“ soll ermittelt werden, ob Pferde Türen und Tore öffnen und wenn ja, wie sie diese öffnen. Außerdem wird hinterfragt, ob dies von individuellen Faktoren, der Haltung oder von der Art des Schlosses selbst abhängt. Ziel ist die kognitiven Fähigkeiten von Pferden besser zu begreifen und die Sicherheit von Menschen und Tier durch ein Angleichen der Haltungsbedingungen zu verbessern. Dies bedeutet nicht, dass es darum geht, durch weitere Maßnahmen die Pferde sicher unter Verschluss zu halten, sondern durch ein Hinterfragen der Gründe, warum Pferde Türen und Tore öffnen, das Wohlbefinden der Pferde im Zusammenleben mit dem Menschen weiter zu erhöhen und ihnen gegebenenfalls die Motivationsgrundlage für das Öffnen der Türen und Tore zu entziehen.

3.3 Futterautomat im Experiment

In einem experimentellen Ansatz soll überprüft werden, ob das innovative Verhalten von Pferden induzierbar ist. Und wenn ja, von welchen Faktoren das Auftreten innovativen Verhaltens, beeinflusst wird. Ob die individuellen Voraussetzungen (Alter,

Größe, Geschlecht), die Persönlichkeit, sowie die Lateralität und das Level an Stresshormonen einen Einfluss auf die Innovativität haben, kann vor allem für die zukünftige Auswahl von Pferden zu speziellen Nutzungszwecken eine Rolle spielen. Des Weiteren ist der Einfluss von Stresshormonen auf das Lernverhalten interessant in Bezug auf Trainingsmethoden und die Gestaltung des Umfelds, während des Trainings und der Aufzucht.

Insgesamt wird somit eine Methode für die weitere Erforschung der Intelligenz von Pferden überprüft, außerdem nach den Ursachen, die diese beeinflussen mögen gesucht.

4 Kumulativer Teil der Dissertation

4.1 Futterautomat im Experiment

Laureen Esch, Michael Erhard, Caroline Wöhr und Konstanze Krueger, in *Animals*: “The horses’ (*Equus caballus*) laterality, stress hormones and task related behavior in innovative problem-solving”, DOI: <https://doi.org/10.3390/ani9050265>,
angenommen am 18. Mai 2019

4.1.1 Zusammenfassung und Diskussion

Dieses Kapitel stellt einen experimentellen Ansatz zur Untersuchung des innovativen Verhaltens von Pferden, sowie mögliche Einflussfaktoren vor. Dafür wurde ein spezieller Futterautomat konstruiert, dessen erfolgreiche Bedienung ohne vorherige Demonstration als innovatives Verhalten angesehen werden kann. Um zu testen, ob die Konstruktion des Futterautomaten für diesen Zweck geeignet ist, wurden vor dem Start des Hauptexperiments, Vorversuche an 28 Pferden durchgeführt (s. 5.2). Dabei ging es darum, ob die Pferde es schaffen, Futter aus dem Automaten zu lösen und wenn ja, wie lange dies im Schnitt dauert. So konnte vorab festgelegt werden, wie lang die Zeitspanne sein sollte, in der die Pferde mit dem Automaten getestet werden. Der Futterautomat stellte sich als geeignet dar und wurde im Rahmen der vorliegenden Studie eingesetzt.

Die Hauptversuchsreihe umfasste insgesamt 16 Pferde, die mit dem Futterautomaten konfrontiert wurden und 38 Stunden Zeit hatten, um eine innovative Lösung für das Bedienen des Futterautomaten zu finden. Des Weiteren wurde untersucht, ob das Auftreten innovativen Verhaltens von individuellen Faktoren (Alter, Größe, Geschlecht), der motorischen und sensorischen Lateralität, Stresshormonen und außerdem von dem Verhalten in der Testsituation (Aktivität, Latenz, Persistenz, Tenazität und Futtermotivation) beeinflusst wird.

Insgesamt schafften es vier Pferde den Futterautomaten vollständig zu leeren und konnten als innovative Pferde angesehen werden. Weitere sechs Pferde schafften es teilweise, Futter aus dem Automaten zu bekommen und die verbliebenen sechs Pferde waren nicht im Stande, den Futterautomaten erfolgreich zu bedienen. Es konnte gezeigt werden, dass die innovativen Pferde sensorisch und motorisch links lateral waren, tendenziell höhere Basalwerte der Glukokortikoid Metaboliten im Kot aufwiesen, aktiver und ausdauernder waren und eine höhere Latenzzeit (inhibitory control) zeigten, als nicht innovative Pferde.

Es muss diskutiert werden, ob die Pferde den Mechanismus durch Versuch und Irrtum lösten oder logisches Denken und Einsicht gebrauchten. Einerseits mag sein, dass sie nur durch Zufall Futter aus dem Automaten zu lösen im Stande waren und durch die positive Verstärkung des Futters, erfolgreich zu einer Lösung kamen. Andererseits, brauchten die innovativen Pferde zunächst länger, bis sie sich dem Futterautomaten annäherten und waren außerdem ausdauernder darin, eine Lösung für das Problem zu finden. Diese Zeichen sprechen für höher kognitive Vorgänge.

Die Ergebnisse sollen einen Beitrag zu einem besseren Verständnis der kognitiven Fähigkeiten von Pferden leisten und somit eine Möglichkeit bieten, die Haltungs- und Trainingsbedingungen zu verbessern.

4.1.2 Darstellung der Eigenleistung

Aufbauend auf den Ergebnissen der Studien unter 4.2 und 5.1, sowie der vorhandenen Literatur zur Innovation von Tieren, wurde deutlich, dass ein experimenteller Ansatz notwendig ist, um das innovative Verhalten von Pferden untersuchen zu können. In Anlehnung an bei anderen Tierarten durchgeführten Versuche, wurde das Studiendesign selbstständig entwickelt und der Futterautomat entworfen und gebaut. Zunächst wurde der Futterautomat in einer Pilotstudie getestet und die Fehlerquellen analysiert. Die für die Pilot- und Hauptstudie benötigten Pferdeställe wurden eigenständig gesucht und kontaktiert. Alle Versuche der vorliegenden Studie wurden eigenhändig durchgeführt: der Versuch zur Futterakzeptanz, die medizinischen Untersuchungen im Vorfeld, die Beobachtungen zur Ermittlung der motorischen Lateralität, die Installation des Futterautomaten und der Videotechnik, die Sammlung der Kotproben für die GCM Analysen, Extraktion der Proben im Labor (Vorbereitung der Proben für das EIA) und Auswertung der Videodateien. Nachdem die Daten vorlagen, wurden die statistischen Analysen eigenständig vorgenommen. Des Weiteren wurde das Manuskript, incl. Grafiken etc. selbst verfasst und nach Korrektur durch die Koautoren, sowie einer Verbesserung der englischen Sprache eingereicht. Außerdem wurde die Finanzierung des vorliegenden Teilprojekts mithilfe eines Crowdfunding Projekts in Eigenregie realisiert. Als Entgegenkommen für den Hauptsponsor *WuWei Verein* wurde während der Fertigstellung der Arbeit noch ein Artikel für das Magazin *Piaffe* verfasst (Ausgabe 24, 1/2019).



Article

Horses' (*Equus Caballus*) Laterality, Stress Hormones, and Task Related Behavior in Innovative Problem-Solving

Laureen Esch ^{1,2,*}, Caroline Wöhr ¹ , Michael Erhard ¹ and Konstanze Krüger ^{2,3}

¹ Department of Veterinary Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Animal Hygiene and Animal Husbandry, Chair of Animal Welfare, Ethology, Ludwig Maximilian University Munich, Veterinaerstr 13/R, 80539 Munich, Germany; caroline.woehr@tierhyg.vetmed.uni-muenchen.de (C.W.); m.erhard@tierhyg.vetmed.uni-muenchen.de (M.E.)

² Department Equine Economics, Economics and Management, Faculty Agriculture, Nuertingen-Geislingen University, Neckarsteige 6-10, 72622 Nuertingen, Germany; konstanze.krueger@hfwu.de

³ Zoology/Evolutionary Biology, University of Regensburg, Universitaetsstraße 31, 93053 Regensburg, Germany

* Correspondence: laureen.esch@gmx.de; Tel.: +4-984-569-186-099

Received: 2 March 2019; Accepted: 18 May 2019; Published: 22 May 2019



Simple Summary: In order to ensure species-appropriate horse keeping and management, knowledge about horses' cognitive abilities is essential. One parameter used to measure the cognitive abilities of a species is their capacity for innovative behavior. In this study 16 horses where confronted with a novel problem, i.e., an unknown feeder. When a horse emptied the feeder completely it was considered to be innovative. We found 25% of the horses to be innovative. Horses' propensity to innovate was mediated by individual behavioral differences and former life experiences. We conclude that horses' keeping conditions and welfare may be improved by environmental enrichment which promotes the development of innovative behavior.

Abstract: Domesticated horses are constantly confronted with novel tasks. A recent study on anecdotal data indicates that some are innovative in dealing with such tasks. However, innovative behavior in horses has not previously been investigated under experimental conditions. In this study, we investigated whether 16 horses found an innovative solution when confronted with a novel feeder. Moreover, we investigated whether innovative behavior in horses may be affected by individual aspects such as: age, sex, size, motor and sensory laterality, fecal stress hormone concentrations (GCMs), and task-related behavior. Our study revealed evidence for 25% of the horses being capable of innovative problem solving for operating a novel feeder. Innovative horses of the present study were active, tenacious, and may be considered to have a higher inhibitory control, which was revealed by their task related behavior. Furthermore, they appeared to be emotional, reflected by high baseline GCM concentrations and a left sensory and motor laterality. These findings may contribute to the understanding of horses' cognitive capacities to deal with their environment and calls for enriched environments in sports and leisure horse management.

Keywords: innovative behavior; brain lateralization; glucocorticoid metabolites; behavioral traits; equine cognition

1. Introduction

The growing importance of horses as sports and leisure partners [1] and the demand for improved animal welfare [2] calls for a better understanding of equine cognition to ensure that their mental performance is neither under- nor overestimated [3]. It also calls for improving horse management and training programs [1]. One of the potential measures for animal cognitive abilities is considered to be innovativeness [4–7], which is often measured by using a problem-solving task [8–11]. Innovativeness is defined as a novel solution to environmental challenges and animals finding solutions to a novel problem can be considered to be innovative [12]. Previous studies investigated whether and how animals develop an innovative solution when confronted with a novel problem (e.g., [13–18]) such as an unfamiliar feeder (different avian species: [19]; primates: [12,20]).

Innovative problem-solving abilities can be influenced by several factors. Firstly, the age, sex, or size may be influential [8]. In a variety of species young animals display more innovative behavior than adults (primates: [12]; hyenas: [21]; birds: [22]; meerkats: [11]). However, in a study on anecdotal reports about innovative behavior in primates, adults showed higher innovation rates than juveniles [23]. Furthermore, the ability for innovative problem-solving may differ between the sexes (great tits: [24]; primates: [23]; meerkats: [11]). The individual size of the animal, motor diversity, as well as body strength may also influence the individuals' abilities to solve the problem as the animals have to deal with an experimental setup installed at a certain height [8].

Secondly, the propensity to behave innovatively in a problem-solving task may be influenced by the degree of the animal's lateralization, as described for New Caledonian crows [25] and parrots [26]. Sensory laterality is defined as the preferential use of sensory organs of a particular side and motor laterality is defined as the preference for the use of forelimbs, paws, claws, or hands of a particular side [27]. In horses, the left forelimbs and their laterally placed eyes and ears are largely connected to the right brain hemisphere, and vice versa [28]. While the left hemisphere has been shown to be preferentially used for established learned responses, categorization of stimuli and approach behavior, the right hemisphere has been proposed as being dominant in information processing for emergency reactions, stress responses, novelty, and social interactions [29–36]. The motor laterality is assumed to be the result of brain hemispheric modulation through former experiences and training [27,37]. Sensory laterality may be independent of previous experiences and may change more flexible between left and right organ use with different tasks than reported for motor laterality [31,38]. Rogers [39] suggests that more strongly lateralized animals should have enhanced cognitive abilities and, should be more adaptive to novel challenges, contradicted by Marshall–Pescini [40], who found, that, strongly right- and left-pawed dogs, were slower to obtain feed from a novel feeding device.

Thirdly, stress hormone concentrations may influence an animal's learning performance as low or moderate levels of glucocorticoids may enhance cognitive function, while high glucocorticoid concentrations may reduce the learning performance [41–43]. Individual glucocorticoid concentrations can be the result of former life experience [44] and affect how an animal reacts when trying to find an innovative solution for a novel problem [8].

Fourthly, the animal's success in an innovative problem-solving task may also depend on the animal's activity, motivation, and persistency, as it is shown for common mynas [18], guppies [45], great tits [24], and chimpanzees [46]. The attention needed to solve a problem may be reduced in highly active animals, as in common mynas [18]. This is contradictory to great tits, where success in an innovation task, may reflect higher activity levels [24]. The latency to approach a novel problem [8] is used as a measurement to test the animal's motivation for problem-solving [13,18,19]. In addition, the tenacity to continue a behavior, even when it is not rewarded [47], and the persistency of interactions with a novel problem [8] have been considered to be important for problem-solving, as it offers a greater diversity of approaches and increases the chance for finding a solution [8]. Innovative problem-solving behavior, such as operating an unfamiliar feeder, may be performed by chance first and then reinforced by the acquisition of food rewards [24]. Therefore, horses' feeding motivation [48] may be crucial for their propensity to innovate in a feeding task.

A recent study based on anecdotal reports showed that horses are innovative in opening door and gate mechanisms (Krueger et al. submitted, [49]), but experimental evidence for innovativeness in horses is still missing. The aim of this study was to establish whether 16 horses of mixed ages and breeds would show innovative behavior when confronted with an unfamiliar feeder. We asked whether innovative behavior of horses would be affected by their a: age, sex, and size [50–53], b: motor and sensory laterality [35], c: glucocorticoid concentrations [54], and d: trait related behavior—latency, activity, tenacity, persistency, and individual food motivation [8,47,48,55].

2. Materials and Methods

2.1. Study Period and Location

The tests were conducted from May to June 2017 in a private riding stable in central Bavaria, Germany. The test horses were housed in individual boxes with straw bedding. Each horse received individually portioned concentrated feed and hay three times per day according to its needs and had free access to water and a mineral licking stone. Each day, the horses were walked for one hour in a horse walker, turned out on a single paddock for one to three hours without feed or grass, returned to the stable for feeding, and afterwards turned out on pasture with social contact for one to three hours. In addition, the horses were ridden, driven, and/or worked on the ground at leisure level. On the experimental days, the tested horses were exercised and handled as usual to preserve the daily routine.

2.2. Animals

The study started with 17 horses of mixed ages, sex (8 mares, 9 geldings) and breeds (13 warmbloods and 4 ponies [56,57]). All horses were in good feeding condition (BCS 5–6 on a scale from 1 to 9 [58]). None of the horses had any previous experience with the feeder.

Prior to the experiment, the horses were tested to see whether they would eat the feed to be used in the experiment. Each horse was offered the same amount of feed (150 g) and the time taken to consume it was documented. One warmblood horse did not accept the feed and was excluded from the experiment. Hence the study included 16 horses (8 geldings and 8 mares; age 7–25 years, median 15 years). Furthermore, all horses were subjected to a thorough physical examination by a veterinarian before the start of the test. This included an examination of the eyes and a check of the teeth and the mobility of the head. None of the horses had any physical restrictions.

2.3. Experimental Area

The horses were tested in their own boxes, and each box conformed to the measurements prescribed in the German guidelines for horse keeping [59]. The boxes were closed on four sides and were made of wood up to a height of 130 cm and of lattice bars up to the height of 233 cm. The feeder was installed above the feeding trough. The feeding troughs were either on the left or the right side of the box (Figure 1) and the entrance to the box was beside the feeding trough.

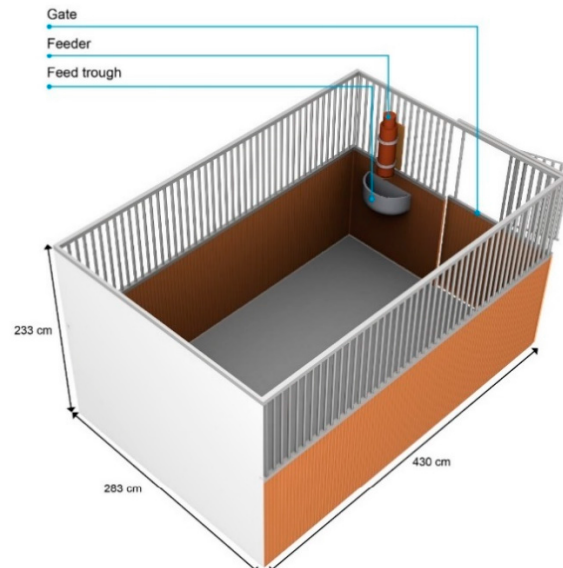


Figure 1. The horse's box as experimental area, type A. See Supplementary Material Figure S1 and S2 for type B.

2.4. Feeder and Testing Conditions

The feeder was similar to a casing tube with a pendulum (Figure 2 and Figure S3). When a horse moved the rod with the muzzle, a crossbar was rotated inside the feeder, and small quantities of feed trickled onto the collection plate, and with further rotation of the rod the feed fell from the collection plate in the feeding trough. The feeder was filled with three kg (according to the feeding recommendation of the feed producer DERBY) concentrate pellets (DERBY Struktur-Fit: 9.09 MJ DE; 21.7% Crude fiber; 12.5% crude protein). The upper end of the tube was closed with a lid which could be removed for refilling (see Figure S3). Inside the horse's box, the feeder was fastened with tension belts on the grid above the feeding trough.

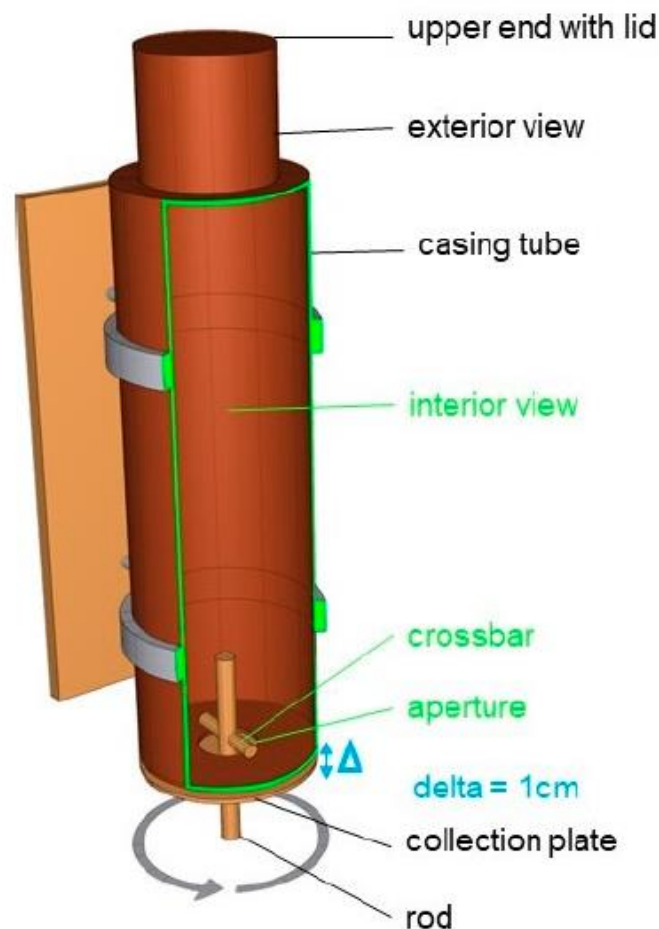


Figure 2. Operation mode of the feeder. When the animals turn the rod, feed falls through the aperture ($\varnothing$ 6.5 cm) on a plate 1 cm below. Further turning of the rod and the plate makes the feed fall into the horses feeding trough. The rod can be turned to the right and left side.

2.5. Experimenters

Two experimenters participated in the study: Experimenter 1 installed the experimental set up, checked and filled the feeder, collected the data, and analyzed the videos and observed the horses. For calculating the interrater reliability of the horse's sensory and motor laterality the experimenter 1 was supported by a trainee. Experimenter 2 was a member of the stable staff and led the horses to and from the boxes. After releasing the test horse at the entrance to the box, he/she immediately turned away from the horse and the box and moved out of sight of the horse. The stable staff consisted of three men and one woman.

2.6. Experimental Procedure

The testing of each horse took place over 38 h in total. This time span was chosen because horses needed 28 h at most to empty the feeder in a preliminary experiment on testing the function of the feeder. The preliminary experiment was conducted in another stable, with additional 27 horses of mixed ages (1–32 years, median 13.85 years), sex (19 mares, 6 geldings, 2 stallions) and breeds (12 Arabian horses, 7 quarter horses, 2 warmblood horses, 6 crossbreed horses). Over 38 h, the horse had the opportunity to learn to operate the feeder. The experimental duration was set at 38 h in total, due to

stable management and for adding a time buffer. The feeder was filled with food to provide positive reinforcement if the horse was successful. To exclude the possibility of social information transfer between test horses a screen was installed between the test horses' boxes and the neighboring boxes. Camcorders were used to record the experiment (see Section 2.8).

2.7. Habituation Phase

The test horses were habituated and tested one by one. On the day before the test, the screen was installed between the test horse's box and the neighboring horse. The test horse then had time to habituate to the screen. A horse was habituated when it stood relaxed in the box and showed usual activities such as eating [60,61]. All horses habituated to the screen in <5 min.

2.8. Test Phase

On the test day, the feeder was installed in the box while the test horse was on the pasture. The tube of the feeder was filled with three kg of feed. Camcorders were installed, the picture quality was checked, and the recording was started. We continuously collected data with two camcorders (Raspberry Pi 2 CamBox, Pollin, Pfoerring, Germany) using motion detectors so that only the horse's movements were recorded. One camera focused on the feeder, the other provided an overview of the box. The cameras were synchronized for recording analog test dates and times. An infrared lamp was installed in the box for night recording. The videos were stored via a router (FRITZ! Box 3170, AVM, Berlin, Germany) on a notebook (NC10 Plus, Samsung, Seoul, South Korea).

The test horses were collected at pasture and led to their box. Since the horses were used to being handled from the left, the test horses were always led at their left side until they reached the entrance to their box. They were released in front of the box and they walked into their box alone to prevent the experimenter from influencing the horse's first exploration of the feeder. The experiment started as soon as the horse entered the box with its entire body. The next day, experimenter 1 checked how much feed was left in the tube. If the horse had emptied it completely, the test was completed and the feeder was removed. If there was still feed in the tube, the test continued for another day and stopped after 38 h.

2.9. Data Collection

First, we determined the propensity to behave innovatively. The amount of consumed feed was weighed after the test and considered a measurement of innovativeness. When the feeder was completely empty the horse was successful and termed an 'innovative problem-solver'. Learning the mechanism of the feeder was considered to be established in these horses, as emptying the feeder included multiple action sequences at different locations, the feeder and the food trough. If a horse just ate a limited amount of the feed but did not empty the whole feeder within the two days, we could not prove established, repeatable learning processes [7,8] and could not rule out that some may have opened the feeder simply by chance without any understanding of the mechanism. We considered the horse partially successful and termed them as a 'by chance problem-solver'. In the case of a horse not being able to get feed from the feeder it was defined as 'non-problem-solver'. The factors that may influence the propensity to innovate have been determined as follows.

2.9.1. Laterality

The sensory laterality of the horses was analyzed from the video recordings by noting with which side of the head the horse turned towards the novel feeder for their first approach, when contacting the feeder. This was visible in all cases either from the camera which recorded the feeder or from the camera which recorded the whole box. An approach of the horse to the feeder was counted, when a contact with the feeder followed the approach. A lateral approach was counted when the horse twisted its head and body more than 10° to the left or to the right to approach and contact the feeder (Supplementary Material Figures S4 and S5) with a particular eye. 10° shifts between right and left eye

use were clearly visible and indicate monocular eye choice, even though, the binocular field comprises 35° in horses [62,63]. When the horse approached the feeder head-on, the approach was rated neutral, i.e., binocular (Supplementary Material Figures S4 and S5).

A new approach and contact was counted when the interaction with the feeder was interrupted for more than 10 seconds, in accordance with the duration of short-term memory reported in horses [64,65]. Sensory laterality was determined on the basis of the number of occurrences within the time period of the test (cf. [66]). 5% of the videos were rated by a second person to evaluate interobserver reliability in rating the sensory laterality of the approaches. The agreement with experimenter 1 was Kappa = 0.88.

The motor laterality of the test horses was analyzed while they were grazing on the pasture in the weeks before the experiment was started. We documented which front leg was placed in front every 10 seconds until we had 200 recordings. These observations were distributed over three consecutive days for each horse [35]. To determine the interobserver reliability the motor laterality counts of three horses were observed by a second person on the pasture and Kappa between the two observers was calculated ($K = 0.96$).

A sensory and motor laterality index [27,30] was calculated for each horse by applying the formula $LI = (R - L)/(R + L)$. Where L stands for number of left scores and R for the number of right scores. The index can take a value between −1 and 1, in which the negative score stands for a preference for the left sensory organs or legs, while a positive result greater than 0 up to +1 indicates a preference for the right ones and an index equal 0 means an ambilateral use of the left and right side. The absolute value of the lateral index ($|LI|$) is a measurement of the strength of lateral bias irrespective of the direction of the bias. To determine whether a preference of an individual horse was significant, Z scores $(L - (L + R/2)/\sqrt{((L + R)/4)})$ were calculated [27]. A z-score ≥ 1.96 or ≤ -1.96 indicates a lateral bias, a value between these two scores indicates no lateral bias (ambilateral).

2.9.2. Stress

We evaluated the horses GCMs as a measure of the individual's base level of stress [67]. The mean glucocorticoid baseline value was determined from three fecal samples per horse taken on three consecutive days prior to the experiment between 6:00 and 7:00 a.m., as the glucocorticoid values underlie circadian variations [67]. Another sample was taken at 6:30 a.m. on the second day of each individual's test phase and provided the stress hormone concentration of the first test day because of the 24 h excretion delay of horse feces [68,69]. To preserve the samples, the feces were dried as described and published elsewhere [70]. According to Krueger et al. [70] 1.5–2 g of fresh feces (from five different areas in the pile) were weighed with a spoon scale (technoline KW-120), rolled in a teabag (Cilia S) and dried with 20 mL silica gel (SiO_2 ; Steiner Chemie ST Trockenperlen) in a 50 mL tube.

For GCM extractions from dried samples, we used 0.5 g of horse feces. Cortisol metabolites were extracted from horse feces with the simplified method described by Flaucher et al. [71]. In short: 0.1 g dry feces, plus 1 mL water and 4 mL methanol were vortexed for 30 min. The methanolic suspension was centrifuged. A small part of the supernatant was diluted in assay buffer and frozen until EIA analysis. The glucocorticoid values are given in ng/g. The samples were analyzed at Nuertingen-Geislingen University by using enzyme immunoassays validated for the analysis of GCMs in horse feces.

2.9.3. Task Related Behavior

We primarily used the camera recordings which focused on the feeder for the analysis. The recordings from the overview camera were used for clarification when a video sequence was ambiguous. All times are given in minutes.

(a) Activity

As the horses' movements started the video cameras, the sum of the duration of the video sequences is equal to the sum of being in motion of the horse and was used to document the horse's activity.

(b) Persistency

When the feeder was touched with the horse's muzzle a contact was registered. The number of each test horse's contact with the feeder is defined as the horse's persistency to solve the problem.

(c) Latency

The real time duration until first contact was taken as a measurement of the individual latency to approach the feeder.

(d) Food motivation

The time taken until the feed was consumed in the pre-trial was used as a measure for possible motivational influences of the feed on the success in the experiment. The longer a horse needed to eat the feed, the less it may have been motivated to operate the feeder [48].

(e) Tenacity

The duration of time spent with the feeder was calculated by summing the durations of contact with the feeder. Thereafter, we calculated the duration each particular horse spent with the feeder in relation to its activity, by dividing the duration spent with the feeder by the horses' activity. In this way, we could exclude the influence of the individual activity on the horses' tenacity.

2.10. Statistical Analyses

We applied the R-project statistical environment (R version i368 4. 4 2018, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria) and the package R-commander. As some variables were not normally distributed (Shapiro–Wilk test), we applied non-parametric tests. We applied generalized linear mixed models (GLMMs) for considering random and fixed effects on the dependent variable 'amount of food consumed (g)', as a measurement for whether horses were innovative in a few trials. The model was set at family 'gaussian', the ID of the horses considered as random factor and the specific factors age, sex, size, motor and sensory laterality, basal and test value of the glucocorticoid metabolites, activity, latency, persistency, food motivation, and tenacity as fixed factors. After the stepwise removal of factors, the model with the best fit (with the lowest AIC index) was chosen. The complete and reduced models are provided in the Supplementary Material as File S2. For evaluating the significance of the horses' individual sensory and motor laterality, we calculated z-scores [27] (Supplementary Material Tables S1 and S2). All tests were two-tailed and the significance level was set at $p < 0.05$.

2.11. Ethical Statement

We obtained permission from all persons that participated in this study to publish the data. This study was non-invasive, needed no approval by local ethics committees, and complies with the Guidelines for Ethical Treatment of Animals in Applied Animal Behaviour and Welfare Research (ISAE Ethics Committee, 2017).

3. Results

We found that 4 horses (25%) out of 16 were innovative problem-solvers and emptied the feeder completely. An additional six horses (37.5%) solved the mechanism of the feeder by chance (by chance problem-solvers) but consumed only some feed (feed consumption: $n = 6$, median = 560 g, min = 350 g, max = 2100 g). The remaining six horses did not manage to get feed from the feeder and were termed non-problem-solvers. The horses' age and the GCM values of the test day did not influence the innovative problem-solving ability and could be excluded, while reducing the AIC index. Furthermore, the persistency, the motor and sensory laterality, the food motivation (as a measure for the time needed to consume 150 g of feed in a pretest), and the horses' size (withers' height) had no significant influence on whether horses solved the problem innovatively (GLMM: $n = 16$, all $p > 0.01$).

3.1. Horses' Sex and Innovative Problem-Solving

The sex tended to influence the propensity to behave innovatively: the innovative problem-solvers were two females and two males, but four of the six horses who solved the problem by chance were males (GLMM: $n = 16$, $SE = 0.03$, $t = -2.809$, $p = 0.07$).

3.2. Laterality and Innovative Problem-Solving

Of the 16 test horses, 10 showed left motor laterality, 2 right motor laterality, and 4 showed no significant preference of a particular side (ambilateral) (z-scores, Supplementary Material Table S1). Seven horses showed significant left sensory laterality, two showed right sensory laterality and seven were ambilateral (z-scores, Supplementary Material Table S2). Although the motor and sensory laterality had no significant influence on the propensity to behave innovatively, all the four innovative problem-solvers, displayed significant left motor (z-scores, Supplementary Material Table S1) and three of them significant left sensory laterality (z-scores, Supplementary Material Table S2).

3.3. Stress Hormones and Innovative Problem-Solving

The GCM baseline values tended to have an effect on the amount of feed consumed (GLMM: $n = 16$, $t = 2.404$, $SE = 1.85$, $p < 0.095$). When comparing groups, on average, innovative problem-solvers and by chance problem-solvers tended to have higher GCM baseline values than the non-solvers (Figure 3).

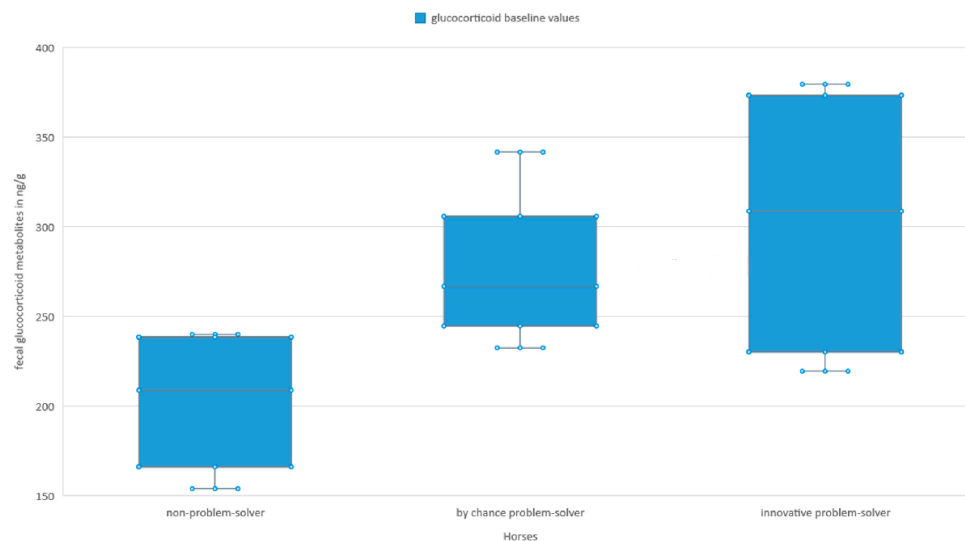


Figure 3. Glucocorticoid metabolites baseline values in the feces of the test horses (innovative problem-solver: $n = 4$, median = 308.57 ng/g, min = 219.37 ng/g, max = 379.34 ng/g; by chance problem-solver: $n = 6$; median = 266.68 ng/g, min = 232.39 ng/g, max = 341.50 ng/g; non-problem-solver: $n = 6$, median = 208.76 ng/g, min = 153.85 ng/g, max = 239.87 ng/g). The box comprises 50% and the lower and upper whisker 25% of the variability each. The line in the middle visualizes the median.

3.4. Task Related Behavior and Innovative Problem-Solving

The amount of feed consumed was significantly affected by the horses' level of activity (GLMM: $n = 16$, $t = 3.847$, $SE = -0.67$, $p = 0.03$). When comparing groups, innovative and by chance problem-solvers were more active than the non-problem-solver horses (Figure 4). Furthermore, the time from the beginning of the test until the first contact to the feeder affected the amount of feed consumed (GLMM: $n = 16$, $t = 7.141$, $SE = -0.74$, $p < 0.01$). In comparison to the by chance problem-solvers and the non-problem-solvers, the innovative problem-solvers needed significantly

more time from the beginning of the test until they contacted the feeder for the first time (Figure 4). The time spent interacting with the feeder had a significant effect on the amount of feed consumed (GLMM: $n = 16$, $t = 7.714$, $SE = 0.14$, $p < 0.00$). When comparing groups, on average, horses who solved the problem innovatively and by chance invested significantly more time interacting with the feeder than the non-problem-solvers (Figure 4).

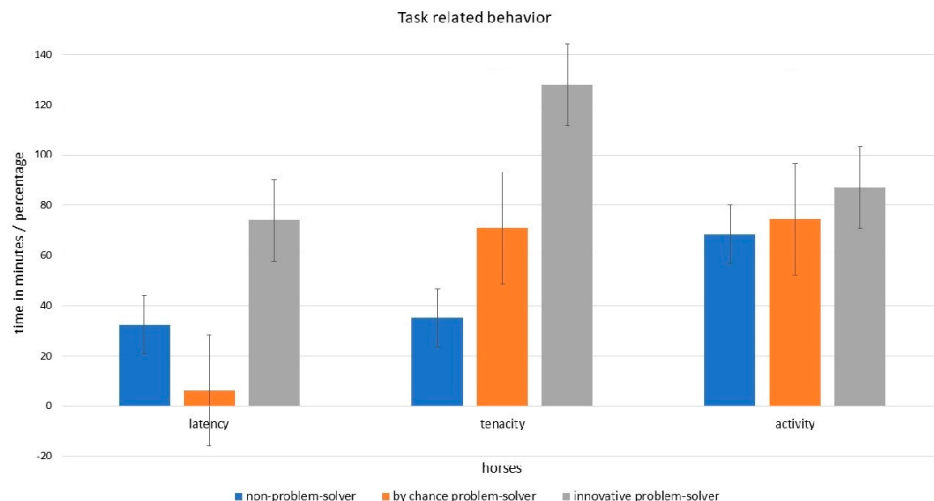


Figure 4. Task related behavior of the test horses. The activity is calculated from the animal's level of being in motion. As the activity covers a longer lapse of time, the minutes were divided by 10 to be graphically comparable to the other behaviors in this figure. The animals' latency is calculated from the duration until first contact with the feeder. The duration of time spent with the feeder is the ratio from the time spent with the feeder to the active time. Therefore, the time effort is given as a percentage. The bars indicating the standard errors.

4. Discussion

The present study found 25% of 16 horses to be innovative in solving a problem (i.e., in operating an unknown feeder), which is comparable to ratios of innovations in wild vervet monkeys, *Chlorocebus pygerythrus* (32% of 53) [72].

Our findings suggest that problem-solving abilities in horses are mediated by individual differences in task related behavior as shown in previous studies (hyaenas, *Crocuta Crocuta*: [21]; indian myna, *Acridotheres tristis*: [15]; wild meerkats, *Suricata suricatta*: [11]). We found that innovative horses were more active while being tested, which is supported by a study in which horses with higher activity performed better in an acquisition task, than horses with lower activity [55]. In accordance with previous studies [11,17,47], the innovative and by chance problem-solver horses had a higher tenacity to solve the problem, than non-problem-solver horses. This is also supported by studies [73,74] which demonstrated that animals that explore more slowly had higher problem-solving abilities. However, a greater tenacity for problem-solving may prevent success if individuals cannot inhibit making errors [8]. Since errors could have been impeded by blocking an impulsive response, successful performance may also be due to the individuals' enhanced capacities for inhibitory control [75,76]. As innovative problem-solver horses displayed a greater latency to contact the feeder for the first time than the non-problem-solver horses, we suppose that horses succeeding in an innovative problem-solving task may have an improved inhibitory control. Supported by studies on new caledonian crows [77] and on horses [1], which found that animals displayed more accurate answers when they took more time to understand the concept of a learning task.

In contrast to former studies [8], we could not find a significant influence of the horses' persistency on their problem-solving abilities, which may be caused by differences in data collection. Previously, persistency was defined as the number of new approaches [8], while in our study, repeated contacts with the feeder within one approach increased the horses' tenacity and not its persistency. We suppose that a higher tenacity results in a greater variety of trials and an increased number of successful manipulations, as it is claimed for hyaenas [21] and birds [15,78]. However, our findings call for further studies on a larger number of animals to investigate whether differences in task-related behavior may be the key to understanding innovative problem-solving in horses.

The innovative and by chance problem-solver horses of our study had elevated GCM baseline values, which may be the result of repeated stimulations in enriched environments. Hence, the individuals' life history may affect the individuals' problem-solving abilities [79]. Individuals' early life experience may also explain the motor left side bias of the innovative problem solvers and sensory left side bias of three-quarters of the innovative problem-solver horses. Early experiences may have affected the development of hemispheric specialization and resulted in an emotional, right hemispheric (i.e., left motor and sensory sided) cognitive bias [80]. This is supported by the finding that left-handed marmosets showed higher concentrations of the stress hormone cortisol than right-handed marmosets [34].

In summary, the innovative and by chance problem-solvers' elevated baseline GCM concentrations and the innovative problem-solvers' preference for the left eye and forelimb may indicate that innovativeness in horses is associated with emotionality [66]. The quality of the emotionality may be positive or negative, as there is evidence for horses preferring sensory organs of the left side for the intake of positive and negative emotional information [29]. The feeder, a food-related novel object, may provoke either positive or negative emotional reactions and the motor and sensory left lateralized innovative horses may have had more brain power available [39,81] for solving this innovation task.

The tendency of geldings to be more innovative may be explained by differences in behavior and learning capacities, as male horses exhibit more play behavior [82] and are considered to learn more quickly, than mares [83]. A follow up study is needed to clarify whether sex is decisive for innovative behavior in horses. Also, the finding that the individual food motivation does not influence the innovative problem-solving ability, indicates that the successful solution of a novel problem may be related to play behavior and may be rewarding enough [84], as it is claimed for rhesus monkeys [85] and cattle [86].

The horses' size did not hamper their success in operating the novel feeder [8]. Also, the horses' age had no influence on whether they were innovative in the present study. However, the missing age effect may have been hampered by the fact that the test horses of the present study were rather old (median 15 years) and age differences to younger horses, which proved to learn faster [51,52] and to be more interested in novel stimuli [50] were not evident.

Our findings indicate that innovative horses solved the problem partially through trial and error [18] and positive reinforcement with food motivated them to manipulate the feeder longer [87]. Otherwise a higher tenacity in innovative problem-solving may indicate that individuals' motivation is goal directed [8]. Furthermore, the fact that innovative horses took more time to approach the feeder may have been a result of their higher inhibitory control or may suggest that some horses solved the problem through reasoning, and therefore through higher cognitive abilities [88–90]. However, our first approach to innovative learning in horses did not aim to evaluate learning mechanisms. This needs to be investigated in detail by further studies.

5. Conclusions

Our study revealed evidence for horses being capable of innovative problem-solving in operating a novel feeder. Innovative horses of the present study were active, tenacious, and may be considered to have a higher inhibitory control, which was revealed by their task related behavior. Furthermore, they appeared to be emotional, reflected by high baseline GCM concentrations and a left sensory

and motor bias. To conclude, we consider that innovative problem-solving abilities in horses may be mediated by inherent behavioral differences and former experiences in the individuals' life. Environmental enrichment through improved keeping conditions may contribute to the mental welfare in horses.

Supplementary Materials: The following are available online at <http://www.mdpi.com/2076-2615/9/5/265/s1>, Figure S1: Perspective view of the horse's box, type B; Figure S2: Interior view of the horses' box, type B; Figure S3: Construction of the feeder; Figure S4: Evaluation method of the horses' sensory laterality; Figure S5: Horse lateral approach with (a) the left eye, (b) the right eye or (c) in a neutral position; Table S1: Ratings of the horses' motor laterality and z-scores; Table S2: Ratings of the horses' sensory laterality and z-scores; Figure S6: Motor and sensory laterality of the test horses; File S2: Complete and reduced Generalized linear mixed models.

Author Contributions: Project administration: L.E.; Conceptualization: L.E. and K.K.; Methodology: L.E., C.W., M.E., and K.K.; Validation: L.E. and K.K.; Formal analysis: L.E.; Investigation: L.E.; Resources: L.E., C.W., M.E., and K.K.; Writing—original draft preparation: L.E.; Writing—review and editing: K.K. and C.W.; Visualization: L.E.; Funding acquisition: L.E.; All authors gave final approval for publication.

Funding: Conducting this research was funded by a crowdfunding project: <https://www.startnext.com/en/innovation-pferd>. Furthermore, we have to thank Derby for sponsoring the feed. This research received publication funding from the Ministry of Science, Research and Art (MWK), Baden-Württemberg, Germany.

Acknowledgments: We thank Mirjam Wajsberg for her comments on earlier versions of this paper, L. Knab for helping with the figures of the feeder, D. Waschewitz for helping with the recording techniques, two referees and the editor for helping to improve the manuscript and the horse owners for participating in the study and providing their horses.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest. The funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses, or interpretation of data; in the writing of the manuscript, or in the decision to publish the results.

References

1. McGreevy, P.; Winther Christensen, J.; von Borstel, U.K.; McLean, A. *Equitation Science*, 2nd ed.; John Wiley & Sons Incorporated: Newark, NJ, USA, 2018; ISBN 9781119241416.
2. Hockenhull, J.; Whay, H.R. A review of approaches to assessing equine welfare. *Equine Vet. Educ.* **2014**, *26*, 159–166. [[CrossRef](#)]
3. Brubaker, L.; Udell, M.A.R. Cognition and learning in horses (*Equus caballus*): What we know and why we should ask more. *Behav. Process.* **2016**, *126*, 121–131. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
4. Reader, S.M.; Laland, K.N. Social intelligence, innovation, and enhanced brain size in primates. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **2002**, *99*, 4436–4441. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
5. Lefebvre, L.; Whittle, P.; Lascaris, E.; Finkelstein, A. Feeding innovations and forebrain size in birds. *Anim. Behav.* **1997**, *53*, 549–560. [[CrossRef](#)]
6. Güntürkün, O. The convergent evolution of neural substrates for cognition. *Psychol. Res.* **2012**, *76*, 212–219. [[CrossRef](#)]
7. Ramsey, G.; Bastian, M.L.; van Schaik, C. Animal innovation defined and operationalized. *Behav. Brain Sci.* **2007**, *30*, 393–407. [[CrossRef](#)]
8. Griffin, A.S.; Guez, D. Innovation and problem solving: A review of common mechanisms. *Behav. Process.* **2014**, *109*, 121–134. [[CrossRef](#)]
9. Griffin, A.S. Innovativeness as an emergent property: A new alignment of comparative and experimental research on animal innovation. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* **2016**, *371*. [[CrossRef](#)]
10. Meehan, C.L.; Mench, J.A. The challenge of challenge: Can problem solving opportunities enhance animal welfare? *Appl. Anim. Behav. Sci.* **2007**, *102*, 246–261. [[CrossRef](#)]
11. Thornton, A.; Samson, J. Innovative problem solving in wild meerkats. *Anim. Behav.* **2012**, *83*, 1459–1468. [[CrossRef](#)]
12. Kummer, H.; Goodall, J. Conditions of innovative behaviour in primates. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* **1985**, *308*, 203–214. [[CrossRef](#)]
13. Boogert, N.J.; Reader, S.M.; Hoppitt, W.; Laland, K.N. The origin and spread of innovations in starlings. *Anim. Behav.* **2008**, *75*, 1509–1518. [[CrossRef](#)]

14. Cole, E.F.; Quinn, J.L. Personality and problem-solving performance explain competitive ability in the wild. *Proc. Biol. Sci.* **2012**, *279*, 1168–1175. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
15. Griffin, A.S.; Diquelou, M.; Perea, M. Innovative problem solving in birds: A key role of motor diversity. *Anim. Behav.* **2014**, *92*, 221–227. [[CrossRef](#)]
16. Manrique, H.M.; Völter, C.-J.; Call, J. Repeated innovation in great apes. *Anim. Behav.* **2013**, *85*, 195–202. [[CrossRef](#)]
17. Morand-Ferron, J.; Quinn, J.L. Larger groups of passerines are more efficient problem solvers in the wild. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **2011**, *108*, 15898–15903. [[CrossRef](#)]
18. Sol, D.; Griffin, A.S.; Bartomeus, I. Consumer and motor innovation in the common myna: The role of motivation and emotional responses. *Anim. Behav.* **2012**, *83*, 179–188. [[CrossRef](#)]
19. Webster, S.J.; Lefebvre, L. Problem solving and neophobia in a columbiform–passeriform assemblage in Barbados. *Anim. Behav.* **2001**, *62*, 23–32. [[CrossRef](#)]
20. Lonsdorf, E.V.; Ross, S.R.; Linick, S.A.; Milstein, M.S.; Melber, T.N. An experimental, comparative investigation of tool use in chimpanzees and gorillas. *Anim. Behav.* **2009**, *77*, 1119–1126. [[CrossRef](#)]
21. Benson-Amram, S.; Holekamp, K.E. Innovative problem solving by wild spotted hyenas. *Proc. Biol. Sci.* **2012**, *279*, 4087–4095. [[CrossRef](#)]
22. Greenberg, R. The role of neophobia and neophilia in the development of innovative behaviour of birds. In *Animal Innovation*; Reader, S.M., Laland, K.N., Eds.; Oxford University Press: Oxford, UK, 2003; pp. 175–196, ISBN 978-0-19-852622-3.
23. Reader, S.M.; Laland, K.N. Primate innovation: Sex, age and social rank differences. *Int. J. Primatol.* **2000**, *22*, 787–805. [[CrossRef](#)]
24. Cole, E.F.; Cram, D.L.; Quinn, J.L. Individual variation in spontaneous problem-solving performance among wild great tits. *Anim. Behav.* **2011**, *81*, 491–498. [[CrossRef](#)]
25. Hunt, G.R.; Corballis, M.C.; Gray, R.D. Laterality in tool manufacture by crows. *Nature* **2001**, *414*, 707. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
26. Magat, M.; Brown, C. Laterality enhances cognition in Australian parrots. *Proc. Biol. Sci.* **2009**, *276*, 4155–4162. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
27. Austin, N.P.; Rogers, L.J. Lateralization of agonistic and vigilance responses in Przewalski horses (*Equus przewalskii*). *Appl. Anim. Behav. Sci.* **2014**, *151*, 43–50. [[CrossRef](#)]
28. Brooks, D.E.; Komaromy, A.M.; Kallberg, M.E. Comparative retinal ganglion cell and optic nerve morphology. *Vet. Ophthalmol.* **1999**, *2*, 3–11. [[CrossRef](#)]
29. Farmer, K.; Krüger, K.; Byrne, R.W.; Marr, I. Sensory laterality in affiliative interactions in domestic horses and ponies (*Equus caballus*). *Anim. Cogn.* **2018**. [[CrossRef](#)]
30. Austin, N.P.; Rogers, L.J. Limb preferences and lateralization of aggression, reactivity and vigilance in feral horses, *Equus caballus*. *Anim. Behav.* **2012**, *83*, 239–247. [[CrossRef](#)]
31. Siniscalchi, M.; Padalino, B.; Lusito, R.; Quaranta, A. Is the left forelimb preference indicative of a stressful situation in horses? *Behav. Process.* **2014**, *107*, 61–67. [[CrossRef](#)]
32. Schultheiss, O.C.; Riebel, K.; Jones, N.M. Activity inhibition: A predictor of lateralized brain function during stress? *Neuropsychology* **2009**, *23*, 392–404. [[CrossRef](#)]
33. Vallortigara, G.; Rogers, L.J. Survival with an asymmetrical brain: Advantages and disadvantages of cerebral lateralization. *Behav. Brain Sci.* **2005**, *28*, 575–589. [[CrossRef](#)]
34. Rogers, L.J. Hand and paw preferences in relation to the lateralized brain. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* **2009**, *364*, 943–954. [[CrossRef](#)]
35. McGreevy, P.D.; Rogers, L.J. Motor and sensory laterality in thoroughbred horses. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **2005**, *92*, 337–352. [[CrossRef](#)]
36. MacNeilage, P.F.; Rogers, L.J.; Vallortigara, G. Origins of the left & right brain. *Sci. Am.* **2009**, *301*, 60–67. [[PubMed](#)]
37. Wells, A.E.D.; Blache, D. Horses do not exhibit motor bias when their balance is challenged. *Animal* **2008**, *2*, 1645–1650. [[CrossRef](#)]
38. Marr, I.; Farmer, K.; Krueger, K. Evidence for right-sided horses being more optimistic than left-sided horses. *Animals (Basel)* **2018**, *8*, 219. [[CrossRef](#)]
39. Rogers, L.J. A Matter of degree: Strength of brain asymmetry and behaviour. *Symmetry* **2017**, *9*, 57. [[CrossRef](#)]

40. Marshall-Pescini, S.; Barnard, S.; Branson, N.J.; Valsecchi, P. The effect of preferential paw usage on dogs' (*Canis familiaris*) performance in a manipulative problem-solving task. *Behav. Process.* **2013**, *100*, 40–43. [[CrossRef](#)]
41. Mendl, M. Performing under pressure: Stress and cognitive function. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **1999**, *65*, 221–244. [[CrossRef](#)]
42. McEwen, B.S.; Sapolsky, R.M. Stress and cognitive function. *Curr. Opin. Neurobiol.* **1995**, *5*, 205–216. [[CrossRef](#)]
43. Grace, L.; Hescham, S.; Kellaway, L.A.; Bugarith, K.; Russell, V.A. Effect of exercise on learning and memory in a rat model of developmental stress. *Metab. Brain Dis.* **2009**, *24*, 643–657. [[CrossRef](#)]
44. Koolhaas, J.M.; Bartolomucci, A.; Buwalda, B.; de Boer, S.F.; Flügge, G.; Korte, S.M.; Meerlo, P.; Murison, R.; Olivier, B.; Palanza, P.; et al. Stress revisited: A critical evaluation of the stress concept. *Neurosci. Biobehav. Rev.* **2011**, *35*, 1291–1301. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
45. Laland, K.N.; Reader, S.M. Foraging innovation is inversely related to competitive ability in male but not in female guppies. *Behav. Ecol.* **1999**, *10*, 270–274. [[CrossRef](#)]
46. Hopper, L.M.; Price, S.A.; Freeman, H.D.; Lambeth, S.P.; Schapiro, S.J.; Kendal, R.L. Influence of personality, age, sex, and estrous state on chimpanzee problem-solving success. *Anim. Cogn.* **2014**, *17*, 835–847. [[CrossRef](#)]
47. Tebbich, S.; Sterelny, K.; Teschke, I. The tale of the finch: Adaptive radiation and behavioural flexibility. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* **2010**, *365*, 1099–1109. [[CrossRef](#)]
48. Olczak, K.; Winther Christensen, J.; Klocek, C. Food motivation in horses appears stable across different test situations. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **2018**, *204*, 60–65. [[CrossRef](#)]
49. Krueger, K.; Esch, L.; Byrne, R.W. Animal behaviour in a human world: A crowd sourcing study on horses that open door and gate mechanisms. *PLoS ONE* **2018**. under Review.
50. Mader, D.R.; Price, E.O. Discrimination learning in horses: Effects of breed, age and social dominance. *J. Anim. Sci.* **1980**, *50*, 962–965. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
51. Krueger, K.; Heinze, J. Horse sense: Social status of horses (*Equus caballus*) affects their likelihood of copying other horses' behavior. *Anim. Cogn.* **2008**, *11*, 431–439. [[CrossRef](#)]
52. Krueger, K.; Farmer, K.; Heinze, J. The effects of age, rank and neophobia on social learning in horses. *Anim. Cogn.* **2014**, *17*, 645–655. [[CrossRef](#)]
53. Wolff, A.; Hausberger, M. Learning and memorisation of two different tasks in horses: The effects of age, sex and sire. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **1996**, *46*, 137–143. [[CrossRef](#)]
54. Winther Christensen, J.; Ahrendt, L.P.; Lintrup, R.; Gaillard, C.; Palme, R.; Malmkvist, J. Does learning performance in horses relate to fearfulness, baseline stress hormone, and social rank? *Appl. Anim. Behav. Sci.* **2012**, *140*, 44–52. [[CrossRef](#)]
55. Lansade, L.; Simon, F. Horses' learning performances are under the influence of several temperamental dimensions. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **2010**, *125*, 30–37. [[CrossRef](#)]
56. Petersen, J.L.; Mickelson, J.R.; Rendahl, A.K.; Valberg, S.J.; Andersson, L.S.; Axelsson, J.; Bailey, E.; Bannasch, D.; Binns, M.M.; Borges, A.S.; et al. Genome-wide analysis reveals selection for important traits in domestic horse breeds. *PLoS Genet.* **2013**, *9*, e1003211. [[CrossRef](#)]
57. Pirault, P.; Danvy, S.; Verrier, E.; Leroy, G. Genetic structure and gene flows within horses: A genealogical study at the french population scale. *PLoS ONE* **2013**, *8*, e61544. [[CrossRef](#)]
58. Henneke, D.R.; Potter, G.D.; Kreider, J.L.; Yeates, B.F. Relationship between condition score, physical measurements and body fat percentage in mares. *Equine Vet. J.* **1983**, *15*, 371–372. [[CrossRef](#)]
59. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. *Leitlinien zur Beurteilung von Pferdehaltungen unter Tierschutzgesichtspunkten*; Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz: Bonn, Germany, 2009.
60. Winther Christensen, J.; Zharkikh, T.; Chovaux, E. Object recognition and generalisation during habituation in horses. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **2011**, *129*, 83–91. [[CrossRef](#)]
61. Leiner, L.; Fendt, M. Behavioural fear and heart rate responses of horses after exposure to novel objects: Effects of habituation. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **2011**, *131*, 104–109. [[CrossRef](#)]
62. Roberts, S.M. Equine vision and optics. *Vet. Clin. North. Am. Equine Pract.* **1992**, *8*, 451–457. [[CrossRef](#)]
63. Murphy, J.; Hall, C.; Arkins, S. What horses and humans see: A comparative review. *Int. J. Zool.* **2009**, *2009*, 1–14. [[CrossRef](#)]

64. McLean, A.N. Short-term spatial memory in the domestic horse. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **2004**, *85*, 93–105. [\[CrossRef\]](#)
65. Baragli, P.; Vitale, V.; Paoletti, E.; Mengoli, M.; Sighieri, C. Encoding the object position for assessment of short term spatial memory in horses (*Equus caballus*). *Int. J. Comp. Psychol.* **2011**, *24*, 284–291.
66. Larose, C.; Richard-Yris, M.-A.; Hausberger, M.; Rogers, L.J. Laterality of horses associated with emotionality in novel situations. *Laterality Asymmetries Body Brain Cogn.* **2006**, *11*, 355–367. [\[CrossRef\]](#)
67. Möstl, E.; Palme, R. Hormones as indicators of stress. *Domest. Anim. Endocrinol.* **2002**, *23*, 67–74. [\[CrossRef\]](#)
68. Palme, R. Monitoring stress hormone metabolites as a useful, non-invasive tool for welfare assessment in farm animals. *Anim. Welf* **2012**, *21*, 331–337. [\[CrossRef\]](#)
69. Pawluski, J.; Jegu, P.; Henry, S.; Bruchet, A.; Palme, R.; Coste, C.; Hausberger, M. Low plasma cortisol and fecal cortisol metabolite measures as indicators of compromised welfare in domestic horses (*Equus caballus*). *PLoS ONE* **2017**, *12*, e0182257. [\[CrossRef\]](#)
70. Krueger, K.; Marr, I.; Dobler, A.; Palme, R. Preservation of fecal cortisol metabolites (GCM) and immunoglobulin A (IgA) through silica gel drying for field studies in horses: submitted. *Conserv. Physiol.* **2019**.
71. Flauger, B.; Krueger, K.; Gerhards, H.; Möstl, E. Simplified method to measure glucocorticoid metabolites in faeces of horses. *Vet. Res. Commun.* **2010**, *34*, 185–195. [\[CrossRef\]](#)
72. Van de Waal, E.; Borgeaud, C.; Whiten, A. Potent social learning and conformity shape a wild primate's foraging decisions. *Science* **2013**, *340*, 483–485. [\[CrossRef\]](#)
73. Sih, A.; Del Giudice, M. Linking behavioural syndromes and cognition: A behavioural ecology perspective. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* **2012**, *367*, 2762–2772. [\[CrossRef\]](#)
74. Marchetti, C.; Drent, P.J. Individual differences in the use of social information in foraging by captive great tits. *Anim. Behav.* **2000**, *60*, 131–140. [\[CrossRef\]](#)
75. Amici, F.; Aureli, F.; Call, J. Fission-fusion dynamics, behavioral flexibility, and inhibitory control in primates. *Curr. Biol.* **2008**, *18*, 1415–1419. [\[CrossRef\]](#)
76. Bray, E.E.; MacLean, E.L.; Hare, B.A. Context specificity of inhibitory control in dogs. *Anim. Cogn.* **2014**, *17*, 15–31. [\[CrossRef\]](#)
77. Wimpenny, J.H.; Weir, A.S.A.; Clayton, L.; Rutz, C.; Kacelnik, A. Cognitive processes associated with sequential tool use in New Caledonian crows. *PLoS ONE* **2009**, *4*, e6471. [\[CrossRef\]](#)
78. Griffin, A.S.; Diquelou, M.C. Innovative problem solving in birds: A cross-species comparison of two highly successful passerines. *Anim. Behav.* **2015**, *100*, 84–94. [\[CrossRef\]](#)
79. Greenberg, R.; Mettke-Hofmann, C. Ecological aspects of Neophobia and Neophilia in birds. In *Current Ornithology*; Springer: Boston, MA, USA, 2001; Volume 319, pp. 119–178. [\[CrossRef\]](#)
80. Rogers, L.J. Relevance of brain and behavioural lateralization to animal welfare. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **2010**, *127*, 1–11. [\[CrossRef\]](#)
81. Rogers, L.J.; Zucca, P.; Vallortigara, G. Advantages of having a lateralized brain. *Proc. Biol. Sci.* **2004**, *271*, S420–S422. [\[CrossRef\]](#)
82. Hausberger, M.; Fureix, C.; Bourjade, M.; Wessel-Robert, S.; Richard-Yris, M.-A. On the significance of adult play: What does social play tell us about adult horse welfare? *Naturwissenschaften* **2012**, *99*, 291–302. [\[CrossRef\]](#)
83. Duberstein, K.J.; Gilkeson, J.A. Determination of sex differences in personality and trainability of yearling horses utilizing a handler questionnaire. *App. Anim. Behav. Sci.* **2010**, *128*, 57–63. [\[CrossRef\]](#)
84. Miyata, H.; Gajdon, G.K.; Huber, L.; Fujita, K. How do keas (*Nestor notabilis*) solve artificial-fruit problems with multiple locks? *Anim. Cogn.* **2011**, *14*, 45–58. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
85. Harlow, H.F.; Harlow, M.K.; Meyer, D.R. Learning motivated by a manipulation drive. *J. Exp. Psychol.* **1950**, *40*, 228. [\[CrossRef\]](#)
86. Hagen, K.; Broom, D.M. Emotional reactions to learning in cattle. *App. Anim. Behav. Sci.* **2004**, *85*, 203–213. [\[CrossRef\]](#)
87. Von Bayern, A.M.P.; Heathcote, R.J.P.; Rutz, C.; Kacelnik, A. The role of experience in problem solving and innovative tool use in crows. *Curr. Biol.* **2009**, *19*, 1965–1968. [\[CrossRef\]](#)
88. Deaner, R.O.; Isler, K.; Burkart, J.; van Schaik, C. Overall brain size, and not encephalization quotient, best predicts cognitive ability across non-human primates. *Brain Behav. Evol.* **2007**, *70*, 115–124. [\[CrossRef\]](#)

89. Murphy, J.; Arkins, S. Equine learning behaviour. *Behav. Process.* **2007**, *76*, 1–13. [[CrossRef](#)]
90. Reader, S.M.; Hager, Y.; Laland, K.N. The evolution of primate general and cultural intelligence. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* **2011**, *366*, 1017–1027. [[CrossRef](#)]



© 2019 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

4.2 Pferde öffnen Türen und Tore

Konstanze Krueger, Laureen Esch, Richard Byrne, in Plos One:

„Animal Learning in a human world: Horses open door and gate mechanisms”,

DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218954>,

angenommen am 12. Juni 2019

4.2.1 Zusammenfassung und Diskussion

In diesem Kapitel wurde untersucht, ob Pferde in der Lage sind, die Verschlussmechanismen von Türen und Toren zu öffnen. Nachdem Pferde in ihrem natürlichen Umfeld nicht mit solchen Problemen konfrontiert werden, stellt dies ein neuartiges und innovatives Verhalten als Anpassung an die vom Menschen geschaffene Umgebung dar. Mithilfe eines Fragebogens und der Internetrecherche nach öffentlichem Videomaterial wurden im Rahmen dieser Studie Fallberichte von insgesamt 402 Pferden weltweit zusammengetragen, die mindestens eine Tür und/oder Tor öffnen. Manche Pferde öffnen nur einen Mechanismus an einem Ort, während andere verschiedene Mechanismen an einem oder mehreren Orten zu öffnen imstande sind. Alle Pferde benutzten ihr Maul, um die Tür/Tor zu öffnen, wovon 513 an Türangeln aufgehängt waren, weitere 49 waren Schiebetüren und 33 stellten eine Gittertür dar. Bei den Verschlussmechanismen handelte es sich um 260 vertikale und 155 horizontale Riegel, 43 Drehriegel, 42 Türklinken, 34 Elektrozäune, 40 Karabiner und 2 Schlösser mit Schlüssel. Als Motivation für das Auftreten dieser Innovationen konnten Bewegung, Futter und Sozialkontakte, sowie Neugier- oder Spielverhalten identifiziert werden. Je komplexer die Art des Verschlusses war, umso mehr Bewegungen benötigte das Pferd, um diesen zu öffnen. Es konnte gezeigt werden, dass Pferde sich innovativ verhalten, um sich aus den durch den Menschen geschaffenen Haltungsbedingungen zu befreien. Es stellt sich die Frage, ob die verschiedenen Haltungsformen, die aktuell praktiziert werden, den Ansprüchen der Pferde für ihr Wohlbefinden genügen.

4.2.2 Darstellung der Eigenleistung

Aufbauend auf den Daten von 5.1 wurde ein Fragebogen entwickelt. Die Fragen wurden von Frau Prof. Krueger und mir entworfen. Des Weiteren habe ich geholfen, den fertigen Fragebogen auf Französisch zu übersetzen und ihn publik zu machen.

Unterstützen konnte ich auch bei der Bewertung und Diskussion der Daten. Außerdem habe ich einzelne Abschnitte der Einleitung, sowie der Diskussion verfasst, geeignete Literatur recherchiert und passende Journale für die Publikation vorgeschlagen.

RESEARCH ARTICLE

Animal behaviour in a human world: A crowdsourcing study on horses that open door and gate mechanisms

Konstanze Krueger^{1,2*}, Laureen Esch^{2,3}, Richard Byrne⁴

1 Department Zoology and Evolutionary Biology, University of Regensburg, Regensburg, Germany, **2** Department Equine Economics, Section of Agriculture, Economics and Management, Nürtingen-Geislingen University, Nürtingen, Germany, **3** Department of Animal Welfare, Ethology, Animal Hygiene and Animal Husbandry Section of Veterinarian Medicine, Ludwig Maximilian University Munich, München, Germany, **4** Centre for Social Learning & Cognitive Evolution, School of Psychology & Neuroscience, University of St Andrews, St Andrews, Scotland

* Konstanze.Krueger@hfwu.de



Abstract

Anecdotal reports of horses opening fastened doors and gates are an intriguing way of exploring the possible scope of horses' problem-solving capacities. The species' natural environment has no analogues of the mechanisms involved. Scientific studies on the topic are missing, because the rate of occurrence is too low for exploration under controlled conditions. Therefore, we compiled from lay persons case reports of horses opening closed doors and gates. Additionally, we collected video documentations at the internet platform YouTube, taking care to select raw data footage of unedited, clearly described and clearly visible cases of animals with no distinct signs of training or reduced welfare. The data included individuals opening 513 doors or gates on hinges, 49 sliding doors, and 33 barred doors and gateways; mechanisms included 260 cases of horizontal and 155 vertical bars, 43 twist locks, 42 door handles, 34 electric fence handles, 40 carabiners, and 2 locks with keys. Opening was usually for escape, but also for access to food or stable-mates, or out of curiosity or playfulness. While 56 percent of the horses opened a single mechanism at one location, 44 percent opened several types of mechanism (median = 2, min. = 1, max. = 5) at different locations (median = 2, min. = 1, max. = 4). The more complex the mechanism was, the more movements were applied, varying from median 2 for door handles to 10 for carabiners. Mechanisms requiring head- or lip-twisting needed more movements, with significant variation between individuals. 74 horses reported in the questionnaire had options for observing the behaviour in stable mates, 183 did not, which indicates that the latter learned to open doors and gates either individually or from observing humans. Experience favours opening efficiency; subjects which opened several door types applied fewer movements per lock than horses which opened only one door type. We failed to identify a level of complexity of door-fastening mechanism that was beyond the learning capacity of the horse to open. Thus, all devices in frequent use, even carabiners and electric fence handles, are potentially vulnerable to opening by horses, something which needs to be considered in relation to keeping horses safely.

OPEN ACCESS

Citation: Krueger K, Esch L, Byrne R (2019) Animal behaviour in a human world: A crowdsourcing study on horses that open door and gate mechanisms. PLoS ONE 14(6): e0218954. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218954>

Editor: Ludek Bartos, Institute of Animal Science, CZECH REPUBLIC

Received: November 27, 2018

Accepted: June 12, 2019

Published: June 26, 2019

Copyright: © 2019 Krueger et al. This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Data Availability Statement: All data underlying the findings described in the present study are fully available. The raw data obtained from the survey and the analysis of the videos and the video links are accessible as Supporting Information ([S1–S4 Tables](#); [S1–S3 Files](#)).

Funding: This research received funding from the Ministry of Science, Research and Art (MWK), Baden-Württemberg, Germany.

Competing interests: The authors have declared that no competing interests exist.

Introduction

It is unlikely that skills specific to opening door and gate mechanisms have evolved in equids: non-prehensile, hoofed animals which feed on easily accessible, distributed resources [1] and roam in open habitats [2,3] where there are no analogues of these human-devised fastenings. Any success in dealing with such human-made devices must therefore be based on general learning capacities [4]. The present study aimed to evaluate whether the horse has the cognitive capacity to unfasten human-made shutting devices and, if so, whether there are specific preconditions and limits in the animals' capacity. The question is of practical importance: the ability of horses to open door and gate mechanisms potentially threatens the safety of both horses and humans, and serious accidents have been caused by escaped horses [5,6].

So far, the opening of fastening mechanisms has only been investigated in animals with claws and paws. Reported motivations and aims for opening were various: to gain access to food (chicken [7]), comfort areas (chickens [7], blue foxes, *Vulpes lagopus* [8]), free movement (blue foxes [8]); to free conspecifics (rats [9]) by pushing or pulling gates and doors open; or to free themselves to reach food (dogs, cats and chickens [10]). Anecdotal reports, however, tell of ungulates, such as horses, donkeys, mules, cattle, and goats, opening mechanically fastened doors and gates. Equids are a good model organism for a detailed study on whether and how a social animal with a strong drive for free movement [2,11–13] can deal with closed doors and gates in a human-regulated environment. Horses might acquire the requisite skills individually [14] or socially [15–17], i.e. through observing conspecifics [18–19] or humans [20]. Some studies consider horses' learning in a social environment to include social learning, mostly through local and stimulus enhancement [18–20]; others agree that learning in horses is affected by social circumstances [21], but prefer to reserve the term "social learning" only for cases when observers display an action, which was previously not in their own repertoire, after observing a demonstration [22].

To study infrequent behaviour, analysing a comprehensive collection of anecdotes offers a good starting point. For instance, crowdsourcing studies have analysed the range of flexibility of animal problem-solving abilities [4], play behaviour in dogs and horses [23], and the impact of training in dogs [24]. Previous survey studies used several methods: amassing reports written by bird [25–26], primate [27–31], elephant [32], wildlife [33], dog [24] and horse [34] enthusiasts; searching journals for key words such as "unusual" or "novel" [25–31]; asking trained personnel and researchers for contemporary reports [32]; or searching the internet platform YouTube for video material about rare animal behaviour, as applied in a study on human responses on tail chasing in dogs [35] and play behaviour in dogs and horses [23].

Data-mining of this kind runs the risk of collecting biased and occasionally false reports [25,36,37]. Responses may be biased by overrepresentation of reports from highly motivated respondents [38], reports about socially desirable items (such as a "clever animal") or even the respondents' moods [37]. However, the approach potentially provides a large data set of rare observations, which could not possibly be collected by a single research team [23,26,33,38–40]. A large sample size increases the credibility of reports [32], whereas a single report, however richly detailed, is scientifically valueless. Sufficiently replicated anecdotes may become reliable data [36], especially if effort is made to exclude unreliable or biased reports [23,25], and when confirmatory data such as pictures or videos are available [23,29,35,39,40]. If carefully chosen, YouTube videos can provide high quality, raw footage data without any professional, postproduction editing [23,39].

We employed crowdsourcing [32] to search for cases where horses have opened doors and gates: we contacted the owners and caretakers directly or offered to contact us via internet at the web site (<https://innovative-behaviour.org>). Responders were invited to report about their

horses' "unusual" behaviours, with a general, open-ended questionnaire. The cases of door and gate opening revealed in this instrument provided information for the development of a more specific questionnaire [36] on door and gate opening behaviour in horses, which invited a new group of people to report about their animals using the same website. Catch questions were included in both questionnaires to test the reliability of the reports [34]. Both questionnaires asked for anecdotal reports, pictures, videos and various other details of any positive cases. In addition, we searched the internet platform YouTube for raw footage videos, without postproduction editing, of horses opening doors and gates [23,35]. From both the questionnaire data and the YouTube collection, we deleted any cases that were not clearly described or based on events that had not been clearly visible cases, and cases of animals that had been trained or showed signs of reduced welfare.

In analysing this data, we aimed to evaluate how and why horses opened door and gate mechanisms of different sorts. We asked whether animals learn to open locked doors and gates individually, or socially by observing stable mates [14,18,19,41]; whether skills were influenced by the horses' age, sex or breed [14,19,42]; whether opening was influenced by human management conditions [4,43–45] or reported motivations and aims, such as gaining access to conspecifics [9], food [7], or free movement [8]; and whether there was any limit in terms of cognitive "complexity" of the mechanisms (including the directions and planes in which door and gate mechanisms opened, the specific of movements used or the length of the sequence of movements needed) on horse's opening abilities. This would provide further insight into the horses' cognitive capacities and information about appropriate shutting mechanisms to keep horses safely.

Materials and methods

Study location and website

We invited owners and caretakers to report on door and gate opening by horses, mules, and donkeys, by means of a website we set up (<https://innovative-behaviour.org>), contacting potential responders via horse journals, Facebook, various private websites, and at conferences and public talks in Germany, Austria, France, Hungary, Switzerland, the U.K., and the U.S.A. Reports could be submitted in either English, German, or French. In the first phase (from July 2012 to April 2016), a questionnaire asked for reports of "unusual" behaviour with no particular focus (https://innovative-behaviour.org/en/questionnaire_innovative_behaviour_in_horses). Then (from May 2016 to February 2017), based on preliminary analysis of the reports submitted, we amplified the original questionnaire with more focussed questions on door and gate opening in equids (https://innovative-behaviour.org/en/Questionnaire_horses_that_open_doors_or_gates) (for full questionnaires see S1 and S2 Files; data see S1 and S4 Tables). The data collection was closed in February 2017. In collecting the reports on door and gate opening for the present study we used both questionnaires, ensuring that none of the reports on door and gate opening in the general questionnaire were duplicated in the specific questionnaire.

In addition, we sampled video material from the internet platform YouTube which we found with the key words "open door", "open gate", "escape", "run-away", "clever", "horse", "donkey", and "mule". These videos were analysed without downloading them (data and video links see S2 and S4 Tables).

Ethics statement

We obtained informed consent from all persons who answered the questionnaire. On the website, all responders agreed to the anonymous publication of their data, including pictures and videos for scientific purposes: reasonable requests for access to anonymous agreements can be

obtained from the corresponding author. Only the agreed information on the equids and no data of the reporting persons was used for the present study. Some videos were published on YouTube with a Creative Commons CC BY licence (https://support.google.com/youtube/answer/2797468?hl=en&ref_topic=2778546). They are available and can be used without any restriction. Other videos were published with the standard YouTube license. These can be looked at and links can be forwarded without any restriction, which was the default setting for all uploads (see YouTube Terms of Service (<https://www.youtube.com/t/terms>)). Videos at YouTube and Facebook are not shown in the study. Links are given for viewing the videos at the providers own web site, which is in line with the copy right terms of the providers. Furthermore, no human data is given in the study. All procedures performed in the study involving human participants were in accordance with the ethical standards of the institutional research committee at Nuertingen-Geislingen University and with the 1964 Helsinki declaration and its later amendments or comparable ethical standards.

Data and data selection

In total, we found 419 cases in which equids opened doors or gates. The cases ran through a selection process (S1 Fig). We excluded 7 of the 342 cases which came from our website. Four cases were excluded because they reported about trained behaviour (i.e. people confirmed that they trained the behaviour or reinforced the behaviour verbally or with food), and 3 because they were possibly the result of reduced welfare (i.e. opening a mechanism simply by chance while showing stereotypic, repetitive behaviour). None of the other reports provided any indication that horses were underfed, injured or unsound. In addition, we excluded mule (N = 1) and donkey (N = 1) survey cases from analysis because of their low sample size. The remaining 333 cases from the website included 45 reports accompanied by pictures of the door and gate mechanisms, and 9 reports with videos showing the techniques used to open doors and gates.

Material from YouTube added 68 videos, giving 77 videos in total. Videos were similarly run through the selection process (S1 Fig): only 69 were finally analysed. Four did not show the behaviour clearly, and the sample size of mule (N = 1) and donkey (N = 3) videos was considered too small to allow for analysis.

The remaining cases were rated by three independent persons, one professor and two bachelors in equine science, as to whether further reports and videos should be excluded from the study based on reduced welfare, and they agreed in all but one case (inter observer agreement: $\kappa = 0.98$). The case in question was therefore excluded as well (for remaining raw data see S1–S4 Tables).

Questionnaire on opening doors and gates

We used a quantitative–qualitative mixed questionnaire approach [46]. Catch questions were included in both questionnaires to test the reliability of the reports [34]. The first, general questionnaire invited people to report about their horses “unusual” behaviours, including an open question for hypothesis testing (https://innovative-behaviour.org/en/questionary_innovative_behaviour_in_horses); see complete questionnaire at S1 File). The reported cases of door and gate opening provided information for the development of the additional questionnaire [36] which focused specifically on door and gate opening behaviour in equids (https://innovative-behaviour.org/en/Questionnaire_horses_that_open_doors_or_gates); see complete questionnaire at S2 File). We went into more details in raising data for evaluating hypotheses on whether door and gate opening was observed in stable mates, on the reported motivation or aim to open a door or gate and on the complexity of the locks horses were capable to master.

The specific questionnaire on door and gate opening asked three open questions, two semi-closed questions, and 25 closed questions in a semi-random order to prevent order biases in the responses [46]. Two questions asked whether other horses in the same stable showed the behaviour before or after the behaviour was observed in the focus animal. Six questions related to whether the behaviour was demonstrated or reinforced by humans. Four questions related to the management of the animals: a) the type of housing—were animals kept in single or group housing; b) whether the animals had daily access to pasture or on a limited number of days per week; c) whether they were in permanent or temporary contact with other equids; and d) whether they received limited or unlimited roughage. Five questions concerned what the individual animals did after opening doors and gates: a) stayed in the stable, b) visited other equids, c) moved around freely, d) broke into other places, such as feed storage rooms or human houses, or e) freed other equids. Three closed questions requested information on the number of mechanisms the animals mastered, the frequency of the reported behaviour, and whether the process of developing the behaviour was observed. With a semi-open question, we asked for the upload of pictures and videos of the mechanisms and/or the door and gate opening behaviour. The open questions asked for a description, drawings or pictures of the mechanisms the animals opened at the doors or gates and for further suggestions or questions regarding the project. Three questions asked the breed, sex and age of the particular equid. Finally, we asked for the email address of the reporting person, for permission to use their email address for further enquiries, and whether they agreed with the use of their reports for scientific purposes and publications.

Animals

The 402 horses reported were of various breeds which we summarised in breed types, as used in genetic studies [47,48]: Thoroughbred horses ($N = 4$), Draught horses ($N = 22$), Arabian horses ($N = 41$), Ponies ($N = 48$), and Warmblood horses ($N = 240$). In 46 cases the breed was not reported or was not obviously visible in the videos. Subjects were 111 females, 230 castrated males, 19 uncastrated males and 46 equids for which we could not discern the sex. The mean age at which horses were reported to have started opening doors and gates was 10.14 years ($SD = 6.27$).

Doors, gates and mechanisms

In principle, individual animals might open doors or gates at only one location or at several (e.g. their own or other animals' box doors, feed room doors, house doors, or pasture and paddock gates), and the fastening mechanisms might be of the same or of different types.

We categorized doors and gates into 3 types (Fig 1, see video links in S2 Table):

- a. door or gate suspended on hinges and pushed open
- b. sliding door, suspended on wheels above the horses' heads, and rolled open
- c. barred door or gateways, subcategorized in:
 1. electric fence gate, gate supplied with electric power, consisting of electric fencing and power-free handles which have to be unhooked from the fence to create a gateway
 2. gate with horizontal wooden poles, wooden fencing with wooden poles that slide out of an impression or frame to create a gateway
 3. doorway chained so that chain blocks an opening, usually by attachment to the other side of a fence or stall door with a carabiner

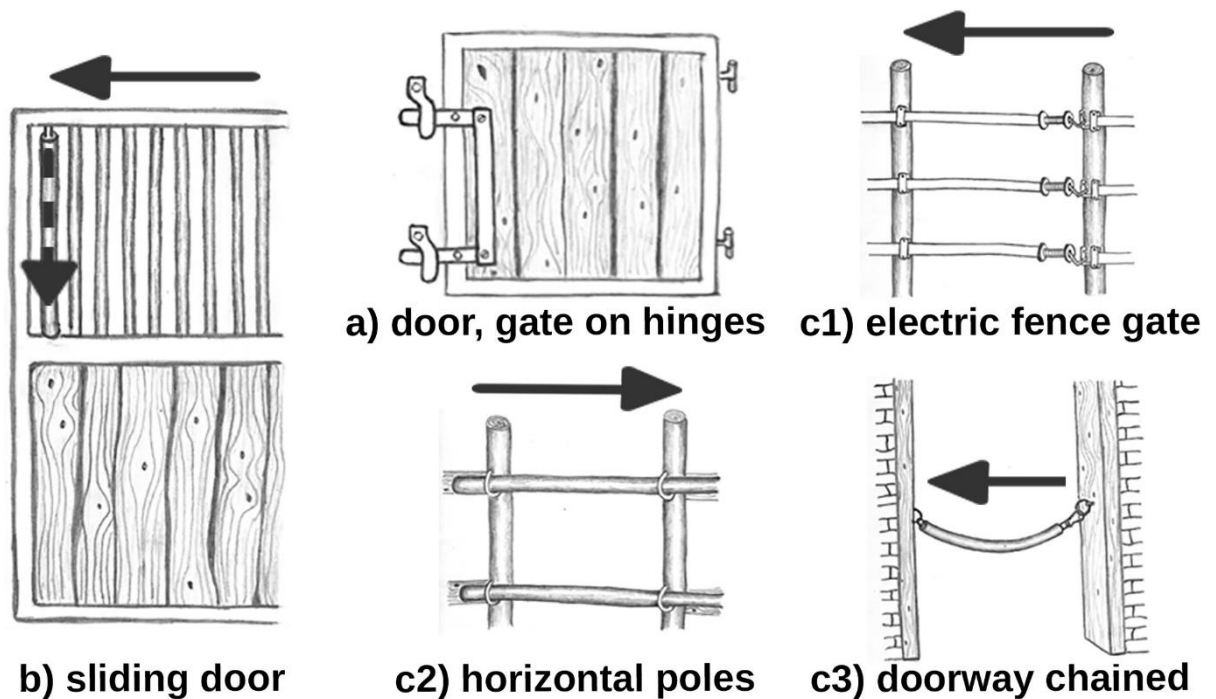


Fig 1. Door and gate types opened by horses. The arrows indicate orthogonal door and gate opening directions. Doors and gates on hinges were opened in the same or opposite direction to the animals' movement direction. The doors and gates c1)–c3) are subcategories of the category c) barred door or gateways. At b), horses had to grasp and pull down a pipe with their mouth at the dotted arrow and then move the door into the direction of the continuous arrow.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218954.g001>

Mechanism types were categorized as follows (Fig 2, see video links in S2 Table):

- a. horizontal bar, which had to be moved backwards and forwards, including wooden gate poles
- b. vertical bar, which had to be moved up or down, including bars which secured sliding doors
- c. twist mechanisms controlling a bolt, where a disc had to be turned to the left or right to close or open the bolt
- d. door handle
- e. electric fence handle
- f. carabiner, which connects chains or secures other devices. Carabiners could have clip or screw mechanisms
- g. security chain, which secures gates or other mechanism types
- h. wooden boards that were pulled out of a door frame
- i. locks with keys, including padlock with key

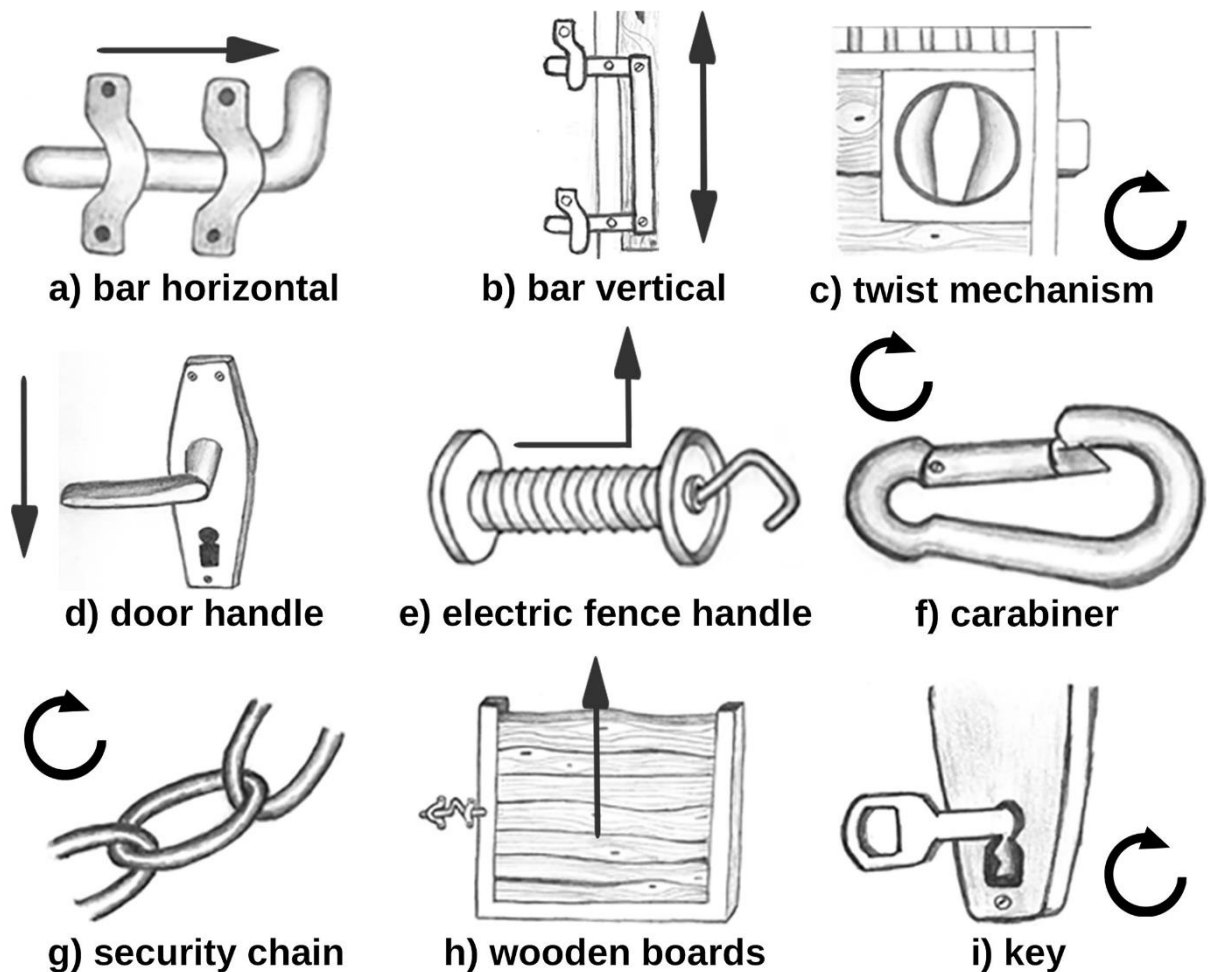


Fig 2. Door and gate mechanism types opened by horses. Arrows indicate the direction of the animals' head movements.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218954.g002>

Door, gate and mechanism complexity (video material only, N = 69)

We evaluated the “complexity” of the doors, gates and mechanisms in three ways, with respect to: the direction of overall movement; the plane of head movement; and the number of head movements.

We categorized the direction in which the doors, gates and mechanisms opened in relation to the animals' movement direction after the opening (see Fig 3): a) in the same direction, b) in the opposite direction, or c) orthogonal to the movement direction.

From preliminary data analysis it was evident that all the horses opened the locked doors and gates with their mouths. We categorized the movement of the animal's head or lips (for simplicity, “head movements”) according to linear movement planes and whether twisting was involved (see Figs 3–5). Five categories were distinguished: a) left and right (horizontal), b) back and forth (horizontal), c) up and down (vertical), d) twisting the head once or several

movements for opening door and gate mechanisms

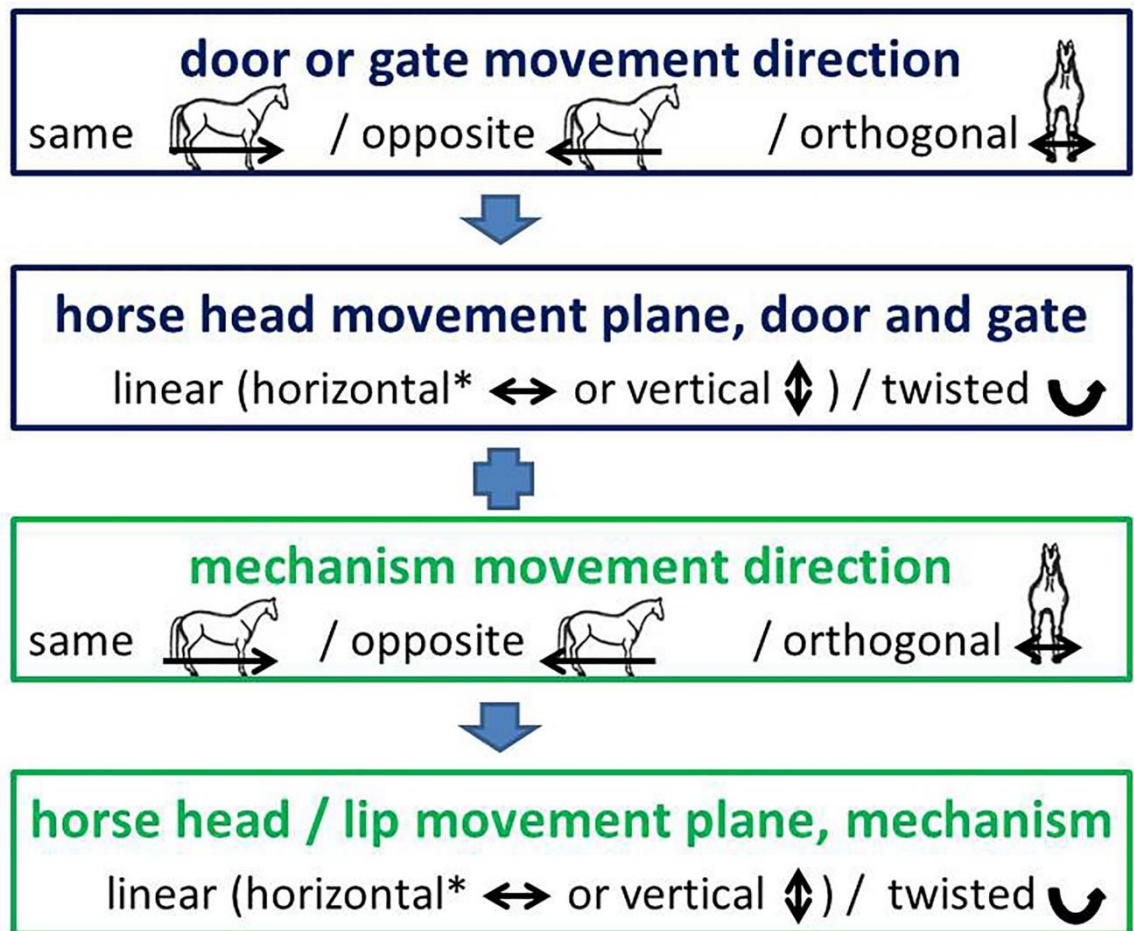


Fig 3. The horses' movements for opening door and gate mechanisms. *The horizontal movement plane was further distinguished into left-right and backwards-forwards.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218954.g003>

times for at least 45° to the vertical, and/or e) twisting their lips (if visible) once or several times for at least 30° to the main head-axis. Any fine motor skills which the horses needed for manipulating the mechanisms with their tongues were not visible in the videos of the present study and therefore were not considered.

For each opening of the doors, gates and mechanisms we counted:

- a. The total number of head movements the individuals had to apply to open the different doors, gates, and mechanism types (Figs 4 and 6). We counted all movements when the

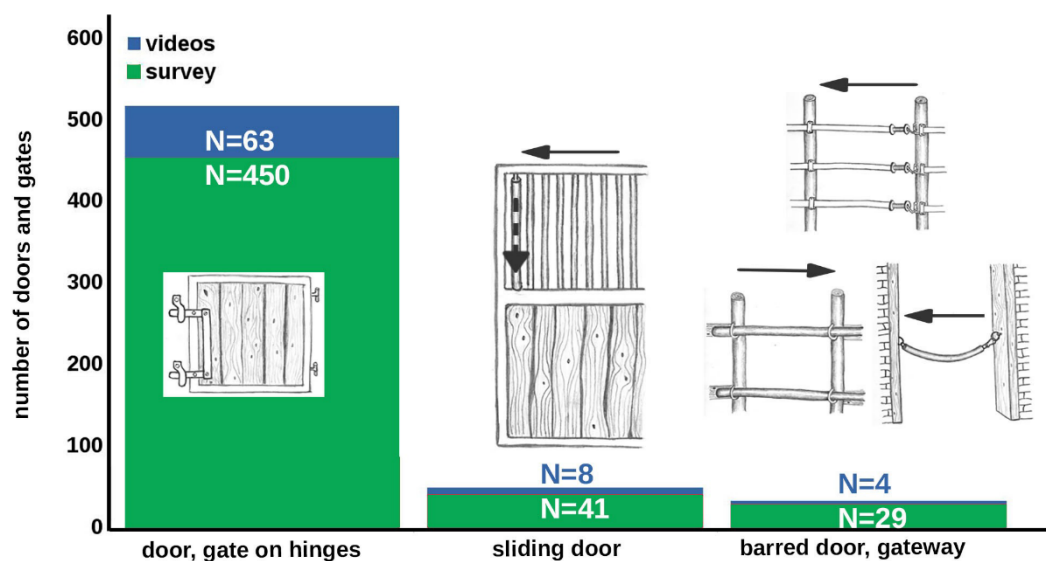


Fig 4. Frequency of door and gate types opened by horses.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218954.g004>

horse was in contact with doors, gates or mechanisms until final opening; each movement was considered finished when motion ceased or changed direction.

- b. The frequency in which horses displayed series of head movements. We considered responses to form a series when the individual was in contact with a door, gate or

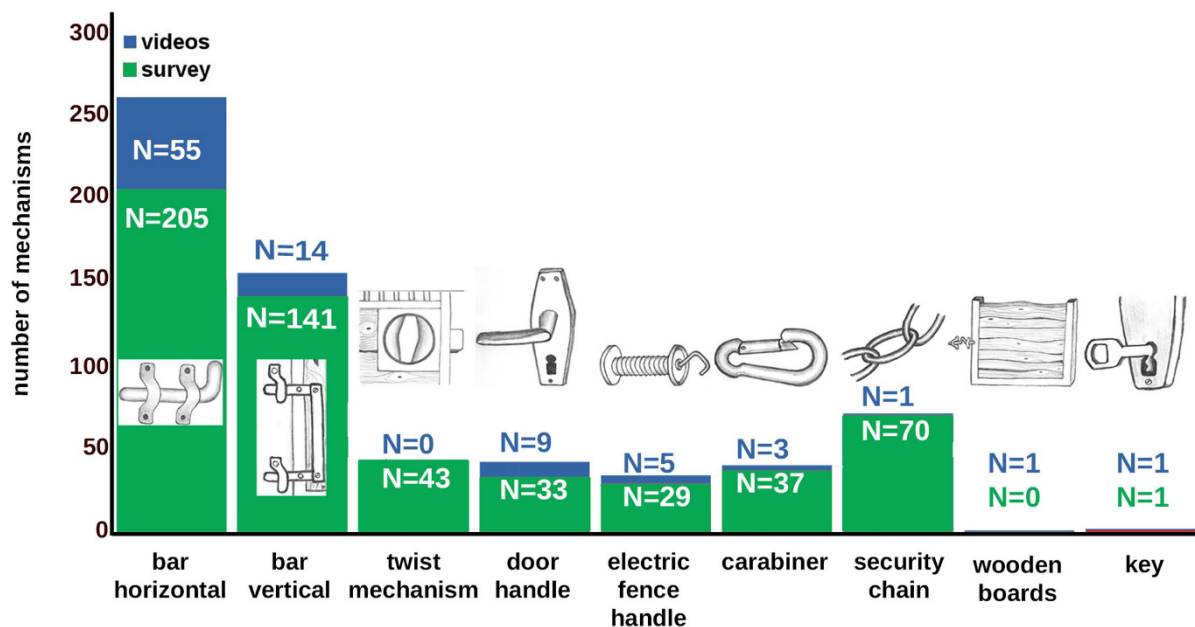


Fig 5. Frequency of door and gate mechanism types opened by horses.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218954.g005>

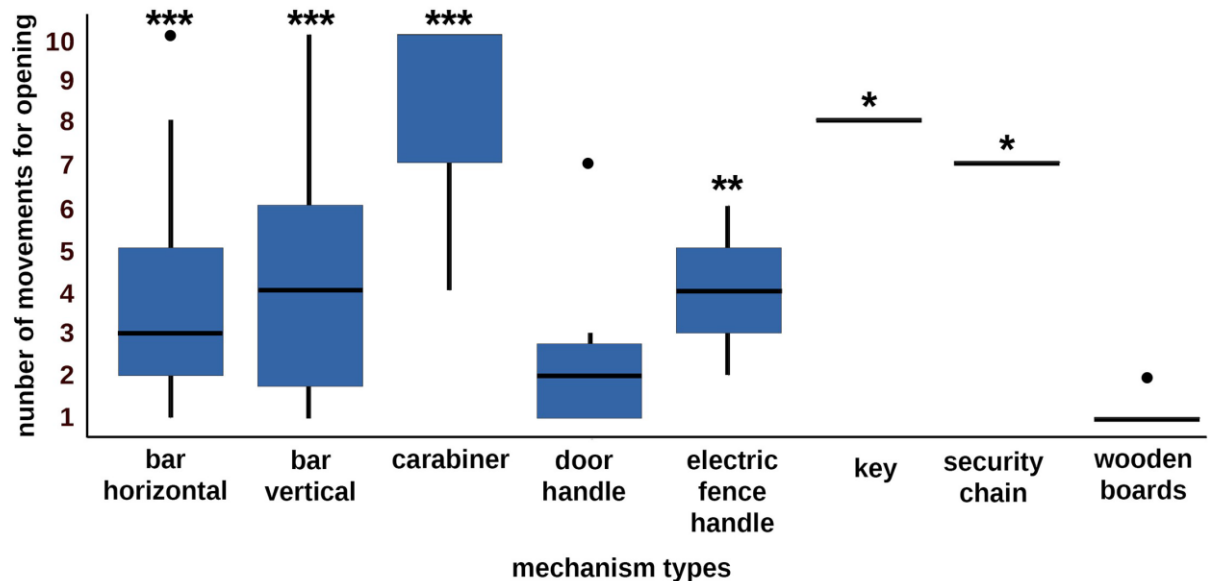


Fig 6. Numbers of movements horses used for opening mechanism types at the videos. Opening carabiners (median = 10, min. = 4, max. = 10, GLM: $N = 89$, Std.E. = 2.27, $z = 3.91$, $p < 0.001$), locks with keys (median = 8, min. = 8, max. = 8, GLM: $N = 89$, Std.E. = 2.85, $z = 2.41$, $p = 0.02$), security chains (median = 7, min. = 7, max. = 7, GLM: $N = 89$, Std.E. = 2.67, $z = 2.12$, $p = 0.03$), and bolts which had to be pulled vertically (median = 4, min. = 1, max. = 10, GLM: $N = 89$, Std.E. = 0.63, $z = 4.43$, $p < 0.001$) and electric fence handles (median = 3.5, min. = 2, max. = 6, GLM: $N = 89$, Std.E. = 0.97, $z = 2.96$, $p = 0.003$) needed more movements than opening handles (median = 2, min. = 1, max. = 7, GLM: $N = 89$, Std.E. = 0.62, $z = 1.76$, $p = 0.08$) and locks with bolts which had to be moved horizontally (median = 3, min. = 1, max. = 10, GLM: $N = 89$, Std.E. = 0.46, $z = 6.19$, $p < 0.001$). Twist mechanisms (c) were not documented. The boxplots visualize the quartiles of the data per lock type. The box comprises 50% and the lower and upper whisker 25% of the variability each. The dots visualize outliers. *** = $p < 0.001$, ** = $p < 0.01$, * = $p \leq 0.05$.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218954.g006>

mechanism and displayed one or more continuous movements until it turned away from the door, gate or mechanism to at least 30° and /or interrupted its movements for at least 3 seconds. A series of actions was counted as part of the same door or gate opening instance, if the horse continued with further manipulations of the door, gate or mechanism within 1 minute of the preceding sequence. Movements within a series were mostly, but not always, ordered in sequence—some animals displayed opening movements which were not necessarily needed to open a door, gate or mechanism.

- c. The efficiency of the movements. We measured the number of head movements performed to open the doors, gates and mechanisms, and compared it to the minimum number of movements which would be needed by a person (efficiency = minimum number of movements / actual number of movements).

Doors, gates and mechanisms that opened in one direction, in one plane and with not more than two movements were termed “simple”. Doors, gates and mechanisms which required movement in several directions of the same movement plane, or on several movement planes, or twisting head or lips were considered more “complex”

Data analysis

For statistical analysis and the depiction of the data we used the package R commander of the R-Project statistical environment, Libre Office 4.3.3.2 and Photo shop CC2017. Most of the data were not normally distributed (Kolmogorov-Smirnov test). Therefore, we applied tests suitable

for non-parametric data throughout. In cases where clear cut descriptive data were offered, we did not apply inferential statistics. For more complex data and research questions, we applied Generalized Linear Models (GLM) and Generalized Linear Mixed Models (GLMM).

We applied GLMs when only fixed effects were calculated. GLMs set at 'family Poisson' were calculated for the dependent variables a) door and gate types, b) the mechanism types, and c) the mechanism positions; fixed factors were age of the horses and whether other horses showed the same behaviour. A separate GLM was set at 'family Binomial' for the now dependent variable whether other horses showed the same behaviour; fixed factors were door and gate types, the mechanism types. Further GLMs set at 'family Binomial' were analysed for the dependent variables horses a) stayed in the stable, b) visited other equids, c) moved around freely, d) broke into other places and e) freed other equids; fixed factors were the management of the animals, i.e. single or group housing, daily access to pasture or on a limited number of days per week, permanent or temporary contact with other equids, and limited or unlimited roughage.

We applied GLMMs when several mechanisms opened by particular horses were part of the analysis and considered the ID of the horse as random factor. Dependent variables of the GLMMs were a) the total number of head movements, b) the frequency in which horses displayed series of head movements, and c) the efficiency of the movements. Fixed factors were the door and gate types, the mechanism types, the number of head and mouth movements, and the number of head movement directions (for definition see above). The GLMMs were set at family 'Poisson'.

The model with the best fit (with the lowest AIC index) was chosen after stepwise removal of factors. In cases reduced models were used the AIC of the particular model is given in the results and complete and reduced models are provided at [S3 File](#). All tests were two-tailed and the significance level was set at 0.05.

Results

Opportunity to observe door and gate opening (survey N = 333)

In 257 of the 335 cases, people reported on whether the animals had the option to observe the behaviour in stable mates and whether the behaviour was shown by further stable mates after the focus animal displayed it. Seventy-four animals had the option to observe the behaviour in a stable mate. In 61 reported cases the behaviour was later shown by others in the same stable. Whether animals were reported to have the option for observing the door and gate lock manipulations in stable mates did not have any effect on how many different doors and gates, how many different locks, and how many locks in different locations were opened (GLM: $N = 333$, all $p > 0.05$). Subjects which had the option to observe the manipulation in conspecifics did not open any particular door, gate or lock types preferentially (GLM: $N = 333$, all $p > 0.05$); only twist locks were opened more often by animals which had no option to observe the opening (GLM: $N = 333$, $SE = 0.51$, $t = -2.08$, $p = 0.04$). Five animals (7%) with the option to observe conspecifics at the same lock type and 29 (16%) with no option to observe the manipulation opened twist locks.

Type of door and gate opening horses (survey N = 333)

We found no effect of the animals' age (mean = 10.14, $SD = 6.27$) on the number of doors and gates or number of mechanism types that were opened, or on the number of locations in which the mechanisms were opened (GLM: $N = 333$, all $p > 0.05$). Many of the gate and door openers were castrated male animals ($N = 212$) and many of them were warmblood horses ($N = 207$), but as the sex and breed distribution may be biased by preferences of the persons

who responded to our query, we do not consider the breed and the sex for further comparisons.

Management conditions of horses opening doors and gates (survey N = 333)

Management conditions were approximately equally distributed for the reported animals. People kept 52% of the animals in single housing and 48% in group housing; 56% of the horses had daily access to pasture, 44% access to pasture on a limited number of days per week; 57% were in unrestricted contact with other horses, 43% in restricted contact; 47% of the horses received roughage *ad libitum*, 53% received restricted roughage.

Motivation and aims for doors and gate opening (survey N = 333)

After opening the doors and gates of a box, enclosure or pasture, 87% of the animals walked out, 62% ran around in the area surrounding their stable, 22% went into other horse boxes or stables, 15% freed other horses, and 22% broke into other places such as feed storage rooms or human houses. Horses tended to stay in their boxes or pastures after opening the door or gates when other horses in the same stable showed the same behaviour before (GLM, AIC = 303.36: N = 333, SE = 0.24, $z = -1.82$, $p = 0.07$) and were more likely to have daily access to pasture than those that exited the boxes or pastures (GLM, AIC = 303.36: N = 333, SE = 0.28, $z = -2.515$, $p = 0.01$). Furthermore, those that went into feed storage rooms were more likely to have daily access to pasture (GLM, AIC = 312.21: N = 333, SE = 0.27, $z = 2.41$, $p = 0.02$) and were older (mean: 11.5 years, SD = 6.9) than horses that did not open feed storage rooms (mean: 9.6 years, SD = 5.8). All other management restrictions were unrelated to actions after opening doors and gates (GLM: N = 333, all $p > 0.05$).

Types of door and gate mechanisms (survey N = 333, videos N = 69)

The case reports describe the opening of 520 door or gate types, and the videos show the opening of 75 doors and gates (for frequencies see Fig 4); the case reports describe the opening of 559 mechanisms, and the videos 89 mechanisms (for frequencies see Fig 5). Some reports did not provide details of the mechanism types.

Most reports described the opening of one door or gate per animal (median, min. = 1, max. = 4). In the survey, the animals typically opened one door or gate type (median, min. = 1, max. = 2) and two mechanism types (median, min. = 1, max. = 5), at two locations (median, min. = 1, max. = 4). In the videos, the animals opened a median of one door or gate type (min. = 1, max. = 2), one mechanism type (min. = 1, max. = 3), at one location (min. = 1, max. = 6).

Complexity of door and gate mechanisms (videos N = 69)

Horses' movements for opening doors, gates and mechanisms. Most of the analysed doors and gates (N = 75) opened in the direction of travel of the horse manipulating the mechanism (52 away from the horse = *same* direction, 11 towards the horse = *opposite* direction, see Fig 3). Other types of gate required movements *orthogonal* to the horses' direction of travel (8 sliding doors, 4 barred doorways or gateways). Moving the head in a linear movement plane was sufficient to open most of the doors and gates but twisting of the head was needed for 6 doors or gates on hinges, 3 sliding doors and 1 barred door- or gateway.

All mechanisms (N = 89) had to be opened orthogonally to the travel directions of the animals, except one bar which had to be pulled in the direction opposite to that of travel. Most mechanisms were opened with a linear head movement: 19 bars were moved horizontally (14

left and right, 5 backwards and forwards); 20 bars were moved vertically (upwards or downwards); 32 bars were moved horizontally and vertically, 9 door handles were pulled vertically downwards; 5 electric fence handles were moved horizontally left or right towards the supporting pole of the electric fence and then upwards out of wire loops at the pole; 8 wooden boards were pulled vertically upwards out of a door frame. However, some mechanisms had to be opened with twisting movements: 4 sideways and 5 upwards/downwards moving bolts, 3 carabiners, one security chain, and one key. The 3 carabiners had to be twisted circularly and 1 key had to be turned in a padlock and the padlock then lifted vertically upwards.

Number of movements and efficiency in opening the doors, gates and mechanisms. To open doors or gates (Figs 1 and 3) the animals performed a median of 1 movement (min = 1, max. = 15) in 1 movement sequence (median, min. = 1, max. = 11). The animals' efficiency in opening doors and gates was 0.9 (median, min. = 0.33, max. = 1).

For opening barred doorways horses performed fewer movements than for opening sliding doors (GLMM: $N = 75$, $SE = 2.89$, $z = -3.3$, $p < 0.001$) or doors on hinges (GLMM: $N = 75$, $SE = 2.75$, $z = -3.93$, $p < 0.001$). Thus, horses used the most movement sequences to open barred doorways, fewer for sliding doors (GLMM: $N = 75$, $SE = 2.34$, $z = -3.14$, $p = 0.002$) and fewer still when the doors were on hinges (GLMM: $N = 75$, $SE = 2.24$, $z = -3.43$, $p < 0.001$). Individuals differed significantly in the number of movements (GLMM: $N = 75$, $SE = 0.05$, $z = -2.13$, $p = 0.03$) and number of movement sequences they performed (GLMM: $N = 75$, $SE = 0.04$, $z = -2.48$, $p = 0.01$) to open barred door and gates.

The efficiency of the horses in opening did not differ between door and gate types (GLMM: $N = 75$, all $p > 0.05$) and was very close to the best efficiency possible for humans (efficiency = 1). However, subjects which opened several door and gate types needed fewer movements (GLM: $AIC = 395.97$, $N = 89$, $z = -2.23$, $p = 0.03$), fewer movement sequences (GLM: $AIC = 287.09$, $N = 89$, $z = -1.99$, $p = 0.05$) than horses which opened only one door or gate type.

To open the mechanisms (Figs 2 and 3), individuals performed a median of 3 movements (min = 1, max. = 10) in 2 movement sequences (median, min. = 1, max. = 8). The animals' efficiency in opening mechanisms was 0.5 (median, min. = 0.1, max. = 1).

Mechanisms differed in the number of movements the horses elicited to open them (GLMM: $N = 89$, $SE = 0.16$, $z = -2.24$, $p = 0.02$, Fig 6, S3 File), as they tended to differ in length of movement sequence (GLMM: $N = 89$, $SE = 0.16$, $z = 1.74$, $p = 0.08$). The number of movements the horses used to open the mechanism types were higher when the mechanism had to be opened in two or three rather than in only one movement direction (GLMM: $N = 89$, $SE = 0.5$, $z = 2.99$, $p = 0.003$, Fig 7). Furthermore, mechanisms which required twisting movements elicited a higher number of movements from the horses (median = 8, min = 4, max. = 10) than mechanisms which could be opened on linear movement planes (median = 2, min = 1, max = 10, GLMM: $N = 89$, $SE = 0.94$, $z = 3.46$, $p < 0.001$, Fig 7). The number of movements applied to mechanisms which needed twisting movements differed between individuals (GLMM: $N = 89$, $SE = 0.03$, $z = 4.78$, $p < 0.001$). Furthermore, the animals applied more movements and more movement sequences to open a door or gate when they had to move the mechanism in several directions within one movement plane (Fig 7, statistical data see S3 File). However, the opening efficiency of the horses did not differ between mechanism types, or according to whether horses had to apply different numbers of movement directions or planes (GLMM: $N = 89$, all $p > 0.05$).

Discussion

Crowdsourcing resulted in a large sample of cases of door and gate opening in horses. Most of the horses opened only one door, gate or mechanism type at a single location. However, some

individuals opened the same type of door or gate mechanism at several locations, some operated several types of mechanisms, and some were even able to open doors and gates secured with several mechanism types at different positions. These horses seemed to have understood [4] and generalized the concept of “locked doors” [49].

In 74 out of 257 cases, other animals in the same stable demonstrated the same behaviour, offering options for learning the manipulation of the same types of locked doors and gates through observation of conspecifics [19,41]. In 61 cases, further animals in the stable started displaying the same door and gate opening behaviour shown by the focal animal. Some individual animals therefore may have learned the behaviour through observing conspecifics. However, in general subjects performed equally successfully in opening locked doors and gates no matter whether they could have observed conspecifics or not. Twist locks were an exception: here, horses with no option to observe the behaviour in other horses were more successful in opening the locks. The exact manipulation of twist locks may have been difficult to observe in conspecifics, as they were opened by twisting lips and the head [17,50]. In general, we cannot exclude individual trial and error learning as the main mechanism for learning how to open locked doors and gates [10,14,50]. Also, horses may have learned to handle the locking devices through observing humans doing so [20]; if so, the subjects were innovative in acquiring door opening techniques from observing humans, as they would have to use different body parts and to approach the locking mechanisms from different angles than the observed persons [17,25,51]. Interestingly, animals which had prior opportunity to observe the door opening procedure in stable mates were over-represented among horses which remained in a stable even after opening its locked door. This result calls for a follow up study on observational learning of door opening behavior and on potential social learning mechanisms in use by the horses: horses may display door opening behavior as a result of social stimuli or observing other horses or humans, without necessarily reflecting unsatisfactory management conditions [4,42–45] or primary goals, but simply for play [52].

A beneficial effect of experience was found: animals which opened more locked door and gate types applied fewer head movements and fewer movement sequences to opening locks than horses which opened only one door or gate type.

Horses favoured their mouth for prehension of door and gate mechanisms, which were, of course, made for human hand use. Similarly, most horses chose to use their mouth when pressing a button to open a feeding apparatus [19,20]. In contrast, dogs, cats and chickens have been found to use their claws and paws to open cage locking devices [10], and dogs pulled towels with food out of a container with their paw, no matter whether they observed other dogs using their mouth or paw, or humans using their hands [53].

In our survey, most horses were reported to open doors and gates on hinges, with bars or handles which could be opened on one plane with only a few head movements. However, an impressive number of horses handled more complicated mechanisms, which required movements in more than one plane and specific sequences of actions to be applied. In the main, horses applied similar numbers of movements to those needed by humans to open doors and gates, but twice as many when opening locks. The locks included carabiners, twist mechanisms, keys at doors and padlocks, and electric fence handles; the latter also needed to be handled precisely if possible electric shocks were to be avoided. Horses applied more movements the more complex the mechanism was, but their efficiency, in terms of the number of actions applied compared to the minimum necessary, was similar for opening simple and more complex mechanisms. The range of fastening devices that horses have learnt to open apparently spans the gamut of devices in frequent use in the nations participating in the study: thus, we found no obvious limit to the complexity which horses can learn to master [4,14,41].

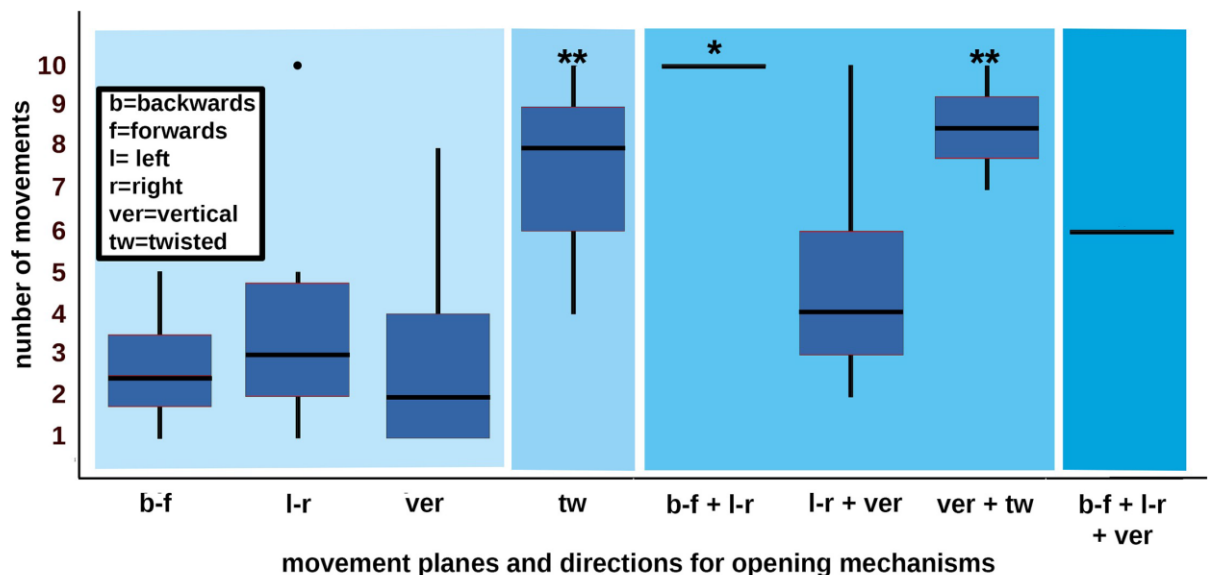


Fig 7. Numbers of movements horses performed for opening mechanisms on different movement planes. The animals needed more movements to open a lock when they had to twist them (median = 8, min. = 4, max. = 10; GLM: N = 89, Std.E. = 1.77, $z = 2.59$, $p = 0.0096$), or move them in several directions within one movement plane (left–right, back–forth, vertical) or on several movement planes (linear and twisted): i.e. back or forth and left or right (median = 10, min. = 10, max. = 10; GLM: N = 89, Std.E. = 3.27, $z = 2.22$, $p = 0.03$), left or right and vertical (median = 4, min. = 2, max. = 10; GLM: N = 89, Std.E. = 0.89, $z = 1.67$, $p = 0.09$), vertical and twisted (median = 8.5, min = 7, max. = 10, GLM: N = 89, Std.E. = 2.22, $z = 2.59$, $p = 0.009$), and back or forth and left or right and vertical (median = 6, min. = 6, max. = 6; but this is not significant: GLM: N = 89, Std.E. = 2.59, $z = 1.26$, $p = 0.2$), rather than moving them only left or right (median = 3, min. = 1, max. = 10), only back or forth (median = 2.5, min. = 1, max. = 5) or only vertically (median = 2, min. = 1, max. = 8) (GLM: N = 89, all $p > 0.05$). The boxplots visualize the quartiles of the data per lock type. The box comprises 50% and the lower and upper whisker 25% of the variability each. The dots visualize outliers. ** = $p < 0.01$ and * = $p \leq 0.05$.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218954.g007>

Door and gate opening in horses is not generally associated with the quality of human-imposed environmental conditions [4,43–45]: cases came from both single and group housing, and where horses were given access to pasture, conspecifics, and roughage equally often. In some cases, a desire for free movement, known to be caused by unsatisfactory management conditions [4,42–45] and reported in environmental enrichment studies for several species [8,54–56], may have motivated the reported escape. However, some horses stayed after opening a door or gate and some broke into feed storage rooms even though they had daily access to pasture. In such cases, curiosity, playfulness or a desire for tasty food [52,57,58] seem possible motivations. Horse owner and caretaker reports and video documentations indicate that horses do open boxes, feed storage rooms and houses to gain access to preferred food [19,20,52,58], and that they free other group members, as has been reported in rats, which freed caged companions [9] and released soaked conspecifics [59].

We found individual differences in the number of movements and the efficiency in dealing with barred doors and gateways and mechanisms which needed twisting movements, which may have been the result of construction variations between the different movements. In addition, the horses may have differed in their past opportunities to practice opening techniques [14,60–62], because horses opening several door and gate types applied less movements to open the locks. The fact that horses which opened feed storage rooms were older and had more access to pasture supports the role of opportunity in learning novel techniques. Nevertheless, individual personality [51,52], especially the horses' activity and emotionality [63], may also account for differences in manipulative skills.

The low number of reports on trained door opening horses in the present study was not unexpected, as animal escapes may have serious consequences for the animal, the animal owners, caretakers and the environment, for example when they hit the traffic [5,6]. As many persons wrote that they tried to prevent their animals from escaping, but were inefficient, we suppose that the number of horses trying but being successfully prevented from opening human locking devices is much higher than reported.

Limitations and chances of crowdsourcing for collecting data

As with any questionnaire, the present study ran the risk of collecting biased reports [25,36,37]. “Owning a clever animal” is undoubtedly seen as desirable by some owners and caretakers [37] so that highly motivated respondents are likely to be over-represented in our data [38]. Nevertheless, we doubt whether the 333 highly motivated horse owners and caretakers who completed the questionnaires intentionally provided false information in their responses. However, although the people who filmed the actions had tried hard to prevent developing unconscious cues in the first place, they might have unconsciously given off cues that aided the horse at the time of filming or observing. Horses are highly sensitive to human demeanour [64–67] and orientate on human attention [68,69], as in the case of the famous “counting” horse Clever Hans [70]. Unconscious cues may be inevitable for data raised by crowdsourcing, as even trained persons unconsciously interact with their test animals [22], but we do not see how the cues given while documenting door and gate opening could have helped the horse in developing the behaviour. Future studies may ask for personal data of the animal owners and caretakers to gain more insight into the generalizability of the animal sample, or attempt specifically to collect negative as well as positive data.

Conclusions

Horses open a far wider range of human-made mechanical devices on doors and gates than previously reported, generally handling the mechanisms with their mouths. Although most horses are confined by simple bolts or handles, and most reports were of opening such devices, a surprising range of fastenings, including carabiners and electric fence handles, proved vulnerable to opening by horses confined by them. Indeed, within the range of locking devices in frequent use for restraining horses, we found no clear cognitive limit to horses’ ability to open them and some evidence for experience improving the horses’ skills. The ability of horses and other ungulates to open human-made fastenings therefore needs to be reconsidered to minimise damage caused by escapes.

Supporting information

S1 Fig. From data request to case selection. a) data request: people were requested to send information on unusual behaviour (general questionnaire; [S1 File](#)) and door opening (questionnaire door opening; [S2 File](#)) worldwide. b) case documentation: people observed their animals and collected reports, pictures and videos. c1) data transfer: information, pictures and videos on the behaviour and information on the individual animal and its management were reported at the website (<https://innovative-behaviour.org>) and c2) videos on door opening were published at the internet platform YouTube. d) case selection: the research group selected reported door and gate opening cases in equids from the website and from the internet platform YouTube and deleted questionable data. a) and c1) screen prints were made from the web site (<https://innovative-behaviour.org>), c2) screen prints from YouTube. Clip arts were either drawn by the author or downloaded from the website <https://opendclipart.org> (i.e. 100%

open domain platform).
(PDF)

S1 File. Questionnaire “Innovative behaviour in horses”. Please enlarge Pdf for viewing the data.
(PDF)

S2 File. Questionnaire “Horses that open doors or gates”. Please enlarge Pdf for viewing the data.
(PDF)

S3 File. Statistical data, complete and reduced GLM and GLMM.
(PDF)

S1 Table. Data survey. Please enlarge Pdf for viewing the data.
(PDF)

S2 Table. Data videos. Please enlarge Pdf for viewing the data.
(PDF)

S3 Table. Data movement counts videos. Please enlarge Pdf for viewing the data.
(PDF)

S4 Table. Data mules and donkeys door opening. Please enlarge Pdf for viewing the data.
(PDF)

Acknowledgments

We wish to thank Kevin Laland and Adam Miklosi for discussion, three anonymous referees and the editor for helping to improve the manuscript, Michel-Antoine Leblanc and Anja Zollinger for helping with the French survey, Kate Farmer for correcting the language, Knut Krueger for helping with the figures, 2 Student project groups, Simone Weil, and Helena Hollenhorst for helping to raise the data, various journalists for spreading information about the project and all the horse, donkey and mule owners and keepers for sending us their reports, as well as two anonymous referees and two editors for helpful suggestions on the manuscript.

Author Contributions

Conceptualization: Konstanze Krueger, Richard Byrne.

Data curation: Konstanze Krueger.

Formal analysis: Konstanze Krueger, Richard Byrne.

Funding acquisition: Konstanze Krueger.

Investigation: Konstanze Krueger, Laureen Esch.

Methodology: Konstanze Krueger, Richard Byrne.

Project administration: Konstanze Krueger, Richard Byrne.

Resources: Konstanze Krueger.

Software: Konstanze Krueger.

Supervision: Konstanze Krueger, Richard Byrne.

Validation: Konstanze Krueger.

Visualization: Konstanze Krueger.

Writing – original draft: Konstanze Krueger, Laureen Esch, Richard Byrne.

Writing – review & editing: Konstanze Krueger, Laureen Esch, Richard Byrne.

References

- Devenport JA, Patterson MR, Devenport LD. Dynamic averaging and foraging decisions in horses (*Equus caballus*). *J Comp Psychol*. 2005; 119: 352–358. <https://doi.org/10.1037/0735-7036.119.3.352> PMID: 16131264
- Berger J. Wild horses of the Great Basin. Chicago: University of Chicago Press; 1986.
- Steidle N. Beobachtungen einer Przewalski-Junggesellenherde im Jahresverlauf unter besonderer Berücksichtigung von Ruheverhalten und Rangordnung. Doctoral Thesis, Ludwig-Maximilian University, Munich. 2011.
- Griffin AS, Tebbich S, Bugnyar T. Animal cognition in a human-dominated world. *Anim Cogn*. 2017; 20: 1–6. <https://doi.org/10.1007/s10071-016-1051-9> PMID: 27848045
- Schwenk BK, Fürst AE, Bischofberger AS. Traffic accident-related injuries in horses. *Pferdeheilkunde*. 2016; 32: 192–199
- Kiliç S, Cantürk G. Car accident due to horse crossing the motorway: two case reports. *Bull Leg Med*. 2017; 23: 73–76. <https://doi.org/10.17986/blm.2017227929>
- Petherick JC, Rutter SM. Quantifying motivation using a computer-controlled push-door. *Appl Anim Behav Sci*. 1990; 27: 159–167. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(90\)90015-6](https://doi.org/10.1016/0168-1591(90)90015-6)
- Koistinen T, Korhonen HT, Hämäläinen E, Mononen J. Blue foxes' (*Vulpes lagopus*) motivation to gain access and interact with various resources. *Appl Anim Behav Sci*. 2016; 176: 105–111. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2016.01.012>
- Bartal IB-A, Decety J, Mason P. Empathy and pro-social behavior in rats. *Science*. 2011; 334: 1427–1430. <https://doi.org/10.1126/science.1210789> PMID: 22158823
- Thorndike EL. Review of animal intelligence: an experimental study of the associative processes in animals. *Psychol Rev*. 1898; 5: 551–553. <https://doi.org/10.1037/h0067373>
- Krueger K. Social Ecology of Horses. In: Korb J and Heinze J, editors. *Ecology of Social Evolution*. Heidelberg: Springer Verlag, 2008. pp 195–206.
- Krueger K, Flauger B. Social feeding decisions in horses (*Equus caballus*). *Behav Process*. 2008; 78: 76–83. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2008.01.009> PMID: 18313236
- Krueger K, Flauger B, Farmer K, Hemelrijk C. Movement initiation in groups of feral horses. *Behav Process*. 2014; 103: 91–101. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2013.10.007> PMID: 24220794
- Nicol CJ. Equine learning: progress and suggestions for future research. *Appl Anim Behav Sci*. 2002; 78: 193–208. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(02\)00093-X](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(02)00093-X)
- Byrne R, Whiten A. Machiavellian Intelligence. Oxford: Oxford Univ Press; 1988.
- Whiten A, Horner V, Litchfield CA, Marshall-Pescini S. How do apes ape? *Learn Behav*. 2004; 32: 36–52. <https://doi.org/10.3758/BF03196005> PMID: 15161139
- Laland KN. Social learning strategies. *Learn Behav*. 2004; 32: 4–14. <https://doi.org/10.3758/BF03196002> PMID: 15161136
- Krueger K, Heinze J. Horse sense: social status of horses (*Equus caballus*) affects their likelihood of copying other horses' behavior. *Anim Cogn*. 2008; 11: 431–439. <https://doi.org/10.1007/s10071-007-0133-0> PMID: 18183432
- Krueger K, Farmer K, Heinze J. The effects of age, rank and neophobia on social learning in horses. *Anim Cogn*. 2014; 17: 645–655. <https://doi.org/10.1007/s10071-013-0696-x> PMID: 24170136
- Schuetz A, Farmer K, Krueger K. Social learning across species: horses (*Equus caballus*) learn from humans by observation. *Anim Cogn*. 2017; 20: 567–573. <https://doi.org/10.1007/s10071-016-1060-8> PMID: 27866286
- Rørvang MV, Ahrendt LP, Christensen JW. A trained demonstrator has a calming effect on naïve horses when crossing a novel surface. *Appl Anim Behav Sci*. 2015; 171: 117–120. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2015.08.008>
- Rørvang MV, Christensen JW, Ladewig J, McLean A. Social learning in horses—fact or fiction? *Front Vet Sci*. 2018; 5: 212. <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00212> PMID: 30238009
- Nelson XJ, Fijn N. The use of visual media as a tool for investigating animal behaviour. *Anim Behav*. 2013; 85: 525–536. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2012.12.009>

24. Hiby EF, Rooney NJ, Bradshaw JWS. Dog training methods: their use, effectiveness and interaction with behaviour and welfare. *Anim Welf*. 2004; 13: 63–69.
25. Lefebvre L, Reader SM, Sol D. Brains, innovations and evolution in birds and primates. *Brain Behav Evol*. 2004; 63: 233–246. <https://doi.org/10.1159/000076784> PMID: 15084816
26. Bouchard J. Is social learning correlated with innovation in birds? An inter-and an interspecific test. Master's thesis. Department of Biology McGill University Montréal, Québec. 2002.
27. Whiten A, Byrne RW. Tactical deception in primates. *Behav Brain Sci*. 1988; 11: 233–244. <https://doi.org/10.1017/S0140525x00049682>
28. Byrne RW, Whiten A. Tactical deception in primates: the 1990 database. German Primate Center. 1990. 1–101.
29. Byrne RW. Do larger brains mean greater intelligence? *Behav Brain Sci*. 1993; 16: 696–697. <https://doi.org/10.1017/S0140525X00032362>
30. Reader SM, Laland KN. Primate innovation: sex, age and social rank differences. *Int J Primatol*. 2001; 22: 787–805. <https://doi.org/10.1023/A:1012069500899>
31. Reader SM, Laland KN. Social intelligence, innovation, and enhanced brain size in primates. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2002; 99: 4436–4441. <https://doi.org/10.1073/pnas.062041299> PMID: 11891325
32. Bates LA, Byrne RW. Creative or created: Using anecdotes to investigate animal cognition. *Methods*. 2007; 42: 12–21. <https://doi.org/10.1016/j.ymeth.2006.11.006> PMID: 17434411
33. Baker PJ, Funk SM, Harris S, White PCL. Flexible spatial organization of urban foxes, *Vulpes vulpes*, before and during an outbreak of sarcoptic mange. *Anim Behav*. 2000; 59: 127–146. <https://doi.org/10.1006/anbe.1999.1285> PMID: 10640375
34. Bachmann I, Audige L, Stauffacher M. Risk factors associated with behavioural disorders of crib-biting, weaving and box-walking in Swiss horses. *Equine Vet J*. 2003; 35: 158–163. <https://doi.org/10.2746/042516403776114216> PMID: 12638792
35. Burn CC. A vicious cycle: a cross-sectional study of canine tail-chasing and human responses to it, using a free video-sharing website. *Plos One*. 2011; 6: e26553. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0026553> PMID: 22096487
36. Momozawa Y, Ono T, Sato F, Kikusui T, Takeuchi Y, Mori Y, et al. Assessment of equine temperament by a questionnaire survey to caretakers and evaluation of its reliability by simultaneous behavior test. *Appl Anim Behav Sci*. 2003; 84: 127–138. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2003.08.001>
37. Podsakoff PM, MacKenzie SB, Lee J-Y, Podsakoff NP. Common method biases in behavioral research: A critical review of the literature and recommended remedies. *J Appl Psychol*. 2002; 85: 879–903.
38. Sabou M, Bontcheva K, Scharl A. Crowdsourcing research opportunities: lessons from natural language processing, proceedings of the 12th international conference on knowledge management and knowledge technologies. 2012; 17–1. <https://doi.org/10.1145/2362456.2362479>
39. Bücheler T, Sieg JH. Understanding science 2.0: Crowdsourcing and open innovation in the scientific method. Proceedings of the 2nd european future technologies conference and exhibition 2011 (FET 11). 2011; 7: 327–329. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2011.09.014>
40. Wiggins A, Crowston K. From conservation to crowdsourcing: A typology of citizen science. 2011 44th Hawaii international conference on system sciences. 2011; 1–10. <https://doi.org/10.1109/Hicss.2011.207>
41. Whalen A, Cownden D, Laland K. The learning of action sequences through social transmission. *Anim Cogn*. 2015; 18: 1093–1103. <https://doi.org/10.1007/s10071-015-0877-x> PMID: 26006723
42. McLean AN. Short-term spatial memory in the domestic horse. *Appl Anim Behav Sci*. 2004; 85: 93–105. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2003.09.009>
43. Houpt KA. Equine behavior problems in relation to humane management. *Int J Stud Anim Prob*. 1981; 2: 329–337.
44. Mills D, Clarke A. Housing, Management and Welfare. *The Welfare of Horses*. 2002. pp 77–97.
45. Henderson AJZ. Don't fence me in: managing psychological well being for elite performance horses. *J Appl Anim Welf Sci*. 2007; 10: 309–329. <https://doi.org/10.1080/10888700701555576> PMID: 17970632
46. Creswell JW. Research design. Los Angeles: Sage; 2014. XXIX, 273 Seiten.
47. Petersen JL, Mickelson JR, Cothran EG, Andersson LS, Axelsson J, Bailey E, et al. Genetic diversity in the modern horse illustrated from genome-wide SNP data. *Plos One*. 2013; 8: e54997. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0054997> PMID: 23383025
48. Pirault P, Danvy S, Verrier E, Leroy G. Genetic structure and gene flows within horses: A genealogical study at the French population scale. *Plos One*. 2013; 8: e61544. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0061544> PMID: 23630596

49. Hanggi EB. Discrimination learning based on relative size concepts in horses (*Equus caballus*). *Appl Anim Behav Sci*. 2003; 83: 201–213. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(03\)00136-9](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(03)00136-9)
50. Webster MM, Laland KN. Social learning strategies and predation risk: minnows copy only when using private information would be costly. *Proc R Soc Lond B*. 2008; 275: 2869–2876. <https://doi.org/10.1098/rspb.2008.0817> PMID: 18755676
51. Reader SM. Innovation and social learning: individual variation and brain evolution. *Anim Biol Leiden*. 2003; 53: 147–158. <https://doi.org/10.1163/157075603769700340>
52. Reader SM, Laland KN. *Animal Innovation*. Oxford: Oxford University Press; 2009.
53. Mersmann D, Tomasello M, Call J, Kaminski J, Taborsky M. Simple mechanisms can explain social learning in domestic dogs (*Canis familiaris*). *Ethology*. 2011; 117: 675–690. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.2011.01919.x>
54. Henderson JV, Warant NK. Reducing equine stereotypies using an equiball. *Anim Welfare*. 2001; 10: 73–80.
55. Löckener S, Reese S, Erhard M, Wöhr A-C. Pasturing in herds after housing in horseboxes induces a positive cognitive bias in horses. *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research*. 2016; 11: 50–55. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2015.11.005>
56. Mench JA, Morrow-Tesch J, Chu L-R. Environmental enrichment for farm animals. *Lab Anim*. 1998; 27: 32–36
57. Biondi LM, Bó MS, Vassallo AI. Inter-individual and age differences in exploration, neophobia and problem-solving ability in a Neotropical raptor (*Milvago chimango*). *Anim Cogn*. 2010; 13: 701–710. <https://doi.org/10.1007/s10071-010-0319-8> PMID: 20300791
58. Wolff A, Hausberger M. Learning and memorisation of two different tasks in horses: the effects of age, sex and sire. *Appl Anim Behav Sci*. 1996; 46: 137–143.
59. Schwartz LP, Silberberg A, Casey AH, Kearns DN, Slotnick B. Does a rat release a soaked conspecific due to empathy? *Anim Cogn*. 2017; 20: 299–308. <https://doi.org/10.1007/s10071-016-1052-8> PMID: 27622786
60. Kusunose R, Yamanobe A. The effect of training schedule on learned tasks in yearling horses. *Appl Anim Behav Sci*. 2002; 78: 225–233. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(02\)00089-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(02)00089-8)
61. McCall CA, Salters MA, Simpson SM. Relationship between number of conditioning trials per training session and avoidance learning in horses. *Appl Anim Behav Sci*. 1993; 36: 291–299. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(93\)90127-B](https://doi.org/10.1016/0168-1591(93)90127-B)
62. Rubin L, Oppegard C, Hindz HF. The effect of varying the temporal distribution of conditioning trials on equine learning behavior. *J Anim Sci*. 1980; 50: 1184–1187. <https://doi.org/10.2527/jas1980.5061184x> PMID: 7400060
63. Esch L, Wöhr C, Erhard M, Krueger K. Horses' (*Equus Caballus*) Laterality, Stress Hormones, and Task Related Behavior in Innovative Problem-Solving. *Animals* 2019; 9: 265. <https://doi.org/10.3390/ani9050265> PMID: 31121937
64. Maros K, Gácsi M, Miklósi Á. Comprehension of human pointing gestures in horses (*Equus caballus*). *Anim Cogn*. 2008; 11: 457–466. <https://doi.org/10.1007/s10071-008-0136-5> PMID: 18247069
65. Proops L, Walton M, McComb K. The use of human-given cues by domestic horses, *Equus caballus*, during an object choice task. *Anim Behav*. 2010; 79: 1205–1209. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2010.02.015>
66. Proops L, Rayner J, Taylor AM, McComb K. The responses of young domestic horses to human-given cues. *PLoS ONE*. 2013; 8: e67000 EP -. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0067000> PMID: 23840572
67. Smith AV, Proops L, Grounds K, Wathan J, McComb K. Functionally relevant responses to human facial expressions of emotion in the domestic horse (*Equus caballus*). *Biol Lett*. 2016; 12. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2015.0907> PMID: 26864784
68. Proops L, McComb K. Attributing attention: the use of human-given cues by domestic horses (*Equus caballus*). *Anim Cogn*. 2010; 13: 197–205. <https://doi.org/10.1007/s10071-009-0257-5> PMID: 19588176
69. Krueger K, Flaugar B, Farmer K, Maros K. Horses (*Equus caballus*) use human local enhancement cues and adjust to human attention. *Anim Cogn*. 2011; 14: 187–201. <https://doi.org/10.1007/s10071-010-0352-7> PMID: 20845052
70. Pfungst O. *Der Kluge Hans. Ein Beitrag zur nichtverbalen Kommunikation*. Frankfurt am Main: Frankfurter Fachbuchhandlung für Psychologie; 1907.

5 Erweiterte Ergebnisse

5.1 Neuartige Verhaltensweisen

Der Inhalt dieses Kapitels wird in folgendem Manuskript „Need or opportunity? A study of innovative behaviour in equids“ dargestellt, das aktuell den Vorgaben von „Royal Society, Open Science“ entspricht und dort, nach Freigabe durch die Koautoren, zur Veröffentlichung eingereicht werden soll.

5.1.1 Zusammenfassung und Diskussion

Das folgende Kapitel stellt die Untersuchungen zu neuartigen Verhaltensweisen von Pferden dar, die mithilfe eines Fragebogens, sowie Videos auf den Internetplattformen „Youtube“ und „Facebook“ erhoben wurden. Insgesamt wurden 632 Fälle domestizierter Equiden (Esel, Maultiere, Pferde) gefunden, die von 1011 Verhaltensweisen berichten. Nachdem die Fälle geprüft und entsprechend gefiltert wurden, enthielt der Datensatz noch 746 Verhaltensweisen. Diese wurden entsprechend ihrer zugrundeliegenden Motivation folgenden Kategorien zugeordnet: a) Nahrungsbeschaffung (N=166), b) Bewegung/Flucht (N=392), c) Sozialverhalten (N=99), d) Komfortverhalten (N=24) und e) Spielverhalten (N=65). Das Auftreten des innovativen Verhaltens wurde in Bezug auf individuelle Faktoren (Alter, Rasse, Geschlecht) und die Haltungsform untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass die Verteilung der Pferde, die innovatives Verhalten zeigen, auf Einzel- und Gruppenhaltung ungefähr gleich ist. Allerdings zeigte sich, dass Pferde, die täglich Weidegang und durchgehend Kontakt zu Artgenossen hatten, eine höhere Anzahl an verschiedenen Innovationen zeigten. Das lässt darauf schließen, dass eine tiergerechtere Haltung für innovatives Verhalten förderlich ist und Pferde, die entsprechend gehalten werden, zu höheren kognitiven Leistungen fähig sind, als Pferde, die in weniger guten Haltungsbedingungen leben.

5.1.2 Darstellung der Eigenleistung

Aufbauend auf den Daten, die im Rahmen der Bachelorarbeit (Weil, 2014) gesammelt wurden, wurde der Fragebogen weiterverbreitet und der Datensatz vergrößert. Dazu konnte ich meinen Beitrag leisten. Außerdem habe ich bei der Analyse, Interpretation und Diskussion der Daten unterstützen können, passende Literatur recherchiert und die Einleitung des vorliegenden Manuskripts geschrieben.

1 Need or opportunity? A study of innovative behaviour in equids.

2

3 Konstanze Krueger^{Δ*}

4 Nuertingen-Geislingen University and University of Regensburg, Germany

5 Laureen Esch^{+Δ}

6 Ludwig Maximilian University Munich and Nuertingen-Geislingen University, Germany

7 Richard Byrne[•]

8 St. Andrews University, UK

9 Kevin Laland[△]

10 St. Andrews University, UK

11

12 ^Δ Nuertingen-Geislingen University, Faculty Agriculture, Economics and Management,

13 Department Equine Economics, Neckarsteige 6-10, 72622 Nürtingen, Germany

14 ^{*} University of Regensburg, Zoology / Evolutionary Biology, Universitätsstraße 31, 93053

15 Regensburg, Germany

16 ⁺ Department of Veterinary Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Animal Hygiene and

17 Animal Husbandry, Chair of Animal Welfare, Ethology, Ludwig Maximilian University

18 Munich, Veterinaerstr. 13/R, 80539 Munich, Germany

19 [•] Centre for Social Learning & Cognitive Evolution, School of Psychology, University of St

20 Andrews, St Andrews, Fife, KY16 9JP, Scotland, UK

21 [△] School of Biology, University of St Andrews, St Andrews, Fife, KY16 9TF, Scotland, UK

22

23 ^{*} Corresponding author:

24 Konstanze Krueger,

25 Konstanze.Krueger@hfwu.de

26 Tel: 0049 7022 201 331

Abstract Debate remains over whether animals develop innovative solutions primarily in response to pressing needs or conversely whether they innovate more when basic needs are covered and social stability offers the opportunity to develop novel behaviour. We generated data on “unusual” behaviour in equids by contacting equid owners and caretakers directly and via a website (<https://innovative-behaviour.org>), and searched the internet platforms YouTube and Facebook for videos, selecting 746 of 1011 reported behaviours. We investigated whether the frequencies and numbers of innovations (i) differed across behavioural categories, (ii) differed with respect to the equids’ sex, age, breed type, and purpose of domestication, and (iii) were affected by the equids’ management (single vs group housing, access to roughage feed, access to pasture, and social contact). We found higher rates of performance of specific innovations amongst Warmblood horses, Thoroughbreds and Arabians than among mules, donkey, draught horses and ponies, and in equids in permanent social contact than those in restricted social contact. The numbers of different types of innovation manifest were not affected by individual characteristics (age, sex, etc.), but we observed few types of innovation in escape and foraging contexts, whilst the context of comfort, play, and social behaviour elicited the greatest diversity of innovations. We also found higher diversity of innovations in horses kept in groups rather than in individual housing, and with unlimited rather than with restricted access to pasture and roughage. We conclude that equids may produce specific goal-directed innovations in response to urgent needs, performing these at high frequency, but may also devise diverse innovations when opportunity arises when kept in good conditions with little social conflict.

Key words: crowd sourcing, domestication, donkey, horse, innovation, management, mule

1. Introduction

Innovation is defined as a novel solution to environmental or social challenges [1] and animals that find solutions to a novel problem or a novel solution to an old problem can be considered to be innovative [2].

Debate remains on the animals' motivation to innovate [3]. Some researchers have suggested that need is the driving force behind animal innovation [1,4,5]. From this perspective, individuals with poor competitive abilities or poor access to resources are forced to develop novel solutions [4]. This hypothesis is supported by the notion that, in frequently changing environments, food availability, access to mating partners and social contact may be problematic and induce the development of novel goal-directed behaviours [1,3,6-8]. In some species, younger animals may have less access to resources and as a consequence be driven to innovate more [2,9]. Sex differences in innovation may reflect motivational differences (i.e. differences in needs). Female chimpanzees have been found to be more engaged than males in acquiring food and were persistent in the use of tools and the development of new food sources [10], while male primates are consistently more innovative than females in accessing new sexual partners, as well as improving their rank [9,11,12].

Conversely, opportunity can be a source of innovative behaviour [3-5,13]. In some species, older animals innovate more than younger animals, relying on their greater experience, size and strength [11,14]. Social contact has been said to increase innovativeness in birds [15,16] and stable social structures appear to guarantee opportunity to innovate [17,18]. Individuals living in particularly good environmental conditions, such as animals in suitable captive conditions, may develop innovative behaviour because their needs are covered and they have an excess of spare time [2,19,20].

When all their basic needs are covered, animals may find it rewarding to have a new problem with which to deal [21]. For instance, rhesus monkeys have been found to have a great interest in improving their puzzle-solving skills [22]. Furthermore, play can initiate innovation [23]. Behaviours that were previously developed in play can be used to solve problems in a new context innovatively [24]. For instance, chimpanzees, who previously had the opportunity to play with sticks, were observed to be more innovative when they had to fish termites with a stick than those without the play experience [25].

Equids are a good model system to investigate whether individual aspects such as the animal's age, sex and breed [16,26,27] and the animals' environment, affects their propensity to develop new behaviours, as well as to address the question of whether innovations are developed more out of need or opportunity. In horses, studies have found that younger animals learn faster, are

more interested in new stimuli and more successful in learning, than older animals [28-32]. Female horses were found to learn faster than males in an operant learning task [33], but not in social learning tasks [32]. Equid species and breed types differ in their learning abilities [30,34-37]. Mules and donkeys appear to be more plastic in their learning ability than horses, with a superior performance in a spatial cognition task [37-38]. Mules were better than horses in learning to discriminate pattern [36].

The environment in the case of domestic equids is strongly influenced by human management and determines the animal's access to resources such as their contact with conspecifics, opportunity to forage, and opportunities for free movement, play and comfort behaviour [34,39-41]. Mules, donkeys and horses are highly social species [39,42-47] and have been found to learn faster when kept in groups than in individual housing [48,49]. Furthermore, the mules, donkeys and horses' need for movement of up to 30 km a day [43], and for foraging for twelve to 16 hours a day [39,41,43], are not covered in many management systems, which may stimulate innovations associated with movement and foraging needs [10,50-52].

The majority of studies to-date elicited innovations by presenting novel problems to animals in captivity, often combined with rewarding novel solutions with food [53], such as operating a novel feeding apparatus in horses [54]. However, experimental evidence may not reflect innovations seen in non-experimental contexts and typically struggle to provide large datasets for studying individual and environmental effects on innovative behaviour. For this reason, we searched for cases where equids developed innovative behaviour in human management using crowd-sourcing methods [52,55]. Previous crowd sourcing studies have analysed the range of flexibility of animal problem-solving abilities [56], cognitive capacities in goats [57], play behaviour in dogs and horses [58], door opening techniques in horses [52], and the impact of training in dogs [59]. Several methods have been used in the studies. Some amassed reports written by bird [60-61], primate [51,62-64], elephant [55], dog [59], horse [52,65] and general wildlife [66] enthusiasts. Others searched journals for keywords such as "unusual" or "novel" [11,51,60-64]. A third approach is to ask trained personnel and researchers for contemporary reports [55]. A fourth is to search the internet platform YouTube and Facebook for video material about rare animal behaviour, as applied in a study on human responses on tail chasing in dogs [67], play behaviour in dogs and horses [58], and door opening in horses [52]. If carefully chosen, YouTube and Facebook videos can provide high quality, raw footage without any professional, postproduction editing [58, 68].

Data collection of this kind runs the risk of compiling false or unrepresentative reports, thereby generating a biased dataset [61, 69, 70]. Responses may be biased by over representation of

reports from highly motivated respondents [71], reports about socially desirable items (such as a “clever animal”) or even the respondents’ moods [70]. However, the approach has advantages that may offset its deficiencies. It potentially provides a large data set of rare observations, which could not possibly be collected by a single research team engaged in experimentation [55,58,60,66,67,72]. A large sample size increases the credibility of reports [55], and the power of statistical analyses. When replicated, anecdotes may become reliable data [69], especially if efforts are made to exclude reports that do not meet suitable standards [61][58], and when data such as pictures or videos are available [52,58,64,67,72].

In our study, we contacted equid owners and caretakers directly and via internet at the website (<https://innovative-behaviour.org>). Responders were invited to report about their equids’ “unusual” behaviours, with a general, open-ended questionnaire and a more specific questionnaire [69] on door and gate opening behaviour in equids. Both questionnaires asked for anecdotal reports, pictures, videos and various other details of any positive cases. In addition, we searched the internet platforms YouTube and Facebook for videos of equids showing novel behaviours [58,67]. From the 1011 reported behaviours of the questionnaire data and the video collection, we removed 265 behaviours that were either commonly observed and hence not innovative, not clearly described or clearly visible, shown only once, which may have been learned through observing other equids, trained, or which may have been signs of poor welfare. The remaining 746 reports comprised our data for analysis.

Our primary aim was to study whether innovations in equids may be promoted by need or by opportunity [2,4,5,11,13]. We investigated (i) whether the frequencies and numbers of innovations differed across behavioural (i.e. contextual) categories, (ii) differed with respect to the equids’ sex, age, breed type, and purpose of domestication, and (iii) was affected by the equids’ management (single vs group housing, access to roughage feed, access to pasture, and social contact).

2. Material and Methods

2.1 Study location, website, and videos

We invited owners and caretakers to report on “unusual”, novel behaviour in horses, mules, and donkeys, by means of a website we set up (<https://innovative-behaviour.org>), contacting potential responders via horse journals, Facebook, various private websites, and at conferences and public talks in Germany, Austria, France, Hungary, Switzerland, the U.K., and the U.S.A. Reports could be submitted in either English, German, or French. In the first phase (from July

2012 to April 2016), a questionnaire asked for reports of any kind of “unusual” behaviour, with no particular focal behaviour

(https://innovative-behaviour.org/en/questionnaire_innovative_behaviour_in_horses).

Subsequently, as in the original questionnaire a lot of horses were reported to be innovative by opening doors or gates, a more specific questionnaire [69] on door and gate opening behaviour in horses was developed, which invited a new group of people to report their animals’ behaviour using the same website. From May 2016 to February 2017, based on preliminary analysis of the reports submitted, we amplified the original questionnaire with more focussed questions on door and gate opening in equids

(https://innovative-behaviour.org/en/Questionnaire_horses_that_open_doors_or_gates) (for full questionnaires see Supplemental Material). The data collection was closed in April 2018.

In collecting the reports on the effects of environmental and individual-level factors on “unusual” behaviour for the present study we used both questionnaires, ensuring that none of the reports in the general questionnaire were duplicated in the door and gate opening questionnaire. Detailed behaviour descriptions on door and gate opening behaviour in horses were published in a previous study [52].

In addition, we collected “unusual” behaviours and environmental and individual specific aspects visible at video material from the internet platforms YouTube and Facebook (list of links see Supplemental Material) with the key words “clever”, “smart”, “unusual”, “play”, “open door”, “open gate”, “escape”, “run-away”, “horse”, “pony”, “donkey”, and “mule”. The complete dataset is available in the Supplemental Material)

2.2 Cases and case selection

We found 632 reports, which collectively described or depicted 1011 innovative behaviours. 254 of these reports came from the general questionnaire, 269 from the door opening questionnaire and 109 from the videos. Three independent observers, one professor and two bachelors in equine science, rated the 1011 described behaviours on whether they were “novel” and agreed in 89 % (inter observer agreement: Cohen’s Kappa $\kappa = 0.84$). Contentious cases (N=265) were excluded, 4 because videos did not show the behaviour clearly, 17 behaviours that were shown only once (i.e. the behaviours may have been displayed by chance rather than being a product of learning processes [73]), 135 behaviours that may possibly have been learned through observing other equids (i.e. people reported that other equids in the same stable showed the same behaviour), and 109 behaviours which were either reported to be about trained behaviour (i.e. people confirmed our questions of whether they trained the behaviour or

reinforced the behaviour verbally or with food) or which were physiological behaviours [39,41]; for example, horses defecating on piles, or a horse ‘enjoying’ a relaxed winter in the Florida sun after kicking her owner and causing a skull fracture) or behaviours which were possibly the result of reduced welfare [39,41]; for example, a horse showing repetitive, stereotypic behaviour when scraping the ground with a toy).

Finally, we analysed the remaining 746 innovative behaviours, which derived from 434 sources: 141 cases from the general questionnaire (mean=1.91 behaviours/case, SD = 1.53, min. = 1, max. = 12), 190 cases from the door opening questionnaire (mean=1.91 behaviours/case, SD = 1.25, min. = 1, max. = 12) and 103 cases from videos (mean=1.13 behaviours/case, SD = 0.46, min. = 1, max. = 4).

2.3 Animals

The animals comprised 434 domestic equids, 3 mules, 4 donkey and 427 horses. The animals were 113 females, 242 castrated males, 24 uncastrated males, and 52 equids for which we could not discern the sex. The mean age at which equids were reported to have started showing the behaviour was 10.22 years (SD = 6.55, min = 0.5, max. 31). The horses were of various breeds which we summarise according to the breed types deployed in genetic studies [74,75]: Thoroughbred horses (N = 5), draught horses (N = 18), Arabian horses (N = 43), ponies (N = 59), and Warmblood horses (N = 280). In 22 cases the breed type was not reported or was not obviously visible in the videos. Approximate durations of domestication were documented for the breed types in domestic equids: 100 years for ponies, 250 years for Thoroughbreds, 350 years for Warmblood, 500 years for draught horses, 3000 years for mules, 4000 years for Arabian horses, and 6000 years for donkeys [41,76-80]. We identified the following purposes of domestication for each breed: a) speed = Thoroughbreds (N = 5), b) speed, endurance, cooperativeness = Arabian horses (N = 43), c) cooperativeness, social adaptability = Warmblood horses (N = 280), d) robustness, cooperativeness, social adaptability = Ponies (N = 59), and e) power, endurance, robustness = donkeys, mules, and draught horses (N = 25) [41,76-80].

2.5 Questionnaires

We used a quantitative–qualitative mixed questionnaire approach [81]. We asked three open questions, two semi-closed questions, and 24 closed questions in a semi-random order to prevent order biases in the responses [81]. Catch questions were included in both questionnaires

to test the reliability of the reports [65]. Five questions on what equids did after opening doors and gates were not used for the present study.

One semi-open and three open questions were used to distinguish whether the reported behaviour was novel, and to assign behaviours designated as novel to behavioural categories (described below). We asked for the upload of pictures and videos of the behaviour and for descriptions, drawings or pictures of the behaviours and for further suggestions or questions regarding the project.

Eight further questions were used for filtering unsuitable or unreliable responses: six asked whether the behaviour was demonstrated or reinforced by humans, and one whether other individuals in the same stable showed the same behaviour before the focus animal. One question asked whether other individuals in the same stable showed the same behaviour after the focal animal demonstrated it the first time. Reports that contained positive responses to these questions were removed.

The following questions were used to answer the research questions of the present study. Four questions related to the management of the animals: a) were animals kept in single or group housing; b) did they receive limited or unlimited roughage; c) did the animals have daily access to pasture or only on a limited number of days per week; and d) were the animals in permanent or temporary contact with other equids. Three closed questions requested information on the number of behaviours the animals showed, the frequency of the reported behaviours, and whether the process of developing the behaviour was observed. Three questions asked the breed, sex and age of the particular equid. Finally, we asked for the email address of the reporting person, for permission to use their email address for further enquiries, and whether they agreed with the use of their reports for scientific purposes and publications. We note that the variables group/individual housing and permanent/temporary social contact can be disassociated in our dataset because (i) in some group housing systems there are retreat areas for individual animals, whilst some owners offer otherwise group-housed horses individual sleeping areas, and (ii) some otherwise individually housed horses have permanent contact with other horses through fences or low barriers.

2.6 Behavioural categories

Innovations were assigned to five behavioural categories developed from the immediate, observable context in which the behaviour was shown. We classified the innovations as foraging, escape, social, comfort and play behaviour (see Table 1 for examples and frequencies).

Table 1. Frequencies and examples for innovative behaviour of the behavioural categories foraging, escape, social, comfort and play behaviour.

Behaviour categories	foraging	escape	social	comfort	play
Sample size	166	392	99	24	65
Examples in equids from present study	kick fruit trees to forage on the fruit on the ground	untie ropes or halters which restrict movement	foal grooms its mother with a brush	scraping straw in the middle of the stall and lay down on it	opening doors and gates or untying ropes and halters without moving afterwards
Examples in equids	open doors or containers for gaining access to food kick feeders so that food falls out	open locked doors and gates and run free crawl through or underneath fences without destroying the fence or being hurt	(selective) release of others by opening locked doors and gates, joining conspecifics after opening their stall doors requesting to be fed by throwing a feed bowl in front of a person at feeding times	taking off rags, leg protections and saddles (some open Velcro fastener, some zippers) stepping on edge of a tub to turn it upright, then scratch abdomen at it	playing fetch with sticks canter on pasture with feed tub in the muzzle

We categorized the behaviours as falling into four frequency classes, designated 1-4 as follows: 1 = 2 -10 times (N = 161), 2 = 11 – 20 times (N = 70), 3 = more than 20 times (N = 216), and 4 = daily (N = 154). The frequency of occurrence was not reported for N = 145 behaviours.

2.7 Data analysis

For statistical analysis and the depiction of the data we used R Studio (version 0.99.484, Boston MA, USA) of the R-Project statistical environment (R Development Core Team, 2018) and the package lme4. Most of the data were not normally distributed (K-S test). We applied Generalised Linear Models (GLMs) to analysing the effect of the covariates and fixed effects ID of the equids, data source, behaviour category, sex, age, breed type, purpose of domestication, stabling, access to roughage feed, social contact, and access to pasture on the dependent variables “behaviour frequency” and “number of novel behaviours”. Random effects were not applicable as all the factors under consideration were not truly independent from the

experimental set up. The model with the best fit (with the lowest AIC) was chosen after stepwise removal of factors. Complete and reduced models are listed at Supplemental Material.

3. Results

3.1 Innovators' management conditions

Fifty-two percent of the equids showing novel behaviours (henceforth 'innovative equids') were kept in single box stabling, with the remainder (48%) in group housing. Comparable numbers of innovative equids received limited (51%) and unlimited roughage (49%) for food. Sixty-six percent of the innovative equids had daily access to pasture and thirty-four percent access restricted to a limited number of days. Sixty percent of the innovative equids were in permanent contact with other equids and forty percent in temporary contact.

3.2 Frequency of particular types of novel behaviour exhibited

The frequency of the novel behaviours was not affected by the data source the behaviours were collected from, by the equids sex, age, or breed type, or whether they were stabled in single or group housing, had limited or unlimited access to roughage feed, or daily access to pasture or only on a limited number of days (GLM: $N = 746$, all $p > 0.05$).

Equids in unrestricted contact with others tended to perform their innovative behaviours at a higher frequency (mostly more than 20 times, frequency categories: mean = 2.72, SD = 1.11, min. = 1 (2-10 times), max. = 4 (daily)) than those kept with restricted contact to other equids (mostly between 11 and 20 times, frequency category: mean = 2.4, SD = 1.15, min. = 1 (2-10 times), max. = 4 (daily)).

The frequency of performance of novel behaviour differed depending on breed, and the purpose for which the equids were domesticated. Horses bred for speed (Thoroughbreds, $N = 5$), speed, endurance, and cooperativeness (Arabian horses, $N = 43$), and cooperativeness and social adaptability (Warmbloods, $N = 280$) tended to perform their innovative behaviours more than 20 times (frequency categories: speed, mean = 3, SD = 1; speed, endurance, and cooperativeness, mean = 3.97, SD = 1.06; cooperativeness and social adaptability, mean = 2.74, SD = 1.12; all: min. = 1 (2-10 times), max. = 4 (daily)). Conversely, equids bred for power, endurance, and robustness (donkeys, mules, and draught horses $N = 25$) and horses bred for robustness, cooperativeness, and social adaptability (ponies, $N = 59$) tended to perform the innovative behaviours mostly 10 – 20 times (frequency category: power, endurance, and robustness, mean = 2.31, SD = 0.95; robustness, cooperativeness, and social adaptability, mean = 1.88, SD = 1.05; all: min. = 1 (2-10 times), max. = 4 (daily)).

3.3 The number of different types of innovations reported per equid

The number of different types of novel behaviours shown per equid did not differ depending on the equids age, sex, breed type, or purpose of domestication (GLM, $N = 746$, all $p > 0.05$). As expected, more behaviours per equid were reported in the general questionnaire than the door opening questionnaire and the videos (data see Method section; GLM: $N = 746$, $SE = 0.25$, $z = -2.48$, $p = 0.01$). The highest mean number of innovative behaviours per equid was reported in the comfort behaviour category ($N = 24$ behaviours in 19 equids), followed by play ($N = 65$ behaviours in 59 equids), social behaviour ($N = 99$ behaviours in 91 equids), feeding ($N = 166$ behaviours in 151 equids), and escape ($N = 392$ behaviours in 328 equids) (GLM, $N = 746$, $SE = 0.08$, $z = 2.89$, $p = 0.004$; Fig. 1).

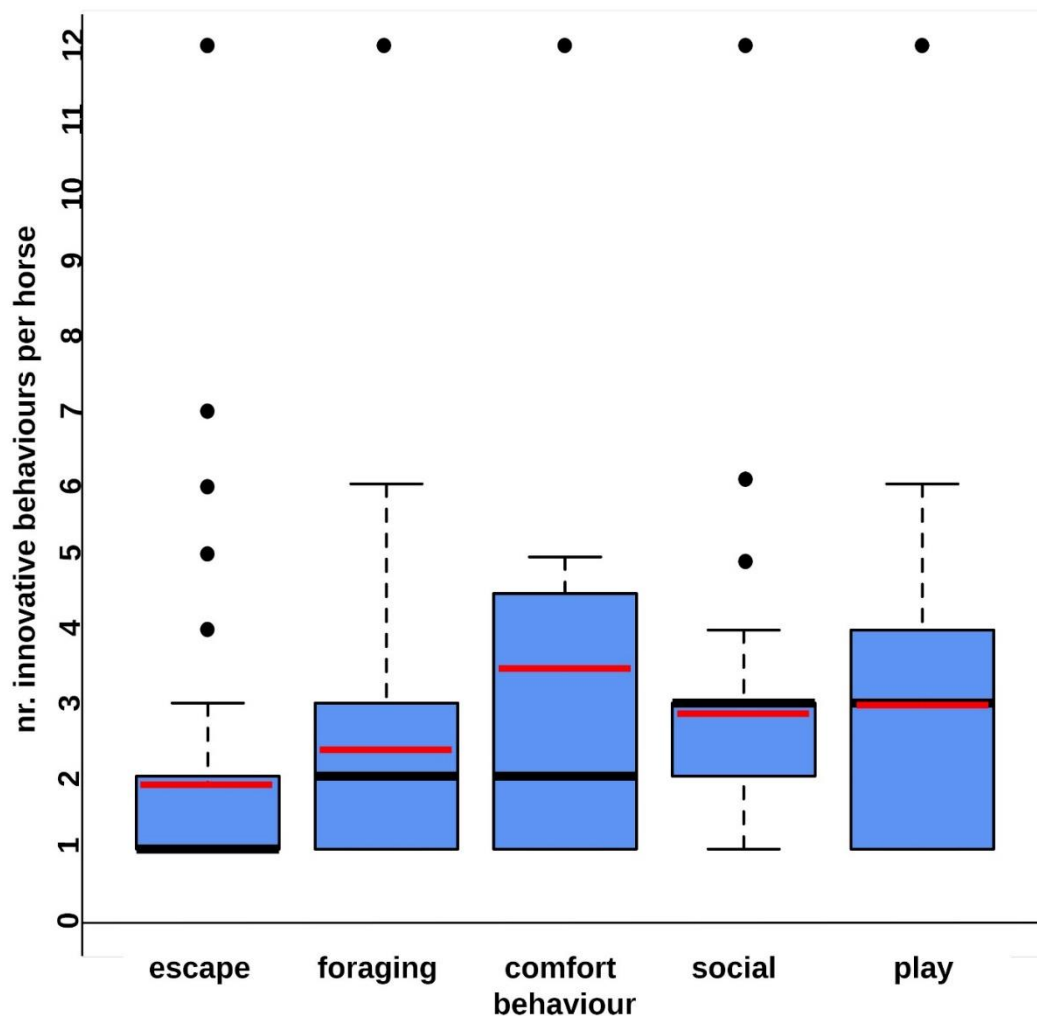


Figure1. Number of innovative behaviours displayed by equids listed in the behaviour categories foraging, escape, social, comfort, and play behaviour. Each boxplot visualizes the quartiles of the number of innovative behaviours displayed per horse in the particular behaviour category. The box comprises 50% and the lower and upper whisker 25% of the variability each.

The red line provides the mean, the bold line the median, and the dots visualize outliers. Some equids displayed more than one behaviour in the particular categories but were considered in each behaviour category only once to avoid a bias in the mean and median through replications.

3.4 The number of reported innovations per equid and management condition

Equids displayed a greater number of different types of innovation when they were kept in group housing than in single housing (GLM: $N = 746$, $SE = 0.22$, $z = 2.13$, $p = 0.03$). Amongst innovative equids, those that had daily access to pasture exhibited more distinct novel behaviours than those with access to pasture restricted to a limited number of days (GLM: $N = 746$, $SE = 0.25$, $z = 2.12$, $p = 0.03$). Amongst innovative equids, those fed with unlimited roughage displayed slightly more novel behaviours than those with limited access to roughage, but this was not significant (GLM: $N = 746$, $SE = 0.17$, $z = 0.25$, $p = 0.8$). Finally, those innovative equids that had permanent social contact exhibited fewer distinct types of innovations than those restricted to temporary social contact (GLM: $N = 746$, $SE = 0.28$, $z = -5.61$, $p < 0.001$).

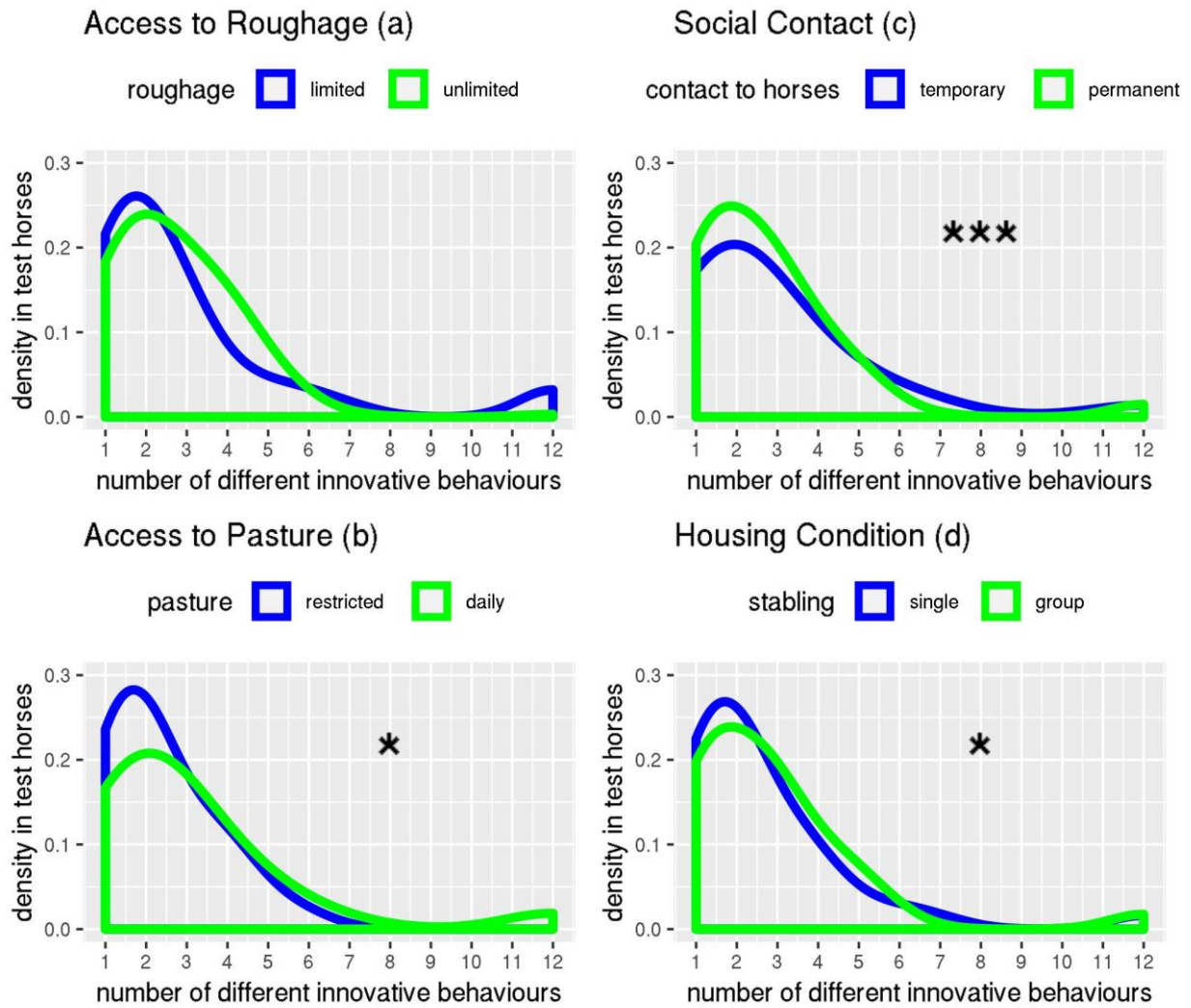


Figure 2. Diversity of innovative behaviour in four management conditions in equids. The x-axis shows the numbers of different innovative behaviours displayed by the equids and the y-axis the frequency of how often a number of innovations were displayed in the population, with 0 = 0% and 1 = 100% of the test animals. The green line provides unrestricted management conditions and the blue line restricted management conditions for a) access to limited or unlimited roughage, b) access to pasture on a limited number of days per week or daily, c) permanent or temporary contact with other equids, and d) single or group housing. Statistical differences between the green and the blue line are symbolised with * = $p < 0.05$ and *** = $p < 0.001$.

4. Discussion

We deployed questionnaire and crowd-sourcing methods to build a large database of innovation in equids. This allowed us to identify a number of factors that correlated with the frequency and diversity of innovations. Below we discuss whether these findings imply that animals innovate

more out of need or opportunity. However, before we interpret the findings, it is important to acknowledge potential biases in our data.

4.1 Potential Biases in the Data

Raising data by crowd sourcing potentially causes biases in the dataset. We took care to exclude single cases and unreliable or biased reports [58,61], and supported the reports with pictures and videos [58,64,67,72]. This allowed us to amass a large data set of sufficiently replicated, rare observations [69], which allowed for analysing the influence of several factors on innovative behaviour [52,55,58,60,66,67,72]. The major contribution of this study is to amass this database, which can then be subject to more fine-grained analyses, and attempts to control for potential confounds, in future analyses.

However, it is important to acknowledge the limitations of these methods, as they affect the interpretation. Where we find that a factor covaries with innovation frequency or diversity, that could be a genuine finding, or an artefact generated by bias in the respondent's behaviour or reporting. For instance, the greater apparent diversity of innovation observed in the context of comfort than escape categories may be a genuine finding, or may reflect a biased tendency of respondents keeping equids in comfort contexts to detect and report comfort innovations more enthusiastically, relative to equid owners keeping their horses in escape contexts. In addition, any such potential bias may have been generated by equid owners reporting door and gate opening behaviour (which may be an escape behaviour that exhibits low diversity in form).

This is particularly relevant to variables such as the reported management conditions. We expected a disproportionate number of equids reported at the web site to be kept under particularly good conditions, because owners interested in the mental welfare of their horses (i.e. in keeping a socially desirable item, a "clever animal" [70]) are presumed to be more aware of good management conditions and may have been more motivated to respond to our request [71]. Ideally, we would have access to data on actually management conditions amongst all owners exposed to our questionnaires, which would allow statistical analyses that quantified the level of bias. While that was not possible for the current study, it remains a possibility for future studies.

Lastly, we note that our request for reports was more open in the general questionnaire and more precise in the questionnaire asking for door and gate opening behaviour [52]. Inevitably, this resulted in a greater variety of reported unusual behaviours in the general questionnaire than in the door and gate opening questionnaire and the videos [69], which mostly only documented a single innovative behaviour. Naturally, equids may have been capable of further

innovations that were not documented because owners responded to a specific request at the door and gate opening questionnaire [52] or documented a single behaviour via video.

Given that whether such biases exist, and their magnitude, is currently unknown, in the sections that follow, we take our findings at face value and provide the interpretations that would be appropriate were the dataset to be unbiased. However, we stress that, until such a time as the level of bias can be quantified, our findings should be regarded as provisional and suggestive rather than definitive.

4.2 Does high frequency of repeating certain innovations indicate innovation out of need?

Equids displayed a high frequency but low diversity of innovative behaviours when they were in permanent social contact (i.e. they performed the same innovations repeatedly) compared to temporary social contact. The fact that this elevated frequency of innovation is not observed in group housed equids implies that it is some aspect of social interaction rather than housing regime that is the crucial variable. The most obvious factor is the competition for resources that can arise amongst equids that experience high levels of social interaction. Plausibly, in permanent social contact the animals may have been driven by need to develop innovations out of conflict or competition over resources such as food, water, or mating partners, as has been reported in several other species [4,6-8].

Innovations in a foraging context were said to increase in frequency when animals are in need of food, especially in experimental set ups where goal-directed development of particular innovation types was studied under controlled conditions [3,53]. In the diverse setting of the present study we could not find clear differences in the frequency of goal-directed foraging innovations between animals kept with unlimited or restricted food.

4.3 Does high diversity of innovative behaviours indicate innovation out of opportunity?

Equids showing innovations categorized as comfort, social, and play behaviour displayed a higher diversity (i.e. high numbers of different kinds) of innovations than those showing escape and foraging innovations. All basic needs may have been covered in animals which showed comfort, social, and play innovations. Here opportunity may have been the driving force for developing a variety of non-goal directed innovations [3-5,13]. Opportunity in stable social structures [17,18] of highly social equids [39,44-47]) and an overlap of spare time may have promoted innovative behaviour [2,4,5,13,15,16,19,20]. Having the opportunity to develop play behaviour may even promote further innovations [23,24], as in Chimpanzees who used sticks for play and termite fishing [25]. In contrast, a high number but a low diversity of escape and

foraging innovations (i.e. horses performed the same innovations repeatedly) may be a manifestation of an unexpressed need for movement (under natural circumstances up to 30 km per day) and foraging for twelve to 16 hours a day [39,41].

The greatest diversity of innovations was shown by animals kept in the unrestricted condition for the management conditions unlimited access to pasture, access to roughage and group housing. Likewise, a higher diversity of innovations was observed for animals kept in unrestricted management conditions.

In theory, restrictions may cause needs for food, free movement and sociality, and urge the highly social equids, which are used to moving up to 30 km and to foraging for 12-16 hours a day in nature [39,41-47] to innovate with highly-specific, goal-directed (but not diverse) innovations. Conversely, animals that enjoy rather unrestricted conditions potentially have the time and opportunity to develop a greater diversity of innovations [2,19,20].

Finally, in management conditions that imposed extensive social contact, animals may experience enhanced competition over resources [2,9,11,12] and again exhibit specific, goal-directed innovations (with little diversity), in comparison to animals with restricted social contact. However, our data provide only weak support for these hypotheses.

4.4 Effect of domestication, sex and age on the frequency and diversity of innovative behaviour

The frequency of displaying specific innovations was affected by the equids' domestication. In our dataset, Warmblood horses, Thoroughbreds and Arabians were reported to innovate at a higher frequency than mules, donkey, draught horses and ponies. We suggest that the purposes of horse domestication [41,76-78,80], such as 'speed' for Thoroughbreds, 'speed, endurance, and cooperativeness' for Arabian horses, and 'cooperativeness and social adaptability' for Warmblood horses may have selected for active, tenacious, and emotional traits compared to ponies bred for 'robustness, cooperativeness, social adaptability', and donkeys, mules, and draught horses bred for 'power, endurance, robustness'. Consistent with this, amongst Warmblood horses, more active, tenacious, and emotional horses were found to be more successful in finding innovative solutions in an operant feeding task than less active horses [54]. However, the equid types did not differ in their diversity of innovative behaviour, possibly, because donkeys and mules were reported to display higher plasticity in their cognitive abilities than horses [36-38], which may have balanced their poorer motivation in learning tasks [36]. We observed no effect of the equid's sex on the frequency or diversity of innovation. The mix of equids coming from rather unsuitable captive conditions and those coming from suitable conditions may have hidden any effect of sex on the frequency and the diversity of innovative

behaviours displayed in the present study. Sex was found to affect individual learning in horses [33], and in several species in situations where needs had to be covered, such as for food acquisition [10,54], the acquisition of mating partners, and for rank improvement [9,11,12]. However, no sex differences were reported in a social learning study, in which horses were kept in open stabling, in long-lived, stable social structures [32], which may promote innovation out of opportunity [17,18].

Any effect of age may plausibly have been negated by the conflicting tendencies of young horses to display high learning speed and interest in new stimuli [28-32], and the enhanced innovativeness of old animals that arises through experience [11].

5. Conclusion

Our study reveals an interesting disconnect between the absolute numbers of innovative behaviours and diversity of innovation exhibited by horses, with the former potentially indicative of innovation in response to need and the latter indicative of innovation resulting from opportunity. Innovation frequencies may be strongly affected by the individual animal's characteristics (i.e. we observe considerable within-individual variation), but the numbers of innovations were not greatly affected by individual-level variables such as age or sex, and differed between behaviour categories and management conditions. Equids displayed less diverse, goal-directed innovations when covering needs, for escape and foraging innovations and when the management was restricted or imposed conflict. Conversely, they showed a greater diversity of innovations when they had opportunity to display 'luxury' behaviour, such as comfort, play and social behaviour, and when they were kept in unrestricted management conditions with little conflict. It remains to be shown, whether this diversity of innovative behaviour arises in favourable environments in other species.

Acknowledgments

We wish to thank Adam Miklosi for discussion, Michel-Antoine Leblanc and Anja Zollinger for helping with the fresh survey, Kate Farmer for helpful suggestions and language correction, Knut Krueger for helping with the figures, 2 Student project groups, Simone Weil, and Helena Hollenhorst for helping to raise the data, various journalists for spreading information about the project and all the horse, donkey and mule owners and keepers for sending us their reports.

Ethical statement

We obtained informed consent from all persons who answered the questionnaire. On the website, all responders agreed to the anonymous publication of their equids data, including

pictures and videos for scientific purposes: reasonable requests for access to anonymous agreements can be obtained from the corresponding author. Only this respondent-agreed information on the equids was used for the present study. Some videos were published on YouTube with a Creative Commons CC BY licence (https://support.google.com/youtube/answer/2797468?hl=en&ref_topic=2778546). They are available and can be used without any restriction. Other videos were published with the standard YouTube or Facebook license. These can be looked at and links can be forwarded without any restriction, which was the default setting for all uploads (see YouTube and Facebook Terms of Service: <https://www.youtube.com/t/terms>, <https://www.facebook.com/legal/terms>). Videos from YouTube and Facebook are shown in the study. Links are given for viewing the videos at the providers own web page, which is in line with the copy right terms of the providers. No human data is given in the study, and all procedures performed in the study involving human participants were in accordance with the ethical standards of the institutional research committee at Nuertingen-Geislingen University and with the 1964 Helsinki declaration and its later amendments or comparable ethical standards.

Funding Statement

This research received funding from the ministry of Science, Research and Art (MWK), Baden-Württemberg, Germany.

Data accessibility

All relevant data are fully available without restrictions, they are within the manuscript and its supporting information files.

Competing Interests

The authors have declared that no competing interests exist.

Authors' contributions

KK, LE, RB, KL all contributed to 1) substantial contributions to conception and design, or acquisition of data, or analysis and interpretation of data; 2) drafting the article or revising it critically for important intellectual content; 3) final approval of the version to be published; and 4) agreement to be accountable for all aspects of the work in ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

References:

[1] Lee P. 1991 Adaptation to environmental change: an evolutionary perspective. In: H. O. Box, editor. Primate responses to environmental changes. London, Chapman & Hall, 39–56.

- 513 [2] Kummer H, Goodall J. 1985 Conditions of Innovative Behaviour in Primates. *Philos. Trans.*
 514 *R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 308 203–14.
- 515 [3] Tebbich S, Griffin AS, Peschl MF, Sterelny KN. 2016 From mechanisms to function: an
 516 integrated framework of animal innovation. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 371
 517 20150195. (doi:10.1098/rstb.2015.0195).
- 518 [4] Reader SM, Laland KN. 2003 *Animal Innovation*. Oxford, Oxford University Press.
- 519 [5] Lee PC, de Antonio CA. 2015 Necessity, unpredictability and opportunity: An exploration
 520 of ecological and social drivers of behavioral innovation. *Animal Creativity and Innovation*
 521 317–33.
- 522 [6] Sol D. 2003 Behavioural flexibility: a neglected issue in the ecological and evolutionary
 523 literature. In: S. M. Reader and K. N. Laland, editor. *Animal innovation*. Oxford, Oxford
 524 University Press, 63–82.
- 525 [7] Sol D, Duncan RP, Blackburn TM, Cassey P, Lefebvre L. 2005 Big brains, enhanced
 526 cognition, and response of birds to novel environments. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 102
 527 5460–5. (doi:10.1073/pnas.0408145102).
- 528 [8] Giraldeau L-A, Lefebvre L, Morand-Ferron J. 2007 Can a restrictive definition lead to biases
 529 and tautologies? *Behav. Brain Sci.* 30 411–2. (doi:10.1017/S0140525x07002427).
- 530 [9] Lee PC. 2003 Innovation as a behavioural response to environmental challenges. In: S. M.
 531 Reader and K. N. Laland, editor. *Animal Innovation*. Oxford, Oxford University Press, 261–
 532 79.
- 533 [10] Lonsdorf EV. 2005 Sex differences in the development of termite-fishing skills in the wild
 534 chimpanzees, *Pan troglodytes schweinfurthii*, of Gombe National Park, Tanzania. *Anim.*
 535 *Behav.* 70 673–83. (doi:10.1016/j.anbehav.2004.12.014).
- 536 [11] Reader S, Laland KN. 2001 Primate Innovation: Sex, Age and Social Rank Differences.
 537 *Int. J. Primatol.* 22 787–805. (doi:10.1023/A:1012069500899).
- 538 [12] Laland KN, van Bergen Y. 2003 Experimental studies of innovation in the guppy. *Animal*
 539 *Innovation*. Oxford, Oxford University Press, 155–74.
- 540 [13] Preiszner B, Vincze E, Seress G, Papp S, Bókony V, Liker A, Lendvai ÁZ, Patras L, Pap
 541 PL, Vágási CI, et al. 2013 Necessity or capacity? Physiological state predicts problem-solving
 542 performance in house sparrows. *Behav. Ecol.* 25 124–35. (doi:10.1093/beheco/art094).
- 543 [14] Kendal RL, Coe RL, Laland KN. 2005 Age differences in neophilia, exploration, and
 544 innovation in family groups of callitrichid monkeys. *Am. J. Primatol.* 66 167–88.
 545 (doi:10.1002/ajp.20136).

- 546 [15] Liker A, Bókony V. 2009 Larger groups are more successful in innovative problem solving
547 in house sparrows. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 106 7893–8. (doi:10.1073/pnas.0900042106).
- 548 [16] Morand-Ferron J, Quinn JL. 2011 Larger groups of passerines are more efficient problem
549 solvers in the wild. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 108 15898–903.
550 (doi:10.1073/pnas.1111560108).
- 551 [17] Bond EU, Walker BA, Hutt MD, Reingen PH. 2004 Reputational Effectiveness in Cross-
552 Functional Working Relationships. *J. Prod. Innov. Manag.* 21 44–60. (doi:10.1111/j.0737-
553 6782.2004.00053.x).
- 554 [18] Dunbar RIM. 2009 The social brain hypothesis and its implications for social evolution.
555 *Annals Human Biol.* 36 562–72. (doi:10.1080/03014460902960289).
- 556 [19] Greenberg R. 2003 The role of neophobia and neophilia in the development of innovative
557 behaviour in birds. In: S. M. Reader and K. N. Laland, editor. *Animal Innovation*. Oxford,
558 Oxford University Press.
- 559 [20] Reader SM, MacDonald K. 2003 Environmental variability and primate behavioural
560 flexibility. In: S. M. R, K. L. L, editors. *Animal Innovation*. Oxford, Oxford University Press,
561 83–116.
- 562 [21] Miyata H, Gajdon GK, Huber L, Fujita K. 2011 How do keas (*Nestor notabilis*) solve
563 artificial-fruit problems with multiple locks? *Anim. Cogn.* 14 45–58. (doi:10.1007/s10071-010-
564 0342-9).
- 565 [22] Harlow HF. 1950 Learning and satiation of response in intrinsically motivated complex
566 puzzle performance by monkeys. *J. Comp. Physiol. Psychol.* 43 289–94.
- 567 [23] Bateson P. 2014 Play, playfulness, creativity and innovation. *Anim. Behav. Cogn.* 1 99–
568 112. (doi:10.12966/abc.05.02.2014).
- 569 [24] Shettleworth SJ. 1998 *Cognition, Evolution and Behaviour*. Oxford, Oxford University
570 Press.
- 571 [25] Birch HG. 1945 The relation of previous experience to insightful problem-solving. *J.*
572 *Comp. Psychol.* 38 367–83.
- 573 [26] Biondi LM, Bó MS, Vassallo AI. 2010 Inter-individual and age differences in exploration,
574 neophobia and problem-solving ability in a Neotropical raptor (*Milvago chimango*). *Anim.*
575 *Cogn.* 13 701–10. (doi:10.1007/s10071-010-0319-8).
- 576 [27] Thornton A, Lukas D. 2012 Individual variation in cognitive performance: developmental
577 and evolutionary perspectives. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 367 2773–83.
578 (doi:10.1098/rstb.2012.0214).

- 579 [28] Mader DR, Price EO. 1980 Discrimination learning in horses: effects of breed, age and
580 social dominance. *J. Anim. Sci.* 50 962–5.
- 581 [29] Haag EL, Rudman R, Houpt KA. 1980 Avoidance, maze learning and social dominance in
582 ponies. *J. Anim. Sci.* 50 329–35.
- 583 [30] Lindberg AC, Kelland A, Nicol CJ. 1999 Effects of observational learning on acquisition
584 of an operant response in horses. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 61 187–99. (doi:10.1016/S0168-
585 1591(98)00184-1).
- 586 [31] Krueger K, Heinze J. 2008 Horse sense: social status of horses (*Equus caballus*) affects
587 their likelihood of copying other horses` behavior. *Anim. Cogn.* 11 431–9.
588 (doi:10.1007/s10071-007-0133-0).
- 589 [32] Krueger K, Farmer K, Heinze J. 2014 The effects of age, rank and neophobia on social
590 learning in horses. *Anim. Cogn.* 17 645–55. (doi:10.1007/s10071-013-0696-x).
- 591 [33] Wolff A, Hausberger M. 1996 Learning and memorisation of two different tasks in horses:
592 the effects of age, sex and sire. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 46 137–43.
- 593 [34] Hausberger M, Bruderer C, Le Scolan N, Pierre J-S. 2004 Interplay between environmental
594 and genetic factors in temperament/personality traits in horses (*Equus caballus*). *J. Comp.*
595 *Psychol.* 118 434–46. (doi:10.1037/0735-7036.118.4.434).
- 596 [35] Lloyd AS, Martin JE, Bornett-Gauci HLI, Wilkinson RG. 2008 Horse personality:
597 Variation between breeds. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 112 369–83.
598 (doi:10.1016/j.applanim.2007.08.010).
- 599 [36] Proops L, Burden F, Osthaus B. 2009 Mule cognition: a case of hybrid vigour? *Anim.*
600 *Cogn.* 12 75–84. (doi:10.1007/s10071-008-0172-1).
- 601 [37] Osthaus B, Proops L, Hocking I, Burden F. 2013 Spatial cognition and perseveration by
602 horses, donkeys and mules in a simple A-not-B detour task. *Anim. Cogn.* 16 301–5.
603 (doi:10.1007/s10071-012-0589-4).
- 604 [38] Baragli P, Paoletti E, Vitale V, Sighieri C. 2011 Looking in the correct location for a hidden
605 object: brief note about the memory of donkeys (*Equus asinus*). *Ethology Ecology & Evolution*
606 23 187–92. (doi:10.1080/03949370.2011.554885).
- 607 [39] Berger J. 1986 Wild horses of the Great Basin. Chicago, University of Chicago Press.
- 608 [40] Heleski CR, Shelle AC, Nielsen BD, Zanella AJ. 2002 Influence of housing on weanling
609 horse behavior and subsequent welfare. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 78 291–302.
610 (doi:10.1016/S0168-1591(02)00108-9).
- 611 [41] Mills DS, McDonnell SM, editors. 2005 *The Domestic Horse*. Cambridge, Cambridge
612 University Press.

- [42] Klingel H. 1974 A comparison of the Social Behaviour of the Equidae. in Geist V & Walther FR (eds): The Behaviour of Ungulates and its Relation to Management. IUCN Publ 124–32.
- [43] Moehlman PD, editor. 2002 Equids: zebras, asses and horses: status survey and conservation action plan. Gland, Switzerland, IUCN.
- [44] Krueger K. 2008 Social Ecology of Horses. In: j. Korb and J. Heinze, editor. Ecology of Social Evolution. Heidelberg, Springer Verlag, 195–206. (doi:10.1007/978-3-540-75957-7_9)
- [45] Schneider G, Krueger K. 2012 Third-party interventions keep social partners from exchanging affiliative interactions with others. Anim. Behav. 83 377–87. (doi:10.1016/j.anbehav.2011.11.007).
- [46] Krueger K, Flauger B, Farmer K, Hemelrijk C. 2014 Movement initiation in groups of feral horses. Behav. Process. 103 91–101. (doi:10.1016/j.beproc.2013.10.007).
- [47] Krueger K, Schneider G, Flauger B, Heinze J. 2015 Context-dependent third-party intervention in agonistic encounters of male Przewalski horses. Behav. Process. 121 54–62. (doi:10.1016/j.beproc.2015.10.009).
- [48] Rivera E, Benjamin S, Nielsen B, Shelle J, Zanella AJ. 2002 Behavioral and physiological responses of horses to initial training: the comparison between pastured versus stalled horses. Appl. Anim. Behav. Sci. 78 235–52. (doi:10.1016/S0168-1591(02)00091-6).
- [49] Sondergaard E, Ladewig J. 2004 Group housing exerts a positive effect on the behaviour of young horses during training. Appl. Anim. Behav. Sci. 87 105–18.
- [50] Lefebvre L, Whittle P, Lascaris E, Finkelstein A. 1997 Feeding innovations and forebrain size in birds. Anim. Behav. 53 549–60. (doi:10.1006/anbe.1996.0330).
- [51] Reader SM, Laland KN. 2002 Social intelligence, innovation, and enhanced brain size in primates. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 99 4436–41. (doi:10.1073/pnas.062041299).
- [52] Krueger K, Esch L, Byrne R. 2019 Animal behaviour in a human world: A crowdsourcing study on horses that open door and gate mechanisms. Plos One 14 e0218954. (doi:10.1371/journal.pone.0218954).
- [53] Griffin AS, Guez D. 2014 Innovation and problem solving: A review of common mechanisms. Behav. Process. 109 121–34. (doi:10.1016/j.beproc.2014.08.027).
- [54] Esch L, Wöhr C, Erhard M, Krueger K. 2019 Horses' (Equus Caballus) Laterality, Stress Hormones, and Task Related Behavior in Innovative Problem-Solving. Animals 9 265. (doi:https://doi.org/10.3390/ani9050265).
- [55] Bates LA, Byrne RW. 2007 Creative or created: Using anecdotes to investigate animal cognition. Methods 42 12–21. (doi:10.1016/j.ymeth.2006.11.006).

- 647 [56] Griffin AS, Tebbich S, Bugnyar T. 2017 Animal cognition in a human-dominated world.
 648 Anim. Cogn. 20 1–6. (doi:10.1007/s10071-016-1051-9).
- 649 [57] Briefer EF, Haque S, Baciadonna L, McElligott AG. 2014 Goats excel at learning and
 650 remembering a highly novel cognitive task. Front. Zool. 11 20. (doi:10.1186/1742-9994-11-
 651 20).
- 652 [58] Nelson XJ, Fijn N. 2013 The use of visual media as a tool for investigating animal
 653 behaviour. Anim. Behav. 85 525–36. (doi:10.1016/j.anbehav.2012.12.009).
- 654 [59] Hiby EF, Rooney NJ, Bradshaw JWS. 2004 Dog training methods: their use, effectiveness
 655 and interaction with behaviour and welfare. Anim. Welf. 13 63–9.
- 656 [60] Bouchard J. 2002 Is social learning correlated with innovation in birds? An inter-and an
 657 interspecific test [Master's thesis]. Québec, Department of Biology, McGili University
 658 Montréal.
- 659 [61] Lefebvre L, Reader SM, Sol D. 2004 Brains, Innovations and Evolution in Birds and
 660 Primates. Brain. Behav. Evol. 63 233–46. (doi:10.1159/000076784).
- 661 [62] Whiten A, Byrne RW. 1988 Tactical deception in primates. Behav. Brain Sci. 11 233–44.
 662 (doi:10.1017/S0140525x00049682).
- 663 [63] Byrne RW, Whiten A. 1990 Tactical deception in primates: the 1990 database.27. German
 664 Primate Center.
- 665 [64] Byrne RW. 1993 Do larger brains mean greater intelligence? Behav. Brain Sci. 16 696–7.
 666 (doi:10.1017/S0140525X00032362).
- 667 [65] Bachmann I, Audige L, Stauffacher M. 2003 Risk factors associated with behavioural
 668 disorders of crib-biting, weaving and box-walking in Swiss horses. Equine Vet. J. 35 158–63.
 669 (doi:10.2746/042516403776114216).
- 670 [66] Baker PJ, Funk SM, Harris S, White PCL. 2000 Flexible spatial organization of urban
 671 foxes, *Vulpes vulpes*, before and during an outbreak of sarcoptic mange. Anim. Behav. 59 127–
 672 46. (doi:10.1006/anbe.1999.1285).
- 673 [67] Burn CC. 2011 A Vicious Cycle: A Cross-Sectional Study of Canine Tail-Chasing and
 674 Human Responses to It, Using a Free Video-Sharing Website. Plos One 6 e26553.
 675 (doi:10.1371/journal.pone.0026553).
- 676 [68] Bücheler T, Sieg JH. 2011 Understanding Science 2.0: Crowdsourcing and Open
 677 Innovation in the Scientific Method. Proceedings of the 2nd European Future Technologies
 678 Conference and Exhibition 2011 (FET 11) 7 327–9. (doi:10.1016/j.procs.2011.09.014).
- 679 [69] Momozawa Y, Ono T, Sato F, Kikusui T, Takeuchi Y, Mori Y, Kusunose R. 2003
 680 Assessment of equine temperament by a questionnaire survey to caretakers and evaluation of

- its reliability by simultaneous behavior test. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 84 127–38. (doi:10.1016/j.applanim.2003.08.001).
- [70] Podsakoff PM, MacKenzie SB, Lee J-Y, Podsakoff NP. 2002 Common method biases in behavioral research: A critical review of the literature and recommended remedies. *J. Appl. Psychol.* 85 879–903.
- [71] Sabou M, Bontcheva K, Scharl A. 2012 Crowdsourcing Research Opportunities: Lessons from Natural Language Processing. In: *Proceedings of the 12th International Conference on Knowledge Management and Knowledge Technologies*. Acm, New York, NY, USA. 17–1. (doi:10.1145/2362456.2362479)
- [72] A. Wiggins, K. Crowston. 2011 From Conservation to Crowdsourcing: A Typology of Citizen Science. In: *2011 44th Hawaii International Conference on System Sciences*. 1–10. (doi:10.1109/Hicss.2011.207)
- [73] Thorpe WH. 1963 *Learning and Instinct in Animals*. London, Methuen.
- [74] Petersen JL, Mickelson JR, Cothran EG, Andersson LS, Axelsson J, Bailey E, Bannasch D, Binns MM, Borges AS, Brama P, et al. 2013 Genetic Diversity in the Modern Horse Illustrated from Genome-Wide SNP Data. *Plos One* 8 e54997. (doi:10.1371/journal.pone.0054997).
- [75] Pirault P, Danvy S, Verrier E, Leroy G. 2013 Genetic Structure and Gene Flows within Horses: A Genealogical Study at the French Population Scale. *Plos One* 8 e61544. (doi:10.1371/journal.pone.0061544).
- [76] Bödeker E. 1908 *Maultierzucht und Maultierhaltung*.3. Hannover, Max Jänecke.
- [77] Kräußlich H, Brem G. 1997 *Tierzucht und allgemeine Landwirtschaftslehre für Tiermediziner*. Stuttgart, Enke.
- [78] Nissen J. 1998 *Enzyklopädie der Pferderassen*. Stuttgart, Kosmos.
- [79] Krösbacher AE. 2008 *Das Arabische Vollblut: Eine kontrovers diskutierte Rasse: Was steckt wirklich hinter der Zucht dieser edlen Pferde?* [Bachelor's thesis]. Vienna, University for Veterinarian Medicine.
- [80] Burden F, Thiemann A. 2015 Donkeys Are Different. *Proceedings of the 2015 Equine Science Society Symposium* 35 376–82. (doi:10.1016/j.jevs.2015.03.005).
- [81] Creswell JW. 2014 *Research design*. Los Angeles, Sage.

5.2 Pilotstudie

Bevor die Studie „The horses' (*Equus caballus*) laterality, stress hormones and task related behavior in innovative problem-solving“ (s. 4.1) durchgeführt wurde, wurde der Futterautomat in einer Pilotstudie auf seine Funktion, sowie Zeitparameter im Versuchsablauf überprüft. Das folgende Kapitel stellt das Vorgehen, sowie die Ergebnisse dar. Für eine Publikation sind die, in der Pilotstudie erhobenen, Daten nicht ausreichend gewesen, da zu wenig Parameter erhoben wurden, um mögliche Einflussfaktoren auf das innovative Verhalten zu untersuchen. Dennoch bieten die Ergebnisse, die Möglichkeit das innovative Verhalten der Pferde im Umgang mit dem Futterautomaten in einer anders gestalteten Boxenhaltung im Vergleich zu den Pferden der Hauptstudie unter 4.1 zu betrachten. Eine Diskussion der Ergebnisse wird im Vergleich zu der Hauptstudie in der erweiterten Diskussion in Kapitel 6 vorgenommen.

5.2.1 Material und Methoden Pilotstudie

In der Pilotstudie wurden 27 Pferde im Alter von 1-32 Jahren (median 13,85 Jahre) des Arabergestüts Horsch in Hellmannsberg getestet. Die Testgruppe bestand aus 19 Stuten, sechs Wallachen und zwei Hengsten. Folgende Rassen waren vertreten: 12 Araber, sieben Quarter-Horses, zwei Warmblüter und sechs Mischlinge, die jeweils zu 50% arabisch waren. Die Pferde werden alle (auch Hengste) in offenen Boxen gehalten, die den Kontakt zum Nachbarpferd ermöglichen (s. Abb. 7). Tagsüber sind die Pferde in einer Gruppe von 30 Pferden auf einer Weidefläche von rund 20 Hektar, die durch verschiedene Vegetation, einen Weiher, sowie Hügel abwechslungsreich gestaltet ist. Nur die Hengste werden auf Einzelkoppeln gehalten, die Sichtkontakt zu den anderen Pferden bietet.

Die Pferde werden morgens aus ihren Boxen gelassen und laufen selbstständig über die Stallgasse auf die Weide. Abends werden sie wieder reingelassen und jedes Pferd läuft eigenständig in seine Box. Damit die Pferde den Futterautomaten nicht sehen, bevor sie an der Reihe sind, getestet zu werden, wurden die Pferde von hinten (Ende des Stalls) nach vorne getestet. Der Futterautomat wurde über dem Futtertrog mit Kabelbindern befestigt (s. Anhang 11.5, Abb. A1 und A2) und durch ein Tuch vor den Blicken der benachbarten Pferde geschützt. Durch die offene Architektur der Boxen ließ es sich nicht vermeiden, dass das direkt benachbarte Pferd über die Boxenmauer zu dem Testpferd reinschauen kann. Daher wurde nur jedes zweite Pferd getestet. Der Futterautomat wurde in der Box des Testpferdes installiert und mit Futter (Derby –

Strukturfit) befüllt, während die Pferde auf der Koppel waren. Der Versuch wurde mit zwei Kameras aufgezeichnet (analog zu 4.1). Der Futterautomat wurde für 48 Stunden in der Box belassen. Abzüglich der Zeit auf der Weide, hatten die Pferde ca. 28 Stunden, um das Problem zu lösen. Falls es einem Pferd gelang den Automaten vor Ablauf der Zeit vollständig zu entleeren, wurde es als innovativ angesehen und der Testlauf vorzeitig beendet.

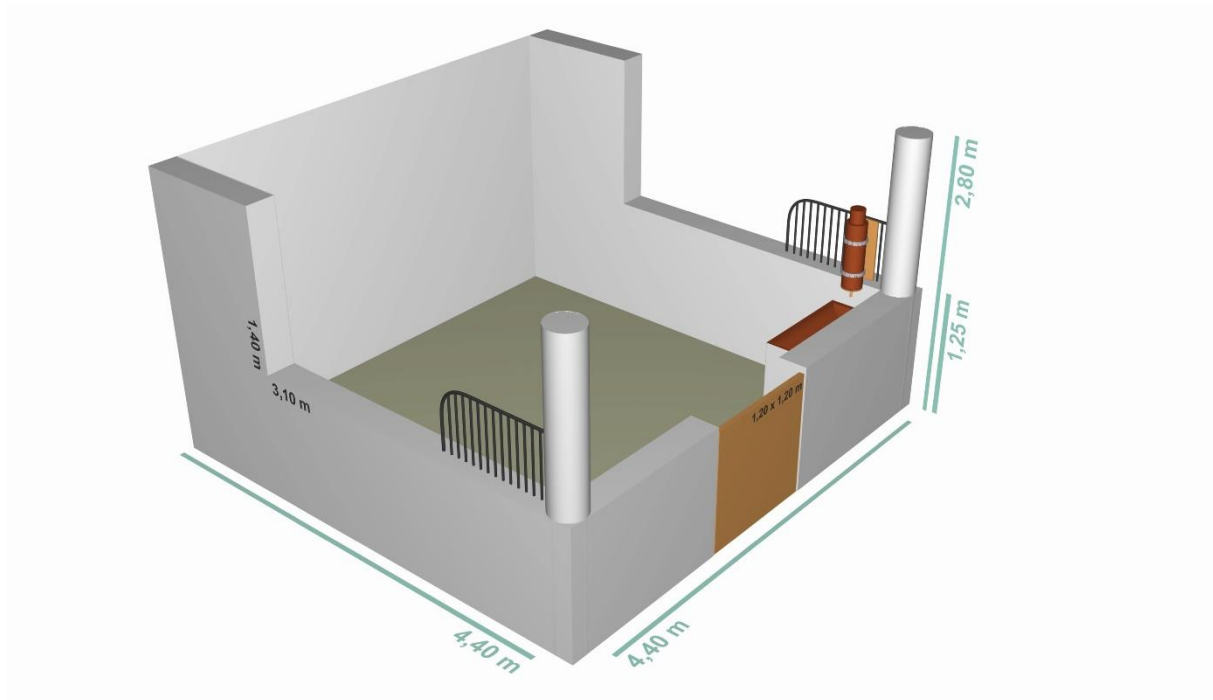


Abbildung 7: Installation Futterautomat in offener Pferdebox.

Die Videosequenzen wurden wie folgt analysiert:

Aktive Zeit

Die Kameras sind mit Bewegungsmeldern ausgestattet und zeichnen ein Bild nur auf, wenn eine Bewegung stattgefunden hat. Daher ergibt sich aus der Summe der Videosequenzen, die Bewegungsaktivität des Pferdes. Des Weiteren wurde die aktive Zeit bis zum ersten Kontakt mit dem Futterautomaten und für den Fall, dass das Pferd erfolgreich war, bis zum ersten Erfolg notiert. Außerdem wurde notiert wie viel aktive Zeit zwischen dem ersten Kontakt und dem Erfolg vergangen ist. Da auch die aktive Zeit, die mit dem Futterautomaten interagiert wurde, berechnet wurde, konnte für die erfolgreichen Pferde gezeigt werden, wie viel Zeit investiert werden musste, um das Problem zu lösen. Außerdem wurde berechnet, wie viel Zeit der gesamten aktiven Zeit, aktiv mit dem Futterautomaten verbracht wurde.

Videosequenzen

Die Anzahl der Videosequenzen insgesamt, sowie bis zum ersten Kontakt und bis zum ersten Erfolg wurden gezählt. Davon wurden die Videosequenzen mit dem Futterautomaten notiert.

Echtzeit

Die Videokameras zeigen die Uhrzeit an. Somit konnte die reell vergangene Zeit vom ersten Kontakt und bis zum erzielten Erfolg objektiv festgehalten werden. Daraus wurde weiterhin die zeitliche Differenz zwischen erstem Kontakt und erreichtem Erfolg berechnet.

5.2.2 Ergebnisse der Pilotstudie

Insgesamt schafften es 18 Pferde (66,67%) den Futterautomaten erfolgreich zu bedienen, wovon 11 Pferde den Futterautomaten bereits am ersten Tag vollständig entleerten. Außerdem ergab die Analyse der Videos, dass die innovativen Pferde aktiver waren und längere Zeit am Stück, sowie insgesamt mehr Zeit in die Lösung des Problems investierten. Der Futterautomat wurde von den beteiligten Wissenschaftlern, als geeignet befunden, um das innovative Verhalten von Pferden zu untersuchen. Um genauere Untersuchungen machen zu können, sollte im Hauptversuch noch ermittelt werden, wie oft das Pferd den Automaten kontaktiert. Als eine weitere Verbesserung wurde vorgeschlagen, die Akzeptanz des im Versuch verwendeten Futters vor dem Versuchsdurchlauf zu testen und außerdem zu wiegen, wie viel Futter die Pferde aus dem Automaten gelöst haben, sofern er nicht vollständig entleert wurde. Darüber hinaus sollten weitere Parameter erhoben werden, um mögliche Einflussfaktoren auf das innovative Verhalten ermitteln zu können. Als geeignete Parameter wurden, die motorische und sensorische Lateralität, das basale, sowie das Level der Stresshormone am Testtag und außerdem die Persönlichkeit der Pferde, angesehen.

5.3 Persönlichkeit der Pferde

Im Rahmen der Studie „The horses' (*Equus caballus*) laterality, stress hormones and task related behavior in innovative problem-solving“ unter 4.1 wurde ein Fragebogen verwendet, um die Persönlichkeit der Pferde zu ermitteln (s. Anhang 11.6). Die Auswertung des Fragebogens wurde nicht in die Publikation integriert, da bereits ausreichend Daten vorhanden waren. Allerdings stellen die Daten einen weiteren interessanten Teilaspekt der Studie dar und sollen in folgendem Kapitel kurz

vorgestellt werden. Diskutiert werden die Ergebnisse in der erweiterten Diskussion in Kapitel 6.

5.3.1 Horse Personality Questionnaire

Das HPQ (Lloyd et al., 2007, 2008) basiert auf einem Fragebogen zur Persönlichkeit von Rhesusmakaken *Macaca mullata* (Stevenson-Hinde et al., 1980), der von verschiedenen Forschern auf weitere Tierarten (Schimpansen *Pan troglodytes*: Martin, 2005; Tüpfelhyänen *Crocuta crocuta*: Gosling, 1998; Echte Katzen *Felis catus*: Feaver et al., 1986; Hauspferde *Equus caballus*: Lloyd et al., 2007) übertragen wurde. Methoden zur Beurteilung der Persönlichkeit von Pferden, die auf Fragebögen basieren, wurden bereits in verschiedenen Formen angewendet (Morris et al., 2002; Momozawa et al., 2005; Lloyd et al., 2008).

Pervin et al. (2005) definieren die Persönlichkeit als jene Eigenschaften, die konsistente Muster des Fühlens, des Denkens und des Verhaltens erklären. Bei Menschen (Hsieh et al., 2011) und Tieren (Réale et al., 2007) ist bekannt, dass die Persönlichkeit mit darüber entscheidet, wie innovativ ein Individuum ist. Mithilfe der Persönlichkeit werden Individuen bestimmten Typen zugeordnet, je nachdem, welche Eigenschaften sie besitzen (Lloyd et al., 2007; DeYoung et al., 2010).

Das HPQ beinhaltet 25 Eigenschaften, die in sechs Kategorien eingeteilt werden: Dominanz (verlässlich, unterwürfig, gleichförmig, exzentrisch, effektiv, stur, aggressiv, irritierbar), Ängstlichkeit (misstrauisch, unsicher, angespannt, zaghaft, ängstlich), Erregbarkeit (aktiv, träge, leicht erregbar, intelligent), Schutz (mütterlich, beschützend, verständnisvoll), Geselligkeit (kontaktfreudig, verspielt, beliebt) und Neugierde (neugierig, opportunistisch). Es wurde eine Bewertungsskala mit sieben Punkten verwendet (Lloyd et al., 2007). Die Punktzahl eins steht für keine Übereinstimmung mit einer Eigenschaft und die Punktzahl sieben für vollständige Übereinstimmung.

Zwei Personen, die das Pferd mindestens zweimal pro Woche trainierten, bewerteten unabhängig voneinander dasselbe Pferd. Falls sich die beiden Bewertungen unterschieden, wurde ein Mittelwert generiert. Danach wurde der Prozentsatz der Punkte, die die Pferde in jeder Kategorie erreicht hatten, berechnet. Dazu wurden die Bewertungen der Eigenschaften in jeder Kategorie addiert und durch das Maximum der erreichbaren Punktzahlen dividiert. Danach wurde das Ergebnis mit 100 multipliziert. Wenn ein Pferd zum Beispiel eine Punktzahl von drei für das Attribut kontaktfreudig, eine Punktzahl von zwei für Verspieltheit und eine Punktzahl von sechs für Beliebtheit erhielt, dann hatte es eine Gesamtpunktzahl von elf in der Kategorie

"Geselligkeit". Da es in dieser Kategorie drei Attribute gibt, beträgt das Maximum der erreichbaren Punktzahlen 21. Daher wird elf durch 21 geteilt und mit 100 multipliziert. Daraus ergibt sich ein Prozentsatz von 52% für die Kategorie "Geselligkeit".

Schließlich wurden die sechs einzelnen Kategorien von der mit dem höchsten zu der mit dem niedrigsten Prozentsatz angeordnet. Auf diese Weise erhielten wir die dominierende Kategorie für den Charakter eines jeden Pferdes.

5.3.1 Statistische Auswertung der Persönlichkeitsattribute

Zur statistischen Auswertung wurde das R- Projekt (R - Version 3. 4. 4 2018) und das Paket R - Commander angewendet. Da die Persönlichkeitsattribute nicht normal verteilt waren (Shapiro Wilk - Test), wurden nichtparametrische Tests durchgeführt. Es wurden generalisierte lineare gemischte Modelle (GLMMs) verwendet, um die Einflussfaktoren auf die abhängige Variable „konsumierte Futtermenge“ zu berücksichtigen. Für das Modell wurde eine "gauß'sche Verteilung" festgelegt, wobei die ID der Pferde als zufälliger Faktor und die Persönlichkeitsattribute als feste Faktoren betrachtet wurden. Nach der schrittweisen Reduktion der Faktoren wurde das Modell mit der besten Anpassung (mit dem niedrigsten AIC-Index) ausgewählt. Das reduzierte und vollständige Modell sind im Anhang 11.7 aufgeführt. Alle Tests waren zweiseitig und das Signifikanzniveau wurde auf $p < 0,05$ festgelegt.

5.3.2 Einfluss der Persönlichkeit auf die Innovativität

Es zeigte sich, dass 50% der getesteten Pferde die höchste Punktzahl für die Kategorie Neugierde, 25% für die Kategorie Geselligkeit, 12,5% für die Kategorie Schutz und 12,5% für die Kategorie Ängstlichkeit erhielten (s. Anhang 11.8, Abb. A3). Keinem der Pferde wurden Erregbarkeit und Dominanz als Hauptkategorie zugeordnet. Jedoch stellte sich heraus, dass Pferde, die den Automaten bedienen konnten, als dominanter eingestuft wurden, als Pferde ohne Erfolg (GLMM $N = 16$, $t = 3.161$, $p = 0.01$). Außerdem neigten sie dazu, weniger neugierig (GLMM $N = 16$, $t = -2.230$, $p = 0.05$) und beschützend (GLMM $N = 16$, $t = -1.970$, $p = 0.08$) zu sein, als die nicht erfolgreichen Pferde.

6 Erweiterte Diskussion

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit machen deutlich, dass Pferde zu innovativem Verhalten fähig sind: ein Pferd, das seinen Komfort erhöht, indem es auf den Rand eines Eimers tritt, damit er so liegt, dass es sich den Bauch daran kratzen kann (s. 5.1), einen komplizierten Türverschluss öffnet, um frei im Stall herumlaufen zu können (s. 4.2) oder selbstständig lernt, einen Futterautomaten zu bedienen, um an zusätzliche Leckerbissen zu kommen (s. 4.1), verhält sich innovativ. Diese Verhaltensweisen können als Innovation gewertet werden, da das Pferd einen neuen Ansatz findet um ein Problem zu lösen (Lee, 1991), die Idee für das Individuum generell neu erscheint (Kummer und Goodall, 1985; Boden, 1995), bereits etablierte Verhaltensmuster in einem neuen Kontext verwendet werden (Taylor et al., 2010) und/oder sich das Pferd an spezielle Anforderungen anzupassen vermag (Healy und Rowe, 2007).

6.1 Entstehung von Innovationen

Oftmals mag das innovative Verhalten durch **Versuch und Irrtum** entstanden sein (Sol et al., 2011). Andererseits zeigten die Pferde Zeichen von **Lernen durch Einsicht**, das für höhere kognitive Leistungen spricht (Deaner et al., 2007; Murphy und Arkins, 2007; Reader et al., 2011). Dukas (2013) bezeichnet Lernen als einen Prozess, der zu einer Innovation führen kann.

6.1.1 Kognitive Prozesse

Generell können viele der gezeigten Innovationen auf simplen Lernvorgängen beruhen. Zum Beispiel kann ein Pferd (s. 4.1) durch Zufall entdeckt haben, dass durch Drehen an dem Holzstab des Automaten, Futter unten rausfällt. Analog dazu zogen Thornton und Samson (2012) den Schluss, dass simple Lernmechanismen, wie Versuch und Irrtum oder assoziatives Lernen, ausreichen, um innovative Lösungen für Probleme zu finden. Die Innovativität von wilden Erdmännchen wurde untersucht, indem sie eine Lösung finden sollten, um an Futter zu gelangen, das in einer transparenten Box versteckt war. Die Innovatoren haben mehr Zeit mit der Box verbracht und haben öfter versucht an das Futter zu gelangen. Daher gehen die Autoren (Thornton und Samson, 2012) davon aus, dass die innovativen Erdmännchen durch Zufall entdeckt haben, wie die Box zu bedienen ist. Auch mögen die Pferde durch Versuch und Irrtum entdeckt haben, dass sie Futter aus dem Automaten lösen können. Allerdings müssen sie realisieren, dass sie eine Lösung für das Problem

gefunden haben und wissen, wie sie den Automaten bedienen können, um an weiteres Futter zu gelangen. Nach Wertheimer (1959) und Köhler (1971) muss demnach eine Umstrukturierung des Vorgehens auf das anfängliche Trial and Error Verhalten erfolgt sein. Da das Pferd das erfolgreiche Verhalten wiederholt anwendet, kann Lernen durch Einsicht stattgefunden haben (Murphy und Arkins, 2007).

In der vorliegenden Studie verbrachten die innovativen Pferde mehr Zeit mit der Lösung des Problems als die nicht innovativen Pferde (s. 4.1). Vergleichbar mit Hyänen, die erfolgreicher darin waren eine Puzzle-Box zu bedienen, wenn sie nicht so schnell aufgaben, sondern sich Zeit für die Lösung des Problems nahmen (Benson-Amram und Holekamp, 2012). Auch Papageien, die mehr Zeit in die Lösung eines Problems (Futterautomat) investierten, waren erfolgreicher in der Problemlösung, da sie viele verschiedene Verhaltensweisen anwenden und ausprobieren konnten (Auersperg et al., 2013). Durch das Ausprobieren verschiedener Vorgehensweisen kann die Chance erhöht werden zu einer erfolgreichen Lösung zu gelangen, allerdings nur, wenn das Wiederholen von Fehlern vermieden wird (Hauser, 1999) und Lernen durch Einsicht stattfinden kann (Deaner et al., 2007; Reader et al., 2011).

Während die innovativen Erdmännchen (Thornton und Samson, 2012) in der Bedienung der Box nicht effizienter wurden, zeigten Pferde, die in der Lage waren, mehrere Arten von Verschlüssen (s. 4.2) zu öffnen, ein effizienteres Vorgehen, indem sie weniger Bewegungen brauchten, um einen Verschluss zu öffnen. Dies ist vergleichbar mit Hyänen, die effizienter in der Bedienung einer Puzzle-Box wurden (Benson-Amram und Holekamp, 2012) was darauf schließen lässt, dass ein Lernprozess stattgefunden hat (Wertheimer, 1959; Benson-Amram und Holekamp, 2012). Generell wird Effizienz als ein Zeichen für Bewusstsein angesehen, das mit höheren kognitiven Leistungen gleichgesetzt wird (Griffin, 2013).

Auch ein Pferd, das einen Elektrozaun an seinen isolierten Griffen zu öffnen vermag (s. 4.2), kann zuvor zufällig entdeckt haben, dass an den Griffen kein Strom fließt. Andererseits erscheint es fragwürdig, ob ein Pferd dies vorher durch mehrere Versuche ausprobiert hat und das Risiko von Stromschlägen eingegangen sein mag. Es ist anzunehmen, dass das Pferd den Vorgang vorher durchdacht hat und somit logisches Denken, sprich ein Zeichen für Lernen durch Einsicht (Deaner et al., 2007; Murphy und Arkins, 2007; Reader et al., 2011) zeigt.

Hausspatzen (Bókony et al., 2013), Tauben (Bouchard et al., 2007) und Hyänen (Benson-Amram und Holekamp, 2012) zeigten sich innovativer in der Lösung eines

Problems, wenn sie eine kurze Latenzzeit bis zur ersten Annäherung an den Versuchsaufbau aufwiesen. Im Gegensatz dazu verbrachten die innovativen Pferde (s. 4.1) vor der Annäherung an den Futterautomaten mehr Zeit in Ruhe und brauchten länger bis zur ersten Annäherung, als die nicht innovativen Pferde. In dieser Zeit mag das Pferd überlegt haben, wie es sich mit dem Problem am besten auseinandersetzt (Maier, 1929), um dann zielgerichtet vorgehen zu können (Epstein, 1999). Analog dazu konnte Creighton (2007) zeigen, dass Pferde erfolgreicher in einer Lernaufgabe waren, wenn sie Zeit hatten, um das Konzept zu begreifen. Ebenso zeigte Köhler's (1922, 1957) berühmter Schimpanse *Pan troglodytes* Sultan, die innovative Idee, Kisten zu verwenden, um an die Banane zu gelangen, nachdem er sich Zeit genommen hatte, eine Lösung für das Problem zu finden. Versuch und Irrtum fand also nicht statt (Shettleworth, 2012; Ruiz und Sánchez, 2014).

6.1.2 Sozialer Kontext

Ebenso ist es möglich, dass das Erlernen manch einer Innovation durch einen sozialen Stimulus ausgelöst wurde (Laland, 2004; Whiten et al., 2004).

6.1.2.1 Interspezifisch

Der **artübergreifende Umgang** (Mensch und Pferd) kann die Entwicklung von Innovationen stimulieren (Reader und Laland, 2002; Lee, 2003; Ramsey et al., 2007). Pferde sind Fluchttiere und leben zum Beispiel in der Wüste „Namib“ mit anderen Beutetieren, wie Gazellen, Zebras, Giraffen etc. zusammen, um so ihre Chancen zu erhöhen, bei Gefahr durch einen Angreifer frühzeitig alarmiert zu werden (Waring, 2003). Deswegen sind Pferde besonders gut darin, kleinste Signale auch artübergreifend wahrzunehmen und darauf zu reagieren (Hausberger et al., 2008; Lansade und Bouissou, 2008; Birke et al., 2011; Dorey et al., 2014). Dies zeigt sich zum Beispiel bei dem Pferd „Kluger Hans“ (Pfungst, 1907). Andererseits konnten Burla et al. (2018) keinen Einfluss der Möglichkeit vom Menschen sozial zu lernen auf den Erfolg eines Pferdes in einer „detour task“ feststellen, was darauf schließen lässt, dass es von der Art der Aufgabe abhängt, ob ein Pferd sozial lernt oder nicht.

Ein Fohlen, das sich innovativ verhält, indem es seine Mutter mit einer Bürste krault (s.5.1), mag dies vom Menschen abgeschaut haben. Da es aber ein anderes Körperteil (Maul) als der Mensch (Hand) verwendet, erfordert dieses Verhalten, das Übertragen eines Bewegungsablaufs (Griffin und Guez, 2014) in einen anderen und zeigt somit innovatives Verhalten (Reader und Laland, 2003; Laland, 2004). Es handelt sich um

eine Form der übertragenen Nachahmung „emulation“, da das Fohlen seine eigene Methode umsetzt, um dasselbe Ergebnis wie der Mensch zu erzielen. In der vorliegenden Studie hat sich ein Pferd innovativ verhalten (s. 5.1), indem es seine Futterschüssel mit dem Maul vor die Füße seines Besitzers geworfen hat, damit dieser sie wieder befüllt. Die Schüssel dient als Hilfsmittel, um die Kommunikationsbarriere zwischen Pferd und Mensch zu überbrücken. Der Mensch bietet dem Pferd neue Möglichkeiten „opportunity providing“, indem er demonstriert, dass die Schüssel mit Futter gefüllt werden kann, wenn das Pferd ihn darauf aufmerksam macht. Das Pferd lernt durch Beobachtung des Menschen „observational conditioning“, dass das Werfen der leeren Futterschüssel ein Befüllen derselbigen zur Folge hat. Dass Pferde mit Menschen kommunizieren, um von ihnen Unterstützung zu bekommen, wurde von Ringhofer und Yamamoto (2017) gezeigt, indem sie feststellten, dass Pferde ihren Besitzern mit taktilen und visuellen Signalen um Hilfe baten, um an Futter zu gelangen, das in einem Eimer versteckt war, der nur für den Besitzer zugänglich war. Das Werfen der Futterschüssel mag durch Zufall zum Erfolg geführt haben, indem der Besitzer genauso reagiert hat, wie es für das Pferd angenehm war. Andererseits erfordert solch ein Verhalten, die Fähigkeit sich in das Gegenüber hineinzuversetzen (Preston und Waal, 2002), in diesem Fall sogar Art übergreifend. **Empathie** verlangt die Fähigkeit zur Resonanz und dass man seine Emotionen und seinen Wissensstand von denen des anderen trennen und zuordnen kann und ist ein Zeichen für kognitive Fähigkeiten (Strayer und Eisenberg, 1987) und Bewusstsein (Thompson, 2001). Allerdings wurde das Empathievermögen von Tieren, außer bei Elefanten (Douglas-Hamilton et al., 2006; McComb et al., 2006; Byrne et al., 2008; Hart et al., 2008; Plotnik et al., 2010; Jörgensen, 2015), bisher kaum erforscht (Waal, 2004).

6.1.2.2 Intraspezifisch

Es ist naheliegend, dass Pferde innovatives Verhalten auch durch die **Beobachtung von Artgenossen** individuell entwickeln können (Krueger et al., 2014; Schuetz et al., 2017). Das wäre unter anderem eine Erklärung dafür, warum in den Vorversuchen mit dem Futterautomaten (s. 5.2) die Anzahl an innovativen Pferden von 67 % im Vergleich zu 25 % im Hauptversuch, aufgrund der baulichen Gegebenheiten und daraus resultierenden Möglichkeit sozial zu lernen, deutlich höher war. Die höhere Erfolgsquote kann dadurch bedingt sein, dass die Pferde offene Boxen und somit direkten Kontakt zu ihrem Nachbar hatten, was eine soziale Lenkung (social facilitation) dargestellt haben kann und somit einen simplen Lernprozess auslöst.

Andererseits können auch komplexere Lernvorgänge die Entwicklung der Innovation stimuliert haben:

1) Local enhancement: Indem der Ort, an dem der Futterautomat befestigt war, verstärkt worden ist. Der Futterautomat war immer über dem Futtertrog angebracht. Somit stellt die Manipulation des Automaten eines Pferdes (Demonstrator) über dem Trog eine Verstärkung des Ortes „Futtertrog“ für das zwei Boxen weiter benachbarte Pferd (Beobachter), das als nächstes getestet wurde, dar.

2) Stimulus enhancement: Wenn ein Pferd mit dem Futterautomaten interagiert, entstehen verschiedene Reize, die von den anderen Pferden wahrgenommen werden. Zum Beispiel führt eine erfolgreiche Bedienung des Automaten zu dem Geräusch von Futter, das in den Trog fällt und Kaugeräuschen des Pferdes, das das Futter konsumiert. Dadurch kann das beobachtende Pferd eine Verknüpfung zwischen Futterautomat und der Aufnahme von Futter herstellen und somit motivierter sein, den Automaten zu bedienen.

Dass soziale Stimuli die Entstehung von Innovationen fördern, würde außerdem erklären, dass 21% der Innovationen (s. 5.1) nachdem sie das erste Mal vom Innovator gezeigt wurden, auch von anderen Pferden im Stall gezeigt wurden. Dies stellt die Verbreitung einer Innovation mithilfe sozialen Lernens dar (Galef Jr, 2003; Reader und Laland, 2003; Zentall und Galef Jr, 2013).

Doch spielt bei Pferden nicht nur Lernen durch die Beobachtung von Artgenossen (Lindberg et al., 1999; Krueger und Flauser, 2007; Ninomiya, 2007), sondern wie für verschiedene Tierarten berichtet, auch das **soziale Umfeld** an sich eine Rolle im Zusammenhang mit der Entstehung von Innovationen (Fragaszy und Visalberghi, 1990; Heyes, 1994; Galef und Giraldeau, 2001; Young, 2009). Die meisten innovativen Tiere leben sozial (Fragaszy und Visalberghi, 1990; Reader und Laland, 2003; Mulgan, 2006). Dass Pferde, die permanent Kontakt zu Artgenossen haben generell innovativer sind (s. 5.1) und zudem eine höhere Frequenz der gezeigten Innovationen aufweisen (s. 5.1), mag unter anderem daran liegen, dass sie durch die Befriedigung ihres Bedürfnisses nach Sozialkontakten zufriedener und entspannter waren. Pferde in Gruppenhaltung waren nicht nur innovativer, sondern gewöhnten sich schneller an Neues, wie das Auflegen des Sattels (Rivera et al., 2002) und lernten Kommandos wie zum Beispiel Schritt, Halt, Trab etc. in kürzerer Zeit (Søndergaard und Ladewig, 2004) als Pferde, die in Boxen gehalten wurden.

In einer voran gegangenen Studie konnte gezeigt werden, dass Pferde, die aus Einzel- in Gruppenhaltung überführt wurden, zu einer positiveren Einstellung gegenüber neuen Herausforderungen gelangten (Löckener et al., 2016). Eine positive Einstellung gilt auch beim Menschen als Voraussetzung für Kreativität und Innovativität (Lyubomirsky et al., 2005).

Andererseits mag die höhere Inzidenz der Innovationen in Gruppenhaltung durch die Möglichkeit seinen **Rang** zu verbessern bedingt worden sein (Reader und Laland, 2001).

Dem widerspricht, dass die Pferde, die den Futterautomat innovativ zu bedienen vermochten, mithilfe des HPQ als dominanter eingestuft wurden, als ihre nicht innovativen Artgenossen. Allerdings war während des Versuchs der soziale Einfluss ausgeschlossen und somit kann man argumentieren, dass ranghöhere Pferde selbstständiger in der Lage sind, Probleme zu lösen als rangniedere Pferde. Entsprechend lernten Pferde in einem Versuch zum sozialen Lernen besser von Artgenossen, die ihnen in der Rangordnung überlegen waren (Krueger und Heinze, 2008) und Beobachtungen von Wildpferden zeigten, dass rangniedrige Pferde seltener von Herdenmitgliedern zu neuen Futterquellen verfolgt werden (Andrieu et al., 2016). Andererseits konnten Mader und Price (1980) bei Pferden keinen Zusammenhang zwischen der sozialen Dominanz und dem Erreichen von Lernkriterien feststellen. Ob Pferde durch Innovationen ihren Rang verbessern können, muss noch untersucht werden. Doch nicht nur der Rang ist als treibende Kraft für Innovationen zu sehen, auch die **Interaktionen und Kommunikation in der Gruppe** (Reader und Laland, 2002; Lee, 2003; Ramsey et al., 2007) spielen in diesem Kontext eine große Rolle. Auf „Youtube“ (<https://www.youtube.com/watch?v=dO5XYp--jol>) findet man ein Video von Eseln, die über einen Holzzaun springen. Der letzte Esel kann/möchte nicht springen, deswegen öffnet er den Zaun, indem er die Holzbalken mit dem Maul zur Seite schiebt. Bei Equiden in der Natur initiiert meist ein Tier die Bewegung der Gruppe, um sie zu neuen Futter- oder Wasserstellen zu führen (Wells und Goldschmidt-Rothschild, 1979). Zwar existieren zwischen Eseln keine so starken Bindungen wie zwischen Pferden, dennoch sind sie soziale Tiere und bleiben bei ihrer Gruppe (Klingel, 1975; Proops et al., 2012). Der letzte Esel musste also schnell handeln, um seinen Artgenossen folgen zu können. Dabei mag die Innovation aus der Not heraus entstanden sein (Sol, 2003). Dass er den Balken zur Seite schiebt, mag auf der Basis von interspezifischem sozialem Lernen entstanden sein: er hatte zuvor bestimmt die

Möglichkeit, Menschen dabei zu beobachten, wie sie die Holzbalken zur Seite schieben. Doch benutzt auch er wieder andere Körperteile als der Mensch und verhält sich somit innovativ.

Sozialkontakte sind für das Herdentier Pferd essenziell um seine natürlichen Bedürfnisse zu erfüllen (Rubenstein, 1981; Boyd und Keiper, 2005; Feh, 2005). Daher ist es nicht verwunderlich, dass 15% der Pferde, zunächst ihre eigene Stalltür öffneten, um dann weitere auserwählte Pferde aus ihren Stallungen zu befreien. Die Inzidenz wäre bestimmt noch höher, wenn man davon ausgeht, dass die meisten Pferdebesitzer ihre freilaufenden Tiere wieder zurück in ihren Stall bringen, ehe sie noch weitere Pferde befreien können. Dass die Pferde nur bestimmte Artgenossen befreien, ist darin begründet, dass auch Pferde soziale Beziehungen pflegen (Wells und Goldschmidt-Rothschild, 1979; Kimura, 1998; Waring, 2003) und sich nicht mit jedem Herdenmitglied gleich gut verstehen (Tyler, 1972; Wells und Goldschmidt-Rothschild, 1979). Dies gilt es bei der Herdenzusammenstellung stets zu beachten (Jørgensen et al., 2009; Hartmann et al., 2012).

Inwieweit sich Innovationen in der Gruppe verbreiten, bietet Anlass zur einer weiteren Forschungsarbeit. Da eine Innovation, die sich in einer Population verbreitet als Grundlage für Kulturbildung angesehen wird (Heyes und Galef Jr, 1996; Laland und Hoppitt, 2003; Reader und Laland, 2003; van Schaik und Pradhan, 2003; Aplin et al., 2014), wäre dies ein vielsprechender Ansatz, um zu erforschen, ob Pferde Kulturen bilden.

6.2 Einflussfaktoren auf das innovative Verhalten

Domestizierte Pferde leben heutzutage oftmals in Bedingungen, die ihren Ansprüchen an einen natürlichen Lebensraum widersprechen (Goodwin, 2007; McGreevy und McLean, 2007).

6.2.1 Bewegung

Daher ist es nicht erstaunlich, dass Pferde sich häufiger innovativ verhalten, um aus dem vom Menschen geschaffenen Umfeld auszubrechen. Dies kann durch falsche oder schlechte Haltungsbedingungen verursacht werden (Haupt, 1981; Henderson, 2007) und dem daraus resultierenden **Drang nach Bewegung** (Miller, 1983) zu befriedigen. Daraus wäre zu folgern, dass Innovationen entstehen (Sol, 2003; Bókonyi et al., 2013), wenn ein Bedarf befriedigt werden soll. Dass auch Pferde, die täglich Auslauf haben sich im Öffnen von Türen und Toren innovativ zeigen (s. 4.2), mag darin

begründet sein, dass Innovationen nicht nur aus der Not heraus entstehen, sondern auch wenn alle Grundbedürfnisse gedeckt sind (Teblich et al., 2016). Die Ergebnisse (s. 5.1) zeigen, dass die Anzahl an Innovationen (Lefebvre et al., 2013) entscheidend ist, um zu untersuchen, ob innovatives Verhalten aus der Not heraus oder als eine Erweiterung der Möglichkeiten entwickelt wird. In den Vorversuchen zum innovativen Verhalten mit dem Futterautomaten (s. 5.2), waren die Pferde, die, im Vergleich zu den Testpferden im Hauptversuch, ganztägig Koppelgang in einer Gruppe von 30 Pferden hatten, innovativer. Bei diesem Vergleich kann man davon ausgehen, dass bessere Haltungsbedingungen Innovationen fördern. Andererseits mag auch, wie oben genannt, die eventuelle Möglichkeit des sozialen Lernens, sowie die Häufung der Rasse „Araber“ in der Testgruppe im Vorversuch die höhere Inzidenz positiv beeinflusst haben. Arabische Pferde sollen nicht nur intelligenter sein (Krösbacher, 2008; Lloyd et al., 2008), sondern zeigten auch in der vorliegenden Studie (s. 5.1) Innovationen in einer höheren Frequenz, als Pferde anderer Rassen.

6.2.2 Futter

Weiterhin spielt auch **Futter als Motivation** eine Rolle: so bedienen Pferde einen Futterautomaten, öffnen die Tür der Futterkammer und benutzen einen Stock als Werkzeug, um an Heu unter einer leeren Raufe mit Heu zu gelangen. Zunächst kann man davon ausgehen, dass die Innovationen aus der Not heraus entwickelt wurden (Sol, 2003). Andererseits sprechen folgende Daten dafür, dass die Innovationen als Erweiterung der vorhandenen Möglichkeiten entwickelt wurden: 1) Pferde, die Heu ad libitum zur Verfügung hatten, brachen aus ihrer Begrenzung aus, um an andere Futtermittel zu gelangen, 2) die innovativen Pferde in der Studie mit dem Futterautomaten waren ausreichend mit Futter versorgt und 3) waren auch die Pferde, die andere Innovationen zeigten, um an Futter zu gelangen, weder ausgehungert (Videos; BCS Beurteilung nach Hennecke, 1983), noch auf Diät (Fragebogen). Demnach stellt die Vergrößerung der Futterauswahl die motivierende Kraft dar (Laland et al., 1999; Lonsdorf, 2005).

6.2.3 Erfolgreiche Problemlösung

Ganz anders verhält es sich jedoch für den Fall, dass die Pferde in ihrem Stall blieben, nachdem sie die Tür geöffnet hatten. Diese Berichte geben Hinweise, dass die **Beschäftigung mit einem Problem** und dessen erfolgreiche Lösung als Motivation ausreichend ist (Ellis und Siegler, 1997; Meehan und Mench, 2007; Miyata et al.,

2011). Rhesusaffen zeigen zum Beispiel ehrgeiziges Interesse, sich beim Lösen von Puzzeln zu verbessern, ohne dass sie bei Erfolg eine zusätzliche Belohnung erhielten (Harlow, 1950 a und b). Hagen und Broom (2004) stellten dar, dass Rinder mehr freudige Verhaltensweisen (Springen, Ausschlagen, Erhöhung der Herzfrequenz) zeigten, wenn sie, bevor sie eine Belohnung erhielten, eine Aufgabe lösen mussten, im Vergleich zu Rindern, die die Belohnung direkt erhielten. Ähnliches zeigte sich im Vorversuch mit dem Futterautomaten: ein Wallach lernte schnell den Futterautomaten zu bedienen. Anstelle, das Futter zu fressen, entleerte er den Futterautomaten komplett und sammelte das Futter in seinem Futtertrog, als ob er die erste Aufgabe möglichst schnell lösen wollte, um vor die nächste Herausforderung gestellt zu werden (vgl. Javaneraffen *Macaca fascicularis*: Watson et al., 1999). Daraus folgernd mag es für Tiere in Gefangenschaft frustrierend sein, sich durch die Haltungsbedingungen Konflikten ausgesetzt zu sehen, die sie nicht zu lösen vermögen (Morgan und Tromborg, 2007) oder zu wenig Anreize in Haltung und Training zu erfahren (Young, 2008).

6.2.4 Spielverhalten

Das Lösen eines Problems kann auch als Befriedigung des Spieltriebes angesehen werden (Bateson, 2014). **Spielverhalten** an sich kann eine treibende Kraft für die Entstehung von Innovationen sein (Bateson, 2014), indem Verhaltensweisen, die zuvor spielerisch entwickelt wurden, in einem neuen Kontext innovativ verwendet werden (Shettleworth, 2010). Es konnte zum Beispiel gezeigt werden, dass Schimpansen *Pan troglodytes*, die vorher die Möglichkeit hatten, sich spielerisch mit Stöcken zu beschäftigen, innovativer waren, wenn es darum ging Termiten mit einem Stock aus einem Loch zu angeln (Birch, 1945). Ein Pferd zeigte innovatives Verhalten (s. 5.1), indem es mit einer Futterschüssel im Maul über die Weide gerannt ist, was als Spielverhalten gewertet kann, da es keinen offensichtlichen Nutzen verfolgt (Bateson, 2014). Einerseits wird Spielen als ein Indikator für das Wohlbefinden eines Tieres gesehen (Held et al., 2011), das nur stattfindet, wenn genug Futterressourcen vorhanden sind (Sharpe et al., 2002) und das Individuum gesund und keinem Stress ausgesetzt ist (Bateson, 2014). Andererseits mag solch eine Innovation zustande kommen, wenn die Haltungsbedingungen, sowie das Training nicht genügend Möglichkeit zum Spiel bieten und das Tier sein Spielbedürfnis innovativ kompensieren muss (vgl. Milchkälber: Jensen, 2000). Außerdem wird Spielen als eine Möglichkeit des Abbaus von Aggression und Frust angesehen (Hausberger et al., 2012).

Chronisch gestresste Wallache waren häufiger initiativ an Spielinteraktionen beteiligt, als ihre weniger gestressten Herdenmitglieder (Hausberger et al., 2012). Allgemein kann Spielen auch die Resilienz gegenüber **Stress** fördern, indem das Tier spielerisch sein Verhaltensrepertoire erweitern kann (Bateson, 2014) und folglich besser lernt mit Stress umzugehen.

6.2.5 Stress

Das Level an Stresshormonen mag einen Einfluss darauf haben, ob sich ein Pferd innovativ verhält oder nicht (Reader und Laland, 2003). Der Futterautomat wurde von Pferden mit einem tendenziell höheren GCM Basalwert im Kot erfolgreicher bedient. Ebenso konnten Pfeffer et al. (2002) bei Graugänsen *Anser anser* zeigen, dass zwei Wochen nach einem Futterversuch bei den Individuen, die im Test erfolgreich waren, erhöhte Kortikoid Werte im Kot nachzuweisen waren, was die Autoren darauf schließen lässt, dass das Stresslevel der erfolgreichen Gänse generell erhöht war. Im Gegensatz dazu lösten Mäuse mit erhöhten Stresshormonkonzentrationen am Testtag verschiedene Aufgaben (z.B. Labyrinth) erfolgreicher als Tiere mit einem niedrigen Stresshormonlevel während des Versuchs (Brinks et al., 2007). Dass der GCM Testwert keinen signifikanten Einfluss auf die innovative Problemlösung hatte, kann darin begründet sein, dass der Futterautomat zu keiner signifikanten Erhöhung der Stresshormone geführt hat. Dies kann auf eine unterschiedliche Stressintelligenz zurückzuführen sein (Moberg und Mench, 2000). Das heißt, die innovativen Pferde können mit der Situation, vor ein neues Problem gestellt zu werden besser umgehen. Mit Stress effizient umgehen zu können erfordert kognitives Vorgehen (Lendvai et al., 2013), sowie Veränderungen im Verhalten (Sol et al., 2013), die wiederum eine Innovation im Verhalten darstellen können (Reader und MacDonald, 2003). Geht man also davon aus, dass zur Entwicklung von Stressintelligenz ein moderates Level an Stresshormonen von Vorteil ist, so sollten Pferde von klein auf in einer Umgebung aufwachsen, die im positiven Sinne moderaten Stress in Form von unterschiedlichen Reizen verursacht. Der Zusammenhang von Stresshormonen und dem Umgang mit Problemen mag von der Aufgabe bzw. der Art der Belohnung abhängen. So konnten Innes und McBride (2008) zeigen, dass Pferde, die in ihrem bisherigen Leben häufig Stress ausgesetzt waren, in einem neuen Objekt Test (novel object) mehr Erkundungsverhalten zeigten und motivierter im Training waren, wenn sie positiv und nicht negativ belohnt wurden. Der Futterautomat bot bei erfolgreicher Bedienung eine positive Verstärkung in Form von Futter, wodurch die innovativen Pferde mit den

höheren GCM Basalwerten motivierter gewesen sein könnten, als die nicht innovativen Pferde (s. 4.1).

Nachdem Abwechslung und neue Reize für das Wohlbefinden von Pferden essenziell sind (McGreevy et al., 1995b; Baumgartner, 2012), stellt **environmental enrichment** eine Möglichkeit dar (Young, 2008), die kognitiven Fähigkeiten von Pferden zu fördern. Dass eine Bereicherung der Umgebung zu entspannten Pferden führt, die Lernkriterien schneller erreichen als anders gehaltene Pferde (Rivera et al., 2002) und leichter zu trainieren sind (Søndergaard und Ladewig, 2004) bestätigen diesen Ansatz. Dies zeigte sich auch indem, dass die innovativen Pferde, wenn sie mit dem Futterautomaten interagierten, eine signifikante linksseitige sensorische **Lateralität** zeigten, um sich dem Futterautomaten zu nähern und zudem motorisch signifikant links lateral waren. Dies mag ein Indiz dafür sein, dass diese Pferde in ihrem bisherigen Leben an verschiedene Reize gewöhnt wurden und dadurch lernten, besser mit neuen Situationen umzugehen. Tang (2003) konnte zeigen, dass moderater Stress während der Gehirnentwicklung zu einer stärkeren Lateralisation der Gehirnhälften führt, wodurch das Gehirn besser auf neue Herausforderungen reagieren kann (Rogers et al., 2004; 2017). Andererseits darf das Stresslevel auch nicht zu hoch sein, ansonsten kommt es zu Einschnitten in das Wohlbefinden von Pferden (Pawluski et al., 2017), zum Beispiel in Form von vermehrt depressiven und stereotypen Verhaltensweisen (Visser et al., 2008; Fureix et al., 2012; Rochais et al., 2016). Christensen et al. (2012) konnten zeigen, dass Pferde Trainingsziele schlechter erreichten, wenn sie in einer stressigen Umgebung waren, im Vergleich zu ihren Lernergebnissen zuhause. Allerdings gewöhnten sich Jährlinge schneller an einen neuen Stimulus und lernten schneller, auf Kommando vorwärts und rückwärts gerichtet zu werden, wenn sie leichten Stress erfuhren, indem sie von ihrer Herde separiert wurden (Lansade et al., 2012). Dies mag durch ein Absinken der Reaktivität zu erklären sein (Lansade et al., 2012). Das zeigt, dass die mentale Verfassung des Pferdes von großer Bedeutung für Lernprozesse (Valenchon et al., 2013; Mengoli et al., 2014), sowie ein harmonisches Zusammenleben mit dem Menschen (McBride und Mills, 2012; Merkies et al., 2014) ist.

6.2.6 Persönlichkeit

Auch die Entstehung innovativen Verhaltens mag durch die **Persönlichkeit** jedes Individuums beeinflusst werden (Greenberg, 2003; Sol et al., 2012). Pferde, die den Mechanismus des Futterautomaten innovativ lösten, können als ausdauernder

bezeichnet werden, da sie mehr Zeit in die Lösung des Problems investierten als die nicht innovativen Pferde. Tenazität wird in der Humanpsychologie als eine der Grundvoraussetzungen für die Entstehung innovativen Verhaltens angesehen (Foxall, 1990). Im Gegensatz zu Vögeln (Keagy et al., 2009) und Hyänen (Benson-Amram und Holekamp, 2012), die umso innovativer sind, desto schneller sie sich neuen Objekten nähern, wiesen die innovativen Pferde im Versuch mit dem Futterautomaten eine höhere Latenzzeit auf, als ihre nicht innovativen Artgenossen. Dies kann von verschiedenen Studien unterstützt werden, die zeigen, dass ein neues interessantes Objekt bei Pferden zunächst Vermeidungsverhalten auslöst, welches dann in Erkundungsverhalten übergeht (Mettke-Hofmann et al., 2002; Lansade und Bouissou, 2008; Christensen et al., 2011; Marsbøll et al., 2015). Die innovativen Pferde waren sowohl motorisch wie auch sensorisch links lateral, was darauf schließen lässt, dass sie vermehrt die rechte Gehirnhälfte, also den emotionalen Teil nutzen, um das Problem zu lösen. Auf der anderen Seite konnten Hausberger et al. (2008) zeigen, dass Pferde mit hoher emotionaler Ausprägung weniger erfolgreich waren, zwischen gelben und schwarzen Streifen zu unterscheiden, die den Ort der Belohnung in einem Labyrinth anzeigten. Es ist bekannt, dass emotionale Pferde schlechter lernen und schwieriger zu reiten sind (Heird et al., 1986). Im Allgemeinen mag die Art der Aufgabenstellung den größten Einfluss darauf haben, welches Persönlichkeitsattribut von Vorteil ist oder nicht (Lansade und Simon, 2010; Cole et al., 2011; Benson-Amram und Holekamp, 2012; Thornton und Lukas, 2012).

6.2.7 Schlaf

Des Weiteren mag das Schlafverhalten einen Einfluss auf das Auftreten innovativen Verhaltens haben. Zum Beispiel sind Menschen nach Schlafentzug weniger innovativ (Harrison und Horne, 2000) und Zebrafinken können Lieder schlechter imitieren, wenn sie weniger geschlafen haben (Derégnaucourt et al., 2005). Dies könnte in einer zukünftigen Studie untersucht werden.

6.2.8 Training

Zwar konnten im Rahmen dieser Studie keine Zusammenhänge der Inzidenz von Innovativität mit der Art und Häufigkeit des **Trainings** festgestellt werden, was jedoch in der Schwierigkeit begründet ist, ein Trainingssystem objektiv zu beurteilen und in eine Kategorie einzuordnen (Rogers et al., 2004; McGreevy und McLean, 2007; McLean und McGreevy, 2010). Dennoch ist es naheliegend, dass vorherige

Erfahrungen im Training und im Umgang mit dem Menschen weitere Lernprozesse sowie kognitive Fähigkeiten beeinflussen (Dorey et al., 2014). Visser et al. (2003) fordern einen individuelleren Trainingsansatz, der auf die Vorlieben und Ansprüche eines jeden Pferdes eingeht. Um die Zusammenarbeit von Pferd und Mensch möglichst harmonisch zu gestalten, sollte auf den im wissenschaftlichen Kontext erarbeiteten Lerntheorien aufgebaut werden (Waran, 2005; Goodwin et al., 2009; McLean und McGreevy, 2010; Baragli et al., 2015) und weitere Studien folgen, um den Zusammenhang von Trainingsmethode und den kognitiven Entfaltungsmöglichkeiten weiter zu erforschen.

6.3 Diskussion der Methodik

In der vorliegenden Arbeit wurden zweierlei Methoden angewandt, um das innovative Verhalten von Pferden zu untersuchen.

Mithilfe zwei verschiedener Fragebögen wurden Daten (innovation counts) zum a) generellen Auftreten innovativen Verhaltens von Pferden und b) zu deren Fähigkeit, Türen und Tore zu öffnen, gesammelt.

6.3.1 Innovation counts

Die sogenannten *Innovation counts* wurden mithilfe von *Crowd Sourcing* gesammelt (Bücheler et al., 2010; Bücheler und Sieg, 2011). Das bedeutet, es wird Schwarmwissen genutzt, indem eine bestimmte Zielgruppe freiwillig an einem Projekt mitarbeitet (Bücheler et al., 2010). In diesem Fall wurden Pferdebesitzer weltweit angesprochen, indem die Fragebögen auf Deutsch, Englisch und Französisch verfügbar waren und über verschiedene Internetplattformen, bei Fachtagungen, sowie in Pferdezeitschriften (z.B. Cavallo) publik gemacht wurden. Außerdem wurden mithilfe bestimmter Schlüsselbegriffe Videos im Internet gesucht. Dieses Vorgehen führte zu einem umfangreichen Datensatz, der durch direkte Tierbeobachtungen nicht hätte erhoben werden können. Analog dazu durchsuchten Forscher Zeitschriften nach bestimmten Wörtern wie „ungewöhnliches“ oder „neuartiges“ Verhalten (Vögel: Nicolakakis und Lefebvre, 2000; Lefebvre et al., 2004; Bouchard, 2002; Primaten: Byrne et al., 1992; Reader und Laland, 2001; Whiten et al., 1988; Elefanten: Bates und Byrne, 2007). Allerdings birgt diese Methode die Gefahr, dass die Fallschilderungen subjektiv und durch Vermenschlichung des beobachteten Geschehens nicht ganz der Wahrheit entsprechend sind (Lefebvre et al., 2004). Andererseits wird die Ungenauigkeit der Berichte durch die Anzahl an Fallschilderungen kompensiert (Bates

und Byrne, 2007). Bernstein (1988) ist der widersprüchlichen Meinung, dass mehrere Anekdoten, aus einer Anekdote noch lange keine wissenschaftlichen Daten machen. Jedoch ist es unwahrscheinlich, dass mehrere Leute unabhängig voneinander dieselbe Anekdote erzählen. Zusätzlich kann man die Aussagekraft erhöhen, indem die Daten gefiltert (Bates und Byrne, 2007) und durch die Analyse von Filmen und Fotos validiert werden. Die Fallschilderungen sollten von Personen stammen, die das Verhalten der Tierart gut kennen (Bates und Byrne, 2007). Nachdem ein Pferdebesitzer sein Pferd trainiert und reitet, setzt diese Beziehung gewisse Kenntnisse des equinen Ethogramms voraus (McGreevy et al., 2018). Whiten und Byrne (1988) setzen als Grundlage für die Glaubwürdigkeit einer Anekdote voraus, dass sie von zwei unabhängigen Personen beobachtet und berichtet wurde. Diese Voraussetzung wurde erfüllt, indem mehrere Pferde unabhängig voneinander dasselbe Verhalten zeigen, was wiederum von verschiedenen Personen unabhängig voneinander beobachtet wurde. In den Fragebögen wurden geschlossene, offene und halb offene Fragen gemischt und bestimmte Sachverhalte in einer anderen Form hinterfragt (Johnson und Turner, 2010). Dadurch wurden persönliche Neigungen entschärft und die Glaubwürdigkeit der Fallschilderungen überprüft (Johnson und Turner, 2010).

6.3.2 Innovative Problem Solving

Anekdotische Berichte und Beobachtungen bilden die Grundlage für wissenschaftliche Untersuchungen (Whiten et al., 1988; Pryor, 2015). Auch Ramsey (2007) fordert, dass auf Beobachtungen folgend das innovative Verhalten durch ein Experiment ausgelöst werden sollte. Daher wurde nach der Analyse der Daten, die mithilfe der Fragebögen erhoben wurden, ein experimenteller Ansatz entwickelt. Dieser diene dazu herauszufinden, ob Pferde sich innovativ verhalten, wenn sie mit einem neuartigen Problem konfrontiert werden und ob die Innovativität von a) individuellen Faktoren, b) dem experimentellen Aufbau und c) der Persönlichkeit beeinflusst wird. Analog zu vorherigen experimentellen Ansätzen (Griffin und Guez, 2014) wurde die Fähigkeit zum „innovative Problem Solving“ mithilfe eines Futterautomaten erforscht. Nach Ramsey's (2007) Definition von Innovation als ein Prozess, der in einem Individuum eine neue Verhaltensweise generiert, die nicht auf sozialem Lernen oder der Veränderung des Umfelds basiert, ist die erfolgreiche Manipulation eines Futterautomaten nicht als Innovation zu sehen, da die Installation des Automaten eine Veränderung der Umwelt darstellt. Andererseits wurde die Innovativität einer Spezies

in vielen Studien überprüft, indem die Tiere eine Aufgabe lösen mussten, um an Futter zu gelangen: Tüpfelhyänen *Crocota crocuta* (Benson-Amram und Holekamp, 2012; Benson-Amram et al., 2013), Chimangokarakara *Milvago chimango* (Biondi et al., 2010) oder Primaten (Manrique et al., 2013). Auch beim Pferd ist Futter ein starker Motivator und wird in den meisten Experimenten zum Lernverhalten von Pferden verwendet (Nicol, 2002). Daher kann die Verwendung eines neuartigen Futterautomaten zur Erforschung des innovativen Verhaltens von Pferden als geeignet angesehen werden. Generell kann der experimentelle Ansatz bei wild- oder in Gefangenschaft lebenden Tieren getestet werden (Ramsey et al., 2007). Allerdings sagen Lehner et al. (2011), dass sich Orang Utans *Pongo pygmaeus abelii* in Gefangenschaft innovativer verhalten. Demnach ließen sich die Ergebnisse nicht auf verwilderte Hauspferde übertragen, sondern dürfen nur in Verbindung mit dem vom Menschen geschaffenen Umfeld begutachtet werden. Das innovative Verhalten von wildlebenden Pferden müsste erst noch untersucht werden. Nach Kummer und Goodall (1985) soll das stabile Umfeld in Gefangenschaft Innovationen fördern. Außerdem weiß man, dass Pferde am besten in ihrem gewohnten Umfeld lernen (Hausberger et al., 2004). Um dies gewährleisten und gleichzeitig den sozialen Einfluss ausschließen zu können, wurden Pferde ausgewählt, die über Nacht in Einzelboxen gehalten werden. Der Sichtschutz, der die Möglichkeit, sozial zu lernen, ausschließen sollte, wurde stets so angebracht, dass das Testpferd zumindest Sichtkontakt zu Artgenossen hatte (BMELV, 2009; Lansade et al., 2008). Dennoch ist natürlich nicht ausgeschlossen, dass der Sichtschutz als Veränderung der Umgebung einen positiven oder negativen Einfluss auf die Inzidenz der Innovativität hatte (Sol, 2003). So wäre es denkbar, dass der Sichtschutz selbst einen Stressor darstellte und dadurch die Reaktivität erhöht und die Konzentrationsfähigkeit herabgesetzt wurde (Lansade und Simon, 2010) und somit die Aussicht auf Erfolg kleiner war. Nachdem sich alle Pferde schnell an den Sichtschutz gewöhnten, sollte dieser Effekt zu vernachlässigen sein (McGreevy und McLean, 2007). Zwar wurde versucht, den Einfluss des Menschen auf die Entstehung des innovativen Verhaltens zu vermeiden (Pfungst, 1907), allerdings sollte gleichzeitig die Routine vom Testpferd nicht verändert werden. Somit wurden die Pferde auch während des Versuchsablaufs immer wieder raus- und reingeführt, um in die Führmaschine, auf den Paddock, zum Training oder auf die Weide gebracht zu werden. Auch kann man kritisieren, dass der Futterautomat über dem Futtertrog angebracht war und sich die Pferde so dem Automaten annähern

mussten, sobald sie ihr tägliches Kraftfutter aus dem Trog erhalten haben. Allerdings löste die Fütterung in den meisten Fällen keine darauffolgende Interaktion mit dem Automaten aus, somit ist auch dieser Einfluss zu vernachlässigen.

Insgesamt stellt das Vorgehen, zweierlei Methoden zu verwenden (Creswell et al., 2007) einen Anfang dar, um zu untersuchen, ob Pferde innovatives Verhalten zeigen, wenn ja, welche Art von Innovationen sie zeigen und wovon das Auftreten der Innovationen abhängen mag.

Außerdem bietet die vorliegende Arbeit bereits Material für ein weiteres Forschungsprojekt: So konnte gezeigt werden, dass sich einige Pferde innovativ verhalten, indem sie Werkzeuge gebrauchen. Dies wird in einer weiteren Publikation bearbeitet werden.

6.4 Fazit

Schlussfolgernd kann man feststellen, dass Pferde zu innovativem Verhalten fähig sind. Innovatives Verhalten kann auf einfachen Lernmechanismen, wie Versuch und Irrtum basieren und/oder höhere kognitive Fähigkeiten fordern, wie zum Beispiel Lernen durch Einsicht. Welcher Lernprozess einer Innovation zugrunde liegt, kann vor allem durch das Individuum selbst, aber auch durch die Umgebung und die Art der Innovation beeinflusst werden.

Unabhängig von den kognitiven Vorgängen stellt die Haltungsform einen entscheidenden Einflussfaktor auf die Entstehung innovativen Verhaltens dar. Eine Haltung, die den Pferden neben Abwechslung vor allem die Möglichkeit bietet, eigene Entscheidungen zu treffen, mag für die Innovativität und somit für die Entfaltung der kognitiven Fähigkeiten von Pferden förderlich sein.

7 Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es zu untersuchen, ob Pferde innovatives Verhalten zeigen. Innovatives Verhalten wird als ein Parameter zur Bestimmung der Kognition einer Spezies angesehen. Nur wenn man die kognitiven Fähigkeiten von Pferden kennt, kann man deren Haltung und den Umgang mit ihnen wirklich tiergerecht gestalten. Bisher wurde das innovative Verhalten von Pferden noch nicht untersucht. Im Rahmen dieser Arbeit wurde gefragt, ob a) sich Pferde innovativ verhalten b) wenn ja, welche Art von Innovationen sie zeigen und wovon das Auftreten dieser abhängig sein mag und c) es in einem experimentellen Ansatz möglich ist, innovatives Verhalten bei Pferden auszulösen und wenn ja, ob dies von bestimmten Faktoren beeinflusst wird.

Die Datenerhebung erfolgte mithilfe von zwei verschiedenen Fragebögen und einem experimentellen Versuchsaufbau, indem Pferde ein Problem innovativ lösen sollten. Der erste Fragebogen untersucht, ob Pferde generell innovatives Verhalten zeigen, indem Pferdebesitzer weltweit dazu aufgefordert wurden neuartige Verhaltensweisen ihrer Pferde zu schildern. Der Fragebogen wurde über das Internet, in Pferdezeitschriften, auf Tagungen und durch Mundpropaganda verbreitet. Außerdem wurde das Internet gezielt nach Videos von Pferden, die neuartige Verhaltensweisen zeigen durchsucht. Auf diesem Weg kamen 632 Fallberichte domestizierter Equiden zusammen, die, nach der Selektion durch das Forscherteam, über 746 Innovationen berichten. Nachdem die Verhaltensweisen anhand der zugrundeliegenden Motivation in verschiedene Kategorien eingeteilt wurden, wurde untersucht, ob individuelle Faktoren (Alter, Rasse, Geschlecht) und/oder die Haltungsform das Auftreten innovativen Verhaltens beeinflussen. Es konnte gezeigt werden, dass Pferde in Haltungsformen mit täglichem Koppelgang und Kontakt zu Artgenossen höher entwickelte Innovationen zeigten, während Pferde, die diese Möglichkeiten nicht hatten, sich vor allem innovativ zeigten, um ihre Grundbedürfnisse zu decken.

Da im Rahmen der ersten Datenerhebung festgestellt wurde, dass Pferde sich häufig innovativ verhalten, um Türen zu öffnen, wurde ein weiterer Fragebogen konzipiert, der gezielt nach Fallberichten über Pferde sucht, die in der Lage sind Türen und Tore zu öffnen. Der Fragebogen wurde, analog zu Studie I) verbreitet und das Internet nach Videos entsprechenden Inhalts durchsucht. Insgesamt wurden 402 Fallschilderungen über Pferde gesammelt, die mindestens eine Tür und/oder Tor öffnen. Als

motivierende Faktoren für das Auftreten der Innovationen sind Bewegung, Futter und Sozialkontakte, sowie Neugier- oder Spielverhalten zu nennen.

Drittens wurde ein experimenteller Ansatz zur Untersuchung des innovativen Verhaltens von Pferden entwickelt und die möglichen Einflussfaktoren auf das innovative Verhalten untersucht. Dafür wurde ein neuartiger Futterautomat konstruiert, dessen erfolgreiche Bedienung ohne vorherige Demonstration als innovatives Verhalten angesehen werden kann. Insgesamt schafften es 25% der 16 Pferde den Futterautomaten vollständig zu leeren und konnten als innovative Pferde angesehen werden. Es konnte gezeigt werden, dass die innovativen Pferde sensorisch und motorisch links lateral waren und tendenziell höhere Basalwerte der Glukokortikoid Metaboliten im Kot aufwiesen. Entscheidend für die erfolgreiche Problemlösung war vor allem das individuelle Verhalten der innovativen Pferde in der Testsituation.

Es muss diskutiert werden, ob die Pferde innovatives Verhalten durch Versuch und Irrtum entwickelten oder höhere kognitive Fähigkeiten wie logisches Denken und Einsicht angewandt haben. Je nach Innovation und Kontext sind beide Lernvorgänge möglich und werden oftmals auf einander aufbauend angewandt. Als wichtiger Einflussfaktor konnte auch das soziale Umfeld identifiziert werden. Sowohl im intra- wie auch interspezifischen Kontext spielt soziales Lernen bei der Entstehung von Innovationen eine entscheidende Rolle. Die Motivation zur Entwicklung innovativen Verhaltens kann eine unzureichende Erfüllung der grundlegenden Bedürfnisse (Innovation aus der Not) sein, aber auch die Bereicherung des Alltags (Innovation aus Gelegenheit) mag als Antrieb dienen. Es zeigte sich, dass ein moderates Level an Stresshormonen Innovationen fördert. Die Bereicherung der Umwelt (Environmental Enrichment) in den heutigen Haltungsbedingungen kann einen Beitrag dazu leisten, dass sich Pferde innovativ verhalten und ihre kognitiven Fähigkeiten voll entwickeln können.

Die Wahl zweierlei Vorgehensweisen zu verwenden, hat sich als Ansatz bewährt, um das Auftreten, sowie die Einflussfaktoren des innovativen Verhaltens von Pferden zu untersuchen.

Die Ergebnisse bieten ein besseres Verständnis der kognitiven Fähigkeiten von Pferden im vom Menschen geschaffenen Umfeld. Dadurch ergibt sich die Möglichkeit, das Wohlbefinden der Pferde zu erhöhen, indem die Haltungs- und Trainingsbedingungen artgemäßer gestaltet und somit verbessert werden können.

8 Summary „Investigations on the innovative behaviour of domesticated horses (*Equus caballus*)”

The aim of this study was to investigate whether horses show innovative behaviour. Innovative behaviour is considered as a potential measurement for the cognitive abilities of a species. The knowledge of the horses' cognitive abilities provides the opportunity to make the horses' management and training more species-appropriate. Investigations on horses' innovative behaviour are still missing. This work asked whether a) horses behave innovatively b) if so, what kind of innovations do they show and on which their occurrence may depend and c) whether it is possible to examine innovative behaviour in an experimental approach and if so, whether this is influenced by certain factors. The data collection was done using two different questionnaires and an experimental setup, in which horses should solve a problem innovatively. The first questionnaire examines whether horses show innovative behaviour by asking horse owners and caretakers worldwide to describe novel behaviours of their horses. The questionnaire was distributed via Internet, horse magazines, meetings and by personal recommendation. In addition, the Internet was scanned for videos of horses showing novel behaviours. In this way, 632 case reports of domesticated equids came together, reporting more than 746 innovations after selection by the research team. After classifying the behaviours into different categories based on the underlying motivation, it was examined whether individual factors (age, race, sex) and / or the type of stable influence the occurrence of innovative behaviour. It could be shown that horses in farms with daily pasture and contact with conspecifics showed more highly developed innovations, while horses that did not have these options showed innovative behaviour in order to cover their basic needs. As the first survey found that horses often behaved innovatively to open doors, another questionnaire was designed to specifically look for case reports about horses that are capable of opening doors and gates. The questionnaire was distributed analogously to study I) and the Internet was searched for videos of appropriate content. A total of 402 case reports were collected on horses that open at least one door and / or gate. Motivating factors for the emergence of innovations include movement, food and social contacts, as well as curiosity or comfort behaviour. Thirdly, an experimental approach to investigate the innovative behaviour of horses has been developed and the potential drivers of innovative behaviour investigated. For this purpose, a novel feeder was designed whose successful operation without prior demonstration can be considered as

innovative behaviour. Overall, 25% of the 16 horses managed to empty the feeder completely and could be considered as innovative horses. It could be shown that the innovative horses were sensory and motor left lateralised and tended to have higher basal levels of glucocorticoid metabolites in the faeces. Decisive for the successful problem solving was the individual task related behaviour of the horses. It has to be discussed whether the horses have developed innovative behaviour through trial and error or applied higher cognitive skills such as reasoning and insight. Depending on innovation and context, both learning processes are possible and are often applied to each other. The social environment could also be identified as an important influencing factor. In both the intra- and interspecific context, social learning plays a crucial role in the emergence of innovation. The motivation to develop innovative behaviour may be inadequate satisfaction of basic needs (innovation out of need), but also the enrichment of everyday life (innovation out of opportunity) may serve as a driving force. It has been shown that a moderate level of stress hormones promotes innovation. Environmental enrichment in housing conditions can support the development of cognitive abilities and innovative behaviour.

The choice of using two approaches to investigate the occurrence as well as the drivers of horses' innovative behaviour has been revealed to be viable.

The results provide a better understanding of the cognitive abilities of horses in human-made environments. This provides the opportunity to increase the well-being of the horses, by improving the horse keeping and training conditions.

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Morphologische Veränderungen des Pferdegehirns nach Edinger (1948) und Radinsky (1976); zusammengefasst von Tang (1983) und Hu (2012).	2
Abbildung 2: Anzahl der Pferde in Deutschland von 1914-2016; Quelle der Daten: FN „Zahlen und Fakten“ (2016).	4
Abbildung 3: Die sechs Phasen des Lernens durch Einsicht. Modifiziert nach der Lerntheorie von Wolfgang Köhler (1971) und Max Wertheimer (1959).	13
Abbildung 4: Entstehung einer Innovation. Prozess in vier Schritten; Sol (2015).	16
Abbildung 5: Einflussfaktoren auf das innovative Verhalten. Zusammengefasst und modifiziert nach Kaufman und Kaufman (2015).	17
Abbildung 6: Physiologische Stressreaktion. Darstellung des Zusammenhangs der daran beteiligten Achsen a) Sympathikus-Nebennieren-Achse b) Hypothalamus-Hypophyse-Nebennieren-Achse	20
Abbildung 7: Installation Futterautomat in offener Pferdebox.	93

10 Erweitertes Literaturverzeichnis

Amici F, Aureli F, Call J (2010): Monkeys and apes: are their cognitive skills really so different? *American Journal of Physical Anthropology* 143: 188–197.

Andrieu J, Henry S, Hausberger M, Thierry B (2016): Informed horses are influential in group movements, but they may avoid leading. *Animal Cognition* 19: 451–458.

Aplin LM, Farine DR, Morand-Ferron J, Cockburn A, Thornton A, Sheldon BC (2014): Experimentally induced innovations lead to persistent culture via conformity in wild birds. *Nature* 518.

Aplin LM, Sheldon BC, Morand-Ferron J (2013): Milk bottles revisited: social learning and individual variation in the blue tit, *Cyanistes caeruleus*. *Animal Behaviour* 85: 1225–1232.

Aserinsky E, Kleitman N (1953): Regularly occurring periods of eye motility, and concomitant phenomena, during sleep. *Science* 118: 273–274.

Auersperg AMI (2015): Exploration Technique and Technical Innovations in Corvids and Parrots. In: Kaufman AB, Kaufman JC (Hrsg.), *Animal creativity and innovation*. Elsevier; Academic Press/Elsevier, London, 45–63.

Auersperg AMI, Bayern AMP von, Gajdon GK, Huber L, Kacelnik A (2011): Flexibility in problem solving and tool use of kea and New Caledonian crows in a multi access box paradigm. *PloS one* 6: e20231.

Auersperg AMI, Kacelnik A, Bayern AMP von (2013): Explorative learning and functional inferences on a five-step means-means-end problem in Goffin's cockatoos (*Cacatua goffini*). *PloS one* 8: e68979.

Badyaev AV (2008): Role of stress in evolution: from individual adaptability to evolutionary adaptation. In: Hallgrímsson B, Hall BK (Hrsg.), *Variation*. Elsevier Academic Press, Amsterdam [etc.], 277–294.

Baragli P, Padalino B, Telatin A (2015): The role of associative and non-associative learning in the training of horses and implications for the welfare (a review). *Annali dell'Istituto superiore di sanita* 51: 40–51.

Barton RA (1998): Visual specialization and brain evolution in primates. *Proceedings. Biological sciences* 265: 1933–1937.

Bates LA, Byrne RW (2007): Creative or created: using anecdotes to investigate animal cognition. *Methods* 42: 12–21.

Bateson P (2014): Play, playfulness, creativity and innovation. *Animal Behavior and Cognition* 1: 99–112.

Baumgartner M (2012): Liegeverhalten von Pferden im Offenlaufstall auf unterschiedlichen Bodenmaterialien (Gummimatten, Späne und Sand), Ludwig Maximilians Universität, Dissertation.

Baumgartner M, Zeitler-Feicht MH, Wöhr A-C, Wöhling H, Erhard MH (2015): Lying behaviour of group-housed horses in different designed areas with rubber mats, shavings and sand bedding. *PHK* 31: 211–220.

Bekoff M (2001): Social play behaviour: Cooperation, fairness, trust, and the evolution of morality. *Journal of Consciousness Studies* 8: 81–90.

Belcastro G, Rastelli E, Mariotti V, Consiglio C, Facchini F, Bonfiglioli B (2007): Continuity or discontinuity of the life-style in central Italy during the Roman Imperial Age-Early Middle Ages transition: diet, health, and behavior. *American Journal of Physical Anthropology* 132: 381–394.

Benson-Amram S, Holekamp KE (2012): Innovative problem solving by wild spotted hyenas. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 279: 4087–4095.

Benson-Amram S, Weldele ML, Holekamp KE (2013): A comparison of innovative problem-solving abilities between wild and captive spotted hyaenas, *Crocuta crocuta*. *Animal Behaviour* 85: 349–356.

Berger J (1977): Organizational systems and dominance in feral horses in the Grand Canyon. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 2: 131–146.

Berger J (1987): Reproductive fates of dispersers in a harem-dwelling ungulate: the wild horse. *Mammalian dispersal patterns*: 41–54.

Bergmüller R (2010): Animal personality and behavioural syndromes. In: Kappeler P (Hrsg.), *Animal Behaviour: Evolution and Mechanisms*. Springer, Berlin, 587–621.

Bernstein IS (1988): Metaphor, cognitive belief, and science. *The Behavioral and brain sciences* 11: 247–248.

Biondi LM, Bó MS, Vassallo AI (2010): Inter-individual and age differences in exploration, neophobia and problem-solving ability in a Neotropical raptor (*Milvago chimango*). *Animal Cognition* 13: 701–710.

Birch HG (1945): The relation of previous experience to insightful problem-solving. *Journal of Comparative Psychology* 38: 367.

Birke L, Hockenhull J, Creighton E, Pinno L, Mee J, Mills D (2011): Horses' responses to variation in human approach. *Applied Animal Behaviour Science* 134: 56–63.

Bisazza A, J. Rogers L, Vallortigara G (1998): The Origins of Cerebral Asymmetry: A Review of Evidence of Behavioural and Brain Lateralization in Fishes, Reptiles and Amphibians. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 22: 411–426.

BMELV Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hrsg.) (2009): Leitlinien zur Beurteilung von Pferdehaltungen unter Tierschutzgesichtspunkten.

Boakes RA (1984): From Darwin to behaviourism. *Psychology and the minds of animals*. CUP Archive; University Press, Cambridge.

Boden M (1995): Creativity and unpredictability. *Stanford Humanities Review* 4: 123–139.

Bókonyi V, Lendvai ÁZ, Vágási CI, Pătraș L, Pap PL, Németh J, Vincze E, Papp S, Preiszner B, Seress G (2013): Necessity or capacity? Physiological state predicts problem-solving performance in house sparrows. *Behavioral Ecology* 25: 124–135.

Bökönyi S (1988): The neolithic fauna of Divostin. In: McPherron A, Srejović D (Hrsg.), *Divostin and the Neolithic of Central Serbia*. Dept. of Anthropology, University of Pittsburgh, Pittsburgh.

Bonakis A, Howard RS, Williams A (2008): Narcolepsy presenting as REM sleep behaviour disorder. *Clinical neurology and neurosurgery* 110: 518–520.

Bond EU, Walker BA, Hutt MD, Reingen PH (2004): Reputational Effectiveness in Cross-Functional Working Relationships. *Journal of Product Innovation Management* 21: 44–60.

Bouchard J (2002): Is Social Learning Correlated with Innovation in Birds? An Inter- and an Intraspecific Test. Montréal, McGill University, Masterarbeit.

Bouchard J, Goodyer W, Lefebvre L (2007): Social learning and innovation are positively correlated in pigeons (*Columba livia*). *Anim Cogn* 10: 259–266.

Boyd CS, Davies KW, Collins GH (2017): Impacts of Feral Horse Use on Herbaceous Riparian Vegetation Within a Sagebrush Steppe Ecosystem. *Rangeland Ecology & Management* 70: 411–417.

Boyd L, Houpt KA (Hrsg.) (1994): Przewalski's horse. The history and biology of an endangered species. State Univ. of New York Press, Albany, NY.

Boyd L, Keiper R (2005): Behavioral ecology of feral horses. In: Mills DS, McDonnell SM (Hrsg.), *The domestic horse. The origins, development and management of its behaviour*. Cambridge University Press, Cambridge, 55–82.

Brade W, Distl O, Sieme H, Zeyner A, Zeyner A (Hrsg.) (2011): *Pferdezucht, -haltung und -fütterung. Empfehlungen für die Praxis*. VTI, Braunschweig.

Brinks V, van der Mark, Maaïke H, Kloet ER de, Oitzl MS, van der Mark MH (2007): Differential MR/GR activation in mice results in emotional states beneficial or impairing for cognition. *Neural plasticity* 2007: 90163.

Bücheler T, Sieg JH (2011): Understanding Science 2.0: Crowdsourcing and Open Innovation in the Scientific Method. *Procedia Computer Science* 7: 327–329.

Bücheler T, Sieg JH, Fuechslin RM, Pfeifer R (2010): Crowdsourcing, open innovation and collective intelligence in the scientific method : a research agenda and operational framework.

Burla J-B, Siegwart J, Nawroth C (2018): Human Demonstration Does Not Facilitate the Performance of Horses (*Equus caballus*) in a Spatial Problem-Solving Task. *Animals* : an open access journal from MDPI 8.

Byrne R, Lee PC, Njiraini N, Poole JH, Sayialel K, Sayialel S, La Bates, Moss CJ (2008): Do elephants show empathy? *Journal of Consciousness Studies* 15: 204–225.

Byrne RW, Corp N (2004): Neocortex size predicts deception rate in primates. *Proceedings. Biological sciences* 271: 1693–1699.

Byrne RW, Whiten A, Byrne RW, Whiten A (1992): Cognitive Evolution in Primates: Evidence from Tactical Deception. *Man* 27: 609–627.

Cameron EZ, Setsaas TH, Linklater WL (2009): Social bonds between unrelated females increase reproductive success in feral horses. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106: 13850–13853.

Christensen JW, Ahrendt LP, Lintrup R, Gaillard C, Palme R, Malmkvist J (2012): Does learning performance in horses relate to fearfulness, baseline stress hormone, and social rank? *Applied Animal Behaviour Science* 140: 44–52.

Christensen JW, Ladewig J, Søndergaard E, Malmkvist J (2002): Effects of individual versus group stabling on social behaviour in domestic stallions. *Applied Animal Behaviour Science* 75: 233–248.

Christensen JW, Zharkikh T, Chovaux E (2011): Object recognition and generalisation during habituation in horses. *Applied Animal Behaviour Science* 129: 83–91.

Coelho Jr AM, Bramblett CA, Coelho AM (1982): Social play in differentially reared infant and juvenile baboons (*Papio sp.*). *American Journal of Primatology* 3: 153–160.

Cohen S, Janicki-Deverts D, Doyle WJ, Miller GE, Frank E, Rabin BS, Turner RB (2012): Chronic stress, glucocorticoid receptor resistance, inflammation, and disease risk. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109: 5995–5999.

Cole EF, Cram DL, Quinn JL (2011): Individual variation in spontaneous problem-solving performance among wild great tits. *Animal Behaviour* 81: 491–498.

Colvin J, Tissier G (1985): Affiliation and reciprocity in sibling and peer relationships among free-ranging immature male rhesus monkeys. *Animal Behaviour* 33: 959–977.

Cooper JJ (1998): Comparative learning theory and its application in the training of horses. *Equine Vet. J.* 30: 39–43.

Cozzi A, Sighieri C, Gazzano A, Nicol CJ, Baragli P (2010): Post-conflict friendly reunion in a permanent group of horses (*Equus caballus*). *Behavioural Processes* 85: 185–190.

Creighton E (2007): Equine learning behaviour: limits of ability and ability limits of trainers. *Behavioural Processes* 76: 43.

Creswell JW, Hanson WE, Clark Plano VL, Morales A (2007): Qualitative research designs: Selection and implementation. *The counseling psychologist* 35: 236–264.

Deaner RO, Isler K, Burkart J, van Schaik C (2007): Overall brain size, and not encephalization quotient, best predicts cognitive ability across non-human primates. *Brain, behavior and evolution* 70: 115–124.

Derégnaucourt S, Mitra PP, Fehér O, Pytte C, Tchernichovski O (2005): How sleep affects the developmental learning of bird song. *Nature* 433: 710.

Des Moehلمان PR (2002): Equids. Zebras, asses, and horses : status survey and conservation action plan. IUCN; IUCN--the World Conservation Union, Gland, Switzerland, Cambridge, UK.

DeYoung CG, Hirsh JB, Shane MS, Papademetris X, Rajeevan N, Gray JR (2010): Testing predictions from personality neuroscience: Brain structure and the big five. *Psychological science* 21: 820–828.

Diamond Jr AM (2006): Schumpeter's creative destruction: A review of the evidence. *Journal of Private Enterprise* 22: 120–146.

Diquelou MC, Griffin AS, Sol D (2015): The role of motor diversity in foraging innovations: a cross-species comparison in urban birds. *Behavioral Ecology* 27: 584–591.

Dorey NR, Conover AM, Udell MAR (2014): Interspecific communication from people to horses (*Equus ferus caballus*) is influenced by different horsemanship training styles. *Journal of Comparative Psychology* 128: 337.

Douglas-Hamilton I, Bhalla S, Wittemyer G, Vollrath F (2006): Behavioural reactions of elephants towards a dying and deceased matriarch. *Applied Animal Behaviour Science* 100: 87–102.

Duden (1991): Definition "Kognition" (04.03.2019).

Dukas R (2013): Effects of learning on evolution: robustness, innovation and speciation. *Animal Behaviour* 85: 1023–1030.

Dunbar R (1992): Neocortex size as a constraint on group size in primates. *Journal of Human Evolution* 22: 469–493.

Dunbar R (2009): The social brain hypothesis and its implications for social evolution. *Evolution and the social mind: Evolutionary psychology and social cognition* 36: 21–31.

Dunbar RIM, Bever J (1998): Neocortex Size Predicts Group Size in Carnivores and Some Insectivores. *Ethology* 104: 695–708.

Dunbar RIM, Shultz S (2007): Evolution in the social brain. *Science (New York)* 317: 1344–1347.

Duncan P (1992): Horses and grasses: the nutritional ecology of Equids and their impact on the Camargue.

Duncan P, Cowtan P (1980): An unusual choice of habitat helps Camargue horses to avoid blood-sucking horse-flies. *Biology of Behavior* 5: 55–60.

Ebinger P (1974): A cytoarchitectonic volumetric comparison of brains in wild and domestic sheep. *Zeitschrift fuer Anatomie und Entwicklungsgeschichte* 144: 267–302.

Edinger T (1948): Evolution of the horse brain. Geological Society of America.

Ellis S, Siegler RS (1997): Planning as a strategy choice, or why don't children plan when they should? In S. L. Friedman & E. K. Scholnick (Eds.), *The developmental psychology of planning: Why, how, and when do we plan?* (pp. 183-208). Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers. 08058151.

Engelhardt Wv, Breves G (Hrsg.) (2015): *Physiologie der Haustiere*. Enke Verlag, Stuttgart.

Epstein R (1999): Generativity theory. *Encyclopedia of creativity* 1: 759–766.

Feaver J, Mendl M, Bateson P (1986): A method for rating the individual distinctiveness of domestic cats. *Animal Behaviour* 34: 1016–1025.

Feh C (1988): Social behaviour and relationships of Prezewalski horses in Dutch semi-reserves. *Applied Animal Behaviour Science* 21: 71–87.

Feh C (1999): Alliances and reproductive success in Camargue stallions. *Animal Behaviour* 57: 705–713.

Feh C (2005): Relationships and communication in socially natural horse herds. In: Mills DS, McDonnell SM (Hrsg.), *The domestic horse. The origins, development and management of its behaviour*. Cambridge University Press, Cambridge, 83–93.

Finlay BL, Hinz F, Darlington RB (2011): Mapping behavioural evolution onto brain evolution: the strategic roles of conserved organization in individuals and species.

Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences 366: 2111–2123.

Fischer EG (1973): Impaired perfusion following cerebrovascular stasis. A review. Archives of neurology 29: 361–366.

Fischhoff IR, Sundaresan SR, Cordingley J, Larkin HM, Sellier M-J, Rubenstein DI (2007): Social relationships and reproductive state influence leadership roles in movements of plains zebra, *Equus burchellii*. Animal Behaviour 73: 825–831.

Fisher J, Hinde RA (1949): The opening of milkbottles by birds. Brit. Birds 42: 347–357.

FN - Deutsche Reiterliche Vereinigung (2016): Pferd Aktuell. <https://www.pferd-aktuell.de/fn-service/zahlen--fakten/zahlen--fakten> (04.03.2019).

Forgeard MJC, Mecklenburg AC (2013): The two dimensions of motivation and a reciprocal model of the creative process. Review of General Psychology 17: 255.

Forrester GS, Hopkins WD, Hudry K, Lindell A (Hrsg.) (2018): Cerebral lateralization and cognition. Evolutionary and developmental investigations of behavioral biases. Elsevier/Academic Press, Cambridge, MA.

Foxall G (1990): Consumer psychology in behavioral perspective. Beard Books.

Fragaszy DM, Visalberghi E (1990): Social processes affecting the appearance of innovative behaviors in capuchin monkeys. Folia primatologica 54: 155–165.

Fureix C, Jegou P, Henry S, Lansade L, Hausberger M (2012): Towards an ethological animal model of depression? A study on horses. PloS one 7: e39280.

Gabor V, Gerken M (2012): Cognitive testing in horses using a computer based apparatus. Applied Animal Behaviour Science 139: 242–250.

Gajdon GK, Fijn N, Huber L (2006): Limited spread of innovation in a wild parrot, the kea (*Nestor notabilis*). Animal Cognition 9: 173–181.

Galef BG, Giraldeau L-A (2001): Social influences on foraging in vertebrates: causal mechanisms and adaptive functions. Animal Behaviour 61: 3–15.

Galef Jr BG (2003): Social learning: promotor or inhibitor of innovation? In: Reader S, Laland KN (Hrsg.), Animal innovation. Oxford University Press Repr, Oxford, 137–154.

Gaunitz C, Fages A, Hanghøj K, Albrechtsen A, Khan N, Schubert M, Seguin-Orlando A, Owens IJ, Felkel S, Bignon-Lau O, Barros Damgaard P de, Mittnik A, Mohaseb AF, Davoudi H, Alquraishi S, Alfarhan AH, Al-Rasheid KAS, Crubézy E, Benecke N, Olsen S, Brown D, Anthony D, Massy K, Pitulko V, Kasparov A, Brem G, Hofreiter M, Mukhtarova G, Baimukhanov N, Lõugas L, Onar V, Stockhammer PW, Krause J, Boldgiv B, Undrakhbold S, Erdenebaatar D, Lepetz S, Mashkour M, Ludwig A, Wallner B, Merz V, Merz I, Zaibert V, Willerslev E, Librado P, Outram AK, Orlando L (2018): Ancient genomes revisit the ancestry of domestic and Przewalski's horses. *Science* 360: 111–114.

Georg-August-Universität Göttingen-Department für Nutztierwissenschaften G-A-UG-Df, Deutsche Reiterliche Vereinigung e. V. DRVeV (Hrsg.) (2018): Göttinger Pferdetage 2018. Zucht, Haltung und Ernährung von Sportpferden. FN Verlag, Warendorf.

Gibson KR (2002): Evolution of human intelligence: the roles of brain size and mental construction. *Brain, behavior and evolution* 59: 10–20.

Giraldeau L-A, Lefebvre L, Morand-Ferron J (2007): Can a restrictive definition lead to biases and tautologies? *Behavioral and Brain Sciences* 30: 411–412.

Goldschmidt-Rothschild B von, Tschanz B (1978): Soziale Organisation und Verhalten einer Jungtierherde beim Camargue-Pferd. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 46: 372–400.

Goodwin D (2007): Horse Behaviour: Evolution, Domestication and Feralisation. In: Waran N (Hrsg.), *The welfare of horses*. Springer, 1–18.

Goodwin D, Davidson HPB, Harris P (2002): Foraging enrichment for stabled horses: effects on behaviour and selection. *Equine Veterinary Journal* 34: 686–691.

Goodwin D, McGreevy P, Waran N, McLean A (2009): How equitation science can elucidate and refine horsemanship techniques. *The Veterinary Journal* 181: 5–11.

Gosling LM, Roberts SC (2001): Testing ideas about the function of scent marks in territories from spatial patterns. *Animal Behaviour* 62: F7-F10.

Gosling SD (1998): Personality dimensions in spotted hyenas (*Crocuta crocuta*). *Journal of Comparative Psychology* 112: 107.

Gosling SD, Rentfrow PJ, Swann Jr WB, Swann WB (2003): A very brief measure of the Big-Five personality domains. *Journal of Research in personality* 37: 504–528.

Greenberg R, Mettke-Hofmann C (2001): Ecological aspects of neophobia and neophilia in birds. In: Nolan V (Hrsg.), *Current ornithology*. Springer, 119–178.

Greenberg RS (2003): The role of neophobia and neophilia in the development of innovative behaviour of birds. In: Reader S, Laland KN (Hrsg.), *Animal innovation*. Oxford University Press Repr, Oxford, 175–198.

Griffin AS, Guez D (2014): Innovation and problem solving: a review of common mechanisms. *Behavioural Processes* 109: 121–134.

Griffin DR (1978): Prospects for a cognitive ethology. *Behavioral and Brain Sciences* 1: 527–538.

Griffin DR (2013): Progress toward a cognitive ethology. *Cognitive Ethology*: 23–38.

Gruber T, Muller MN, Reynolds V, Wrangham R, Zuberbühler K (2011): Community-specific evaluation of tool affordances in wild chimpanzees. *Scientific Reports* 1: 128.

Güntürkün O (2012): The convergent evolution of neural substrates for cognition. *Psychological research* 76: 212–219.

Haag EL, Rudman R, Houpt KA (1980): Avoidance, Maze Learning and Social Dominance in Ponies. *Journal of Animal Science* 50: 329–335.

Hagen K, Broom DM (2004): Emotional reactions to learning in cattle. *Applied Animal Behaviour Science* 85: 203–213.

Hall C, Goodwin D, Heleski C, Randle H, Waran N (2008): Is there evidence of learned helplessness in horses? *Journal of applied animal welfare science : JAAWS* 11: 249–266.

Hall MJ (1983): Social Organization in an Enclosed Group of Red Deer (*Cervus elaphus* L.) on Rhum. The dominance hierarchy of females and their offspring. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 61: 250–262.

Hanggi EB (2003): Discrimination learning based on relative size concepts in horses (*Equus caballus*). *Applied Animal Behaviour Science* 83: 201–213.

Hanggi EB (2005): The thinking horse: cognition and perception reviewed. In: *AAEP Proceedings* (Hrsg.), 246–255.

Härke H (2014): Grave goods in early medieval burials: messages and meanings. *Mortality* 19: 41–60.

Harlow HF (1950): Learning and satiation of response in intrinsically motivated complex puzzle performance by monkeys. *Journal of comparative and physiological psychology* 43: 289.

Harlow HF, Harlow MK, Meyer DR (1950): Learning motivated by a manipulation drive. *Journal of experimental psychology* 40: 228.

Harrison Y, Horne JA (2000): The impact of sleep deprivation on decision making: A review. *Journal of experimental psychology: Applied* 6: 236.

Hart BL, Hart LA, Pinter-Wollman N (2008): Large brains and cognition: where do elephants fit in? *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 32: 86–98.

Hartmann E, Søndergaard E, Keeling LJ (2012): Keeping horses in groups: A review. *Applied Animal Behaviour Science* 136: 77–87.

Harvey PH, Clutton-Brock TH, Mace GM (1980): Brain size and ecology in small mammals and primates. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 77: 4387–4389.

Hausberger M (2008): Temperament and personality in horses: an overview. In: University of Regensburg (Hrsg.), *International Equine Science Meeting, Regensburg 3-5 October*.

Hausberger M, Bruderer C, Le Scolan N, Pierre J-S (2004): Interplay between environmental and genetic factors in temperament/personality traits in horses (*Equus caballus*). *Journal of Comparative Psychology* 118: 434.

Hausberger M, Fureix C, Bourjade M, Wessel-Robert S, Richard-Yris M-A (2012): On the significance of adult play: what does social play tell us about adult horse welfare? *Naturwissenschaften* 99: 291–302.

Hausberger M, Gautier E, Müller C, Jegou P (2007): Lower learning abilities in stereotypic horses. *Applied Animal Behaviour Science* 107: 299–306.

Hausberger M, Roche H, Henry S, Visser EK (2008): A review of the human–horse relationship. *Applied Animal Behaviour Science* 109: 1–24.

Hauser MD (1999): Perseveration, inhibition and the prefrontal cortex: a new look. *Current Opinion in Neurobiology* 9: 214–222.

- Healy SD, Rowe C (2007):** A critique of comparative studies of brain size. Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences 274: 453–464.
- Heird JC, Whitaker DD, Bell RW, Ramsey CB, Lokey CE (1986):** The effects of handling at different ages on the subsequent learning ability of 2-year-old horses. Applied Animal Behaviour Science 15: 15–25.
- Held SDE, Špinka M, Held SDE (2011):** Animal play and animal welfare. Animal Behaviour 81: 891–899.
- Hemmann K, Raekallio M, Kanerva K, Hänninen L, Pastell M, Palviainen M, Vainio O (2012):** Circadian variation in ghrelin and certain stress hormones in crib-biting horses. The Veterinary Journal 193: 97–102.
- Henderson AJZ (2007):** Don't fence me in: managing psychological well being for elite performance horses. Journal of Applied Animal Welfare Science 10: 309–329.
- Henneke DR, Potter GD, Kreider, J.L. Yeates, B.F. (1983):** Relationship between condition score, physical measurements and body fat percentage in mares. Equine Veterinary Journal 15: 371–372.
- Heyes CM (1994):** Social learning in animals: categories and mechanisms. Biological Reviews 69: 207–231.
- Heyes CM, Galef Jr BG (1996):** Social learning in animals: the roots of culture. Elsevier.
- Hoffmann G, Bockisch F-J, Kreimeier P (2009):** Einfluss des Haltungssystems auf die Bewegungsaktivität und Stressbelastung bei Pferden in Auslaufhaltungssystemen. Agriculture and Forestry Research 2: 105–112.
- Hoppitt W, Laland KN (2008):** Social processes influencing learning in animals: a review of the evidence. Advances in the Study of Behavior 38: 105–165.
- Hoppitt W, Laland KN (2013):** Social learning. An introduction to mechanisms, methods, and models. Princeton University Press, Princeton.
- Hothersall B, Harris P, Sörtoft L, Nicol CJ (2010):** Discrimination between conspecific odour samples in the horse (*Equus caballus*). Applied Animal Behaviour Science 126: 37–44.
- Haupt KA (1980):** The characteristics of equine sleep. Equine Practice.

Houpt KA (1981): Equine behavior problems in relation to humane management. *International Journal for the Study of Animal Problems* 2: 329–337.

Houpt KA (2005): Maintenance behaviours. In: Mills DS, McDonnell SM (Hrsg.), *The domestic horse. The origins, development and management of its behaviour*. Cambridge University Press, Cambridge, 94–109.

Houpt KA, Law K, Martinisi V (1978): Dominance hierarchies in domestic horses. *Applied Animal Ethology* 4: 273–283.

Houpt KA, Wolski TR (1980): Stability of equine hierarchies and the prevention of dominance related aggression. *Equine Veterinary Journal* 12: 15–18.

Hsieh H-L, Hsieh J-R, Wang I-L (2011): Linking personality and innovation: the role of knowledge management. *World Transactions on Engineering and Technology Education* 9: 38–44.

Hu Y, Chen Y, Wang S, Sun Q (2012): Pleistocene equid brain endocast from Shanxi Province, China. *APP*.

Innes L, McBride S (2008): Negative versus positive reinforcement: An evaluation of training strategies for rehabilitated horses. *Applied Animal Behaviour Science* 112: 357–368.

Jensen MB, Kyhn R (2000): Play behaviour in group-housed dairy calves, the effect of space allowance. *Applied Animal Behaviour Science* 67: 35–46.

Jerison HJ (1979): Brain, body and encephalization in early primates. *Journal of Human Evolution* 8: 615–635.

Johnson B, Turner LA (2010): Data collection strategies in mixed methods research. In: Tashakkori A, Teddlie C (Hrsg.), *Sage handbook of mixed methods in social & behavioral research*. Sage, 297–319.

Jørgensen S (2015): Empathy, altruism and the African elephant. Uppsala, Swedish University of Agricultural Sciences, Dissertation.

Jørgensen GHM, Borsheim L, Mejdell CM, Søndergaard E, Bøe KE (2009): Grouping horses according to gender—Effects on aggression, spacing and injuries. *Applied Animal Behaviour Science* 120: 94–99.

Kacelnik A (2009): Tools for thought or thoughts for tools? *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106: 10071–10072.

Kalus M (2014): Schlafverhalten und Physiologie des Schlafes beim Pferd auf der Basis polysomnographischer Untersuchungen. München, Ludwig Maximilians Universität, Dissertation.

Kaufman AB, Kaufman JC (Hrsg.) (2015): Animal creativity and innovation. Elsevier; Academic Press/Elsevier, London.

Keagy J, Savard J-F, Borgia G (2009): Male satin bowerbird problem-solving ability predicts mating success. *Animal Behaviour* 78: 809–817.

Keeling LJ, Jonare L, Lanneborn L (2009): Investigating horse-human interactions: the effect of a nervous human. *The Veterinary Journal* 181: 70–71.

Keiper RR, Keenan MA (1980): Nocturnal activity patterns of feral ponies. *Journal of Mammalogy* 61: 116–118.

Kelekna P (2009): The horse in human history. Cambridge University Press Cambridge.

Kendal RL, Coe RL, Laland KN (2005): Age differences in neophilia, exploration, and innovation in family groups of callitrichid monkeys. *American Journal of Primatology* 66: 167–188.

Kimura R (1998): Mutual grooming and preferred associate relationships in a band of free-ranging horses. *Applied Animal Behaviour Science* 59: 265–276.

Kimura R (2001): Volatile substances in feces, urine and urine-marked feces of feral horses. *Can. J. Anim. Sci.* 81: 411–420.

Klingel H (1975): Social organization and reproduction in equids. *Journal of reproduction and fertility. Supplement*: 7–11.

Köhler W (1922): Zur Psychologie des Schimpansen. *Psychologische Forschung* 1: 2–46.

Köhler W (1957): The mentality of apes (1925). Schwyzer, Hubert: The Unity of Understanding-A Study in Kantian Problems.

Köhler W (1971): Die Aufgabe der Gestaltpsychologie. Walter de Gruyter.

Köhler W (2013): Intelligenzprüfungen an Menschenaffen: Mit einem Anhang: Zur Psychologie des Schimpansen. Springer-Verlag.

Kräußlich H (1997): Pferde. In: Brem G, Kräußlich H (Hrsg.), Tierzucht und allgemeine Landwirtschaftslehre für Tiermediziner. Enke; Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 450–489.

Krösbacher AE (2008): Das arabische Vollblut: Eine kontrovers diskutierte Rasse. Was steckt wirklich hinter der Zucht dieser edlen Pferde? Wien, Veterinärmedizinische Universität, Biomedizinische Wissenschaften, Bachelorarbeit.

Krueger K, Flauger B (2007): Social learning in horses from a novel perspective. Behavioural Processes 76: 37–39.

Krueger K, Flauger B, Farmer K, Hemelrijk C (2014): Movement initiation in groups of feral horses. Behavioural Processes 103: 91–101.

Krueger K, Flauger B, Farmer K, Maros K (2011): Horses (*Equus caballus*) use human local enhancement cues and adjust to human attention. Animal Cognition 14: 187–201.

Krueger K, Heinze J (2008): Horse sense: social status of horses (*Equus caballus*) affects their likelihood of copying other horses' behavior. Animal Cognition 11: 431–439.

Krueger K, Marr I, Farmer K (2017): Equine Cognition. In: Vonk J, Shackelford T (Hrsg.), Encyclopedia of Animal Cognition and Behavior. Springer International Publishing, Cham, 1–11.

Kruska D (2012): Effects of domestication on brain structure and behavior in mammals. In: Jerison, Harry J., Jerison, Irene (Hrsg.), Intelligence and evolutionary biology. Springer, 211–250.

Kruska DCT (2005): On the evolutionary significance of encephalization in some eutherian mammals: effects of adaptive radiation, domestication, and feralization. Brain, behavior and evolution 65: 73–108.

Kuczaj SA, Makecha R, Trone M, Paulos RD, Ramos JAA (2006): Role of peers in cultural innovation and cultural transmission: Evidence from the play of dolphin calves. International Journal of Comparative Psychology 19: 123–240.

Kuczaj SA, Trone M (2001): Why do dolphins and whales make their play more difficult. Genetic Epistemologist 29: 57.

Kummer H, Goodall J (1985): Conditions of Innovative Behaviour in Primates. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B 308: 203–214.

Kurland A (1998): Clicker training for your horse. Sunshine Books.

Laland KN (2004): Social learning strategies. Animal Learning & Behavior 32: 4–14.

Laland KN, Hoppitt W (2003): Do animals have culture? Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews: Issues, News, and Reviews 12: 150–159.

Laland KN, Janik VM (2006): The animal cultures debate. Trends in Ecology & Evolution 21: 542–547.

Laland KN, Reader SM, Laland, Reader (1999): Foraging innovation in the guppy. Animal Behaviour 57: 331–340.

Laland KN, van Bergen Y (2003): Experimental Studies of Innovation in the Guppy. 01985262: 155–174.

Lansade L, Bouissou M-F (2008): Reactivity to humans: A temperament trait of horses which is stable across time and situations. Applied Animal Behaviour Science 114: 492–508.

Lansade L, Bouissou M-F, Erhard HW (2008): Reactivity to isolation and association with conspecifics: A temperament trait stable across time and situations. Applied Animal Behaviour Science 109: 355–373.

Lansade L, Neveux C, Levy F (2012): A few days of social separation affects yearling horses' response to emotional reactivity tests and enhances learning performance. Behavioural Processes 91: 94–102.

Lansade L, Simon F (2010): Horses' learning performances are under the influence of several temperamental dimensions. Applied Animal Behaviour Science 125: 30–37.

Lee PC (1991): Adaptations to environmental change: an evolutionary perspective. In: Box HO (Hrsg.), Primate responses to environmental change. Chapman&Hall, London, 39–56.

Lee PC (2003): Innovation as a behavioural response to environmental challenges: A cost and benefit approach. In: Reader S, Laland KN (Hrsg.), Animal innovation. Oxford University Press Repr, Oxford, 261–278.

- Lee PC, Antonio CdA (2015):** Necessity, unpredictability and opportunity: An exploration of ecological and social drivers of behavioral innovation. In: Kaufman AB, Kaufman JC (Hrsg.), Animal creativity and innovation. Elsevier; Academic Press/Elsevier, London, 317–333.
- Lefebvre L, Reader S, Sol D, Lefebvre L, Reader SM, Sol D (2013):** Innovating innovation rate and its relationship with brains, ecology and general intelligence. Brain, behavior and evolution 81: 143–145.
- Lefebvre L, Reader SM, Sol D (2004):** Brains, innovations and evolution in birds and primates. Brain, behavior and evolution 63: 233–246.
- Lefebvre L, Whittle P, Lascaris E, Finkelstein A (1997):** Feeding innovations and forebrain size in birds. Animal Behaviour 53: 549–560.
- Lefrancois GR (1994):** Psychology for learning. San Fransisco: Woadswort Publishing Company.
- Lehner SR, Burkart JM, van Schaik CP (2011):** Can captive orangutans (*Pongo pygmaeus abelii*) be coaxed into cumulative build-up of techniques? Journal of Comparative Psychology 125: 446.
- Lendvai ÁZ, Bókony V, Angelier F, Chastel O, Sol D (2013):** Do smart birds stress less? An interspecific relationship between brain size and corticosterone levels. Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences 280: 20131734.
- Levine MA (2005):** Domestication and early history of the horse. In: Mills DS, McDonnell SM (Hrsg.), The domestic horse. The origins, development and management of its behaviour. Cambridge University Press, Cambridge, 5–22.
- Lindberg AC, Kelland A, Nicol CJ, Lindberg AC, Nicol CJ (1999):** Effects of observational learning on acquisition of an operant response in horses. Applied Animal Behaviour Science 61: 187–199.
- Linklater WL, Cameron EZ, Stafford KJ, Veltman CJ (2000):** Social and spatial structure and range use by Kaimanawa wild horses (*Equus caballus: Equidae*). New Zealand Journal of Ecology: 139–152.
- Lloyd AS, Martin JE, Bornett-Gauci HLI, Wilkinson RG (2007):** Evaluation of a novel method of horse personality assessment: Rater-agreement and links to behaviour. Applied Animal Behaviour Science 105: 205–222.

Lloyd AS, Martin JE, Bornett-Gauci HLI, Wilkinson RG (2008): Horse personality: Variation between breeds. *Applied Animal Behaviour Science* 112: 369–383.

Löckener S, Reese S, Erhard M, Wöhr A-C (2016): Pasturing in herds after housing in horseboxes induces a positive cognitive bias in horses. *Journal of Veterinary Behavior* 11: 50–55.

Logan CJ, Pepper JW (2007): Social learning is central to innovation, in primates and beyond. *Behavioral and Brain Sciences* 30: 416–417.

Lonsdorf EV (2005): Sex differences in the development of termite-fishing skills in the wild chimpanzees, *Pan troglodytes schweinfurthii*, of Gombe National Park, Tanzania. *Animal Behaviour* 70: 673–683.

Lyubomirsky S, King L, Diener E (2005): The benefits of frequent positive affect: does happiness lead to success? *Psychological bulletin* 131: 803.

Mader DR, Price EO (1980): Discrimination Learning in Horses: Effects of Breed, Age and Social Dominance. *Journal of Animal Science* 50: 962–965.

Mahowald MW, Schenck CH (2011): REM Sleep Parasomnias. In: Kryger MH, Roth T, Dement WC, Dement WC, Roth T (Hrsg.), *Principles and practice of sleep medicine*. Saunders/Elsevier 5th ed., Philadelphia, PA, 1083–1097.

Maier NRF (1929): Reasoning in white rats. *Comparative Psychology Monographs*.

Mair RG, Onos KD, Hembrook JR (2011): Cognitive activation by central thalamic stimulation: the yerkes-dodson law revisited. *Dose-response* 9: 10-17.

Malavasi R, Huber L (2016): Evidence of heterospecific referential communication from domestic horses (*Equus caballus*) to humans. *Animal Cognition* 19: 899–909.

Manrique HM, Völter CJ, Call J (2013): Repeated innovation in great apes. *Animal Behaviour* 85: 195–202.

Maros K, Gácsi M, Miklósi A (2008): Comprehension of human pointing gestures in horses (*Equus caballus*). *Anim Cogn* 11: 457–466.

Marr I, Farmer K, Krueger K (2018): Evidence for Right-Sided Horses Being More Optimistic than Left-Sided Horses. *Animals* 8.

Marsbøll AF, Christensen JW, Marsbøll AF, Christensen JW (2015): Effects of handling on fear reactions in young Icelandic horses. *Equine Veterinary Journal* 47: 615–619.

- Martin JE (2005):** The influence of rearing on personality ratings of captive chimpanzees (*Pan troglodytes*). *Applied Animal Behaviour Science* 90: 167–181.
- McBride SD, Mills DS (2012):** Psychological factors affecting equine performance. *BMC veterinary research* 8: 180.
- McComb K, Baker L, Moss C (2006):** African elephants show high levels of interest in the skulls and ivory of their own species. *Biology Letters* 2: 26–28.
- McCort WD (1984):** Behavior of Feral Horses and Ponies. *Journal of Animal Science* 58: 493–499.
- McDonnell S (2005):** Behaviour of horses. In: Mills DS, McDonnell SM (Hrsg.), *The domestic horse. The origins, development and management of its behaviour*. Cambridge University Press, Cambridge, 119–129.
- McGreevy P, Christensen JW, Borstel UK von, McLean A (2018):** *Equitation science*. John Wiley & Sons.
- McGreevy P, French N, Nicol C (1995a):** The prevalence of abnormal behaviours in dressage, eventing and endurance horses in relation to stabling. *Veterinary Record* 137: 36–37.
- McGreevy PD, Cripps PJ, French NP, Le Green, Nicol CJ (1995b):** Management factors associated with stereotypic and redirected behaviour in the Thoroughbred horse. *Equine Veterinary Journal* 27: 86–91.
- McGreevy PD, McLean AN (2007):** Roles of learning theory and ethology in equitation. *Journal of Veterinary Behavior* 2: 108–118.
- McGreevy PD, Rogers LJ (2005):** Motor and sensory laterality in thoroughbred horses. *Applied Animal Behaviour Science* 92: 337–352.
- McLean AN, Christensen JW (2017):** The application of learning theory in horse training. *Applied Animal Behaviour Science* 190: 18–27.
- McLean AN, McGreevy PD (2010):** Horse-training techniques that may defy the principles of learning theory and compromise welfare. *Journal of Veterinary Behavior* 5: 187–195.
- McNicholas J, Mills DS, Nicol CJ, Casey R, Waran NK, McGreevy P, McLean A, Cooper JJ, Albentosa MJ (2005):** The impact of the domestic environment on the horse. In: Mills DS, McDonnell SM (Hrsg.), *The domestic horse. The origins,*

development and management of its behaviour. Cambridge University Press, Cambridge, 161–238.

McVey A, Wilkinson A, Mills DS (2018): Social learning in horses: The effect of using a group leader demonstrator on the performance of familiar conspecifics in a detour task. *Applied Animal Behaviour Science* 209: 47–54.

Meehan CL, Mench JA (2007): The challenge of challenge: Can problem solving opportunities enhance animal welfare? *Applied Animal Behaviour Science* 102: 246–261.

Mejdell CM, Buvik T, Jørgensen GHM, Bøe KE (2016): Horses can learn to use symbols to communicate their preferences. *Applied Animal Behaviour Science* 184: 66–73.

Mengoli M, Pageat P, Lafont-Lecuelle C, Monneret P, Giacalone A, Sighieri C, Cozzi A (2014): Influence of emotional balance during a learning and recall test in horses (*Equus caballus*). *Behavioural Processes* 106: 141–150.

Merkies K, Sievers A, Zakrajsek E, MacGregor H, Bergeron R, Borstel UK von (2014): Preliminary results suggest an influence of psychological and physiological stress in humans on horse heart rate and behavior. *Journal of Veterinary Behavior* 9: 242–247.

Mettke-Hofmann C, Winkler H, Leisler B, Mettke-Hofmann C (2002): The Significance of Ecological Factors for Exploration and Neophobia in Parrots. *Ethology* 108: 249–272.

Meyer H, Coenen M (Hrsg.) (2014): Pferdefütterung. Enke Verlag, Stuttgart.

Miller R (1983): Seasonal movements and home ranges of feral horse bands in Wyoming's Red Desert. *Journal of Range Management*: 103–117.

Miller R, Dennisto RH (1979): Interband Dominance in Feral Horses. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 51: 41–47.

Minero M, Canali E (2009): Welfare issues of horses: an overview and practical recommendations. *Italian Journal of Animal Science* 8: 219–230.

Miyata H, Gajdon GK, Huber L, Fujita K (2011): How do keas (*Nestor notabilis*) solve artificial-fruit problems with multiple locks? *Animal Cognition* 14: 45–58.

Moberg GP, Mench JA (Hrsg.) (2000): The biology of animal stress: basic principles and implications for animal welfare. CABI.

Momozawa Y, Kusunose R, Kikusui T, Takeuchi Y, Mori Y (2005): Assessment of equine temperament questionnaire by comparing factor structure between two separate surveys. *Applied Animal Behaviour Science* 92: 77–84.

Montiglio P-O, Garant D, Pelletier F, Réale D (2012): Personality differences are related to long-term stress reactivity in a population of wild eastern chipmunks, *Tamias striatus*. *Animal Behaviour* 84: 1071–1079.

Morgan KN, Tromborg CT (2007): Sources of stress in captivity. *Applied Animal Behaviour Science* 102: 262–302.

Morris PH, Gale A, Duffy K (2002): Can judges agree on the personality of horses? *Personality and Individual Differences* 33: 67–81.

Mulgan G (2006): The process of social innovation. *Innovations: technology, governance, globalization* 1: 145–162.

Murphy J, Arkins S (2007): Equine learning behaviour. *Behavioural Processes* 76: 1–13.

Murray MJ, Schusser GR, Pipers FS, Gross SJ (1996): Factors associated with gastric lesions in Thoroughbred racehorses. *Equine Veterinary Journal* 28: 368–374.

Nicol CJ (2002): Equine learning: progress and suggestions for future research. *Applied Animal Behaviour Science* 78: 193–208.

Nicolakakis N, Lefebvre L (2000): Forebrain Size and Innovation Rate in European Birds: Feeding, Nesting and Confounding Variables. *Brill* 137: 1415–1429.

Ninomiya S (2007): Social leaning and stereotypy in horses. *Behavioural Processes* 76: 22.

Niven JE (2005): Brain evolution: getting better all the time? *Current Biology* 15: R624-R626.

Nowzari H, Hemami M, Karami M, Kheirkhah Zarkesh MM, Riazi B, Rubenstein DI (2013): Habitat use by the Persian onager, *Equus hemionus onager* (*Perissodactyla: Equidae*) in Qatrouyeh National Park, Fars, Iran. *Journal of Natural History* 47: 2795–2814.

Olsen SL (2006): Early horse domestication on the Eurasian steppe. Documenting domestication: new genetic and archaeological paradigms: 245–269.

Overington SE, Morand-Ferron J, Boogert NJ, Lefebvre L (2009): Technical innovations drive the relationship between innovativeness and residual brain size in birds. *Animal Behaviour* 78: 1001–1010.

Parker M, Redhead ES, Goodwin D, McBride SD (2008): Impaired instrumental choice in crib-biting horses (*Equus caballus*). *Behavioural brain research* 191: 137–140.

Parker ST, Gibson KR (1977): Object manipulation, tool use and sensorimotor intelligence as feeding adaptations in cebus monkeys and great apes. *Journal of Human Evolution* 6: 623–641.

Patterson EM, Mann J (2015): Cetacean Innovation. In: Kaufman AB, Kaufman JC (Hrsg.), *Animal creativity and innovation*. Elsevier; Academic Press/Elsevier, London, 73–107.

Pavlov IP (1927): *Conditional reflexes: an investigation of the physiological activity of the cerebral cortex*. Oxford University Press, Oxford.

Pawluski J, Jegou P, Henry S, Bruchet A, Palme R, Coste C, Hausberger M (2017): Low plasma cortisol and fecal cortisol metabolite measures as indicators of compromised welfare in domestic horses (*Equus caballus*). *PLoS ONE* 12: e0182257.

Pervin LA, Cervone D, John OP (2005): *Persönlichkeitstheorien*. Mit 33 Tabellen. UTB Stuttgart; E. Reinhardt, 5., vollst. überarb. und erw. Aufl., München, Basel.

Peter H, Penzel T, Peter JH (2007): *Enzyklopädie der Schlafmedizin*. Springer Medizin Verlag Heidelberg, Berlin, Heidelberg.

Pfeffer K, Fritz J, Kotrschal K (2002): Hormonal correlates of being an innovative greylag goose, *Anser anser*. *Animal Behaviour* 63: 687–695.

Pfungst O (1907): *Das Pferd des Herrn von Osten: der kluge Hans. Ein Beitrag zur experimentellen Tier-und Menschen-Psychologie*. Barth.

Plotnik JM, Waal FBM de, Moore III D, Reiss D, Moore D (2010): Self-recognition in the Asian elephant and future directions for cognitive research with elephants in zoological settings. *Zoo Biology* 29: 179–191.

Preston SD, Waal FBM de (2002): The Communication of Emotions and the Possibility of Empathy in Animals. *Altruism and altruistic love*: 284–308.

Price EO (1984): Behavioral Aspects of Animal Domestication. *The quarterly review of biology* 59: 1–32.

Price RM (2009): Infusing innovation into corporate culture. *Organizational Dynamics*.

Proops L, Burden F, Osthaus B (2012): Social relations in a mixed group of mules, ponies and donkeys reflect differences in equid type. *Behavioural Processes* 90: 337–342.

Proops L, Grounds K, Smith AV, McComb K (2018): Animals Remember Previous Facial Expressions that Specific Humans Have Exhibited. *Current biology* : CB 28: 1428-1432.e4.

Proops L, McComb K (2012): Cross-modal individual recognition in domestic horses (*Equus caballus*) extends to familiar humans. *Proceedings. Biological sciences* 279: 3131–3138.

Proops L, McComb K, Reby D (2009): Cross-modal individual recognition in domestic horses (*Equus caballus*). *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106: 947–951.

Pryor K (2015): Creating creative animals. In: Kaufman AB, Kaufman JC (Hrsg.), *Animal creativity and innovation*. Elsevier; Academic Press/Elsevier, London, 483–500.

Raabymagle P, Ladewig J (2006): Lying behavior in horses in relation to box size. *What's news. Journal of Equine Veterinary Science* 26: 11–17.

Rabin BS (1999): Stress, immune function, and health: The connection. Wiley-Liss New York.

Radinsky LB, Masterton RB, Bitterman ME, Campbell CBG, Hotton N (1976): Evolution of brain and behavior in vertebrates.

Ramsey G, Bastian ML, van Schaik C (2007): Animal innovation defined and operationalized. *Behavioral and Brain Sciences* 30: 393–407.

Rankin CH, Abrams T, Barry RJ, Bhatnagar S, Clayton DF, Colombo J, Coppola G, Geyer MA, Glanzman DL, Marsland S, McSweeney FK, Wilson DA, Wu C-F,

Thompson RF (2009): Habituation revisited: an updated and revised description of the behavioral characteristics of habituation. *Neurobiology of learning and memory* 92: 135–138.

Reader S (2003): Innovation and social learning: individual variation and brain evolution. *Animal Biology* 53: 147–158.

Reader SM, Hager Y, Laland KN (2011): The evolution of primate general and cultural intelligence. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 366: 1017–1027.

Reader SM, Laland KN (2001): Primate innovation: sex, age and social rank differences. *International Journal of Primatology* 22: 787–805.

Reader SM, Laland KN (2002): Social intelligence, innovation, and enhanced brain size in primates. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99: 4436–4441.

Reader SM, Laland KN (2003): Animal Innovation: An Introduction. In: Reader S, Laland KN (Hrsg.), *Animal innovation*. Oxford University Press Repr, Oxford, 3–35.

Reader SM, MacDonald K (2003): Environmental Variability and Primate Behavioural Flexibility. In: Reader S, Laland KN (Hrsg.), *Animal innovation*. Oxford University Press Repr, Oxford, 83–116.

Réale D, Reader SM, Sol D, McDougall PT, Dingemanse NJ (2007): Integrating animal temperament within ecology and evolution. *Biological Reviews* 82: 291–318.

Ringhofer M, Yamamoto S (2017): Domestic horses send signals to humans when they face with an unsolvable task. *Animal Cognition* 20: 397–405.

Rivera E, Benjamin S, Nielsen B, Shelle J, Zanella AJ, Rivera E (2002): Behavioral and physiological responses of horses to initial training: the comparison between pastured versus stalled horses. *Applied Animal Behaviour Science* 78: 235–252.

Rochais C, Henry S, Fureix C, Hausberger M, Rochais C, Henry S, Fureix C, Hausberger M (2016): Investigating attentional processes in depressive-like domestic horses (*Equus caballus*). *Behavioural Processes* 124: 93–96.

Rockel AJ, Hiorns RW, Powell TP (1980): The basic uniformity in structure of the neocortex. *Brain: a journal of neurology* 103: 221–244.

Roffe I (1999): Innovation and creativity in organisations: a review of the implications for training and development. *Journal of European industrial training* 23: 224–241.

Rogers LJ (2010): Relevance of brain and behavioural lateralization to animal welfare. *Applied Animal Behaviour Science* 127: 1–11.

Rogers LJ (2017): A Matter of Degree: Strength of Brain Asymmetry and Behaviour. *Symmetry* 9: 57.

Rogers LJ, Zucca P, Vallortigara G (2004): Advantages of having a lateralized brain. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 271: S420-S422.

Röhrs M (1985): Cephalisation bei Feliden. *Zeitsch. Säugetierkunde* 50: 234–239.

Röhrs M (1994): Entwicklung der Haustiere. *Tierzuchtungslehre*: 37–55.

Rubenstein DI (1981): Behavioural ecology of island feral horses. *Equine Veterinary Journal* 13: 27–34.

Rubenstein DI (1986): Ecology and Sociality in Horses and Zebras. 13.

Ruckebusch Y, Barbey P, Guillemot P (1970): États de sommeil chez le cheval (*Equus caballus*). *Paris Soc Biol Compt Rend.*

Ruiz G, Sánchez N (2014): Wolfgang Köhler's The Mentality of Apes and the animal psychology of his time. *The Spanish journal of psychology* 17: E69.

Salter RE, Hudson RJ (1979): Feeding Ecology of Feral Horses in Western Alberta. *Journal of Range Management* 32: 221–225.

Salter RE, Hudson RJ (1982): Social organization of feral horses in western Canada. *Applied Animal Ethology* 8: 207–223.

Samhita L, Gross HJ (2013): The "Clever Hans Phenomenon" revisited. *Communicative & integrative biology* 6: e27122.

Schmid S, Wilson DA, Rankin CH (2015): Habituation mechanisms and their importance for cognitive function. *Frontiers in integrative neuroscience* 8: 97.

Schneider G, Krueger K (2012): Third-party interventions keep social partners from exchanging affiliative interactions with others. *Animal Behaviour* 83: 377–387.

Schuetz A, Farmer K, Krueger K (2017): Social learning across species: horses (*Equus caballus*) learn from humans by observation. *Animal Cognition* 20: 567–573.

Selye H (1980): Selye's guide to stress research. Van Nostrand Reinhold, New York.

Sharpe LL, Clutton-Brock TH, Brotherton PNM, Cameron EZ, Cherry MI (2002): Experimental provisioning increases play in free-ranging meerkats. *Animal Behaviour* 64: 113–121.

Shettleworth SJ (2010): Cognition, evolution, and behavior. Oxford University Press, 2. ed., New York, NY.

Shettleworth SJ (2012): Do animals have insight, and what is insight anyway? *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue canadienne de psychologie expérimentale* 66: 217.

Shultz S, Dunbar RIM (2005): Both social and ecological factors predict ungulate brain size. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 273: 207–215.

Sigurjónsdóttir H, Haraldsson H (2019): Significance of Group Composition for the Welfare of Pastured Horses. *Animals : an open access journal from MDPI* 9.

Sih A, Del Giudice M (2012): Linking behavioural syndromes and cognition: a behavioural ecology perspective. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences* 367: 2762–2772.

Skinner BF (1953): Science and Human Behavior. Free Press; B.F. Skinner Foundation, Riverside.

Smaers JB, Dechmann DKN, Goswami A, Soligo C, Safi K (2012): Comparative analyses of evolutionary rates reveal different pathways to encephalization in bats, carnivorans, and primates. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109: 201212181.

Smith AV, Proops L, Grounds K, Wathan J, McComb K (2016): Functionally relevant responses to human facial expressions of emotion in the domestic horse (*Equus caballus*). *Biology Letters* 12: 20150907.

Snorrason S, Sigurjónsdóttir H, Thórhallsdóttir A, van Dierendonck M (2003): Social relationships in a group of horses without a mature stallion. *Behaviour* 140: 783–804.

Sol D (2003): Behavioural innovation: a neglected issue in the ecological and evolutionary literature? In: Reader S, Laland KN (Hrsg.), *Animal innovation*. Oxford University Press Repr, Oxford, 63–82.

Sol D (2009): The cognitive-buffer hypothesis for the evolution of large brains. In: Dukas R, Ratcliffe JM (Hrsg.), Cognitive ecology II. University of Chicago Press, Chicago, 111–134.

Sol D (2015): The Evolution of Innovativeness: Exaptation or Specialized Adaptation? In: Kaufman AB, Kaufman JC (Hrsg.), Animal creativity and innovation. Elsevier; Academic Press/Elsevier, London, 163–178.

Sol D, Duncan RP, Blackburn TM, Cassey P, Lefebvre L (2005a): Big brains, enhanced cognition, and response of birds to novel environments. Proceedings of the National Academy of Sciences 102: 5460–5465.

Sol D, Griffin AS, Bartomeus I (2012): Consumer and motor innovation in the common myna: the role of motivation and emotional responses. Animal Behaviour 83: 179–188.

Sol D, Griffin AS, Bartomeus I, Boyce H (2011): Exploring or avoiding novel food resources? The novelty conflict in an invasive bird. PloS one 6: e19535.

Sol D, Lapiedra O, González-Lagos C (2013): Behavioural adjustments for a life in the city. Animal Behaviour 85: 1101–1112.

Sol D, Lefebvre L (2000): Behavioural flexibility predicts invasion success in birds introduced to New Zealand. Oikos 90: 599–605.

Sol D, Lefebvre L, Rodríguez-Teijeiro JD (2005b): Brain size, innovative propensity and migratory behaviour in temperate Palearctic birds. Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences 272: 1433–1441.

Søndergaard E, Ladewig J (2004): Group housing exerts a positive effect on the behaviour of young horses during training. Applied Animal Behaviour Science 87: 105–118.

Søndergaard E, Schougaard H (Hrsg.) (2000): The effect of social environment on feed intake, growth and health in young Danish Warmblood horses, Haag, Niederlande.

Spinka M, Newberry RC, Bekoff M (2001): Mammalian Play: Training for the Unexpected. The quarterly review of biology 76: 141–168.

Sprayberry KA, Robinson NE (2014): Equine medicine. Elsevier Health Sciences; Elsevier, 7. ed., St. Louis, Mo.

Starling MJ, Branson N, Cody D, McGreevy PD (2013): Conceptualising the Impact of Arousal and Affective State on Training Outcomes of Operant Conditioning. *Animals* 3: 300–317.

Stevenson-Hinde J, Stillwell-Barnes R, Zunz M (1980): Subjective assessment of rhesus monkeys over four successive years. *Primates* 21: 66–82.

Strayer J, Eisenberg N (1987): Empathy viewed in context. 05213260.

Sundaresan SR, Fischhoff IR, Dushoff J, Rubenstein DI (2007): Network metrics reveal differences in social organization between two fission-fusion species, Grevy's zebra and onager. *Oecologia* 151: 140–149.

Tang AC, Reeb BC, Romeo RD, McEwen BS (2003): Modification of Social Memory, Hypothalamic-Pituitary-Adrenal Axis, and Brain Asymmetry by Neonatal Novelty Exposure. *Journal of Neuroscience* 23: 8254–8260.

Tang YJ, Zong GF, Xu QQ (1983): Mammalian fossils and stratigraphy of Linyi, Shanxi. *Vertebrata Palasiatica* 21: 77-&.

Taylor AH, Elliffe D, Hunt GR, Gray RD (2010): Complex cognition and behavioural innovation in New Caledonian crows. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 277: 2637–2643.

Tebbich S, Griffin AS, Peschl MF, Sterelny K (2016): From mechanisms to function: an integrated framework of animal innovation. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences* 371.

Thompson E (2001): Empathy and consciousness. *Journal of Consciousness Studies* 8: 1–32.

Thornton A, Lukas D (2012): Individual variation in cognitive performance: developmental and evolutionary perspectives. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences* 367: 2773–2783.

Thornton A, Samson J (2012): Innovative problem solving in wild meerkats. *Animal Behaviour* 83: 1459–1468.

Tinbergen N (1963): On aims and methods of ethology. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 20: 410–433.

Tyler SJ (1972): The Behaviour and Social Organization of the New Forest Ponies. *Animal Behaviour Monographs* 5: 87–196.

Uher J (2011): Personality in Nonhuman Primates: What Can We Learn from Human Personality Psychology? In: Weiss A, King JE, Murray L (Hrsg.), Personality and Temperament in Nonhuman Primates. Springer Science+Business Media LLC, New York, NY, 41–76.

Valenchon M, Lévy F, Prunier A, Moussu C, Calandreau L, Lansade L (2013): Stress modulates instrumental learning performances in horses (*Equus caballus*) in interaction with temperament. PloS one 8: e62324.

van de Waal E, Borgeaud C, Whiten A (2013): Potent social learning and conformity shape a wild primate's foraging decisions. Science 340: 483–485.

van Dierendonck MC, Sigurjónsdóttir H, Colenbrander B, Thorhallsdóttir AG (2004): Differences in social behaviour between late pregnant, post-partum and barren mares in a herd of Icelandic horses. Applied Animal Behaviour Science 89: 283–297.

van Dierendonck MC, Vries H de, Schilder MBH (1994): An analysis of dominance, its behavioural parameters and possible determinants in a herd of Icelandic horses in captivity. Netherlands Journal of Zoology 45: 362–385.

van Praag H, Kempermann G, Gage FH (2000): Neural consequences of environmental enrichment. Nature Reviews Neuroscience 1: 191.

van Schaik CP, Pradhan GR (2003): A model for tool-use traditions in primates: implications for the coevolution of culture and cognition. Journal of Human Evolution 44: 645–664.

Visser EK, Ellis AD, van Reenen CG (2008): The effect of two different housing conditions on the welfare of young horses stabled for the first time. Applied Animal Behaviour Science 114: 521–533.

Visser EK, van Reenen CG, Schilder MBH, Barneveld A, Blokhuis HJ, Visser EK, van Reenen CG, Schilder MBH, Blokhuis HJ (2003): Learning performances in young horses using two different learning tests. Applied Animal Behaviour Science 80: 311–326.

VZBV (2018): Tierschutz, Tierwohl und artgerechte Haltung!?
<https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/lebensmittel/lebensmittelproduktion/tierschutz-tierwohl-und-artgerechte-haltung-22080> (04.03.2019).

Waal FBM de (2004): On the Possibility of Animal Empathy. In: Manstead ASR (Hrsg.), Feelings and emotions. The Amsterdam Symposium (Studies in Emotion and Social Interaction. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 381–401.

Waran N (2005): Equestrianism and horse welfare. The need for an 'equine-centred' approach to training. In: McGreevy P, McLean A, Warren-Smith AK, Goodwin D, Waran N (Hrsg.), Proceedings of the 1st International Equitation Science Symposium, Melbourne 26th and 27th august.

Waran N (Hrsg.) (2007): The welfare of horses. Springer.

Waring GH (2003): Horse behavior: the behavioral traits and adaptations of domestic and wild horses, including ponies. Noyes Publications, Mill Road, 2. Aufl., Park Ridge, N.J.

Warren-Smith AK, McGreevy PD (2008): Equestrian Coaches' Understanding and Application of Learning Theory in Horse Training. Anthrozoös 21: 153–162.

Waters AJ, Nicol CJ, French NP (2002): Factors influencing the development of stereotypic and redirected behaviours in young horses: findings of a four year prospective epidemiological study. Equine Veterinary Journal 34: 572–579.

Watson SL, Shively CA, Voytko ML (1999): Can puzzle feeders be used as cognitive screening instruments? Differential performance of young and aged female monkeys on a puzzle feeder task. American Journal of Primatology: Official Journal of the American Society of Primatologists 49: 195–202.

Weil S (2014): Innovatives Verhalten und Intelligenz beim Pferd (*Equus Caballus*). Nürtingen, HfWU, Bachelorarbeit.

Wells SM, Goldschmidt-Rothschild B von (1979): Social Behaviour and Relationships in a Herd of Camargue Horses. Zeitschrift für Tierpsychologie 49: 363–380.

Wernicke R, van Dierendonck MC (2003): Soziale Organisation und Ernährungszustand der Konik-Pferdeherde des Naturreservates Oostvaardersplassen (NL) im Winter. Eine Lehrstunde durch wildlebende Pferde. KTBL-schrift 418: 78–85.

Wertheimer M (1959): Productive thinking. Harper New York.

- Whiten A, Byrne RW, Whiten A, Byrne RW (1988):** Tactical deception in primates. *Behavioral and Brain Sciences* 11: 233–244.
- Whiten A, Horner V, Litchfield CA, Marshall-Pescini S (2004):** How do apes ape? *Animal Learning & Behavior* 32: 36–52.
- Willemet R (2013):** Reconsidering the evolution of brain, cognition, and behavior in birds and mammals. *Frontiers in psychology* 4: 396.
- Winkler H, Leisler B, Bernroider G (2004):** Ecological constraints on the evolution of avian brains. *Journal of Ornithology* 145: 238–244.
- Wöhr AC, Erhard M (2006):** Polysomnographische Untersuchungen zum Schlafverhalten des Pferdes. *Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung*: 127–135.
- Wöhr AC, Erhard M (2010):** Physiologie und Bedeutung des Schlafes beim Pferd. *KTBL-Schrift: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung* 482: 11–21.
- Wolter R, Stefanski V, Krueger K (2018):** Parameters for the Analysis of Social Bonds in Horses. *Animals : an open access journal from MDPI* 8.
- Wyles JS, Kunkel JG, Wilson AC (1983):** Birds, behavior, and anatomical evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 80: 4394–4397.
- Yerkes RM, Dodson JD (1908):** The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation. *Journal of comparative neurology and psychology* 18: 459–482.
- Young HP (2009):** Innovation Diffusion in Heterogeneous Populations: Contagion, Social Influence, and Social Learning. *American economic review* 99: 1899–1924.
- Young RJ (2008):** *Environmental Enrichment for Captive Animals*. John Wiley & Sons Ltd, Hoboken.
- Yurk H, Barrett-Lennard L, Ford JKB, Matkin CO (2002):** Cultural transmission within maternal lineages: vocal clans in resident killer whales in southern Alaska. *Animal Behaviour* 63: 1103–1119.
- Zeitler-Feicht MH (2015):** *Handbuch Pferdeverhalten. Ursachen, Therapie und Prophylaxe von Problemverhalten*. Ulmer, 3., völlig neu bearbeitete, erweiterte und gestaltete Auflage, Stuttgart.
- Zentall TR, Galef Jr BG (2013):** *Social learning: Psychological and biological perspectives*. Psychology Press; Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, N.J.

11 Anhang

11.1 Datenerhebung und -selektion

Animal behaviour in a human world: A crowd sourcing study on horses that open locked doors and gates

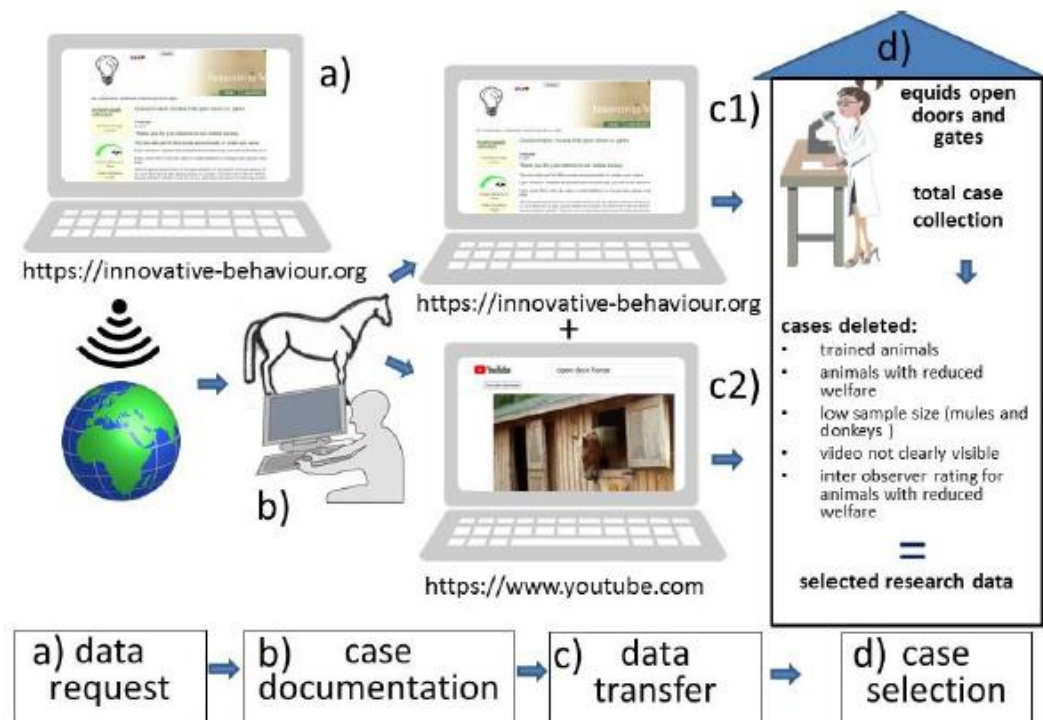
Krueger K. *, Esch L. Byrne R.

* Corresponding author:

Konstanze Krueger,

Konstanze.Krueger@hfwu.de

tel: 0049 7022 201 331



S1 Fig. From Data request to case selection. a) data request: people were requested to send information on unusual behaviour (general questionnaire; S1 File) and door opening (questionnaire door opening; S2 File) worldwide. b) case documentation: people observed their animals and collected reports, pictures and videos. c1) data transfer: information, pictures and videos on the

behaviour and information on the individual animal and its management were reported at the website (<https://innovative-behaviour.org>) and c2) videos on door opening were published at the internet platform YouTube. d) case selection: the research group selected reported door and gate opening cases in equids from the website and from the internet platform YouTube and deleted questionable data. a) and c1) screen prints were made from the web site (<https://innovative-behaviour.org>), c2) screen prints from YouTube. Clip arts were either drawn by the author or downloaded from the website <https://openclipart.org> (i.e. 100% open domain platform).

11.2 Fragebogen I



Questionnaire Innovative Behaviour

Language

English

Thank you for your interest in our online survey.

Please create a log-in using the box on the right of this page. This will allow you to change your answers after your questionnaire has been submitted and will enable us to contact you with any further questions or queries. If you do not wish to do this, you can continue without a log-in and complete the questionnaire anonymously.

If your horse does something that is different from behavior generally shown by horses, please tell us about it at the "innovative behavior questionnaire". Please do not use this questionnaire for reports on door or gate opening. You are welcome to tell us about door or gate openers at the questionnaire "open doors or gates". We appreciate your input very much.

Thank you for participating in our online survey.

- The term "horse" is used for all equids (mules, donkeys and zebras) in the following questionnaire. Details of the breed can be given in the breed question or comment field on follow-up pages.
- Please describe the behaviour of **one** horse. If the behaviour is shown by several horses, it can be specified in a later section of the questionnaire.
- Please note, that all questions marked with a *, need to be answered to proceed.

Which style of management does the horse live in? *

- ☒ group stabling
- ☐ single box housing

Group stabling

- ☐ Open stable
- ☐ Active stable
- ☐ on pasture

An Open stable is characterized through diversion of functional areas like, feeding, resting and paddock. An Active stable is a housing system for a group of horses with automated individual feeding and an incentive to move.

Which style of management does the horse live in? *

- ☐ group stabling
- ☒ single box housing

Single housing

- ☐ Inside Box
- ☐ Outside Box
- ☐ Paddock Box

Inside Box means a box inside a stable without a paddock or open window to the outside. Outside Box is a box with an open window to the outside. Paddock Box is a box with an attached continuously opened paddock.

- ☐ 1-2 times per week
- ☐ 3-4 times per week
- ☐ 5-6 times per week
- ☐ every day

How many roughage (hay, straw, grass) does the horse receive daily? *

- ☒ none
- ☐ rationed: no more than 3 kg hay/straw or 3 hours on the pasture
- ☐ rationed: between 3 and 7 kg hay/straw or up to 6 hours on the pasture
- ☐ rationed: more than 7 kg hay/straw or longer than 6 hours on the pasture
- ☐ continuously free availability of roughage or pasture

How often has this behaviour been observed? *

- ☒ once
- ☐ 2-10 times
- ☐ 11-20 times
- ☐ more than 20 times
- ☐ daily

Do other horses in the same stabling show this behaviour, too? *

- ☐ no
- ☐ yes, one other horse
- ☒ yes, more than one other horse

What exactly does the horse do? *

Which body parts does it use? *

Does it manipulate items? *

- ☒ yes
- ☐ no
- ☐ unknown

How does it manipulate items

Did the horse appear to be copying something it had seen you, or another person, doing? *

- ☒ yes
- ☐ no
- ☐ unknown

Do you react to the described behaviour when you witness it? *

- ☒ yes
☐ no
☐ unknown

How do you react to the described behaviour when you witness it?

Please note:

For a comparable and exact analysis of the horses behaviour the discription should include:

- Under what circumstances and in what situation has the behaviour been shown?
- When does it happen?
- What do you think the behaviour achieves?
- What do you think was the horse's motivation to develop this behaviour?
- Do other horses take part? If so, how many, and which one showed the behaviour first?

Please insert a description of the behaviour you were watching here *

--- Please insert a discription of the behaviour you were watching here ---

Please feel free to attach pictures or clips

Add a new file

Browse

no file selected

Upload

Files must be less than 10 MB.

Allowed file types: gif jpg jpeg png bmp eps tif pict psd pdf avi mov mp3 ogg wav gz rar tar zip mp4 swf flv mkv.

Name of the horse

anonym

Sex *

- ☐ mare
☐ gelding
☐ stallion

Age (when observed) *

- Select -

Horse's Breed *

- Select -

e-mail *

Do you have any suggestions or concerns regarding to our project, innovative behaviour in general, or your observations?

I agree *

☐ to the usage of my information for the project on observation and analysis of innovative behaviour in horses at the Nürtingen University (HfWU Nürtingen-Geislingen). I permit, the publication in journals in anonymized form.

☐ to the usage of my information for the project on observation and analysis of innovative behaviour in horses at the Nürtingen University (HfWU Nürtingen-Geislingen).

The Information will not be given to others.

Use of e-mail adress *

☐ I permit my e-mail adress to be used for further inquiries concerning this project.

☐ I do not permit my e-mail adress to be used for further inquiries concerning this project.

None of your information will be given to others.

11.3 Fragenbogen II



Questionnaire: horses that open doors or gates

Language

English

Thank you for your interest in our online survey.

You can take part in this survey anonymously or under your name.

If you choose to complete the questionnaire anonymously, you will not be able to make changes after you have submitted it.

If you would like to have the option to make additions or changes later, please create a log-in and an account in the block on the right of this page.

With the general questionnaire on innovative behaviour 85 descriptions of horses opening doors or gates have already reached us. We would like to know as much about door or gate opening abilities as possible. We would love to find out whether horses show similarities in their techniques, or whether they develop individual methods. Could you do us a great favour and answer the following questions?

For horses that show other clever behaviours but do not open doors, please tell us about these horses at the "innovative behavior questionnaire".

Thank you for participating in our online survey.

- The term "horse" is used for all equids (mules, donkeys and zebras) in the following questionnaire. Details of the breed can be given in the breed question or comment field.
- Please describe the behaviour of **one** horse. If the behaviour is shown by several horses, it can be specified in a later section of the questionnaire.
- Please note that all questions marked with a * need to be answered to proceed.

Which style of management does the horse have? *

- ☐ group housing
- ☐ single box stabling
- ☐ unknown

Is the horse turned out so it can move freely on a pasture or paddock? *

- ☐ no
- ☐ Access to pasture / paddock is restricted
- ☐ Permanent access to pasture / paddock
- ☐ unknown

Is the horse turned out with at least one other horse? *

- ☐ yes
- ☐ no
- ☐ unknown

How much roughage does your horse get daily? *

- ☐ Access to roughage is restricted
- ☐ Permanent access to roughage
- ☐ unknown

How often have you observed your horse opening doors or gates? *

- ☐ once
- ☐ 2-10 times
- ☐ 11-20 times
- ☐ more than 20 times
- ☐ daily
- ☐ unknown

Do other horses in the stable open doors or gates similarly to your horse? *

- ☐ no
- ☐ yes, one other horse
- ☐ yes, more than one other horse
- ☐ unknown

Did you show the horse how to open door or gate mechanisms? *

- ☐ yes
- ☐ no
- ☐ unknown

Did other horses start opening doors or gates after observing your horse? *

- ☐ no
- ☐ yes, one other horse
- ☐ yes, more than one other horse
- ☐ unknown

Are you aware of anybody else who might have shown the horse how to open doors or gates? *

- ☒ yes
- ☐ no
- ☐ unknown

Can you describe how you or another person showed it to the horse?

Have you or anyone else given the horse food or any other reward after it opened a door/gate? *

- ☐ yes
- ☐ no
- ☐ unknown

Have you watched the whole process of trying to open doors or gates until the horse was finally successful? *

- ☐ yes
- ☐ no
- ☐ unknown

Do you enjoy watching your horse opening doors or gates? *

- ☐ yes
☐ no
☐ unknown

Does your horse open one door or gate mechanism, or several different types?? *

- ☐ one mechanism
☐ several mechanisms
☐ unknown

Do you secure the mechanisms? *

- ☐ yes
☐ no
☐ unknown

Could you describe, draw or upload pictures of the gate or door mechanism or mechanisms the horse is able to open? *

Please feel free to attach pictures or clips

Add a new file

Browse

no file selected

Upload

What happens when your horse opens locks?

Does it stay in the stable? *

- ☐ yes
☐ no
☐ unknown

Does it visit other horses? *

- ☐ yes
☐ no
☐ unknown

Does it move around freely? *

- ☐ yes
☐ no
☐ unknown

Does it break in into other places? *

- ☐ yes
☐ no
☐ unknown

Does it free other horses? *

- ☐ yes
☐ no
☐ unknown

Sex *

- ☐ mare
- ☐ gelding
- ☐ stallion
- ☐ unknown

Can you tell the age of the horse (when observed)? *

- Select - ▼

Which breed is the horse? *

- Select - ▼

e-mail *

Do you have any suggestions or questions regarding our project, innovative behaviour in general, or your observations?

I agree *

- ☐ to the use of my the information provided on this questionnaire for the project on observation and analysis of innovative behaviour in horses at the Nürtingen University (HfWU Nürtingen-Geislingen). I agree to, the publication of this information in journals in anonymized form
- ☐ to the use of the information for the project on observation and analysis of innovative behaviour in horses at the Nürtingen University (HfWU Nürtingen-Geislingen). But the Information should not be given to others.

The Information will not be given to others.

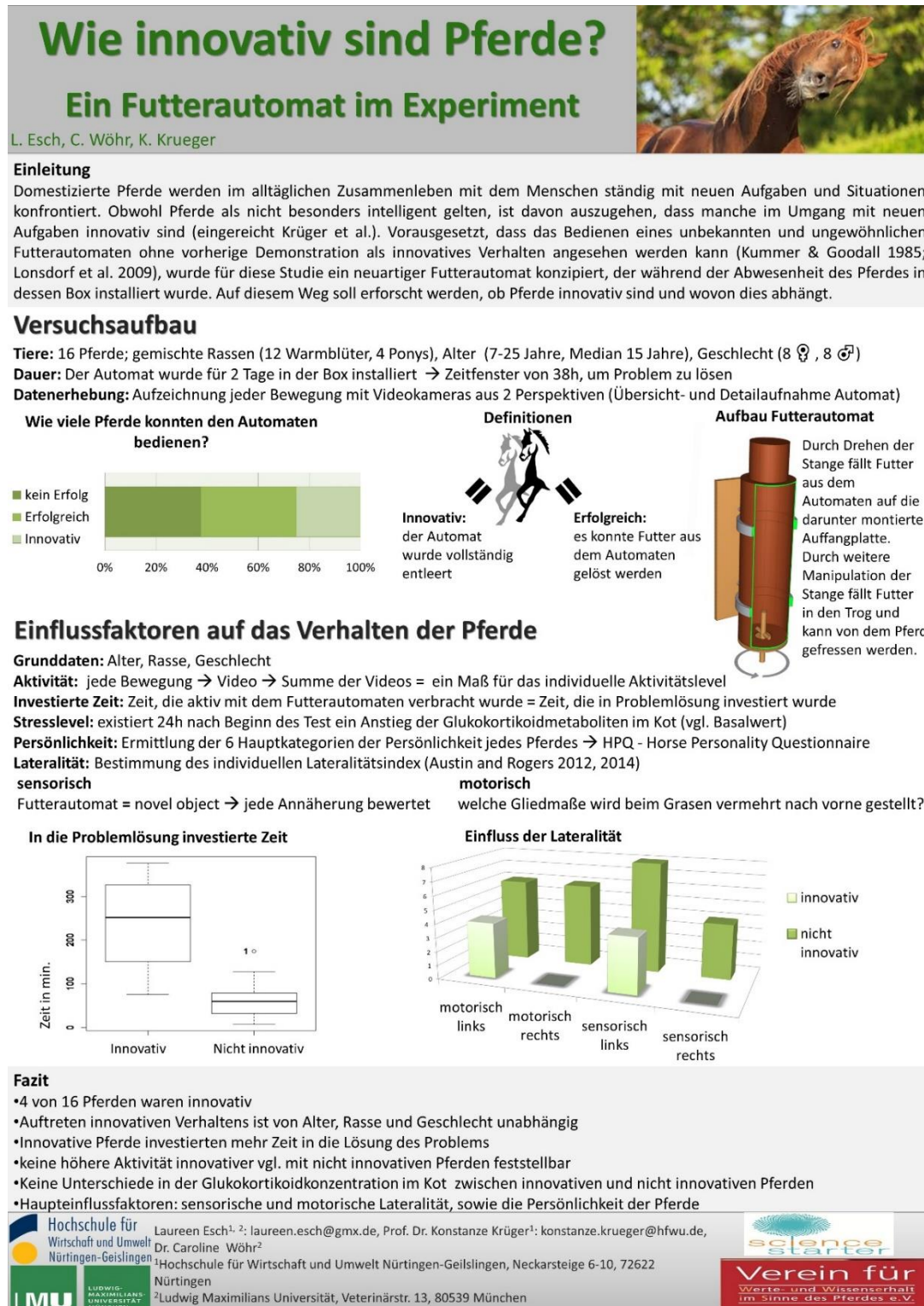
Use of e-mail address *

- ☐ I permit my e-mail address to be used for further inquiries concerning this project.
- ☐ I do not permit my e-mail address to be used for further inquiries concerning this project.

None of your information will be given to others.

11.4 Posterpräsentation

Bei den Göttinger Pferdetagen 2018 wurde ein Poster präsentiert. Für die Zusammenfassung siehe auch Tagungsband „Göttinger Pferdetage 2018 – Zucht, Haltung und Ernährung von Sportpferden“, S. 172. Der präsentierte Inhalt stellt einen Zwischenstand der Ergebnisse unter 4.1 dar.



Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen

LMU LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Laureen Esch^{1, 2}: laureen.esch@gmx.de, Prof. Dr. Konstanze Krüger¹: konstanze.krueger@hfwu.de,
Dr. Caroline Wöhr²
¹Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, Neckarsteige 6-10, 72622 Nürtingen
²Ludwig Maximilians Universität, Veterinärstr. 13, 80539 München

science starter

Verein für Werte- und Wissenschaft im Sinne des Pferdes e.V.

11.5 Versuchsaufbau Pilotstudie

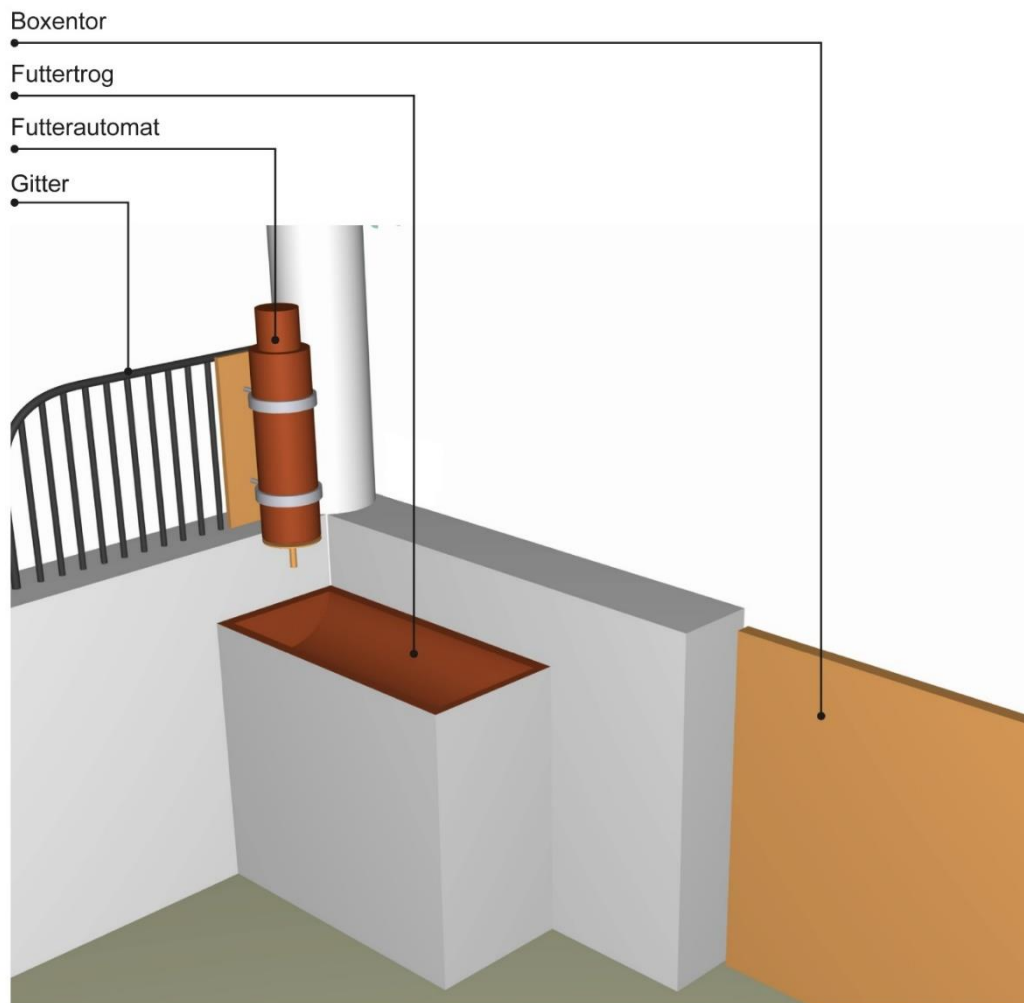


Abbildung A1: Installation des Futterautomaten in der Box des Pferdes. Der Automat wurde mit Kabelbindern über dem Futtertrog befestigt.

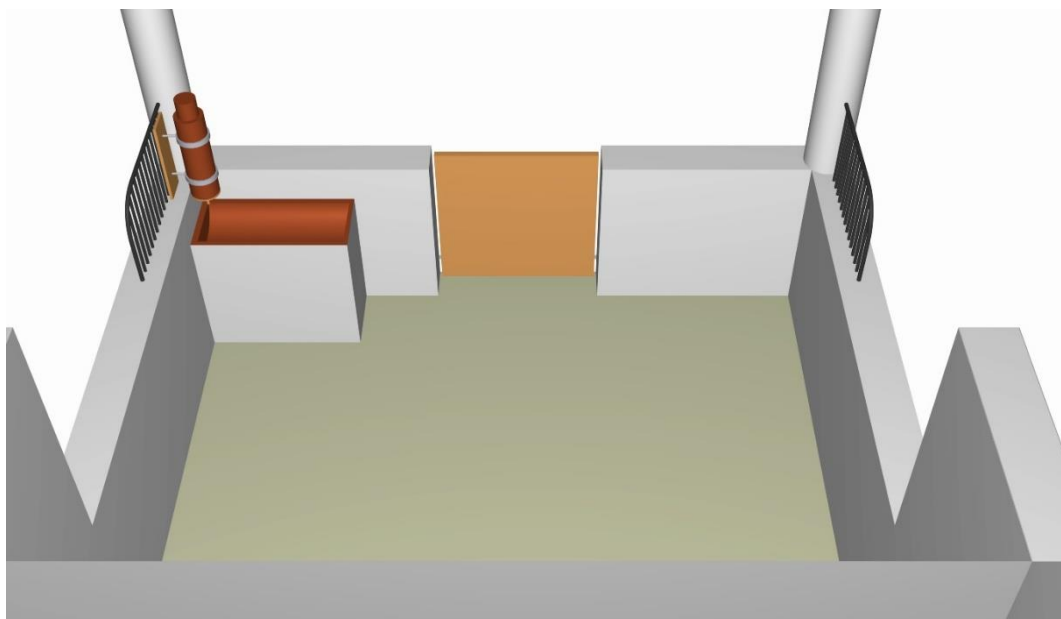


Abbildung A2: offene Pferdebox mit installiertem Futterautomat aus der Vogelperspektive.

11.6 HPQ

Horse Personality Questionnaire – Übersetzung aus dem Englischen

Fragebogen zur Persönlichkeit Ihres Pferdes

Bitte kreuzen Sie an, wie Sie ihr Pferd bzgl. der Charaktereigenschaft einordnen. Die Skala von 1-7 ist aufsteigend. Das heißt 1 steht für trifft nicht zu und 7 für absolut zutreffend.

Adjektiv	1	2	3	4	5	6	7
Opportunistisch							
Neugierig							
Kontaktfreudig							
Verspielt							
Beliebt							
Verständnisvoll							
Mütterlich							
Beschützend							
Aktiv							
Träge							
Leicht erregbar							
Intelligent							
Misstrauisch							
Unsicher							
Angespannt							
Zaghaft							

Adjektiv	1	2	3	4	5	6	7
Ängstlich							
Verlässlich							
Unterwürfig							
Gleichförmig							
Exzentrisch							
Effektiv							
Stur							
Aggressiv							
Irritierbar							

Definitionen der Persönlichkeitsattribute aus dem HPQ

Bezeichnung	Erklärung
Opportunistisch	Ergreift jede Chance, sobald sie sich ergibt
Neugierig	Geht offen auf Unbekanntes zu
Kontaktfreudig	Sucht die Gesellschaft anderer
Verspielt	Beginnt von sich aus zu spielen oder gesellt sich zu anderen
Beliebt	Wird von anderen als Partner ausgewählt
Verständnisvoll	Reagiert empathisch und angemessen auf das Verhalten anderer
Mütterlich	Schafft Sicherheit für andere, ist mitfühlend und umsorgend
Beschützend	Schützt andere vor Leid oder möglichen Gefahren
Aktiv	Läuft viel rum, mag es nicht gerne für längere Zeit still zu stehen
Träge	Ist stets entspannt und nur schwer aus der Ruhe zu bringen

Bezeichnung	Erklärung
Leicht erregbar	Reagiert bei jeder Veränderung über, schnell aufgeregt, angespannt
Intelligent	Lernt neue Dinge schnell/Einfach, profitiert von mentalem Anreiz
Misstrauisch	Vertraut weder Pferden noch Menschen auf Anhieb, vertraut generell nur sehr wenigen
Unsicher	Vermeidet es alleine zu agieren, sucht Absicherung von anderen
Angespannt	Zeigt eine zurückhaltende Körperhaltung und Bewegung, bewegt sich steif, was für eine schüchterne Neigung spricht und es sich jederzeit zurückziehen kann und weniger auffällt
Zaghaft	Scheint über alles besorgt zu sein, vermeidet oder fürchtet jedes Risiko
Ängstlich	Zieht sich bei Störung von Anderen oder von außen lieber zurück
Verlässlich	Man kann ihm Aufgaben anvertrauen oder davon ausgehen, dass es sich anständig verhalten wird, man kann sagen, dass es der Umgang mit diesem Pferd sicher ist
Unterwürfig	Ordnet sich ohne Weiteres unter und geht Kämpfen aus dem Weg
Gleichförmig	Reagiert auf andere in einer ruhigen Art und Weise und ist nicht leicht aus der Ruhe zu bringen
Exzentrisch	Zeigt Stereotypen oder Angewohnheiten und übertriebenes Verhalten
Effektiv	Geht seinen eigenen Weg, hat Kontrolle über andere und dominiert diese auf eine faire Art
Stur	Gibt nicht leicht auf, nicht besonders kooperativ
Aggressiv	Verursacht Schaden oder möglichen Schaden, sowohl bei Pferden wie auch Menschen
Irritierbar	Reagiert negativ auf die kleinste Provokation

11.7 Statistik – HPQ

Generalisiertes lineares Model zur statistischen Auswertung des Einflusses der Persönlichkeit auf das innovative Verhalten

alle Faktoren enthalten:

call:

```
glm (formula = Consumption ~ (Anxiousness.. + Dominance.. + Excitability.. + Inquisitiveness.. + Protection.. + Sociability..)/ID, family = gaussian(identity), data = Dataset)
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1378.40	-517.38	20.39	649.65	1250.77

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.380e+03	4.033e+03	-0.342	0.7409
Anxiousness..	2.222e+00	2.241e+01	0.099	0.9234
Dominance..	1.295e+02	4.759e+01	2.721	0.0262 *
Excitability..	4.534e+00	4.929e+01	0.092	0.9290
Inquisitiveness..	-4.196e+01	2.767e+01	-1.517	0.1678
Protection..	-4.913e+01	2.891e+01	-1.699	0.1277
Sociability..	8.799e+00	2.583e+01	0.341	0.7421
Anxiousness..:Dominance..:Excitability..	5.764e-09	3.609e-09	1.597	0.1489
:Inquisitiveness..:Protection..:Sociability..:ID				

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for gaussian family taken to be 1172416)

Null deviance: 24443000 on 15 degrees of freedom

Residual deviance: 9379328 on 8 degrees of freedom

AIC: 275.91

Nach Reduktion der Faktoren:

call:

```
glm (formula = Consumption ~ (Dominance.. + Excitability.. + Inquisitiveness.. + Protection.. + Sociability..)/ID, family = gaussian(identity), data = Dataset)
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1436.12	-463.80	10.08	630.81	972.95

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-2.407e+03	3.572e+03	-0.674	0.5174
Dominance..	1.369e+02	4.332e+01	3.161	0.0115 *
Excitability..	3.743e+01	3.767e+01	0.994	0.3464
Inquisitiveness..	-5.408e+01	2.425e+01	-2.230	0.0527 .
Protection..	-5.035e+01	2.556e+01	-1.970	0.0804 .
Sociability..	-2.803e+00	2.499e+01	-0.112	0.9131
Dominance..:Excitability..	3.130e-07	1.436e-07	2.179	0.0573
:Inquisitiveness..:Protection..:Sociability..:ID				

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

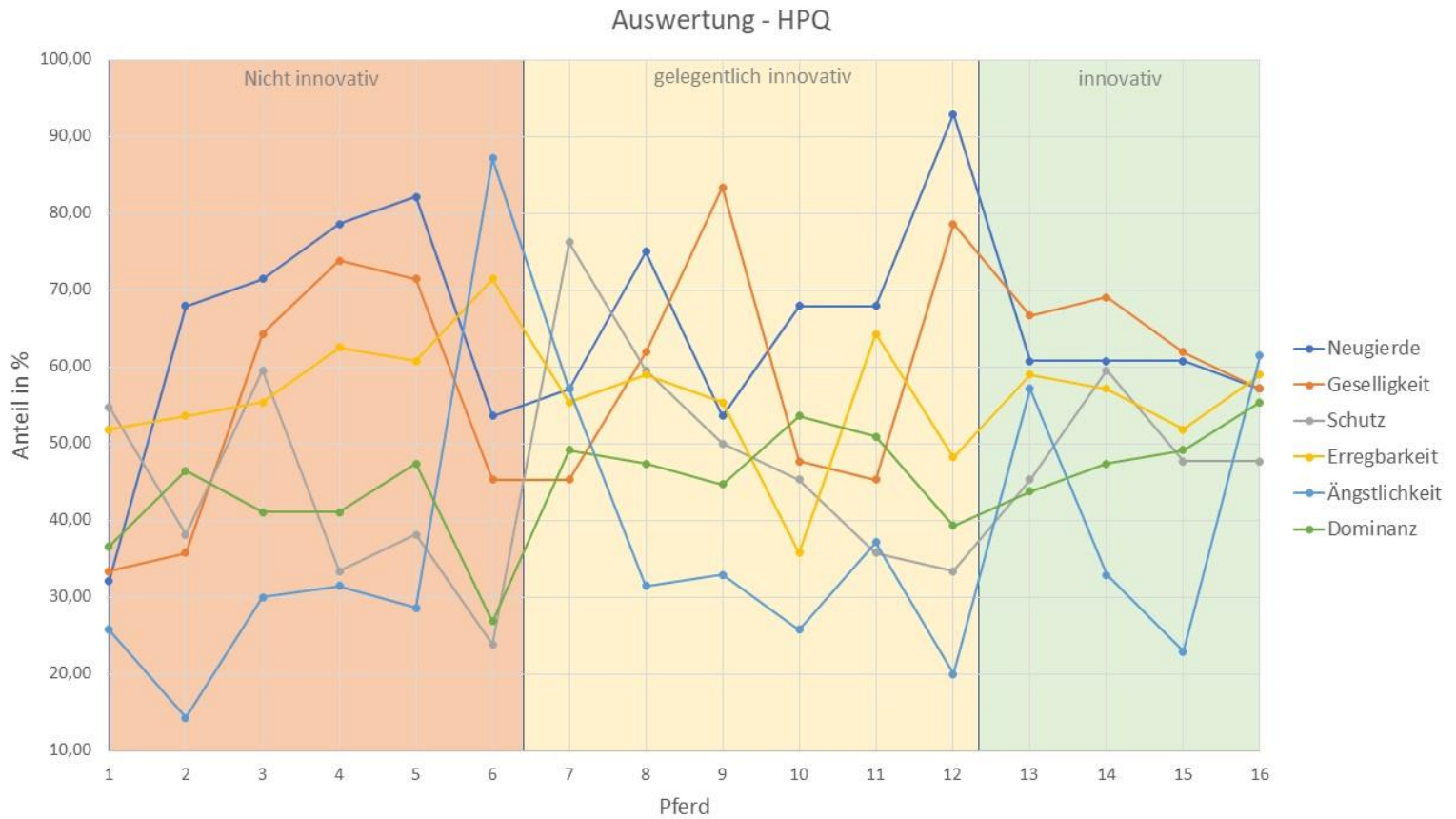
(Dispersion parameter for gaussian family taken to be 972376.7)

Null deviance: 24443000 on 15 degrees of freedom

Residual deviance: 8751391 on 9 degrees of freedom

AIC: 272.8

11.8 Darstellung Ergebnisse – HPQ



A3: Darstellung der individuellen Persönlichkeitsattribute der Pferde aus der Studie unter 4.1. Zwei Personen, die das Pferd mindestens zweimal pro Woche trainierten, bewerteten unabhängig voneinander dasselbe Pferd. Es wurde ein Mittelwert generiert. Danach wurde der Prozentsatz der Punkte, die die Pferde in jeder Kategorie erreicht hatten, berechnet. Dazu wurden die Bewertungen der Eigenschaften in jeder Kategorie addiert und durch das Maximum der erreichbaren Punktzahlen dividiert. Danach wurde das Ergebnis mit 100 multipliziert. Die Angabe der Persönlichkeitsattribute erfolgt in Prozent.

11.9 Analyseergebnisse der Glukokortikoid Metaboliten

Für die GCM Analysen wurden getrocknete Kotproben verwendet. Die Analyse (EIA) erfolgte an der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt in Nürtingen- Geislingen.

					pg/well	ng/g getr. Kot
09.05.2017	Casuro	1	1	50 µl, 1:10	24,81	253,06
	Eloisa	1	2	50 µl, 1:10	23,5	239,70
	Filly	1	3	50 µl, 1:10	13,51	137,80
	Filou	1	4	50 µl, 1:10	26,5	270,30
	Floh	1	5	50 µl, 1:10	19,43	198,19
	Jana	1	6	50 µl, 1:10	18,64	190,13
	Kalinka	1	7	50 µl, 1:10	22,67	231,23
	Melody	1	8	50 µl, 1:10	18,32	186,86
10.05.2017	Casuro	2	9	50 µl, 1:10	27,74	282,95
	Eloisa	2	10	50 µl, 1:10	26,38	269,08
	Filly	2	11	50 µl, 1:10	12,77	130,25
	Filou	2	12	50 µl, 1:10	24,22	247,04
	Floh	2	13	50 µl, 1:10	22,69	231,44
	Jana	2	14	50 µl, 1:10	42,42	432,68
	Kalinka	2	15	50 µl, 1:10	18,07	184,31
	Melody	2	16	50 µl, 1:10	19,32	197,06
11.05.2017	Casuro	3	17	50 µl, 1:10	15,8	161,16
	Eloisa	3	18	50 µl, 1:10	27,28	278,26
	Filly	3	19	50 µl, 1:10	18,97	193,49
	Filou	3	20	50 µl, 1:10	19,24	196,25
	Floh	3	21	50 µl, 1:10	26,42	269,48
	Jana	3	22	50 µl, 1:10	25,34	258,47
	Kalinka	3	23	50 µl, 1:10	23,78	242,56
	Melody	3	24	50 µl, 1:10	16,64	169,73
Test	Casuro	T	25	50 µl, 1:10	19,34	197,27
Test	Eloisa	T	26	50 µl, 1:10	33,04	337,01
Test	Filly	T	27	50 µl, 1:10	23,44	239,09
Test	Filou	T	28	50 µl, 1:10	26,92	274,58
Test	Floh	T	29	50 µl, 1:10	23,73	242,05
Test	Jana	T	30	50 µl, 1:10	34,81	355,06
Test	Kalinka	T	31	50 µl, 1:10	32,44	330,89
Test	Melody	T	32	50 µl, 1:10	28,57	291,41
			33			
			34			
			35			
			36			
			37			
	px (CT1)	Pool 1		50 µl, 1:10	30,48	310,90
	py (CT2)	Pool 2		50 µl, 1:10	21,73	221,65
					pg/well	ng/g getr. Kot

09.05.2017	Mirella	1	1	50 µl, 1:10	28,59	291,62
	Quiso	1	2	50 µl, 1:10	31,66	322,93
	Rimma	1	3	50 µl, 1:10	24,76	252,55
	Rio	1	4	50 µl, 1:10	31,32	319,46
	River	1	5	50 µl, 1:10	42,3	431,46
	Sam	1	6	50 µl, 1:10	27,46	280,09
	Szölo	1	7	50 µl, 1:10	19,78	201,76
	Tessa	1	8	50 µl, 1:10	15,38	156,88
10.05.2017	Mirella	2	9	50 µl, 1:10	24,96	254,59
	Quiso	2	10	50 µl, 1:10	36,63	373,63
	Rimma	2	11	50 µl, 1:10	29,02	296,00
	Rio	2	12	50 µl, 1:10	27,12	276,62
	River	2	13	50 µl, 1:10	30,61	312,22
	Sam	2	14	50 µl, 1:10	26,14	266,63
	Szölo	2	15	50 µl, 1:10	23,09	235,52
	Tessa	2	16	50 µl, 1:10	15,83	161,47
11.05.2017	Mirella	3	17	50 µl, 1:10	17	173,40
	Quiso	3	18	50 µl, 1:10	43,28	441,46
	Rimma	3	19	50 µl, 1:10	28,98	295,60
	Rio	3	20	50 µl, 1:10	15,67	159,83
	River	3	21	50 µl, 1:10	31,44	320,69
	Sam	3	22	50 µl, 1:10	46,84	477,77
	Szölo	3	23	50 µl, 1:10	30,24	308,45
	Tessa	3	24	50 µl, 1:10	18,83	192,07
Test	Mirella	T	25	50 µl, 1:10	33,89	345,68
Test	Quiso	T	26	50 µl, 1:10	49,73	507,25
Test	Rimma	T	27	50 µl, 1:10	34,34	350,27
Test	Rio	T	28	50 µl, 1:10	29,59	301,82
Test	River	T	29	50 µl, 1:10	59,17	603,53
Test	Sam	T	30	50 µl, 1:10	47,67	486,23
Test	Szölo	T	31	50 µl, 1:10	33,7	343,74
Test	Tessa	T	32	50 µl, 1:10	26,46	269,89
			33			
			34			
			35			
			36			
			37			
	px (CT1)	Pool 1		50 µl, 1:10	35,56	362,71
	py (CT2)	Pool 2		50 µl, 1:10	25,86	263,77

12 Danksagung

Mein Dank gilt Frau Prof. Dr. Konstanze Krueger, die mich als Mentorin sehr gut betreut hat. Die durch diese Doktorarbeit entstandene Zusammenarbeit ist eine große Bereicherung und wird auch über den Abschluss der Arbeit hinaus anhalten.

Des Weiteren gilt mein Dank Frau Dr. Anna – Caroline Wöhr und Herrn Prof. Dr. Dr. Michael Erhard, die es mir ermöglicht haben, das von mir gewünschte Promotionsthema in einer Kooperation mit der Hochschule in Nürtingen zu bearbeiten und mich bei all meinen Vorhaben sehr gut beraten und unterstützt haben.

Außerdem möchte ich mich ganz herzlich bei allen bedanken, die mein Crowdfunding Projekt zur Finanzierung eines Teils der Dissertation unterstützt haben. In diesem Kontext vor allem dem *WuWei Verlag*.

Natürlich möchte ich meinen lieben Freunden Mirjam, Rebecca und Stefan danken, die immer wieder mit Korrekturen meiner englischen Texte zu tun hatten.

Meine Doktorarbeit habe ich hauptsächlich in Kösching auf dem Arabergestüt Hellmannsberg geschrieben. Dort haben mich nicht nur die Pferde, sondern vor allem auch die Nachbarn und im Besonderen Klaus Horsch und Anneliese Schießl unterstützt. Dafür möchte ich mich gerne bedanken.

Mein ganz besonderer Dank gilt auch meinen Freunden, die mich aktiv unterstützt haben, mit Rat und Tat zur Seite standen und auch nach dieser nicht immer leichten Zeit noch immer an meiner Seite stehen.

Außerdem sollte eigentlich meinen Pferden Panjaro und Bajadere Dank gezollt werden. Ohne die beiden und ihre starke Bindung zueinander wäre ich nicht zu so einem spannenden Thema für meine Doktorarbeit gekommen.

Doch der größte Dank gilt meinen Eltern, insbesondere meinem Vater, der es immer wieder geschafft hat mich zu motivieren und einen entscheidenden Beitrag dazu geleistet hat, dass diese Doktorarbeit entstanden ist.