

Aus dem Institut für Didaktik und Ausbildungsforschung in der Medizin  
der Ludwig-Maximilians-Universität München  
Vorstand: Prof. Dr. med. Martin Fischer, MME (Bern)

**Lernen aus Fehlern – Der Einfluss von Fehleranalyseprompts und  
Begründungsprompts auf das selbstregulierte Lernen in einer  
Online-Lernumgebung zum Thema Elektrokardiogramm**

Dissertation  
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin  
an der Medizinischen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von  
Franziska Stefanie Hasch  
aus Bad Tölz

2018

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter:	Prof. Dr. Martin Fischer
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. Jochen Gerstenmaier Prof. Dr. Alexander Becker
Mitbetreuung durch die promovierten Mitarbeiter:	Dr. med. Daniel Bauer Dr. phil. Nicole Heitzmann
Dekan:	Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel
Tag der mündlichen Prüfung:	06.12.2018



## Danksagungen

Ich möchte Herrn Prof. Dr. med. Martin R. Fischer, MME (Bern), für die Ermöglichung dieser Dissertation, die konstruktive Hilfe bei der Themenfindung und Planung der Untersuchung sowie die Finanzierung der Studie an seinem Lehrstuhl danken. Danke an Dr. med. Daniel Bauer, Dr. phil. Nicole Heitzmann und Anja Härtl für die vielen Stunden, Tage, mittlerweile Jahre Rat und tatkräftige Unterstützung und stets hervorragende Betreuung.

Zudem danke ich Dr. Christian Strobel, M Sc (SPSS), PD Dr. med. Inga Hege, M Comp Sc (CASUS und EKG-Online), Prof. Dr. med. Stefan Käab (Review EKG-Fälle und Fragebögen), Dipl.-Med.-Päd. Angelika Simonsohn (didaktisches Review), Dipl.-Soz.-Päd. (FH) Johanna Huber, MPH (Fragebögen und Prä/Post Auswertung), Angelika Bartschke (Hilfe beim Catering) und Kirsten Eghardt, M. A. (ZeUS).

Mein Dank gilt auch meinen Eltern Christiane und Heinrich Hasch, die mir die lange Ausbildung des Medizinstudiums und damit den Weg in meinen Traumberuf ermöglichten und mir in jeder Lebenslage beistehen. Zuletzt bedanke ich mich bei meiner Schwester Katharina Hasch für die Hilfe bei der Studiendurchführung und wünsche ihr viel Erfolg in ihrer eigenen Dissertation, bei der Daten aus vorliegender Studie verwendet werden.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Theorieteil.....</b>	<b>3</b>
2.1	<i>Fehler in der Medizin .....</i>	3
2.2	<i>Prompts als Maßnahme, um aus Fehlern zu Lernen .....</i>	11
2.3	<i>Der fehleranfällige Bereich EKG-Interpretation .....</i>	16
2.4	<i>Selbstreguliertes Lernen.....</i>	19
<b>3</b>	<b>Fragestellung und Hypothesen .....</b>	<b>27</b>
<b>4</b>	<b>Methoden .....</b>	<b>30</b>
4.1	<i>Eigene Vorarbeiten.....</i>	30
4.2	<i>Forschungsdesign.....</i>	33
4.3	<i>Versuchspersonen.....</i>	34
4.4	<i>Rahmenbedingungen .....</i>	38
4.5	<i>Ablauf der Datenerhebung .....</i>	39
4.6	<i>Beschreibung der CASUS Lernfälle .....</i>	40
4.7	<i>Interventionen.....</i>	43
4.8	<i>Methoden der Datensammlung .....</i>	46
4.9	<i>Messinstrumente.....</i>	48
4.10	<i>Statistische Analysen.....</i>	56
<b>5</b>	<b>Ergebnisse.....</b>	<b>60</b>
5.1	<i>Datenbereich .....</i>	60
5.2	<i>Vorgeschaltete Analysen .....</i>	61
5.3	<i>Datenauswertung.....</i>	64
<b>6</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>72</b>

6.1	<i>Stellungnahme zu den Hypothesen</i> .....	73
6.2	<i>Externe Validität</i> .....	77
6.3	<i>Interpretation der Ergebnisse</i> .....	78
6.4	<i>Fazit</i> .....	88
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>90</b>
<b>8</b>	<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>91</b>
<b>9</b>	<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>92</b>
<b>10</b>	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>93</b>
<b>11</b>	<b>Anhang</b> .....	<b>99</b>
11.1	<i>Antwortlisten für CASUS</i> .....	99
11.2	<i>CASUS Fälle</i> .....	103
11.3	<i>Wissenstest</i> .....	153
11.4	<i>Vorwissenstest</i> .....	169
11.5	<i>Meinungsfragebögen</i> .....	175
<b>12</b>	<b>Eidesstattliche Versicherung</b> .....	<b>181</b>
<b>13</b>	<b>Lebenslauf</b> .....	<b>182</b>

*Hinweis: Zur Erleichterung des Leseflusses, beschränkt sich die Formulierung dieser Arbeit auf männliche Bezeichnungen bei personenbezogenen Hauptwörtern. Entsprechende Begriffe gelten im Sinne der Gleichbehandlung gleichermaßen für beide Geschlechter. Die verkürzte Sprachform beinhaltet keine Wertung.*

# 1 Einleitung

*„Wer einen Fehler begangen hat und ihn nicht korrigiert,  
begeht einen zweiten.“*

Konfuzius (551–479 v.Chr.), chinesischer Philosoph

## Problemstellung und Ziel der Arbeit

Diagnosefehler können von dramatischer Bedeutung für Patienten sein. Todesfälle durch Fehler in der Medizin machen immerhin Platz acht in der Ursachenstatistik aus (Rall, Manser, Guggenberger, Gaba, & Unertl, 2001). Gerade die Befundung von Elektrokardiogrammen (EKG) ist sehr fehleranfällig und kann zu einer falschen Behandlung führen (Salerno, Alguire, & Waxman, 2003). Demzufolge ist ein gezieltes Training für Ärzte in diesem Bereich nötig, da ihr Wissen hier oft unzureichend ist (Akgun et al., 2014; Keller & Zakowski, 2000; Little, Ho, & Scott, 2001). Um dem unzureichenden Wissen entgegenzuwirken ist eine gute Ausbildung schon im Studium essentiell.

Im Medizinstudium ist zur Ausbildung das Lernen mit computergestützten Lernprogrammen mittlerweile standardmäßig vorgesehen. Dies hat in den letzten Jahren an Wichtigkeit gewonnen, da es räumlich und zeitlich ungebunden sowie individuell personalisiert stattfinden kann (Cook, Levinson, & Garside, 2010). Eine individuelle Unterstützung jedes einzelnen Studenten ist wichtig, da bei jedem eine andere Art der Förderung nötig ist (Eva, 2005). Demnach sollten auch Lernprogramme ideal auf den einzelnen Lernenden zugeschnitten sein, um dessen Bedürfnisse bestmöglich zu bedienen.

Computergestütztes Lernen findet meist am heimischen Computer in eigener Organisation statt. Dieses eigenständig geplante oder selbstregulierte Lernen ist bereits gut untersucht. Dabei wird das selbstregulierte Lernen in der Wissenschaft in die Bereiche der Kognition, Metakognition, Motivation und Verhalten unterschieden (Butler & Winne, 1995; Kraft, 1999; Lehmann, Hähnlein, & Ifenthaler, 2014). Mit Hilfe dieser Unterteilung können die Aspekte des Lernerfolgs genauer untersucht werden. Besonders die Interaktion des Lernprogramms mit dem Lernenden in Form von metakognitiven oder motivationalen Aufgaben und Aufforderungen (sogenannten Prompts), die auch über den inhaltlichen Lernstoff hinausgehen, ist eine Möglichkeit zur optimalen Gestaltung der Lernumgebung. Es hat sich gezeigt, dass digitale Prompts ebenso nützlich sein können wie Prompts durch einen menschlichen Tutor (Hausmann & Chi, 2002). Doch wie genau Prompts gestaltet sein müssen, um in einer Online-Lernumgebung (Online-Learning) einen Nutzen zu haben, ist unzureichend erforscht.

Aus diesem Grund soll in dieser Arbeit untersucht werden, wie sich speziell gestaltete Prompts beim Lernen in einer Online-Lernumgebung auf den Lernerfolg Medizinstudierender auswirken. Dies soll in den verschiedenen Bereichen des selbstregulierten Lernens bei der Befundung und Interpretation von Elektrokardiogrammen analysiert werden.

## 2 Theorieteil

### 2.1 Fehler in der Medizin

Fehler in der Medizin sind von Bedeutung für Betroffene, Verursacher und die Gesellschaft. So erstaunt es nicht, dass Ursachen für Fehler in der Medizin auch wissenschaftlich untersucht werden, mit dem Ziel, Fehler zukünftig zu vermeiden und die Qualität der Patientenversorgung zu sichern (Rall et al., 2001). Übliche Fehler sind zum Beispiel Medikations- oder Verabreichungsfehler, Operationsfehler, Fehldiagnosen und in Wissensdefiziten begründete Fehler (Graber, Gordon, & Franklin, 2002; Kelly & Wright, 2012; Norman & Eva, 2010). Fehldiagnosen stellen den häufigsten Fehlertyp in der Grundversorgung dar und sind so ein viel diskutiertes Thema der Medizin (Thammasitboon & Singhal, 2013). Im August 2014, während der Auswertung der hier erhobenen Daten, liefert eine Suchanfrage mit den Begriffen *diagnostische Fehler* und *Medizin* in der Datenbank PsychInfo 130 Treffer. Mehr als die Hälfte stammt dabei aus den vorausgegangenen fünf Jahren und zeigt damit die zunehmende wissenschaftliche Aufarbeitung dieser Thematik. Die genauen Raten an Fehldiagnosen zu ermitteln, dürfte methodisch immer schwierig bleiben. Graber und Kollegen schätzen diese Rate jedoch als inakzeptabel hoch ein (2013). So berichten sie in einer Übersichtsarbeit zur Inzidenz von Fehldiagnosen in der Medizin, dass bei Autopsiestudien in 10-20 % der Fälle Unstimmigkeiten zwischen ursprünglicher Diagnose und Autopsiebefund verbleiben. Gerade Fehldiagnosen haben also einen zentralen Stellenwert in der Medizin. Um Fehler zukünftig zu vermeiden, bedarf es einer systematischen Analyse dieser (Rall et al., 2001). Zudem wird ein offenerer Umgang mit Fehlern gefordert, etwa durch gegenseitige Hinweise innerhalb des therapeutischen Teams (Hofinger & Walaczek, 2003). Fehler bergen jedoch auch Potential; sie können genutzt werden, um aus ihnen zu lernen. Schon

Konfuzius befand, wie wichtig es sei, aus seinen Fehlern zu lernen. Aus diesem Grund beschäftigt sich die vorliegende Arbeit mit der Thematik des Lernens aus Fehldiagnosen. Mit dem Begriff Fehldiagnose ist im Folgenden immer eine Abweichung des tatsächlichen Krankheitsbildes von dem vom Befunder diagnostizierten gemeint.

### 2.1.1 Auftreten und Ursachen von Fehldiagnosen

Um das Thema Lernen aus Fehldiagnosen besser darstellen zu können, soll zunächst der Hintergrund von Fehldiagnosen in der Medizin aufgearbeitet werden. Die Ursache von Fehlern im diagnostischen Prozess ist ein seit langem diskutiertes Thema mit vielen Aspekten (Graber et al., 2002). Norman und Eva beschreiben in ihrer Übersichtsarbeit aktuelle, aus der Psychologie übernommene Vorstellungen über die Ursachen von Fehldiagnosen in der Medizin (2010). Demnach resultieren diese Fehler aus drei zentralen Grundproblemen, der Arbeitseinstellung, den kognitiven Problematiken und den Wissensproblemen.

Das zentrale Grundprobleme einer schlechten Arbeitseinstellung der Ärzte resultiert nach Norman und Eva beispielsweise aus Müdigkeit während der Arbeit, gefolgt von nachlässigem Arbeiten oder schnellem oberflächlichen Arbeiten durch gedankliches Abkürzen eines Arbeitsschritts. Auch übertriebene Selbstsicherheit ist ein Beispiel für eine schlechte Arbeitseinstellung. Auch wenn diese persönlichen Schwächen einen großen Themenkomplex darstellen, sind sie eher selten Grund für Fehldiagnosen. Eine zu große Selbstsicherheit, bezogen auf das eigene Können und Wissen, scheint bei Ärzten noch die größte Rolle zu spielen (Norman & Eva, 2010).

Kognitive Problematiken, so genannte Bias<sup>1</sup>, werden in der Arbeit von Norman und Eva als weitere Ursache von Fehldiagnosen diskutiert. Ein Beispiel daraus ist der Bias der kognitiven Verfügbarkeit („Availability Bias“). Dabei werden Krankheiten

---

<sup>1</sup> *cognitive bias (engl.) = kognitive Verzerrungen/ Fehleinschätzungen*

häufiger diagnostiziert, die einfach zu erinnern sind. In die andere Richtung wirkt der „Base Rate Neglect Bias“, demzufolge der Grundsatz „Häufiges ist häufig“ ignoriert wird und seltene Diagnosen zu oft gestellt werden. Vom „Representativeness Bias“ wird nach den Autoren gesprochen, wenn die korrekte Diagnose einer Krankheit eher gestellt wird, wenn sich diese in ihrer prototypischen Ausprägung darstellt. Eine atypische Variante wird hingegen fehldiagnostiziert. Die Neigung, Daten zur Verifizierung einer Hypothese statt zu ihrer Falsifizierung zu suchen, entspricht der kognitiven Verzerrung der Bestätigungstendenz („Confirmation Bias“). Wird sich auf eine Diagnose zu früh festgelegt, ohne diese mit vollem Engagement zu bestätigen oder zu widerlegen, heißt dies „Premature Closure“ (Norman & Eva, 2010).

Der dritte Themenkomplex, fehlerhaftes Wissen, verursacht laut Norman und Eva nur einen kleinen Teil der Fehldiagnosen (2010). Auch Graber und Kollegen beschreiben in früheren Arbeiten, dass Wissensprobleme das kleinere Problem bei Fehldiagnosen sind und nur 3,4 % ausmachen (2002).

Graber und Kollegen (2002, 2005) teilen Fehldiagnosen etwas anders ein als Norman und Eva (2010), indem sie den Kontext des klinischen Alltags berücksichtigen. Graber und Kollegen (2002, 2005) zufolge werden Fehldiagnosen in drei Typen kategorisiert. Eine Kategorie sind die „Niemand-schuld“-Fehler (engl. No-fault Error), welche etwa durch Nichtwahrnehmen von Vorsorgeuntersuchungen oder durch untypische, verwirrende Präsentation eines Krankheitsbildes entstehen. Eine weitere Kategorie sind Systemfehler, technischer oder organisatorischer Natur, wie zum Beispiel eine irrtümliche Annahme für ein Nulllinien-EKG bei gelöster EKG-Elektrode. Als dritter Fehlertyp werden kognitive Fehler der Ärzte genannt. Die drei Fehlertypen schließen sich dabei nicht gegenseitig aus und können gleichzeitig mehreren Kategorien



angehören. Systemfehler sind laut Graber und Kollegen (2005) bei bis zu 65 % der Fehldiagnosen beteiligt, kognitive Faktoren zu 74 %.

Kognitiven Fehler werden bei Graber und Kollegen weiter unterschieden nach fehlerhaftem Wissen, fehlerhafter Datensammlung, fehlerhafter Datenverarbeitung und fehlerhafter Metakognition (2002, 2005). Diese werden im Folgenden kurz skizziert: Fehlerhaftes Wissen kann etwa zu einer Verwechslung von Krankheitsbildern führen oder zur falschen Interpretation von diagnostischen Tests. Fehlerhaftes Wissen ist allgemein eine seltene Fehlerquelle. Fehlerhafte Datensammlung kommt schon häufiger vor und basiert zum einen auf mangelnden diagnostischen Fertigkeiten, aber auch auf unvollständiger Diagnostik beim vorzeitigen Akzeptieren einer Arbeitsdiagnose. Fehlerhafte Datenverarbeitung wird als das zentrale Problem gesehen und führt zu den häufigsten Fehldiagnosen. „Premature Closure“ ist dabei allen voran die Hauptfehlerquelle dieser Informationsverarbeitungsprobleme. Es zählen auch andere Bias zu diesen, etwa, wenn gedanklich versucht wird, alle Symptome einer Diagnose zuzuordnen, anstatt mehrere, parallele Diagnosen zu bedenken. Zudem können Informationsverarbeitungsprobleme aus der Anwendung von Heuristiken<sup>2</sup> resultieren. Heuristiken ermöglichen in kurzer Zeit ohne viel Nachdenken zur Lösung eines Problems zu kommen (Gigerenzer & Todd, 1999). Heuristiken erlauben damit rasches Handeln, bergen aber die Gefahr von Fehlern, zum Beispiel, wenn ein Arzt in der Notaufnahme ein Röntgenbild selbst befundet, anstatt auf die Diagnose des Radiologen zu warten. Heuristiken im Sinne von Faustregeln können also zu Bias in der Informationsverarbeitung führen. Metakognitiven Fehler entstehen etwa bei fehlender

---

<sup>2</sup> Heuristiken: Einfache Regeln, um vermutete Schlussfolgerungen in begrenzter Zeit mit wenig Wissen zu finden (Gigerenzer & Todd, 1999). Heuristiken haben evolutionär ihren Ursprung unter anderem in Regeln, nach denen Tiere Nahrung, Nester oder Partner suchen (Gigerenzer, 2008).

Verifikation einer Diagnose gegenüber relevanten Differentialdiagnosen (Graber, Franklin, & Gordon, 2005; Graber et al., 2002).

Zusammengefasst werden kognitive Fehler als die zentrale Ursache für Fehldiagnosen diskutiert. Sie setzen sich aus mehreren Komponenten zusammen, bei denen Informationsverarbeitungsprobleme in Form von Bias eine größere Rolle spielen als Wissenslücken, fehlerhafte Datensammlung oder fehlende Diagnoseverifikation.

Um das wie eben beschrieben, für Fehldiagnosen zentrale Thema der Informationsverarbeitungsprobleme weiter zu vertiefen, soll der theoretische Hintergrund der kognitiven Informationsverarbeitung in der Medizin, das sogenannte klinische Denken, etwas näher beleuchtet werden. Um von subjektiven und objektiven Informationen eines Patienten zu einer Diagnose zu gelangen, wurden auf kognitionspsychologischer wie funktionell-anatomischer Ebene zwei Arten des Denkens beschrieben, das nicht-analytische Vorgehen (auch als „System 1“ bezeichnet) und das analytische Vorgehen („System 2“) (Eva, Hatala, Leblanc, & Brooks, 2007; Norman & Eva, 2010; Norman et al., 2014). Analytisches Vorgehen bedeutet, dass alle vorliegenden Fakten bewusst und sorgsam bedacht und analysiert werden und daraus dann die Diagnose unter Einbeziehung ihrer relativen Wahrscheinlichkeit formuliert wird (Eva, 2005). Nicht-analytisches Vorgehen hingegen wird als Mustererkennen beschrieben. Hierbei steht die Begründung der Diagnose nicht im Vordergrund. Auf die Diagnose wird durch Abgleich mit früheren Erfahrungen geschlossen. Dieses Vorgehen geschieht schnell und oft unterbewusst (Eva, 2005).

Entscheidungsfindungen allgemein, wie in der Medizin, werden dabei von bereits erwähnten Bias beeinflusst (Croskerry, 2003; Eva et al., 2007; Tversky & Kahneman, 1974). Die Anwendungen von Heuristiken führen oft zu Bias in der Entscheidungsfindung. Wegen der Verwandtschaft zum nicht-analytischen Denken nach

Eva sollen diese hier nochmals näher erläutert werden (2005). „Availability Bias“ wie auch „Premature Closure“ stellen Heuristiken dar (Croskerry, 2003). Auch das Kaufen von Lotteriescheinen trotz vernünftiger Berücksichtigung der Gewinnwahrscheinlichkeit ist eine Heuristik. Der Käufer lässt sich durch die Vorstellung des Gewinnes von der eigentlichen Wahrscheinlichkeit ablenken (Eva et al., 2007). Heuristiken führen dazu, dass wir einen Teil der verfügbaren Informationen ignorieren. Sie ermöglichen dadurch das einfachere Zurechtkommen in einer komplexen Welt. (Eva et al., 2007; Gigerenzer, 2008). Die Anwendung von Heuristiken ist also nützlich und wichtig, um komplexe Aufgaben einfacher lösen zu können (Tversky & Kahneman, 1974). Sie erlauben schnelle Entscheidungen, wenn Wahrscheinlichkeiten und andere Nutzwerte unbekannt sind, mehrere Ziele gleichzeitig erreicht werden müssen oder Probleme nur wenig konkret sind (Gigerenzer, 2008). Heuristiken erleichtern also unseren Alltag, existieren mit großer Robustheit und Prävalenz und sollten auch nicht aus der Entscheidungsfindung ausgeschlossen werden (Eva et al., 2007). Nicht-analytisches Denken im Sinne einer Mustererkennung kann folglich als eine Art Heuristik betrachtet werden, um schneller zu einer Diagnose zu kommen als beim analytischen Diagnostizieren. Dieses nicht-analytische Denken ermöglicht zwar schnelles und unkompliziertes Zurechtkommen im Alltag, ist aber auch eine Quelle für Fehler.

Bias, welche von Heuristiken verursacht werden können, und kognitive Fehler sind zusammengefasst zentrale Punkte beim Zustandekommen von Fehldiagnosen.

### 2.1.2 Vermeiden von Fehldiagnosen

Da soeben beschrieben wurde, wie Fehldiagnosen entstehen, soll nun erörtert werden, was gegen diese unternommen werden kann. Eine Reduzierung vor allem kognitiver Fehler ist möglich. Sie komplett zu eliminieren, wird nicht möglich sein, auch

wenn dies aus menschlichen und wirtschaftlichen Gründen das Ziel sein sollte (Graber et al., 2002).

Allgemein existiert bei einigen Autoren die Meinung, dass durch Aufklärung über Heuristiken und Bias kognitive Fehler vermieden werden können (Croskerry, 2003; Klein, 2005). Dabei muss jedoch bedacht werden, dass Heuristiken, wie beschrieben, nicht nur schaden. Klein schlägt zur Vermeidung kognitiver Fehler folgende Regeln für die Reduktion von Bias im klinischen Alltag vor (2005):

***„Rules for good decision making***

- *Be aware of base rates*
- *Consider whether data are truly relevant, rather than just salient*
- *Seek reasons why your decisions may be wrong and entertain alternative hypotheses*
- *Ask questions that would disprove, rather than confirm, your current hypothesis*
- *Remember that you are wrong more often than you think”*

*(Klein, 2005, p. 782)*

Ein anderer Ansatz ist es, Krankheitswahrscheinlichkeiten mehr in die Diagnostik einzubeziehen oder explizite Diagnosealgorithmen zu nutzen (Eva et al., 2007). Diagnosealgorithmen sind Entscheidungsbäume, die von den Symptomen über das Abfragen verschiedener Eckpunkte nur einen Weg zur Diagnose oder Behandlung der Erkrankung zulassen. Dass solche Diagnosealgorithmen gut funktionieren, wurde am Beispiel von Tachyarrhythmien im EKG gezeigt. Es profitierten davon vor allem unerfahrene Befunder (Fuenmayor, Aranguibel, Ferrer, Pulido, & Fuenmayor, 2004).

Dennoch zeigt die Literatur, dass das explizite Aufklären über Fehldiagnosen nicht ausreicht. Eva kommt in seinem Review über klinische Diagnosefindung zu der Schlussfolgerung, dass beide Arten des Denkens (analytisches und nicht-analytisches) auch bei unerfahrenen Medizinstudenten für die Diagnosefindung wichtig und hilfreich sind und analytisches Vorgehen gegenüber der nicht-analytischen Mustererkennung nicht

bevorzugt werden müsse (2005). Denn nicht-analytisches Denken helfe in der komplexen Welt mehr, als es Schaden anrichte (Eva et al., 2007; Gigerenzer & Todd, 1999). Eva und Kollegen veranschaulichen dies in einer Arbeit zur EKG-Befundung und belegen die Relevanz, die analytisches und nicht-analytisches Denken für die korrekte Diagnosestellung haben (2007). Diese Meinung findet sich auch in einer Arbeit von Norman und Kollegen, welche ebenso beschreibt, dass die Aufforderung an Assistenzärzte, analytisch zu diagnostizieren, nicht zu mehr korrekten Diagnosen führt, als die Aufforderung, schnell zu arbeiten (2014). Oder wie Gigerenzer beschreibt, der Verstand bedient sich dreier Entitäten, wie an Werkzeugen aus einer Werkzeugbox, der Logik, Wahrscheinlichkeiten und Heuristiken. Diese werden situationsgerecht adaptiv eingesetzt (2008).

Es lässt sich vom Stand der Literatur zusammenfassend schließen, dass klinisches Denken nicht nur logisch und analytisch vorgehen sollte. Die Komplexität der Diagnosefindung verlangt den Einsatz zusätzlicher Strategien, um schnell Entscheidungen zu treffen. Diese bergen jedoch die Gefahr von Fehlern, erleichtern uns aber zugleich alltägliches Handeln. Ideal ist also ein ausgewogenes Vorgehen aus analytischen und nicht-analytischen Anteilen. Dies ist zwar ein allgemeingültiges Konzept, welches aber interindividuell verschieden angewendet werden muss. Denn jeder erlebt unterschiedliche Situationen und entwickelt demnach auch unterschiedliche Strategien, diese zu meistern (Eva, 2005). Also müssen auch interindividuell verschiedene Verbesserungsmöglichkeiten gegeben werden:

*„In some cases a heavy dose of pattern recognition is most likely to yield the correct solution. In others, a more complete history, or application of a diagnostic algorithm, or consideration of the basic science underlying the pathophysiology might be required.“ (Eva, 2005, p. 102)*

Es gibt folglich also nicht ein allgemeingültiges Rezept zur Förderung der Diagnosefertigkeit, vielmehr muss interindividuell auf den jeweiligen Befunder eingegangen werden, um dessen Fähigkeiten zu fördern. In der Medizin ist das Ausbilder-Studentenverhältnis gerade im Kleingruppenunterricht häufig recht lernförderlich. Dennoch ist es zeitlich kaum möglich, neben inhaltlicher Wissensvermittlung auch auf die kognitiven Fehler eines jeden Einzelnen einzugehen. Aus diesem Grund bietet sich Online-Learning als geeigneter Weg an, Studierende individuell zu fördern, und den Lernenden anzuregen an seinen eigenen kognitiven Fehlern zu arbeiten. Eine instruktionale Strategie, auf den individuellen Lerner einzugehen, ist die Nutzung sogenannter Prompts<sup>3</sup>. Diese sollen im folgenden Kapitel näher beschrieben und deren möglicher Nutzen für die individuelle Reduktion von Fehldiagnosen erläutert werden.

## 2.2 Prompts als Maßnahme, um aus Fehlern zu Lernen

Prompts sind Maßnahmen, die nach Chi zur Selbsterklärung beim Lernenden und damit zu tieferem Verständnis eines Sachverhaltes führen (1996). Diese können etwa in Form spezieller Fragen eines Tutors gestellt werden, um beim Lernenden ein besseres Verständnis zu erzielen. Prompts als instruktionale Maßnahme können in einer Vielzahl von Formen gegeben werden, zum Beispiel als offene Fragen zur Thematik, Hinweise oder Anregungen inhaltlicher oder metakognitiver<sup>4</sup> Natur. Prompts in einer Online-Lernumgebung zeigen sich dabei als genauso effektiv, wie Prompts durch einen menschlichen Tutor (Hausmann & Chi, 2002). Chi beschreibt, dass bei der Selbsterklärung eines Inhaltes Prozesse beteiligt sind, die zum einen inhaltliche

---

<sup>3</sup> *to prompt (engl.) = auffordern, anregen*

<sup>4</sup> *Metakognition = das Denken über das eigene Denken (Flavell, 1979)*

Wissenslücken schließen, zum anderen aber auch falsche Vorstellungen eines Sachverhaltes revidieren (2000). Diese Beschreibung spiegelt gut zwei verschiedene Arten von Prompts wieder. Zum einen Prompts, die direkt auf die Akquisition neuen Wissens zielen oder Wissenslücken füllen. Beispielsweise wurden diese erfolgreich eingesetzt, um die einzelnen Schritte einer mathematischen Berechnung besser zu verstehen, indem die Lernenden durch Prompts die Einzelbestandteile von Rechenschritten bewusst gemacht wurden (Atkinson, Renkl, & Merrill, 2003; Berthold, Eysink, & Renkl, 2009). Die andere Art von Prompts zielt mehr auf die Metakognition während des Lernens ab. Es wird also versucht, das Lernen eher durch Beeinflussung des Lernvorgangs zu verbessern. Ein Beispiel dazu ist eine Untersuchung von Stark und Krause. Studierende wurden hier dazu angewiesen zu begründen, warum sie Aufgaben mehr oder weniger oft üben und mit oder ohne Lösungsbeispielen bearbeiten wollten (2009). Zur zweiten Kategorie zählen auch motivierende und metakognitive Interventionen, etwa durch Fragen oder Aufforderungen.

Allgemein ist eine Vielzahl von Möglichkeiten für Prompts beschrieben, welche sich den zwei Hauptkategorien, Wissenserwerb und metakognitive Maßnahme zuordnen lassen.

### 2.2.1 Prompts und Vorwissen

Die Wirksamkeit eines Prompts, zum Wissenserwerb oder als metakognitive Maßnahme, scheint von verschiedenen Faktoren abzuhängen.

Das Vorwissen der Lernenden als einer dieser Faktoren wurde von Nokes, Hausmann, Vanlehn, und Gershman (2011) untersucht. Lernende erhielten entweder einen Prompt zur Füllung von Wissenslücken oder eine Anregung zur Umstrukturierung ihres individuellen geistigen Wissensmodells, das falsche Annahmen enthielt. Alle Probanden bearbeiteten Aufgaben, zu denen sie kein Vorwissen hatten. Prompts zur

Wissenslückenfüllung zeigten sich hier nützlicher als die zur Umstrukturierung. Es wurde aber keine weitere Studie durchgeführt, die untersucht hätte, wie sich Selbiges bei vorwissensstarken Probanden verhält. Der Zusammenhang zwischen der Art der Prompts und dem Vorwissen der Nutzer wurde auch schon früher berichtet. Prompts auf metakognitiver Ebene sind nur für Nutzer mit ausreichend Vorwissen geeignet, denn Nutzer ohne Vorwissen würden bei ihrer Wissensakquisition durch metakognitive Interventionen geistig überlastet (Bannert, 2003). In Bezug auf das Lernen aus Fehlern kann daher geschlussfolgert werden, dass Prompts zur Revision von Fehlkonzepten bei Probanden mit ausreichendem Vorwissen auf einem Gebiet getestet werden sollten.

### 2.2.2 Nutzen verschiedener Prompts

Zur Veranschaulichung werden im Folgenden erfolgreiche Einsätze von Prompts skizziert. Alevan und Koedinger zeigten, dass sich Prompts bei Problemlöseaufgaben als nützliche Intervention darstellten (2002). Probanden, die einzelne Schritte ihrer Bearbeitung von Problemlöseaufgaben näher erklären mussten, zeigten später besser integriertes, deklaratives Faktenwissen als Probanden der Kontrollgruppe. Berthold und Kollegen untersuchten diesen Effekt noch genauer am Beispiel der Wahrscheinlichkeitsrechnung (2009). Sie kamen zu der Schlussfolgerung, dass bei Aufgaben, zu denen mehrere Lösungswege existieren, offene Frageprompts in Kombination mit spezifischeren Assistingprompts (Prompts als Lückentexte, in die die Probanden Teilschritte ihres Lösungswegs eintragen mussten) eher prozedurales Handlungswissen fördern. Die Aneignung reinen Faktenwissens wird hingegen mehr durch Assistingprompts alleine gefördert. Dies wurde auch schon bei Atkinson erwähnt (2003). Spezifische Prompts, die dem Lernenden helfen, einem Lerninhalt zugrundeliegende Prinzipien aufzuzeigen, wie beispielsweise die einzelnen Rechenschritte beim Lösen einer Mathematikaufgabe, sind vielversprechend. Alle drei



Studien bezogen sich mit ihren Prompts allerdings auf die kognitive Ebene des Wissens an sich. Auf metakognitiver Ebene zeigte eine Studie von Bannert, dass die Aufforderung, aktiv metakognitive Lernstrategien beim Lernen eines Sachverhalts einzusetzen (z. B. sich Lernziele zu setzen und den eigenen Fortschritt während des Lernens zu überwachen), einen positiven Effekt auf das Anwendungswissen, nicht aber auf das Faktenwissen hatte (2003). Ein weiteres Beispiel für den erfolgreichen Einsatz von Prompts liefert eine Studie, welche den Probanden verschiedene Aufgaben zum Erlernen der Korrelationsrechnung bot (Stark & Krause, 2009). Dabei konnten die Probanden wählen, wie viele Aufgaben sie selbst aktiv rechnen wollten, oder ob sie nur die Musterlösung erhalten wollten. Die Maßnahme bestand darin, dass die Probanden ihre Aufgabenwahl begründen mussten. Es zeigte sich ein positiver Effekt dieser metakognitiven Maßnahme. Die Autoren begründen dies darin, dass die Probanden bewusster mit der Lernumgebung umgingen und dieses Selbstmonitoring einen positiven Effekt auf das Bewerten, Planen und Ändern des eigenen Lernens hatte. Auch Kauffman und Kollegen untersuchten die Wirksamkeit zweier Arten von Prompts: Problemlöseprompts und Reflexionsprompts (2008). Die Ersteren zeigten einen positiven Lerneffekt, da sie den Lernenden im Prozess des Wissenszuwachses unterstützten. Für Reflexionsprompts konnte nur ein Effekt in Kombination mit Problemlöseprompts festgestellt werden. Dies liegt den Autoren nach daran, dass der Proband nur dann von Reflexionsprompts profitieren könne, wenn er genug Vorwissen habe, um seine Leistungen im Wissenserwerb reflektieren zu können. Ein Problem bei Reflexionsprompts sei nach Nokes und Kollegen allerdings, dass Studenten diese zum Teil von vornherein als unnützlich empfänden, ignorierten, oder nicht ernsthaft bearbeiteten (2011). Widersprüchliche Ergebnisse für den Nutzen von Prompts erhielten Papadopoulos et al. (Papadopoulos, Demetriadis, Stamelos, & Tsoukalas, 2009), die

keinen signifikanten Unterschied im Wissenszuwachs zweier Vergleichsgruppen mit und ohne inhaltlichen Frageprompts zu webbasierten Lernfällen im Software Projekt Management zeigen konnten. Auch bei Heitzmann konnte kein Effekt von Frageprompts zur Anregung von Selbsterklärung in Studien zu Diagnosekompetenz bei Medizinerinnen, Krankenschwestern bzw. Lehramtsstudenten mit fehlerhaften Lösungsbeispielen nachgewiesen werden (Heitzmann, 2014). Allgemein lässt sich zur Wirksamkeit von Prompts zumindest mit dem Zweck der Wissensgenerierung sagen, dass diese *nicht* funktionieren, wenn sie zu abstrakt formuliert sind und dem Lernenden keine konkreten Hinweise zur Verbesserung seines Vorgehens liefern (Atkinson et al., 2003; Berthold et al., 2009; O'neil et al., 2014). Auf metakognitiver Ebene spielt das Vorwissen des Probanden die entscheidende Rolle, da der Lernende sonst mit der Wissensgenerierung beschäftigt ist (Bannert, 2003; Stark & Krause, 2009).

Prompts sind also nach dem Stand der aktuellen Literatur im Allgemeinen Interventionen, die den Lernenden bei der Bewältigung von Aufgaben positiv unterstützen sollen. Sie eignen sich gut für Problemlöseaufgaben und helfen zugrundeliegende Prinzipien besser zu verstehen (Aleven & Koedinger, 2002; Atkinson et al., 2003). Prompts für inhaltliche Wissenslücken eignen sich vor allem bei wenig oder keinem Vorwissen und sind dann sinnvoller als Prompts für die Umstrukturierung kognitiver Wissensmodelle (Nokes, Hausmann, Vanlehn, & Gershman, 2011). Auch Reflexionsprompts können hilfreich sein. Dies konnte aber nicht unabhängig von Problemlöseprompts gezeigt werden. Wichtig sei zu wissen, womit der eigene Wissensstand verglichen werden soll, um bessere Leistungen zu erlangen (Kauffman, Ge, Xie, & Chen, 2008). Nicht viel bekannt ist über die Kombination von vorwissenstarken Probanden und einem Prompt zur Revision fehlerhafter Wissensmodelle bzw. der Reflexion der eigenen Leistung. Hinzu kommt, dass ein bewusster Umgang mit einer

Lernumgebung als nützlich erachtet wird, ein Versuch mit Begründungsprompts, welche ein bewusstes Eingeben von Lösungsversuchen aktiv fördern, bisher jedoch wenig untersucht wurde.

### **2.3 Der fehleranfällige Bereich EKG-Interpretation**

Jeder Arzt wird im Berufsleben mit Elektrokardiogrammen konfrontiert, deren korrekte Interpretation nicht immer einfach ist und vielen Medizinstudenten Schwierigkeiten bereitet (Schuster & Trappe, 2005). Die EKG-Interpretationsfähigkeiten von Studierenden der Medizin werden oft als mangelhaft beschrieben (Keller & Zakowski, 2000) und auch Studierende selbst schätzen ihre Fähigkeiten größtenteils als nicht ausreichend ein. In einer Studie von Little und Kollegen fühlten sich nur 9 % der Studenten sicher im Umgang mit dem EKG (2001). Zudem kommt es Literaturberichten zufolge auch bei Weiterbildungsassistenten noch zu schweren Fehldiagnosen im EKG-Befund (Akgun et al., 2014). Dennoch ist es nötig, dass nicht nur Spezialisten mit dem EKG vertraut sind, sondern auch Vertreter anderer Fachrichtungen, wie etwa der Allgemeinmedizin, um eine breite Patientenversorgung zu gewährleisten (Akgun et al., 2014). Dass ein gezieltes EKG-Training Wirkung zeigen kann, wurde bereits vielfach beschrieben (Keller & Zakowski, 2000; Lavranos, Koliaki, Briasoulis, Nikolaou, & Stefanadis, 2013; Mahler, Wolcott, Swoboda, Wang, & Arnold, 2011; Raupach, Brown, Anders, Hasenfuss, & Harendza, 2013). Vorlesungen und Seminare scheinen dem alleinigen Selbststudium überlegen zu sein (Mahler et al., 2011). Online-Kurse stellen eine gute Möglichkeit dar, den nötigen Trainingsbedarf nachzukommen.

### 2.3.1 EKG Lernen durch Online-Learning

Seit Beginn der Internetära nimmt die webbasierte Ausbildung in der Medizin stark zu (Cook, Levinson, Garside, et al., 2010). Dies liegt nach Cook und Kollegen auch an den Vorteilen, dass diese Art des Lernens räumlich und zeitlich ungebundener sei und Lernangebote personalisiert werden könnten (2010). Auch webbasierte EKG-Kurse wurden in letzter Zeit als nützliche Lernhilfen angesehen (Jang, Hwang, Park, Kim, & Kim, 2005) und von Studenten auch positiv evaluiert (Nilsson et al., 2008). Nilsson und Bolinder schätzen, dass eine webbasierte Lernumgebung bessere Visualisierung und Interaktivität bei der EKG-Befundung zulasse, direkter sei und deshalb konventionellen Lernmethoden überlegen wäre (2008). Jedoch ist ihrer Ansicht nach noch eine gründliche Untersuchung dessen nötig, welche Art des Online-Learnings für einen EKG-Kurs am besten ist.

### 2.3.2 Design eines guten Online-Lernkurses

Es gibt Empfehlungen, welche didaktischen Strategien für einen Online-Lernkurs besonders geeignet sein könnten (Cook, Levinson, Garside, et al., 2010). In ihrem Review über Methoden in Online-Lernumgebungen in der Medizin kamen Cook und Kollegen zu dem Schluss, dass vier Merkmale den Lernerfolg signifikant steigerten: Interaktivität der Lernumgebung (beispielsweise mit inhaltlichen Fragen oder Selbstreflexionsaufgaben), ausreichendes Angebot praktischer Übungsbeispiele, Wiederholbarkeit von Lerninhalten sowie das Geben von Feedback zu den Aufgaben (2010). Es hat sich herbei besonders gezeigt, dass computerbasierte Lernumgebungen vor allem dann effektiv sind, wenn so genanntes ausgearbeitetes Feedback („Elaborated Feedback“=EF)<sup>5</sup> zu den Aufgaben gegeben wird (Jaehnig & Miller, 2007). Auch Roels, van Roosmalen und van Soom

---

<sup>5</sup> *Der Lernende erhält die richtig Lösung sowie Informationen dazu, weshalb diese Lösung korrekt ist (Jaehnig & Miller, 2007).*

konnten nachweisen, dass Studenten mehr von EF bei Falschantworten zu einer Aufgabe profitieren, als vom einfachen Bekanntgeben der richtigen Lösung („Knowing the Correct Result“ = KCR) (2010). Shute geht noch mehr ins Detail und bringt konkrete Empfehlungen für effektives EF (2008). Unter anderem betont er, dass dieses Feedback weder zu ausführlich, noch zu kurz sein dürfe und die drei Informationsebenen „why“, „how“ und „what“ bedienen sollte. Zudem wird in dessen Arbeit berichtet, dass ein Zusammenhang zwischen dem Vorwissen der Probanden und der Feedbackform besteht, in dem Sinne, dass fortgeschrittene Probanden eher von KCR als von EF profitieren (Shute, 2008). Letzteres erscheint dabei verständlich, da Probanden mit hohem Wissensniveau vermeintlich andere Ursachen für das falsche Lösen einer Aufgabe haben und sich die inhaltlichen Fehler möglicherweise eher selbst erklären können als jene, denen das nötige Wissen fehlt. Hier könnte, wie bereits diskutiert, der Einsatz spezieller Prompts als interaktives Element in einer Online-Lernumgebung zielführend sein, um Probanden die genaueren Umstände ihres Fehlers bewusst zu machen.

Strukturell gibt es zusammengefasst gute Vorstellungen dazu, was bei der Konstruktion einer Online-Lernumgebung nützlich ist. Aber auch inhaltlich zeigt sich eine Variante eines solchen Kurses als sinnvoll. Denn seit langem werden Patientenfälle im fallbasierten Lernen für die medizinische Ausbildung verwendet, um Studenten auf den medizinischen Alltag vorzubereiten, wobei diese auch in einer Online-Lernumgebung gut funktionieren (Thistlethwaite et al., 2012). Solche Fälle beschreiben eine Patientengeschichte, anhand derer die Studierenden dann Schritt für Schritt eine Thematik erlernen oder üben können. In der Medizin beinhaltet dies zum Beispiel die Bewertung von Anamnese, Untersuchungsbefunden, Labordiagnostik und Bildgebung und führt dann zur Diagnosestellung und Therapieplanung. Die Akzeptanz solcher Fälle und die Motivation der Lernenden bei ihrer Bearbeitung ist üblicherweise

hoch, auch wenn der objektive Nachweis eines Lernerfolges schwierig ist (Thistlethwaite et al., 2012).

## 2.4 Selbstreguliertes Lernen

Lernen bedeutet Erwerb von Wissen und Fähigkeiten (Faller & Lang, 2006). Beim Lernen an sich kann zwischen selbst- und fremdgesteuertem Lernen unterschieden werden (Schiefele & Pekrun, 1993). „Selbstregulation“<sup>6</sup> ist seit den 1980er Jahren ein in der Psychologie viel diskutiertes Konzept, welches anhand ganz unterschiedlicher Thematiken und Modelle beschrieben wurde (Boekaerts, Pintrich, & Zeider, 2000). Kraft beschreibt in einem Artikel zum selbstregulierten Lernen treffend: „Die Schwierigkeit liegt darin, dass im Prinzip jedes Lernen immer irgendwie selbst- und fremdgesteuert zugleich ist.“ (1999, p. 834). Beim klassisch fremdgesteuerten Lernen ist beispielsweise die Situation in der Vorlesung gemeint, bei der ein Professor den Medizinstudierenden Inhalt, Zeitpunkt und Art des Lernens vorgibt, wobei auch hierbei immer eine Selbststeuerung im Lernprozess mitwirkt (Boekaerts & Niemivirta, 2000). Unter selbstregulierten Lernen wird im Gegensatz zu fremdgesteuertem Lernen dennoch jenes Lernen verstanden, dass in der Organisation (Ort, Zeit, Geschwindigkeit), der Koordination mit anderen Tätigkeiten (Beruf, Familie, Freizeit), den gesteckten Lernzielen und in der Lernerfolgskontrolle vom Lernenden selbst bestimmt wird (Kraft, 1999). Selbstreguliertes Lernen gilt als anspruchsvolles Lernen, wenn selbst Ziele gesetzt werden müssen, Aufgabenbereiche analysiert und der Lernfortschritt überwacht und gegebenenfalls angepasst werden muss (Spörer & Brunstein, 2006). In der Medizin ist gerade das EKG ein typisches Thema, das zu einem großen Teil in Eigenregie erlernt und

---

<sup>6</sup> *selbstreguliert wird gleichgesetzt mit selbstgesteuert, autonom oder selbstständig, aus dem engl. „self-directed“ (Kraft, 1999).*

vertieft wird. Die American Heart Association empfiehlt dazu unter anderem die Interpretation von 500 EKGs in der Grundausbildung (Salerno et al., 2003). Da eine solche Anzahl nicht in Vorlesungen abgehandelt werden kann, bietet sich der Einsatz von Online-Lernprogrammen an, welche Studenten selbstgesteuert nutzen können, um ihre EKG-Expertise zu entwickeln. Dabei kann logischerweise jeder selbst regulieren, wie ausführlich er sich mit der Thematik auseinandersetzen möchte, abhängig von eigenen Zielen und Vorlieben. Ein wichtiger Motivationsgrund dürfte aber immer auch das Ziel beinhalten, eine anstehende Prüfung erfolgreich zu bestehen.

Beim selbstregulierten Lernen spielen mehrere zentrale Faktoren eine Rolle. Diese sind Kognition, Metakognition, Motivation und Verhaltensaspekte (Butler & Winne, 1995; Lehmann et al., 2014; Zimmerman, 2008). Dabei liegt der Fokus des selbstregulierten Lernens darauf, inwieweit die Lernenden metakognitiv, motivational und behavioral Teil ihres eigenen Lernens sind, denn akademischer Erfolg wird durch eben diese mitbestimmt (Zimmerman, 2008). Es geht beim selbstregulierten Lernen also nicht nur um den kognitiven Teil des Lernens, den Wissenserwerb an sich, sondern auch um im Wesentlichen diese drei Zusatzebenen. Diese können durch diverse Instrumente (z. B. Fragebögen) messbar gemacht werden. Der Metakognition werden nach der Übersichtsarbeit von Zimmermann von 2008 Attribute wie Konzentration, Sorgfalt, Organisation, kritisches Denken und Planung zugeteilt. Dem Verhalten gehören nach selbiger Arbeit Eigenschaften wie Hilfesuche, Zeitmanagement, Selbsttest und Studierhilfen zu. Zur Motivation zählen nach Zimmermann Merkmale wie Ängste, Einflüsse von außen, Ziele und Konsequenzen. Im Folgenden soll auf die verschiedenen Ebenen der Lernleistung näher eingegangen werden, außerdem sollen Beispiele genannt werden, wie diese messbar gemacht werden können.

### 2.4.1 Kognition

Kognition bedeutet Denken und umfasst unter anderem Prozesse wie Wahrnehmungen, Bewertungen, Interpretationen und das Gedächtnis (Faller & Lang, 2006). Um die Kognition weiterzuentwickeln, zu verbessern oder besser nutzen zu können, lernen wir. Lernen kann dabei bewusst, mit der dazu nötigen Aufmerksamkeit, oder unterbewusst stattfinden (Faller & Lang, 2006). Im Bereich der Lernforschung behandelt der Bereich Kognition unter anderem Gedächtnisleistung, Verständnis oder Lernstrategien (Pintrich, 2000). Gemessen werden kann die Kognition nach Pintrich demnach durch Aufgaben, welche das Erinnerungsvermögen oder die Auffassungsgabe bezüglich einer Bedeutung prüfen. Damit ist die klassische Wissensprüfung gemeint, der sich Studierende ständig in Tests stellen müssen. Bezogen auf das EKG bedeutet Kognition daraus abgeleitet, das intuitive Erkennen einer Pathologie wegen ihrer Ähnlichkeit zu einem bereits gesehenen Muster von Stromkurvenverläufen oder aber durch gezieltes Analysieren der Stromkurvenverläufe diese Pathologie zu erkennen. Es ist das eigentliche Nachdenken über den zunächst wirren Anblick positiver und negativer Zacken gemeint, um aus diesen Rückschluss auf den Gesundheitszustand eines Patienten zu schließen. Natürlich darf dabei niemals die Klinik, also die Symptome eines Patienten vernachlässigt werden, diese müssen in die Entscheidung mit einfließen.

Dass Lernen eine erhebliche Belastung für das Arbeitsgedächtnis an sich bedeutet, erläutert die Cognitive Load Theorie (CLT), welche auch in der Ausbildungsforschung der Medizin untersucht wird. Dieses erstmals durch Sweller (1998) beschriebene Modell beschreibt, welche Arten der Belastung beim Lernen auftreten (Young, Van Merriënboer, Durning, & Ten Cate, 2014). Es werden meistens drei<sup>7</sup> Kategorien der Belastung

---

<sup>7</sup> Nach manchen Autoren werden nur zwei Formen, nämlich ICL und ECL unterschieden, da empirisch drei bisher nicht eindeutig nachgewiesen werden konnten (Kalyuga, 2011).



unterschieden. Diese sind zunächst „Intrinsic Cognitive Load“ (ICL), die durch den Lerninhalt an sich auftritt und abhängig von dessen Komplexität ist, weiterhin „Extraneous Cognitive Load“ (ECL), welche durch die Lernumgebung verursacht wird und „Germane Cognitive Load“ (GCL), welche die Konzentration auf das Lernen fordert (Young et al., 2014). Die Messung des Cognitive Load kann durch Fragebögen erfolgen, wie z. B. in der Studie nach Heitzmann, die den Einsatz von Prompts in der Ausbildungsforschung untersucht (Heitzmann, 2014). Die kognitive Belastung ist zudem ein wichtiger Indikator für die Effektivität einer Lernumgebung, weil sich so das Zurechtkommen mit der Belastung einschätzen lässt (Stark & Mandl, 2005). Nachteilig wirkt sich demnach eine zu komplexe Lernumgebung (hoher ECL) bei einer schwierigen Thematik (großer ICL) aus. Für ein EKG-Lernprogramm bedeutet dies, dass eine zu hohe Komplexität der Lernumgebung negative Auswirkungen auf das Lernen haben kann, da dann das Arbeitsgedächtnis überlastet wird.

#### 2.4.2 Metakognition

“Metacognitive knowledge is one's stored knowledge or beliefs about oneself and others as cognitive agents, about tasks, about actions or strategies, and about how all these interact to affect the outcomes of any sort of intellectual enterprise” (Flavell, 1979, p. 906). Kurz gesagt, Metakognition ist das Denken über das eigene Denken. Dieses beinhaltet zusammengefasst Wissen über den Arbeitsbereich und die Fähigkeit, das Wissen und die Fähigkeiten zu kontrollieren und zu überwachen, um diese an neue Bereiche anzupassen (Smith, Ford, & Kozlowski, 1997). Experten zeigen dabei bessere metakognitive Fähigkeiten in diesem Gebiet als Neulinge (Smith et al., 1997). Metakognition in Bezug auf selbstreguliertes Lernen beinhaltet die Kenntnis über die eigenen akademischen Stärken und Schwächen, die eigenen kognitiven Ressourcen Aufgaben zu lösen und das Wissen darüber, wie das eigene Lernen am besten für einen

Erfolg reguliert werden kann (Winne & Perry, 2000). Bezogen auf das EKG-Lernen bedeutet dies unter anderem, dass der Lernende seine Stärken und Schwächen beim EKG-Befunden kennt. Er weiß beispielsweise, dass er gut Rhythmusstörungen analysieren kann, da er hierzu schon sehr viele EKGs gesehen hat und diese dank bekannter notfallmedizinischer Algorithmen auch entsprechend behandeln kann. Hingegen könnte der Lernende auch wissen, dass er Schwierigkeiten bei Spezialkrankheitsbildern wie dem Brugada-Syndrom hat, da er hierzu zu wenige oder keine EKGs gesehen hat und er entsprechende krankheitstypische Merkmale im Stromkurvenverlauf nicht auswendig wiedergeben oder in einem EKG erkennen kann.

Metakognition kann messbar gemacht werden. Ein Beispiel ist die Messskala für metakognitive Kompetenz, wie sie bei Stark beschrieben wird (Stark, Tyroller, Krause, & Mandl, 2008). Diese umfasst die drei Hauptkriterien der metakognitiven Kontrolle (die Überlegung, ob beim Lernen sinnvoll vorgegangen wird), des metakognitiven Wissens (das Wissen über den eigenen Wissenstand in einem Stoffgebiet) und die metakognitive Sensitivität (die Überlegung, ob man mental zum Lernzeitpunkt aufnahmefähig ist) (Stark et al., 2008). Diese Messskala wurde auch schon bei anderen Studien zu Prompts verwendet, um Metakognition bei der Bearbeitung einer Online-Lernumgebung zu messen (Heitzmann, 2014). Ein weiterer Aspekt von Metakognition während des Lernens, der gerade für Ärzte relevant erscheint, ist die Selbstkontrolle der eigenen Leistung (Dory, Degryse, Roex, & Vanpee, 2010). Auch wenn in anderen Studien laut Dory nur eine geringe Korrelation zwischen der Selbsteinschätzung und der aktuellen Leistung gezeigt werden konnte, beschreibt Dory, dass ein Test der Selbsteinschätzung dennoch wichtig sein kann, um schädliches Unwissen<sup>8</sup> zu detektieren. Dory untersuchte in einer Studie mit Ärzten der Allgemeinmedizin wie sicher sich die Probanden bei der

---

<sup>8</sup> *Der Lernende meint eine Frage sicher richtig beantwortet zu haben, obwohl sie falsch beantwortet ist.*

Beantwortung jeder Frage innerhalb eines Multiple Choice Test waren<sup>9</sup>. Hierbei zeigte sich etwa bei einem Sechstel der beantworteten Fragen schädliches Unwissen, welches bei Männern höher lag (Dory et al., 2010). Diese Erkenntnis ist dahingehend wichtig, da Studenten ihr eigenen Fähigkeiten oft nicht einschätzen können und dazu neigen, sich gerade bei neu erlerntem Wissen zu überschätzen (Dunning, Heath, & Suls, 2004).

### 2.4.3 Motivation

Motivation ist jener Vorgang, der zu Handlungen führt, die durch Motive (Beweggründe und Triebkräfte) hervorgerufen werden (Faller & Lang, 2006). Faller unterscheidet dabei primäre von sekundären Motiven. Primäre Motive dienen dem Überleben des Individuums oder der Art (z. B. Nahrung, Atemluft, Sexualität). Sekundäre Motive werden erlernt und haben eine untergeordnete biologische Basis (z. B. Macht, soziale Anerkennung, Süchte). Als Beispiel für ein sekundäres Motiv bringt Faller das Leistungsmotiv. Demnach unterscheiden sich Menschen darin „etwas gut machen zu wollen“, um z. B. andere zu übertreffen (Faller & Lang, 2006). Das Leistungsmotiv sei zwar genetisch determiniert, aber vor allem durch Umwelteinflüsse wie die familiäre Erziehung erlernt. Auf das Thema Lernen bezogen ist Motivation essentiell für die „Lust am Lernen“ (Brandstätter, 2009). Nach Pintrich lässt sich Motivation bezogen auf das selbstregulierte Lernen dabei in drei Hauptkomponenten unterscheiden: Diese sind die Erwartungskomponente, die Wertekomponente und die affektive Komponente (Pintrich & De Groot, 1990). Unter der Erwartungskomponente wird der Glaube, eine Aufgabe bewältigen zu können, verstanden. Die Wertekomponente beschreibt die Bedeutung einer Aufgabe für eine Person und auch deren Interesse daran. Die affektive Komponente umfasst emotionale Gefühle für eine Aufgabe, wie z. B. die Akzeptanz dieser. Für

---

<sup>9</sup> Die Skala umfasste die Entitäten schädliches Unwissen, Unwissen, Wissen und Nützliches Wissen je nach Übereinstimmung der Lösung und der Selbsteinschätzung (Sehr sicher richtig – sehr unsicher bei der Antwort).

selbstreguliertes Lernen scheint vor allem die intrinsische Motivation<sup>10</sup> mit dem Ziel sich selbst zu verbessern wichtig, um z. B. andere zu übertreffen, was mit einem tiefen Verständnis des Sachverhalts assoziiert ist (Winne & Perry, 2000). Gerade das Erlernen guter diagnostischer Fertigkeiten beim EKG erfordert eine hohe Motivation beim Lernenden, da besonders hier das Ausmaß an Detailwissen mit der Präzision in der Diagnostik assoziiert ist (Peter, 2009). Die Motivation für das EKG-Lernen kann dabei natürlich ganz unterschiedlich begründet sein. Beispiele sind der Wunsch nach guten Noten, der Facharztwunsch ausgehend von medizinischen Interessen und Vorlieben oder der Druck einer anstehenden Prüfung. Messbar gemacht werden kann Motivation bezogen auf eine Lernaktivität etwa durch einen Fragebogen nach dem Vorbild von Prenzel (Prenzel, Eitel, Holzbach, & Schoenheinz, 1993). Diese Fragen wurden auch schon bei anderen Studien zu Prompts verwendet, um Lernmotivation während der Bearbeitung einer Online-Lernumgebung zu messen (Heitzmann, 2014). Weiterhin gibt es Fragebatterien, um Unterkategorien von Motivation zu messen, wie zum Beispiel für das Interesse. Denn ein hohes Interesse an einem Gebiet ist mit einem höherem Lernaufwand und damit besseren Leistungen assoziiert (Schiefele, Wild, & Winteler, 1995). Interesse an einem Fachgebiet wurde beispielsweise bei Stark unter der Überschrift „motivationale Faktoren“ mit 11 Items gemessen (Stark et al., 2008). Weitere wichtige Punkte für die Motivation beim Lernen sind der subjektive Lernerfolg und die Akzeptanz einer Lernumgebung. Eine möglichst positive Beurteilung der Lernumgebung ist wichtig für das erfolgreiche Arbeiten mit dieser, insbesondere im Hinblick auf das Durchhaltevermögen beim Lernen (Stark & Mandl, 2005). Beide Faktoren wurden bereits

---

<sup>10</sup> *Intrinsische Motivation: Motive aus der eigenen Person wie Selbstwertgefühl; Extrinsische Motivation: Motive aus der Umwelt, wie Belohnung od. Geld (Brandstätter, 2009; Pekrun & Schiefele, 1996).*

erfolgreich in Studien durch Fragebatterien gemessen (Heitzmann, 2014; Stark & Mandl, 2005).

#### 2.4.4 Verhaltenskomponente

Unter der Verhaltenskomponente beim selbstregulierten Lernen werden Punkte wie Zeitmanagement, Strategien an Aufgaben heranzugehen, Aufsuchen von Lernhilfen, Strukturierung der Lernumwelt oder das Anwenden von Selbsttests verstanden (Zimmerman, 2008). Es wird auch die Regulation der eigenen Lernbemühungen (etwa beim bewussten Ausblenden von Störfaktoren) oder Anwenden kognitiver Strategien (wie Organisations- oder Elaborationsstrategien) genannt (Pintrich & De Groot, 1990). Da diese Punkte in der vorliegenden Arbeit nicht näher untersucht wurden, wird hier nicht speziell auf sie eingegangen.

### 3 Fragestellung und Hypothesen

Fehldiagnosen sind zusammengefasst ein zentrales Problem der Medizin, bergen aber auch das Potential, aus ihnen zu lernen. Ursachen für Fehldiagnosen sind am häufigsten kognitive Probleme bei der Informationsverarbeitung. Diese Informationsverarbeitungsprobleme sind sogar häufiger als Wissensprobleme. Alleiniges Aufklären über die kognitiven Problematiken bei der Informationsverarbeitung (Bias, Heuristiken und nicht-analytisches Denken) reicht dabei nicht aus, um Fehldiagnosen zu reduzieren. Die Förderung des Lernens muss vielmehr individuell erfolgen, da es bei jedem Einzelnen andere Ursachen für Fehler gibt (Eva, 2005). Prompts stellen dabei ein geeignetes Mittel zur individuellen Lernförderung da. Bisher ist jedoch nicht viel über Prompts zur Revision fehlerhafter Wissensmodelle bzw. zur Reflexion der eigenen Leistung bei vorwissensstarken Probanden bekannt. Durch Prompts könnten aber die vorwissensstarken Probanden gezielt nach ihren Fehlern gefragt werden, sodass sich die Testpersonen ihrer Fehler bewusst werden würden. Daraufhin könnten diese herausfinden, ob der konkrete Fehler durch mangelndes Wissen oder durch Informationsverarbeitungsschwierigkeiten, wie ungenaue Arbeitsweise oder falsche Wissensverknüpfung, hervorgerufen wurde. Diese Problematik dürfte sowohl interindividuell sehr verschieden sein, als auch mit dem Vorwissen zu den unterschiedlichen Themengebieten zusammenhängen. Durch die interindividuell sehr verschiedenen Ursachen von Fehldiagnosen benötigt jeder etwas andere Korrekturformen, um aus seinen Fehlern zu lernen.

Um die verschiedenen Ursachen von Fehldiagnosen erkennen zu können, sollten neben den Wissenslücken auch die kognitiven Fehlerformen (fehlerhafte Datensammlung, fehlerhafte Datenverarbeitung, fehlerhafte Verifizierung) in Lerninterventionen berücksichtigt werden (Graber et al., 2005). Hierfür könnten

Fehleranalyseprompts hilfreich sein, welche dem Nutzer sein individuelles Problem vor Augen führen. Um Studierende beim Lernen aus den eigenen Fehldiagnosen zu unterstützen, wird ein bewusster Umgang mit einer Lernumgebung als nützlich erachtet. Dieser bewusste Umgang könnte durch Begründungsprompts erreicht werden, welche ein aktives Eingeben von Lösungsversuchen fördern. Fehleranalyseprompts, zur individuellen Fehlersuche, und Begründungsprompts, zur Förderung des aufmerksamen Umgangs mit einer Lernumgebung, könnten ein geeignetes Mittel darstellen, um aus den Fehlern bei der EKG-Befundung zu lernen.

Gegenstand dieser Arbeit soll daher die Frage sein, ob der Einsatz von Begründungsprompts und Fehleranalyseprompts die Rate an Fehldiagnosen im EKG bei vorwissensstarken Probanden reduziert. Dazu werden neben der Messung von Wissensunterschieden nach dem Lernen mit Prompts in einer Online-Lernumgebung auch andere Elemente des selbstregulierten Lernens, Kognition, Metakognition und Motivation zur Abbildung des Lernfortschritts gemessen. Es wird dabei von einer positiven Auswirkung der Prompts auf das Lernen ausgegangen. Für die beschriebene Untersuchung werden folgende Forschungsfrage und folgende Hypothesen betrachtet:

Forschungsfrage:

*Hat der Einsatz von Fehleranalyseprompts und Begründungsprompts in einer Online-Lernumgebung im Bereich EKG einen positiven Einfluss auf den Lernerfolg und auf weitere für das Lernen relevante motivationale, metakognitive und kognitive Variablen?*

Hypothese 1:

*Prompts führen zu einem höheren objektiven Lernerfolg in Wissenstests zum Thema EKG-Befundung.*

Damit ergibt sich als unabhängige Variable der Einsatz der Prompts (Fehleranalyseprompts und Begründungsprompts), welche kombiniert und einzeln untersucht werden sollen. Die abhängigen Variablen sind für Hypothese 1 das Abschneiden im Wissenstest nach der Lernintervention und das Abschneiden in der Lernumgebung CASUS während der Lernintervention (vgl. Tabelle 1).

Hypothese 2:

*A: Prompts führen zu mehr Motivation beim Lernen.*

*B: Prompts verbessern die kognitive Verarbeitung des Gelernten.*

*C: Prompts verbessern die metakognitive Verarbeitung des Gelernten.*

Für Hypothese 2, welche den Einfluss der Prompts auf den Lernprozess untersucht, ergibt sich wieder als unabhängige Variable der Einsatz der Prompts (Fehleranalyseprompts und Begründungsprompts), welche kombiniert und einzeln untersucht werden sollen. Die Messinstrumente sind für motivationale Faktoren die Variablen Motivation, subjektiver Lernerfolg und Akzeptanz, für die kognitive Verarbeitung die Variable Cognitive Load und für die metakognitive Verarbeitung die Sicherheit bei der Fragenbeantwortung im Wissenstest (vgl. Tabelle 1).

**Tabelle 1: Hypothesen und Zuordnung der Variablen**

Hypothesen	Unabhängige Variablen	Zu überprüfendes Konstrukt	Abhängige Variablen
Hypothese 1	Begründungsprompts Fehleranalyseprompts	Wissenszuwachs	Leistung im Wissenstest Leistung in CASUS
Hypothese 2A	Begründungsprompts Fehleranalyseprompts	Motivation	Motivation Subjektiver Lernerfolg Akzeptanz
Hypothese 2B	Begründungsprompts Fehleranalyseprompts	kognitive Verarbeitung	Cognitive Load
Hypothese 2C	Begründungsprompts Fehleranalyseprompts	Metakognition	Sicherheit im Wissenstest



## 4 Methoden

### 4.1 Eigene Vorarbeiten

#### 4.1.1 EKG-Online-Kurs in CASUS

Die Untersuchung der Hypothesen bediente sich der webbasierten Lernplattform CASUS zur Erstellung und Präsentation von Patientenfällen (Fischer, Aulinger, & Baehring, 1999). CASUS unterstützt das Einbinden von Multimediadateien und ist damit zur Präsentation von EKG-Fällen geeignet. Das Programm verfügt zusätzlich über verschiedene Fragefunktionen. Die Lernenden können so etwa Multiple Choice Fragen beantworten, Lückentexte ausfüllen, Freitextfragen beantworten oder richtige Antworten in einer Liste unterstreichen, was eine hohe Interaktivität zulässt. Zudem existiert eine Feedbackfunktion, über welche die Lernenden mit dem Autor kommunizieren können. Die Lernplattform ist den Studierenden der LMU München bekannt und wird gut akzeptiert und als motivierend erlebt (Simonsohn & Fischer, 2004).

In CASUS wurde im Frühjahr 2011 ein EKG-Online-Kurs mit sieben Lernmodulen realisiert, der die wichtigsten Basiskenntnisse abdeckt (vgl. Tabelle 2). Anhand von vielen Beispiel-EKG wird dabei auf die wichtigsten Punkte der EKG-Befundung eingegangen und relevante Pathologien erklärt. Der Student bekommt sowohl pathologische EKG vorgelegt, in denen entsprechende Merkmale farbig markiert sind (zum Erlernen der Mustererkennung), als auch einen Text zur theoretischen Vertiefung (zum Erlernen des analytischen Denkens). Anschließend erfolgt das Lernen neuer Pathologien anhand kurzer Patientenfälle mit entsprechendem EKG im Sinne des fallbasierten Lernens. Die Kursinhalte wurden sowohl medizinisch als auch didaktisch von mehreren Fachleuten begutachtet. Die Bearbeitung des Kurses dauerte etwa vier

Stunden. Dieser Kurs diente den Probanden der vorliegenden Studie als Vorbereitungskurs auf die eigentliche Studie. Der Kurs wurde zur Pilotierung zwischen 01.08.2012 und 15.08.2013 insgesamt 349-mal von Studierenden der Universität München begonnen, wovon 210 alle sieben Module absolvierten. Der Kurs wurde somit vor Gebrauch für die folgende Studie vielfach getestet und aufgrund von Feedbacks der Studierenden ständig verbessert.

**Tabelle 2: Lernziele des Vorbereitungskurses**

---

Kursmodul	Lernziele: Der Studierende soll in der Lage sein:
1	<ul style="list-style-type: none"><li>• die normale, bradykarde und tachykarde Herzfrequenz zu erklären</li><li>• die 12 Ableitungen im EKG zu benennen</li><li>• die Wellen und Strecken im EKG zu benennen</li><li>• die Lagetypen im EKG zu kennen und zu identifizieren</li><li>• einen Sinusrhythmus zu erklären</li><li>• die Papiervorschubgeschwindigkeit, die Eichung und die Filterung zu erklären</li></ul>
2	<ul style="list-style-type: none"><li>• die Herzfrequenz im EKG mit und ohne EKG-Lineal richtig zu beurteilen</li><li>• einen Sinusrhythmus im EKG zu erkennen und Unterschiede zu anderen Rhythmen zu identifizieren</li><li>• den Lagetyp eines EKG richtig zu identifizieren</li><li>• die normalen Intervalle zu beschreiben und sie im EKG richtig zu erkennen</li><li>• die normalen Amplituden im EKG zu kennen und sie im EKG richtig zu erkennen</li></ul>
3	<ul style="list-style-type: none"><li>• Erregungsausbreitungsstörungen im EKG zu erkennen</li><li>• Erregungsrückbildungsstörungen im EKG zu erkennen</li></ul>
4	<ul style="list-style-type: none"><li>• eine Hypertrophie des linken Ventrikels im EKG zu erkennen</li><li>• eine Hypertrophie des rechten Ventrikels im EKG zu erkennen</li><li>• eine Hypertrophie des linken Vorhofs im EKG zu erkennen</li><li>• eine Hypertrophie des rechten Vorhofs im EKG zu erkennen</li></ul>

---

---

5	<ul style="list-style-type: none"><li>• ein Vorhofflimmern im EKG zu erkennen</li><li>• ein Vorhofflattern im EKG zu erkennen</li><li>• supraventrikuläre Extrasystolen im EKG zu erkennen</li><li>• ventrikuläre Extrasystolen im EKG zu erkennen</li></ul>
6	<ul style="list-style-type: none"><li>• einen kompletten Linksschenkelblock im EKG zu erkennen</li><li>• einen links-anterioren Hemiblock und einen links-posterioren Hemiblock im EKG zu erkennen</li><li>• einen vollständigen sowie einen unvollständigen Rechtsschenkelblock im EKG zu erkennen</li><li>• einen bifaszikulären Block im EKG zu erkennen</li><li>• einen AV-Block 1., 2., und 3. Grades zu differenzieren</li><li>• einen SA Block 1., 2. und 3. Grades zu differenzieren</li></ul>
7	<ul style="list-style-type: none"><li>• verschiedene Arten des Vorderwandinfarktes (anteroseptal, anterolateral, apikal) im EKG zu erkennen</li><li>• einen Hinterwandinfarkt im EKG zu erkennen</li><li>• die 5 Infarktstadien im EKG zu erkennen und zu erklären</li><li>• einige wichtige Differentialdiagnosen zum ST-Hebungsinfarkt (Perikarditis, Lungenembolie, Aneurysmen der Herzwand, linksventrikuläre Hypertrophie, Linksschenkelblock, Bradykardie) im EKG zu identifizieren</li></ul>

---

#### 4.1.2 EKG-Diagnose-Kompetenzniveaus

Um den diagnostischen Prozess mit den einzelnen kognitiven Schritten bei der EKG-Befundung darstellen zu können, wurden diese nach dem Vorbild bei Höger in vier Kompetenzniveaus (K1-4) unterteilt und sollen im Folgenden kurz erläutert werden (2016).

Das erste Kompetenzniveau (K1) beinhaltet eine objektive Beschreibung des EKGs, bei der der Lernende relevante Stromkurvenverläufe erkennt und korrekt beschreibt. Dabei muss der Stromkurvenverlauf in K1 nicht interpretiert und keine Diagnose erstellt werden. Beispielhaft für Kompetenzniveau 1 erkennt also der Lernende eine ST-Hebung im EKG als Anhebung der ST-Strecke über 0,2 mV zur isoelektrischen Linie in V1 –V4, aVL und I.

Beim zweiten Kompetenzniveau (K2) sollen die erkannten und beschriebenen Stromkurvenverläufe aus K1 zu einem EKG-Befund formuliert werden. Hier muss der Befund noch nicht interpretiert und keine Diagnose formuliert werden. Als Beispiel für Kompetenzniveau 2 formuliert der Lernende auf Basis des obigen Beispiels nun folgenden Befund: ST- Streckenhebung im anteroseptalen Bereich des Herzens.

Im dritten Kompetenzniveau (K3) soll der beschriebene Stromkurvenverlauf im EKG und die klinischen Informationen zum Patienten interpretiert werden und daraus relevante Arbeits- und ggf. Differentialdiagnosen formuliert werden. Anhand des Beispiels beschreibt der Patient pectanginöse Schmerzen, Dyspnoe und Übelkeit. In der Zusammenschau der Befunde formuliert der Lernende die Arbeitsdiagnose eines anteroseptalen STEMI.

Beim vierten Kompetenzniveau (K4) sollen anhand des beschriebenen Stromkurvenverlaufs im EKG und der klinischen Information zum Patienten Entscheidungen zur weiteren Vorgehensweise getroffen (weitere Diagnostik und/oder Therapie) und diese formuliert werden. Im angeführten Beispiel bestimmt der Lernende aufgrund der Diagnose des anteroseptalen STEMI, dass z. B. eine medikamentöse Therapie mit Heparin, ASS, und Morphin gegeben wird und unter anderem eine Troponinabnahme mit erneutes Kontroll-EKG usw. erfolgen soll.

## 4.2 Forschungsdesign

Der Studientyp war als Laborexperiment mit vier Vergleichsgruppen im 2x2 in- between subject Design angesetzt, da sich vier verschiedene Versuchsbedingungen aus der Untersuchung der zwei Arten von Prompts, Begründungsprompts (mit vs. ohne) und Fehleranalyseprompts (mit vs. ohne), ergaben (vgl. Tabelle 3). Die Datenerhebung

erfolgte mit einer Unbedenklichkeitsbescheinigung vom 02.06.2012 der Ethikkommission der medizinischen Fakultät der LMU München.

**Tabelle 3: Versuchsbedingungen der Studie**

Begründungsprompts (BG)	Fehleranalyseprompts (FA)	
	+FA	-FA
+ BG	Gruppe 3 (N=27)	Gruppe 2 (N=31)
- BG	Gruppe 1 (N=22)	Gruppe 4 (N=21)

+FA = mit Fehleranalyseprompts, -FA = ohne Fehleranalyseprompts

+BG = mit Begründungsprompts, -BG = ohne Begründungsprompts

### 4.3 Versuchspersonen

An der Datenerhebung nahmen 101 Medizinstudierende der LMU München mit PJ-Reife<sup>11</sup> teil, wovon 73,3 % Frauen und 26,7% Männer waren. Die Probanden waren im Durchschnitt 26,6 Jahre alt (*SD* 3,7; *Min* 21 Jahre; *Max* 50 Jahre). Durchschnittlich befanden sie sich im 12. Semester (*SD* 1,2; *Min* 10; *Max* 16).

Bei Datenerhebung hatten 15,8% der Probanden noch kein PJ-Tertial absolviert, 27,7% ein Tertial, 31,7% zwei Tertiale und 24,8% hatten alle drei Tertiale des PJs absolviert. 35,6 % der Probanden gaben an, vor der Studie an keinem speziellen EKG-Kurs teilgenommen zu haben. Die anderen 64,4 % hatten während des Studiums Kurse besucht, davon hatten lediglich 10,2 % der Studenten an freiwilligen EKG-Zusatz-Kursen der medizinischen Fakultät oder an freiwilligen Kursen während Famulaturen oder des PJ teilgenommen. 81,2 % der Probanden gaben an, bisher schon selbst EKGs befundet zu haben, 17,8 % verneinten dies. Die Studierenden waren angewiesen, vor der

<sup>11</sup>PJ = praktisches Jahr des Medizinstudiums und letzter Studienabschnitt. Zulassung (bis 04/2013) nach Abschluss aller scheinpflichtigen Veranstaltungen und 4 Monaten Famulatur.

Datenerhebung den siebenteiligen EKG-Vorbereitungskurs in CASUS selbständig von zu Hause zu bearbeiten, um mit ausreichendem Vorwissen an der Studie teilzunehmen.

### 4.3.1 Stichprobenumfang

Der Stichprobenumfang war auf Grundlage einer Poweranalyse auf mindestens 90 Personen festgesetzt. Zur Berechnung des Stichprobenumfangs wurde zur Studienplanung eine Poweranalyse durchgeführt, welche die Power ( $1-\beta^{12}$ ) abhängig von der Stichprobengröße berechnet. Für diese Berechnung können die gewünschte Effektstärke<sup>13</sup>,  $\alpha^{14}$  und das geplante statistischen Testverfahren gewählt werden (hier two-way ANOVA, 2x2 between subject design). Die benötigte Stichprobengröße wird dann abhängig von der Power ausgegeben. Für diese Berechnung wurde die Software *G\*Power* verwendet (Faul, Erdfelder, Lang, & Buchner, 2007) (vgl. Abbildung 1 und 2). Abbildung 2 zeigt die Stichprobengröße als Funktion der Power. Die gewünschte Effektstärke (in *G\*Power* „f“ genannt) war auf 0.3 festgelegt, um mittelgroße Effekte zu detektieren (*G\*Power* definiert angelehnt an Cohen (1988)  $f=0.1$  als klein und  $f=0.4$  als groß), es wurde ein  $\alpha$  von 0,05 gewählt. Die Power soll nach Cohen in medizinischen Untersuchungen etwa  $1 - (4\alpha)$  betragen (1977). Hier also  $1 - (4 \times 0,05) = 0,8$ . Somit ergibt sich für diese Parameter eine Stichprobengröße von mindestens 90 Probanden, um eine Power von mindesten 0.8 zu erzielen. Da bei jeder Erhebung von Daten mit fehlerhaften Datensätzen zu rechnen ist, wurden für die Durchführung 112 Probanden zugelassen. Erfreulicherweise konnten später sogar 100 vollständige Datensätze für die Berechnung der Ergebnisse verwendet werden, was die Power letztlich noch auf knapp unter 0.85 steigerte.

---

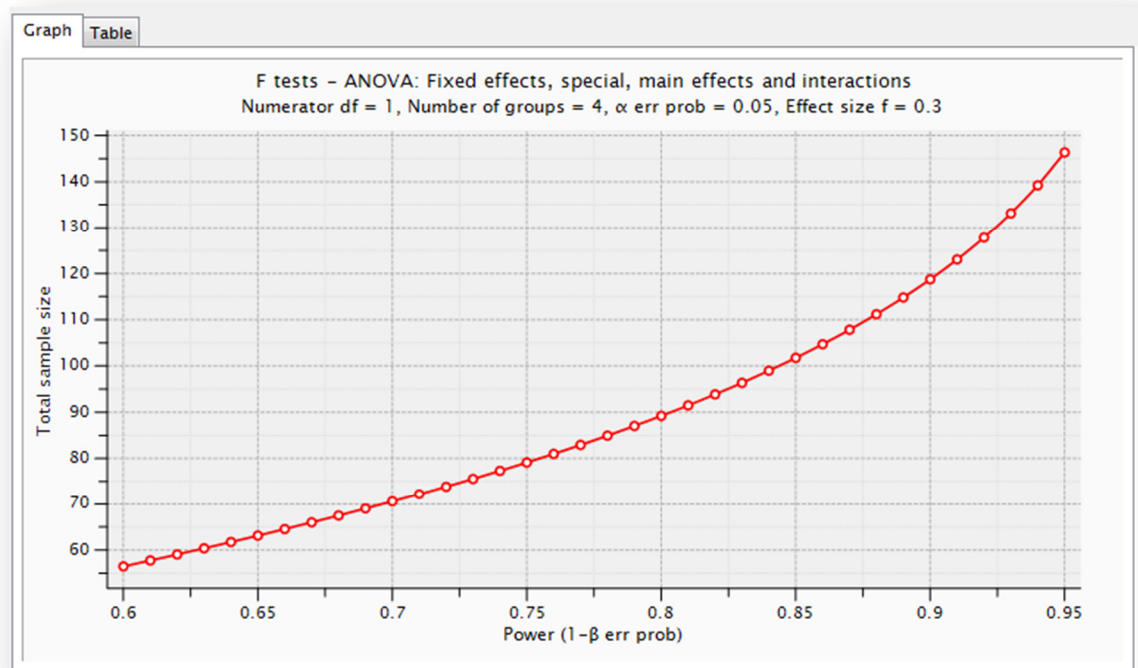
<sup>12</sup> Fehler 2.Art: falsche Annahme der Nullhypothese, die Alternativhypothese ist richtig (Beyer, Hackel, Pieper, & Tiedge, 1980).

<sup>13</sup> Für die Berechnung existieren diverse mathematische Modelle abhängig von der Stichprobe und der gewünschten Teststatistik (Ellis, 2010).

<sup>14</sup> Fehler 1.Art: falsche Annahme der Alternativhypothese, die Nullhypothese ist richtig (Beyer et al., 1980).

Abbildung 1: Screenshot von *G\*Power*

The screenshot shows the G\*Power software interface. The 'Test family' is set to 'F tests' and the 'Statistical test' is 'ANOVA: Fixed effects, special, main effects and interactions'. The 'Type of power analysis' is 'A priori: Compute required number of subjects'. The 'Input Parameters' section includes: 'Effect size f' (0.3), ' $\alpha$  err prob' (0.05), 'Power (1- $\beta$  err prob)' (0.80), 'Numerator df' (1), and 'Number of groups' (4). The 'Output Parameters' section includes: 'Noncentrality parameter  $\lambda$ ', 'Critical F', 'Denominator df', 'Total sample size', and 'Actual power'. A tooltip is visible over the 'Effect size f' field, listing 'Effect size conventions: f = .10 - small, f = .25 - medium, f = .40 - large'.

Abbildung 2: Screenshot der Poweranalyse durch *G\*Power*

### 4.3.2 Stichprobenziehung

Die Anwerbung geeigneter Probanden erfolgte hauptsächlich über das Internet. Es wurde ein Informationsflyer per E-Mail-Verteiler der Fachschaft Medizin an alle eingetragenen Studenten mit PJ-Reife versandt. Zudem wurden ein Link zu dem Flyer auf Facebook und dem Diskussionsforum *mediboard* gepostet. Der Flyer enthielt Informationen zu Inhalt der Studie und Vergütung, Teilnahmebedingungen sowie zu

möglichen Terminen. Interessierte Probanden konnten dann eine im Flyer angegebene E-Mailadresse anschreiben und Fragen zum Ablauf stellen oder sich direkt für einen aus einer Liste frei wählbaren Wunschtermin eintragen lassen. Es standen 8 Termine zur Auswahl, wobei Probanden auf Alternativtermine verwiesen wurden, wenn ihr Wunschtermin schon belegt war.

Pro Termin nahmen zwischen fünf und neunzehn Probanden teil. Insgesamt erschienen elf der angemeldeten Probanden nicht zu ihrem Termin. Die Plätze dieser Probanden wurden nicht nachbesetzt, da es für die einzelnen Termine keine Warteliste gab und viele nur eine kurzfristige oder sogar keine Absage mitteilten. Es nahmen letztendlich von 112 angemeldeten Personen 101 Probanden an der Untersuchung teil.

Die Zuteilung zu den verschiedenen Versuchsgruppen erfolgte zufällig, indem den Probanden mehrere Termine zur Studienteilnahme angeboten wurden. Es gab keinerlei Informationen über die Existenz verschiedener Versuchsbedingungen. Die Probanden konnten unter acht Versuchsterminen auswählen. Die Zuteilung der vier Versuchsbedingungen zu den Terminen erfolgte erst danach. Tabelle 4 zeigt die Teilnehmerzahl der einzelnen Versuchstermine.

**Tabelle 4: Versuchspersonenzahl pro Versuchstermin**

Datum der Erhebung	Teilnehmerzahl	Prozent
08.September 2012	5	5,0
14.September 2012	9	8,9
15.September 2012	13	12,9
28.September 2012	14	13,9
29.September 2012	17	16,8
04.Oktober 2012	6	5,9
13.Oktober 2012	18	17,8
14.Oktober 2012	19	18,8
Gesamtsumme	101	100,0



#### 4.4 Rahmenbedingungen

Die Erhebung der Daten fand an acht Tagen im September und Oktober 2012 statt. Alle acht Studientermine hatten denselben Ablauf. Ort der Datenerhebung war das Zentrum für Unterricht und Studium der Medizinischen Fakultät der LMU am Standort Innenstadt in München. Dieses verfügte über einen PC Raum mit 20 gleich ausgestatteten PCs, welche mit dem Betriebssystem Windows 7 und Internetzugang ausgestattet waren. Der Zugang zum Online-Lernportal CASUS erfolgte über die zum Zeitpunkt der Studierhebung aktuelle Version des Browsers Mozilla Firefox. Der Browser konnte bei jedem PC über ein Icon auf der jeweiligen Desktopmitte gestartet werden. Als Startfenster war das Lernprogram CASUS eingestellt.

An den Versuchstagen wurde allen eintreffenden Teilnehmern zunächst eine Probanden-ID (z. B. ekg52) zugeteilt, unter welcher sie den ganzen Tag arbeiteten. Mithilfe der ID konnten später alle Untersuchungsergebnisse einem Probanden zugeordnet werden. Nach Eintreffen aller Teilnehmer wurde eine allgemeine Begrüßung ausgesprochen und der zeitliche Ablauf des Tages sowie die Vergütung besprochen. Die Probanden wurden insbesondere darauf hingewiesen, dass es sich um eine EKG-Lernstudie handle, sie während des Tages nicht über den Inhalt der Studie sprechen und das Internet benutzen dürfen, alle Aufgaben eigenständig bearbeiten sollen und ihre Handys ausschalten müssen. Nach Klärung etwaiger Fragen und Ausfüllen der Einwilligungserklärung zur Teilnahme an der Studie begann die Datenerhebung. Vor Beginn eines neuen Abschnittes (z. B. Vorwissenstest oder CASUS Fall 1), wurde darauf geachtet, dass alle Probanden den vorhergehenden beendet hatten. Jeder Abschnitt wurde einzeln kurz erklärt und die Probanden mit dem jeweils verwendeten Material vertraut gemacht. Aufsichtspersonal stellte sicher, dass alle Regeln und Ablaufhinweise eingehalten wurden.

Alle Probanden waren mit der Lernumgebung CASUS durch Bearbeitung des Vorkurses von zu Hause vorab bekannt. CASUS selbst enthielt alle Anweisungen, welche zur Bearbeitung nötig waren. Zudem wurden die Probanden angewiesen, CASUS nur über das Icon auf der Bildschirmmitte ihres PC zu starten, da dies einen Link zu einer speziellen, eigens für die Studie veränderten CASUS Version<sup>15</sup> enthielt.

Ein Studientag dauerte acht Stunden, wobei es insgesamt drei Pausen gab; zwei Kaffeepausen zwischen den Lernfällen sowie eine Mittagspause. Sämtliche Verpflegung wurde gestellt, zusätzlich erhielten alle Probanden für ihre Teilnahme ein einmaliges Probandenhonorar von 40 Euro.

#### 4.5 Ablauf der Datenerhebung

Die Probanden trafen um 9 Uhr im Studienzentrum ein, und jeder erhielt seine Probanden-ID. Die Probanden wurden dann aufgefordert sich an den ihrer ID zugewiesenen PC-Arbeitsplatzplatz zu setzen, ohne CASUS zu starten. Vor Beginn der eigentlichen Lernzeit wurde ein Meinungsfragebogen zu persönlichen Merkmalen der Probanden und ein Vorwissenstest zur Thematik EKG ausgegeben. Nachdem die Probanden diese bearbeitet hatten, wurden die Bögen eingesammelt, woraufhin die erste Lernphase mit CASUS am PC stattfand (Dauer zwei Stunden, Bearbeitung von zwei Fällen). Vor dem Mittagessen gab es einen weiteren Meinungsfragebogen zum Lernprogramm. Nach dem Mittagessen fand die zweite Lernphase mit CASUS am PC statt (Dauer zwei Stunden, Bearbeitung von zwei Fällen). Danach folgten wieder ein Meinungsfragebogen zum Lernprogramm sowie ein weiterer Wissenstest zur Thematik

---

<sup>15</sup> Diese Version enthielt einige optisch optimierte Darstellungsmöglichkeiten für die Prompts und andere Bedienfelder, die in der Standardversion nicht verfügbar sind.

EKG. Gegen 17 Uhr endete die jeweilige Erhebung mit Aushändigung der Honorarbögen. Alle Probanden welche die Studie begonnen hatten nahmen bis zum Schluss teil.

#### 4.6 Beschreibung der CASUS Lernfälle

Die Lernumgebung hatte den Zweck, den Probanden im Sinne des fallbasierten Lernens Wissen zu vermitteln, den Einsatz der Prompts zu testen und das Wissen während der Bearbeitung der Fälle zu messen. Ziel der Bearbeitung war die EKG-Diagnosekompetenz der Probanden zu fördern. Die EKG-Diagnosekompetenz wurde vorab zur besseren Übersicht in vier Aufgabenbereiche (Kompetenzniveaus K1-K4 vgl. Kapitel 4.1.2 EKG-Diagnose-Kompetenzniveau) aufgeteilt. In der Lernumgebung CASUS wurden für diese Studie vier Lernfälle erstellt, wobei jeder Fall wiederum Lernkarten zu diesen vier Kompetenzniveaus nach dem Vorbild bei Höger enthielt (K1: „relevante Stromkurvenverläufe erkennen und beschreiben“, K2: „EKG-Befund formulieren“, K3: „Befund interpretieren und Arbeits- und ggf. Differentialdiagnosen erstellen“, K4: „Procedere, ggf. weitere Diagnostik und/oder ggf. Therapie“) (2016). Der Unterschied der Versionen für die Vergleichsgruppen lag in der Verwendung der Prompts. Alle Fälle begannen mit einer Fallvignette und einem EKG, welches die Probanden auch in Papierform ausgeteilt bekamen. Nach Sichtung des EKGs mit der entsprechenden Fallvignette wurden den Probanden Aufgaben zu jedem Kompetenzniveau gestellt. In Kompetenzniveau eins ging es darum, EKG-Bestandteile auszumessen (z. B. RR-Abstände), nach Eingabe der vermuteten Lösung wurde sofort die tatsächliche Lösung angezeigt und die Probanden erhielten Feedback für den Grund dieser Lösung. Danach folgte Kompetenzniveau zwei, hier galt es, die vermessenen EKG-Bestandteile richtig einzuordnen (z. B. Tachykardie), wieder gefolgt von Feedback. Ebenso wurden das Kompetenzniveau drei, das Stellen einer Arbeitsdiagnose aus dem

EKG-Befund und der Klinik des Patienten, sowie das Kompetenzniveau vier, das weitere klinische Vorgehen in diesem Fall, konzipiert. Die Einstellungen in CASUS erlaubten ein Starten eines nachfolgenden Falles nur dann, wenn zuvor alle Lernkarten des vorangehenden Falles bearbeitet wurden. CASUS Kursblock eins beinhaltete zwei Lernfälle, bei denen die Themen Brustschmerz bei akutem Hinterwandinfarkt (Fall 1) und Perimyokarditis (Fall 2) behandelt wurden. CASUS Kursblock zwei enthielt auch zwei Lernfälle. Einerseits ein Fall zum Thema Dyspnoe bei neu aufgetretenem Vorhofflimmern (Fall 3) und andererseits ein Fall zu einem neu aufgetretenem Linksschenkelblock (Fall 4). Die Probanden hatten also vier Fälle mit Fragen zu je vier Kompetenzniveaus zu bearbeiten. Zu jedem Lernfall gab es auf jedem Kompetenzniveau eine Liste mit ca. 30 verschiedenen Antwortmöglichkeiten, aus welcher die zutreffenden Items anzukreuzen waren. Für das Kompetenzniveau K1 waren dies etwa RR-Abstände, P-Amplituden oder ST-Streckenmessungen. Für das Kompetenzniveau K2 folgten erste Beurteilungen wie Tachykardie oder P-dextroatriale. In K3 sollten Differenzialdiagnosen für das vorliegende EKG in Zusammenschau mit der Klinik des Patienten genannt werden (z. B. ST-Hebungsinfarkt). In K4 mussten diagnostische und therapeutische Maßnahmen für den Patienten gewählt werden. Die Probanden sollten aus den Antwortlisten jeweils alle zutreffenden Antworten auswählen. Die Items waren für die Kompetenzniveaus 1, 2 und 4 zur besseren Übersicht weiter in Kategorien gegliedert. Die Items von Kompetenzniveau 3 (Auswahl der Differentialdiagnosen) waren alphabetisch gegliedert. Jedes Item konnte einzeln angeklickt werden, die Items schlossen sich zum Teil aber gegenseitig aus (z. B. gab es drei Items für die Kategorie *Herzfrequenz 2* beim Kompetenzniveau K2, nämlich Bradykardie, Tachykardie und Normofrequenz). Jeder Proband musste während des Kurses überlegen, welche Items sinnvoll anzuklicken sind, theoretisch war es jedoch möglich alle Items auszuwählen. Die Kategorien zu den

jeweiligen Kompetenzniveaus veranschaulicht Tabelle 5. Die kompletten Antwortlisten mit allen Items sind im Anhang (vgl. Kapitel 11.1 Antwortlisten für CASUS) einzusehen. Zur Veranschaulichung des Aufbaus der CASUS Fälle sind auch diese als Komplettversion im Anhang eingefügt (vgl. Kapitel 11.2 CASUS Fälle). Die Antwortlisten zu K1 bis K4 waren für alle Fälle gleich aufgebaut.

**Tabelle 5: Übersicht des Inhalts der Kompetenzniveaus**

Kompetenzniveau	Kategorien für die Antwortitems
K1: Vermessen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Herzfrequenz 1</li> <li>• Rhythmus 1</li> <li>• Lagetyp 1</li> <li>• Intervalle 1</li> <li>• Amplituden 1</li> <li>• Erregungsausbreitungsstörungen 1</li> <li>• Erregungsrückbildungsstörungen 1</li> </ul>
K2: Befund	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Herzfrequenz 2</li> <li>• Rhythmus 2</li> <li>• Lagetyp 2</li> <li>• Intervalle 2</li> <li>• Amplituden 2</li> <li>• Erregungsausbreitungsstörungen 2</li> <li>• Erregungsrückbildungsstörungen 2</li> </ul>
K3: Differentialdiagnosen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Differentialdiagnosen (Liste)</li> </ul>
K4: klinisches Vorgehen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Versorgung</li> <li>• Diagnostik</li> <li>• Eingriff</li> <li>• Handling</li> <li>• Medikamente</li> </ul>

Die Fälle wurden im Vorfeld auf Grundlage eines Standardlehrbuches für Innere Medizin von Herold (2010) in Zusammenarbeit mit einem Oberarzt der Kardiologie der LMU München erstellt und inhaltlich überprüft. Anschließend wurden die Fälle von freiwilligen Studenten getestet (Vorabtest der Fälle in Papierform mit fünf Studenten der Humanmedizin und komplette Pilotstudie in CASUS mit zehn Probanden). Alle CASUS

Fälle wurden von Mitarbeitern des Lehrstuhls Didaktik und Ausbildungsforschung in der Medizin der Ludwig-Maximilians-Universität München didaktisch begutachtet.

## 4.7 Interventionen

Es gab zwei Arten von Prompts, welche experimentell getestet wurden, Begründungsprompts und Fehleranalyseprompts. Die Probanden der Versuchsgruppe mit Begründungsprompts wurden bei jedem Ankreuzen eines Items aus den Antwortlisten aufgefordert, ihre Antwort zu begründen. Für K1 bedeutete dies, den jeweiligen Befund in das ausgeteilte EKG zum Fall zu markieren<sup>16</sup>. Für K2 bis K4 sollten die Probanden ihren Befund neben der ausgewählten Diagnose der Auswahllisten begründen (siehe Abbildung 3).

### Abbildung 3: Beispiel für Begründungsprompt-Felder in K2

**Aufgabe:**

1. Welche Befunde treffen zu? (Da nicht ganz eindeutig, haben wir hier einen Lagetyp aus der Liste genommen)

2. Begründen Sie ihre Antwort dann zusätzlich im Freitextfeld neben der jeweils ausgewählten Antwort!

**Hinweis:**

Die nachfolgende Liste besteht wieder aus 7 Kategorien:

Herzfrequenz, Rhythmus, Lagetyp, Intervalle, Amplituden, ERAS, ERBS

**Multiple Choice-Antwort:**

Bitte wählen Sie die entsprechende(n) Antwort(en) aus.

A  HF: Normokardie

B  HF: Tachykardie

C  HF: Bradykardie

**Begründungspromptfelder** }

<sup>16</sup> z. B. eine ST-Hebung mit einem Stift einkreisen.

Wie im Theorieteil beschrieben, sollte neben dem Versuch Wissenslücken zu füllen, auch die kognitiven Fehlerformen nach Graber, nämlich fehlerhafte Datensammlung, fehlerhafte Datenverarbeitung und fehlerhafte Verifizierung in ein Training einbezogen werden (2005). Die Fehleranalyseprompts sollten individuell jedem Lernenden beim Verständnis seiner eigenen Fehler helfen. Die Prompts bestanden daher aus drei Teilen: Erkennen des gemachten Fehlers, Zuordnung des Fehlers in eine Fehlerform nach Graber und einer Strategie zur zukünftigen Fehlervermeidung. Die Prompts kamen bei jedem Kompetenzniveau in allen vier Fällen zum Einsatz. Sie wurde direkt nach Bekanntgabe des richtigen Ergebnisses der Auswahllisten aber noch vor dem Feedbackteil zwischengeschaltet. Die Abbildungen 4 a-c veranschaulichen die Fehleranalyseprompts.

#### Abbildungen 4 a-c: Beispiel für Fehleranalyseprompts

**Fehleranalyse 1:**

Bitte nur beantworten, wenn Sie in der Karte zuvor einen Fehler hatten, sonst bitte '0' eingeben!

Beantworten Sie bitte die folgende Frage für genau **einen** Fehler, den Sie sich gerade ausgesucht haben.

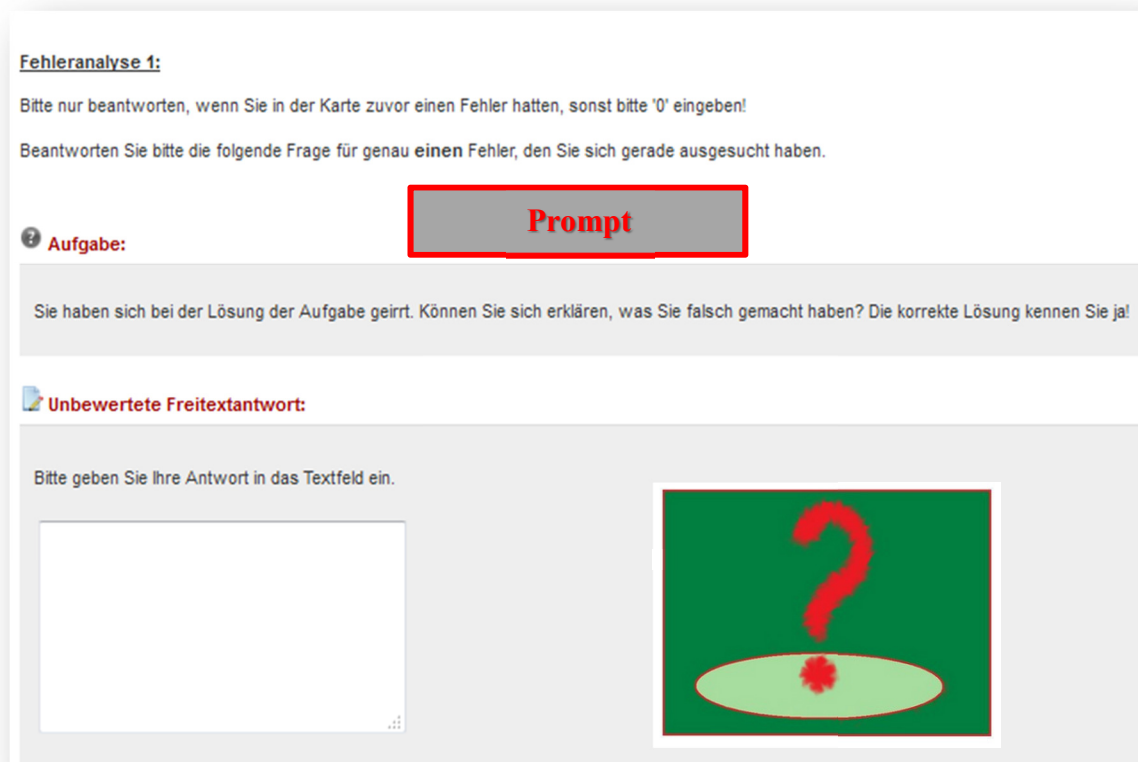
**Aufgabe:**

**Prompt**

Sie haben sich bei der Lösung der Aufgabe geirrt. Können Sie sich erklären, was Sie falsch gemacht haben? Die korrekte Lösung kennen Sie ja!

**Unbewertete Freitextantwort:**

Bitte geben Sie Ihre Antwort in das Textfeld ein.



**Fehleranalyse 2:**

Wer alles richtig hatte, kreuzt '0' an und geht zur nächsten Karte!

Wer mindestens einen Fehler hatte, beantwortet die Frage bitte nur für den einen eben ausgesuchten Fehler!

**Aufgabe:**

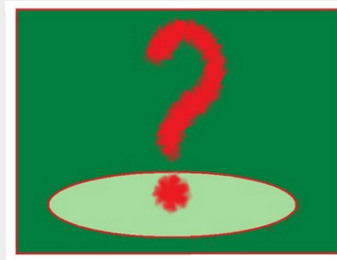
**Prompt**

Bitte ordnen Sie Ihren Fehler einer der vier folgenden Kategorien zu!

- A: fehlendes Wissen
- B: fehlerhafte Informationssammlung
- C: fehlerhaftes Umgehen mit den gesammelten Informationen
- D: fehlerhaftes Verifizieren

**Unbewertete Freitextantwort:**

Bitte geben Sie Ihre Antwort in das Textfeld ein.

**Fehleranalyse 3:**

Wer alles richtig hatte gibt '0' an und geht zur nächsten Karte!

Wer mindestens einen Fehler hatte, beantwortet die Frage bitte nur für den einen ausgesuchten Fehler!

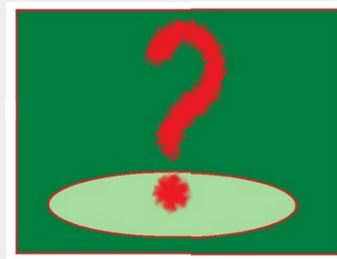
**Aufgabe:**

**Prompt**

Wie können Sie Ihren Fehler das nächste Mal vermeiden?

**Unbewertete Freitextantwort:**

Bitte geben Sie Ihre Antwort in das Textfeld ein.





## 4.8 Methoden der Datensammlung

Die erhobenen Daten aus der Studie wurden entweder papiergebunden auf maschinenlesbaren Antwortbögen (für die verschiedenen Meinungsfragebögen und Wissenstests) oder anhand eines automatischen Ergebnisoutputs (bei CASUS Richtig- und Falschantworten sowie Bearbeitungszeit) gesammelt. Alle maschinenlesbaren Antwortbögen waren mit personalisierten IDs versehen, welche auch dem Login bei CASUS als Pseudonym diente, sodass später alle Ergebnisse anonymisiert einem Probanden zugeordnet werden konnten. Die CASUS Daten wurden direkt in einer Microsoft Excel Tabelle (Version 2010) ausgegeben und konnten in IBM Statistics SPSS (Version 22) übernommen werden. Alle Meinungsfragebögen sowie die Antwortbögen der Wissenstests wurden mit Software der Firma Blubbsoft GmbH erstellt und später ausgewertet (Berndts, Kopinke, & Materlik). Für die Auswertung der Fragebögen wurde die Software *Zensus* verwendet. Für die Auswertung der Wissenstest die Software *Klaus*. Beide Programme erkennen automatisch die angekreuzten Antwortitems der zuvor erstellten Antwortbögen. Zusätzlich erfolgte eine visuelle Kontrolle aller automatischen Erkennungsvorgänge. Anschließend errechneten die Programme für jede ID die Zahlenwerte für die Items der Meinungsfragebögen, die Punktescores für die Richtiglösungen der Wissenstests sowie die Werte für die Sicherheit bei der Fragenbeantwortung der Wissenstests. Die Ausgabe erfolgte in eine Microsoft Excel Tabelle (Version 2010), welche in IBM Statistics SPSS 22 übernommen werden konnte. Zur besseren Übersicht wurden alle erhobenen Daten abhängig von ihrer Relevanz für die eigentliche Fragestellung in verschiedene Kategorien eingeteilt. Es wurden, wie bei Cooper empfohlen, im Folgenden drei Arten von Messinstrumenten unterschieden: Primärmessinstrumente, Sekundärmessinstrumente und Covariablen (2011). Primäre Messinstrumente dienen der Detektion von Gruppenunterschieden für die Beantwortung

der Hauptfragestellung. Diese werden in dieser Studie also dazu verwendet die Hypothese 1 *Prompts führen zu einem höherem objektiven Lernerfolg in Wissenstests zum Thema EKG-Befundung* zu verifizieren. Sekundäre Messinstrumente dienen der Detektion von Gruppenunterschieden mit dem Zweck die Nebenfragestellung (in dieser Studie Hypothese 2A-C) zu beantworten. Hier sollen diese die Frage nach Unterschieden bei motivationalen, metakognitiven und kognitiven Variablen während des Lernvorgangs klären. Außerdem wurden Covariablen erhoben, welche vorbestehende Gruppenunterschiede aufdecken sollen. Um den zeitlichen Ablauf der Untersuchung sowie die Einteilung der Messinstrumente zu veranschaulichen, wurde Tabelle 6 erstellt. Sie zeigt die Art der Messinstrumente und die Reihenfolge ihrer Anwendung. Die Messinstrumente werden in den folgenden Abschnitten dann jeweils genau beschrieben.

**Tabelle 6: Art der Datenerhebung für die Messinstrumente**

<b>Messinstrument</b>	<b>Art des Mess-instruments</b>	<b>Zielvariablen</b>	<b>Art der Datenerhebung</b>
Meinungsfragebogen 1	Covariablen	Allgemeine Fragen Interesse Metakognition EOMS	Maschinenlesbarer Antwortbogen
Vorwissenstest	Covariablen	EKG-Vorwissen Sicherheit im Test	Maschinenlesbarer Antwortbogen
CASUS Fall 1 und Fall 2	Primär	Richtigantworten Bearbeitungszeit	Automatischer Ergebnisoutput
Meinungsfragebogen 2	Sekundär	Cognitive Load Motivation	Maschinenlesbarer Antwortbogen
CASUS Fall 3 und Fall 4	Primär	Richtigantworten Bearbeitungszeit	Automatischer Ergebnisoutput

Messinstrument	Art des Mess-instruments	Zielvariablen	Art der Datenerhebung
Meinungsfragebogen 3	Sekundär	Subjektiver Lernerfolg Akzeptanz Offene Fragen	Maschinenlesbarer Antwortbogen
Wissenstest	Primär Sekundär	EKG-Wissen Sicherheit im Test	Maschinenlesbarer Antwortbogen

Die Messinstrumente einschließlich der vier CASUS CASUS Fälle waren für alle vier Versuchsgruppen gleich. Lediglich der Meinungsfragebogen 3 enthielt für die Promptgruppen zusätzliche Fragen bezüglich der Prompts.

## 4.9 Messinstrumente

### 4.9.1 Primäre Messinstrumente für den EKG-Wissenserwerb

Im Folgenden werden die vier CASUS Lernfälle sowie der Wissenstest als primäre Messinstrumente beschrieben. Mit diesen Messinstrumenten sollten relevante Gruppenunterschiede zwischen den vier Vergleichsgruppen (mit vs. ohne Begründungsprompts & mit vs. ohne Fehleranalyseprompts) festgestellt werden, um zu eruieren, ob die Prompts einen direkten Einfluss auf objektiv messbares Wissen der Probanden haben. Der Wissensstand wurde einmal, während der Lernphase als Erfolg in der Bearbeitung der Fälle, gemessen. Zudem wurde ein abschließender Wissenstest mit Multiple Choice Aufgaben durchgeführt, um Wissen und Wissensanwendung nach Abschluss der Lernintervention zu messen. Es werden zunächst die CASUS Fälle, danach der Wissenstest beschrieben.

In CASUS waren 4 Fälle mit je 4 Antwortlisten (Kompetenzniveaus K1-K4) zu bearbeiten. Insgesamt waren damit aus ca. 450 Items die zutreffenden Punkte auszuwählen gewesen. Um die Reliabilität der CASUS Fragen zu objektivieren, wurde die interne Konsistenz<sup>17</sup> der CASUS Fälle anhand Cronbachs  $\alpha$ , berechnet (Field, 2009).  $\alpha$  hat einen Wertebereich von -1 bis 1. Hohe Werte demonstrieren eine hohe interne Konsistenz. Für kognitive Tests wird ab  $\alpha = 0,8$  von brauchbarer Reliabilität des Tests gesprochen, bei Fähigkeitstests ab  $\alpha = 0,7$  (Field, 2009). Über alle Antwortitems aus CASUS wurde zunächst ein  $\alpha = 0,68$  errechnet. In Fall 1 der CASUS Lernfälle gab es wohl Unstimmigkeiten hinsichtlich der Herzfrequenz des EKGs (nahe an 100/ Minute, für einige Probanden nicht klar zu differenzieren ob  $>/< 100$ ). Somit wurden die Antwortitems für tachykarde/ normokarde Herzfrequenz aus der Auswertung ausgeschlossen. Danach betrug  $\alpha = 0,71$  für den Rest der Antwortitems in CASUS, was als ausreichende Reliabilität für die folgende Auswertung betrachtet wurde. Es wurde ebenfalls ein  $\alpha$  für die einzelnen Fälle berechnet ( $\alpha_{\text{Fall1}} = 0,25$ ;  $\alpha_{\text{Fall2}} = 0,35$ ;  $\alpha_{\text{Fall3}} = 0,44$ ;  $\alpha_{\text{Fall4}} = 0,48$ ). Es wurden außerdem zwei weitere CASUS Fälle (Fall 5 und Fall 6) mit eben beschriebenem Aufbau erstellt, welche als Follow-up Test nach 4 Wochen dienen sollten, wegen mangelnder Teilnahme der Probanden ( $<5\%$ ) aber nicht ausgewertet wurden.

Das zweite primäre Messinstrument für die Feststellung von Wissensunterschieden war ein eigens für die Studie konzipierter Wissenstest, der im Vorfeld auf Grundlage eines Standardlehrbuchs der Inneren Medizin von Herold (2010) und in Zusammenarbeit mit einem Oberarzt der Kardiologie erstellt, inhaltlich überprüft und in einer Pilotstudie getestet wurde. Dieser sollte den Wissenserwerb der Probanden durch Multiple Choice Aufgaben mit Mehrfachauswahl messbar machen. Der Test

---

<sup>17</sup> Field 2009: "In statistical terms, the usual way to look at reliability is based on the idea that individual items (or sets of items) should produce results consistent with the overall questionnaire." (p. 674)

bestand aus 55 Aufgaben, welche auf neun EKG-Fälle und die jeweiligen 4 Kompetenzniveaus verteilt waren (13 Fragen auf Niveau K1, 17 Fragen auf Niveau K2, zehn Fragen auf Niveau K3 und 15 Fragen auf Niveau K4). Ein Fall bestand aus einer kurzen Fallvignette mit EKG und verschiedenen Fragen zu den 4 Kompetenzniveaus. Es gab drei Fälle zum Leitsymptom Brustschmerz, drei Fälle zum Leitsymptom Dyspnoe und drei Fälle zu Rhythmusstörungen. Rhythmusstörungen wurden in den Lernfällen *nicht* behandelt. Zu jeder Frage gab es vier Antwortmöglichkeiten, von denen null bis alle richtig sein konnten. Die Anzahl der richtigen Lösungen war den Probanden nicht benannt. Eine Beispielaufgabe ist in Abbildung 5 dargestellt (das zugehörige EKG („B“) ist im Anhang einzusehen). Dieser Testaufbau wurde gewählt, um die Ratewahrscheinlichkeit für Richtiglösungen zu minimieren und damit das Wissen der Probanden valider messen zu können<sup>18</sup>. Für jede Frage im Test konnten somit 0 bis 4 Punkte erreicht werden. Das Gesamtergebnis wurde als Prozentwert der Richtigantworten angegeben. Der Test mit zugehörigen EKGs ist im Anhang beigefügt (vgl. Kapitel 11.3 Wissenstest). Nach jeder Aufgabe wurde zudem eine Frage zur Sicherheit der Beantwortung gestellt, was im Kapitel 4.9.2 Weitere Messinstrumente näher erläutert wird.

---

<sup>18</sup> Für eine Einfachauswahl (eine aus vier richtig), ergibt sich eine Ratewahrscheinlichkeit von  $\frac{1}{4} = 25\%$  pro Aufgabe. Für die Mehrfachauswahl ( $x$  aus vier richtig) ergibt sich eine Ratewahrscheinlichkeit von  $50\%$  pro Antwortoption, also  $(0,5)^4 \sim 0,06$  bzw.  $6\%$ .

**Abbildung 5: Beispiel einer Posttestfrage**

(zu EKG B) Welche Erregungsrückbildungsstörung/en lässt/lassen sich in Frau B.s EKG erkennen?

(A)  Ja  QRS-Knotung  
 (B)  Ja  ST-Senkungen  
 (C)  Ja  T-Überhöhung  
 (D)   T-Negativierung

Wie sicher sind sie, dass Sie die Frage richtig beantwortet haben?

(A)  sehr unsicher  
 (B)  eher unsicher  
 (C)  eher sicher  
 (D)  sehr sicher

Nach Durchführung des Wissenstests wurden die Fragen noch nachselektiert, um die Reliabilität des Tests zu erhöhen. Alle Items des Wissenstests wurden hinsichtlich ihrer Schwierigkeit<sup>19</sup>, Varianz und Trennschärfe<sup>20</sup> beurteilt, um zu einfache Aufgaben (Index <0,2), zu schwierige Aufgaben (Index >0,8) oder solche mit geringer Trennschärfe nicht in die Auswertung mit einzubeziehen. Es wurden zunächst sehr einfache oder sehr schwierige Aufgaben aussortiert, wenn diese zudem eine geringe Varianz (nahe dem Wert 0) aufwiesen. Danach wurden Aufgaben mit geringer (< 0,1) oder negativer Trennschärfe aussortiert. Für die endgültige Auswertung wurden damit 40 von ursprünglich 55 Aufgaben verwendet. Um die Reliabilität des Wissenstests zu objektivieren wurde auch

<sup>19</sup> (Bortz & Döring, 2006): „Items besitzen unterschiedliche Lösungs- bzw. Zustimmungsraten, die als Itemschwierigkeiten (Itemschwierigkeitsindizes) quantifizierbar sind. Schwierige Items werden nur von wenigen Probanden bejaht bzw. richtig gelöst. Bei leichten Items kommt dagegen fast jeder zum richtigen Ergebnis... Im Allgemeinen werden Itemschwierigkeiten im mittleren Bereich (zwischen 0,2 und 0,8) bevorzugt... Bei dichotomen Antwortalternativen erhält man die Schwierigkeit ( $p_i$ ) von Item  $i$ , indem die Anzahl der richtigen Lösungen bzw. Zustimmungen ( $R$ ) durch die Gesamtzahl der Antworten ( $N$ ) dividiert wird; die Schwierigkeit entspricht damit dem Anteil der »Richtiglöser« oder »Zustimmer« für das betrachtete Item.“ (p. 218)

<sup>20</sup> (Bortz & Döring, 2006): „Die Trennschärfe bzw. der Trennschärfekoeffizient gibt an, wie gut ein einzelnes Item das Gesamtergebnis eines Tests repräsentiert. Die Trennschärfe wird für jedes Item eines Tests berechnet und ist definiert als die Korrelation der Beantwortung dieses Items mit dem Gesamtergebnis... Grundsätzlich sind möglichst hohe Trennschärfen erstrebenswert: Beim Trennschärfekoeffizienten mit einem korrelationstypischen Wertebereich von  $-1$  bis  $+1$  sind positive Werte zwischen 0,3 und 0,5 mittelmäßig und Werte größer als 0,5 hoch.“ (p. 219-220)

hier die interne Konsistenz der Gesamtheit der selektierten Fragen anhand Cronbachs  $\alpha$ , mit  $\alpha = 0,78$  berechnet. Es konnte kein verwertbares Cronbachs  $\alpha$  als Maß für die interne Konsistenz der vermuteten Unterkategorien K1 – K4 oder für die Thematik (Dyspnoe, Rhythmusstörung, Brustschmerz) berechnet werden. Es fand deshalb keine Auswertung für diese Unterkategorien statt, da statistisch kein Zusammenhang dieser Fragen beobachtet werden konnte (Cronbachs  $\alpha$  lag für diese immer unter 0,60; meist deutlich niedriger).

#### 4.9.2 Sekundäre Messinstrumente für den EKG-Wissenserwerb

Zur Beantwortung der Nebenfragestellungen sollen nun die sekundären Messinstrumente beschrieben werden. Wie im Theorieteil erläutert, spielen beim selbstregulierten Lernen neben den kognitiven Elementen auch Motivation und Metakognition eine Rolle (Butler & Winne, 1995; Lehmann et al., 2014; Stark & Mandl, 2005). Nachdem die kognitiven Elemente der Untersuchung durch die CASUS Fälle an sich und den Wissenstest gemessen wurden, wird nun auf die Messung sekundärer Messinstrumente, nämlich Motivation, subjektiver Lernerfolg und Akzeptanz der Lernumgebung, sowie Cognitive Load, und Sicherheit bei der Fragenbeantwortung als metakognitive Elemente beschrieben. Diese sollen weiteren Aufschluss über den Effekt der Prompts auf das Lernen geben.

Nach CASUS Fall 1 und 2 wurden Prozessdaten zu Motivation und Cognitive Load der Probanden mittels des Meinungsfragebogens 2 nach Vorbild einer Promptstudie von Heitzmann erhoben (2014). Nach Beendigung von CASUS Fall 3 und 4 wurden zudem Daten zum subjektiven Lernerfolg und Akzeptanz der Fälle ebenfalls wie bei Heitzmann und offene Fragen zur Bewertung der Fälle allgemein mit dem Meinungsfragebogen 3 erfasst (2014). Sowohl im Vorwissenstest als auch im Wissenstest

wurde die Sicherheit der Probanden bei der Beantwortung jeder Frage gemessen. Alle Fragebögen finden sich im Anhang 11.5 Meinungsfragebögen.

Die Motivation wurde mit einem elf Items umfassenden Fragebogen nach dem Vorbild von Prenzel und Kollegen (1993) erfasst. Die Probanden beantworteten hierfür Items anhand einer vier Punkte Skala, welche von ‚fast nie‘ bis ‚sehr häufig‘ reicht. Ein Beispiel für ein Item ist „Während der bisherigen Lernsituation macht mir das Arbeiten Spaß“. Aus diesen Daten wurde dann ein Mittelwert zur Motivation berechnet. Cronbachs  $\alpha$  für diese Skala betrug dabei 0,78.

Cognitive Load (CL) wurde mittels einer abgeänderten sieben Punkte umfassenden Skala nach dem Vorbild von Paas (1992) gemessen, die von ‚sehr leicht‘ bis ‚sehr schwer‘ reichte und 8 Items umfasste (Paas, Tuovinen, Tabbers, & Van Gerven, 2003). Ein Beispielitem ist „Wie leicht oder schwer finden Sie das Thema EKG-Interpretation?“ Der gesamt CL wurde dann als Mittelwert aller acht Items berechnet. Cronbachs  $\alpha$  für diese Skala betrug 0,81. Für Intrinsic CL stand nur ein Einzelitem zur Verfügung. Extrinsic CL und Germane CL wurden anhand mehrerer Fragen gemessen. Cronbachs  $\alpha$  für Extrinsic CL betrug 0,78, Cronbachs  $\alpha$  für Germane CL Betrug 0,70.

Der subjektive Lernerfolg wurde anhand einer zehn Fragen umfassenden Skala wie bei Stark und Mandl gemessen (2005). Ein Beispielitem lautet „Ich habe das Gefühl, durch die Arbeit mit dem Lernprogramm viel gelernt zu haben“. Die Items wurden anhand einer sechs Punkte Skala beantwortet, die von ‚stimmt überhaupt nicht‘ bis ‚stimmt genau‘ reichte. Daraus wurde dann der Mittelwert des subjektiven Lernerfolgs berechnet. Cronbachs  $\alpha$  betrug 0,92.

Analog wurde auch die Akzeptanz der Lernumgebung wie bei Stark und Mandl gemessen (2005). Diese Skala bestand aus 5 Fragen. Ein Beispiel ist „Die Fälle sind leicht



verständlich“. Hier betrug  $\alpha$  zunächst 0,64, nach Elimination eines Items dann 0,71. Zuletzt wurden noch offene Fragen zu den Fällen allgemein gestellt, die hier jedoch nicht weiter ausgewertet wurden.

Wie erwähnt folgte im Vorwissenstest, wie im Wissenstest, auf jede Wissensfrage eine Sicherheitsfrage<sup>21</sup> („Wie sicher sind Sie, dass Sie dies Frage richtig beantwortet haben“) als metakognitives Element. Es gab hierbei eine 4 Punkte umfassende Antwortskala von ‚sehr sicher‘ bis ‚sehr unsicher‘. Für die Sicherheitsfragen im Wissenstest betrug Cronbachs  $\alpha$  0,91.

#### 4.9.3 Messinstrumente zur Detektion vorbestehender Gruppenunterschiede

Um zu untersuchen, inwieweit sich die Teilnehmer der Studie vorab in verschiedenen Merkmalen unterschieden, werden im Folgenden die berücksichtigten Covariablen erläutert.

Vor Teilnahme an der Studie waren die Probanden angewiesen, einen webbasierten EKG-Vorbereitungskurs in der Lernumgebung CASUS zu bearbeiten. Vor Studienteilnahme wurde der prozentuale Anteil der Bearbeitung gemessen.

Am Studientag mussten die Probanden vor den eigentlichen Lernphasen einen Fragebogen zu persönlichen Angaben, nämlich Alter, Geschlecht, absolvierten medizinischen Ausbildungen, besuchte Universitäten, Anzahl der Studiensemester, Anzahl der PJ-Tertiale, Facharztwunsch sowie Fragen zu Erfahrungen im Bereich EKG beantworten. Zudem standen Fragenpakete zu Interesse und Metakognition wieder nach dem Vorbild der Studien von Heitzmann (2014) zur Beantwortung. Außerdem gab es noch Fragen zum Umgang mit Fehlern in Form der Error Oriented Motivation Scale (EOMS) (Schell, 2012). Der komplette Meinungsfragebogen 1 findet sich im Anhang 11.5 Meinungsfragebögen.

---

<sup>21</sup> Vergleiche (Dory et al., 2010).

Das Interesse an der EKG-Befundung wurde aus dem Mittelwert eines sechs Items umfassenden Fragenabschnitts berechnet, wie bei Stark und Kollegen beschrieben (2008). Ein Beispielitem ist „Ich bin am Thema EKG-Interpretation interessiert“. Die Bewertung der Items erfolgte anhand einer sechs Punkte Likert Skala, welche von ‚stimmt überhaupt nicht‘ bis ‚stimmt genau‘ reichte. Cronbachs  $\alpha$  betrug 0,78.

Zudem gab es eine Fragenbatterie zur Metakognition, welche ebenfalls bei Stark und Kollegen beschrieben ist (2008). Es gab 27 Items, aus denen ein Mittelwert für die metakognitive Kompetenz (Cronbachs  $\alpha=0,88$ ) der Probanden berechnet wurde. Ein Beispielitem lautet „Ich weiß, in welchem Stoffgebiet innerhalb der Medizin meine Schwächen liegen“. Die Fragen gliederten sich auf in die Unterkategorien metakognitives Wissen (Cronbachs  $\alpha =0,84$ ), metakognitive Kontrolle (Cronbachs  $\alpha =0,82$ ) und metakognitive Sensitivität (Cronbachs  $\alpha = 0,71$ ), welche in der vorliegenden Auswertung aber nicht näher untersucht wurden. Die Itemwerte wurden mithilfe einer sechs Punkte Likert Skala erfasst, welche von ‚stimmt überhaupt nicht‘ bis ‚stimmt genau‘ reichte. Für die Messung vorbestehender Gruppenunterschiede der Probanden wurde der Gesamtscore Metakognition sowie die Sicherheit bei der Beantwortung des Wissenstests (Beschreibung folgt im nächsten Abschnitt) herangezogen.

Um den Umgang der Probanden mit Fehlern zu erfassen, wurde die Error Oriented Motivation Scale verwendet, eine Skala zum persönlichen Umgang mit und dem Lernen aus Fehlern. Die EOMS wurde mit freundlicher Genehmigung durch Prof. Kraig L. Schell ins Deutsche übersetzt, durch Rückübersetzung validiert und dann in der Studie angewendet. Die EOMS besteht aus 21 Items, welche durch Faktorenanalyse drei Kategorien zugeordnet werden konnten. Zur Beantwortung der Items stand eine 5 Punkte Skala zur Verfügung, welche von ‚stimmt überhaupt nicht‘ bis ‚trifft voll und ganz zu‘ reichte. Der Umgang mit Fehlern wurde anhand eines Mittelwertes aus allen 21 Fragen

berechnet. Cronbachs  $\alpha$  betrug 0.85. Die EOMS wurde in der vorliegenden Arbeit wegen bereits umfassender anderer Randomisierungstests nicht weiter ausgewertet.

Alle Probanden mussten vor Bearbeitung des ersten Lernfalles einen Vorwissenstest bestehend aus 40 Fragen und 40 Sicherheitsfragen beantworten, um ihr vorbestehendes EKG-Wissen einzuschätzen. Dieser enthielt ursprünglich je 10 Fragen auf den Niveaus K1 bis K4. Der Test wurde auf Grundlage eines Standardlehrbuchs der Inneren Medizin von Herold (2010) erstellt, von einem Oberarzt der Kardiologie der LMU München und mehreren Didaktikexperten inhaltlich und formal überprüft. Genau wie der Wissenstest bestand der Vorwissenstest aus Multiple Choice Aufgaben mit Mehrfachauswahl, wobei pro Frage 0 – 4 Punkte erzielt werden konnten. Nach Durchführung der Studie wurden die Items des Vorwissenstests hinsichtlich ihrer Schwierigkeit, Varianz und Trennschärfe beurteilt. Letztendlich wurden 22 der 40 Aufgaben für die Beurteilung des Vorwissens der Probanden verwendet. Um die Reliabilität des Vorwissenstests zu objektivieren, wurde für das Subset der 22 verbliebenen Items Cronbachs  $\alpha$  mit  $\alpha=0,70$  berechnet. Für die Sicherheitsfragen betrug  $\alpha=0,85$ . Es konnte auch hier kein akzeptables  $\alpha$  für die Unterkategorien K1 – K4 berechnet werden. Es fand deshalb keine Auswertung für diese Unterkategorien statt, da statistisch auch hier kein Zusammenhang dieser Fragen erkennbar war. Der Vorwissenstest ist im Anhang 11.4 Vorwissenstest einzusehen.

#### **4.10 Statistische Analysen**

Für die Auswertung der Daten wurde deskriptive und vergleichende Statistik verwendet, welche vorab erläutert werden soll. Die deskriptive Statistik besteht in der

vorliegenden Untersuchung aus Mittelwerten<sup>22</sup> und Standardabweichungen<sup>23</sup>, der verschiedenen Messinstrumente für die Versuchsgruppen. Für den Vergleich von Mittelwerten eines Testergebnisses, die von mindestens drei unterschiedlichen Gruppen stammen, kann das statistische Verfahren ANOVA<sup>24</sup> eingesetzt werden (Field, 2009). Das Verfahren vergleicht nach Field dabei das Verhältnis der Gesamtvarianz zwischen den Gruppen mit der Varianz innerhalb Gruppen<sup>25</sup>. Das Ergebnis dieses Verfahren ist der Wert  $F$ , welcher Auskunft darüber gibt, ob sich die Mittelwerte (von z. B. Testergebnissen) verschiedener Gruppen statistisch unterscheiden, ob also ein Gruppenunterschied bezüglich eines Messinstruments besteht. Ist  $F < 1$  kann nach Field kein signifikanter Gruppenunterschied bestehen, bei  $F > 1$  muss noch mit Hilfe statistischer Maße<sup>26</sup> geklärt werden, ob das Ergebnis für einen tatsächlicher Effekt spricht oder Zufall ist. Die geschieht abhängig von  $p$ -Wert<sup>27</sup> und Signifikanzniveau  $\alpha$ <sup>28</sup>. Mathematisch gesehen berechnet sich aus den statistischen Maßen für  $F$  zum gewählten Signifikanzniveau  $\alpha$  dabei ein Grenzwert, oberhalb dessen für  $F$  davon auszugehen ist, dass das Ergebnis einen tatsächlichen Effekt der unabhängigen Faktoren auf die Zielvariable darstellt (Field, 2009). Das Signifikanzniveau  $\alpha$  wurde in der vorliegenden Untersuchung, wie in medizinischen Untersuchungen üblich, pro Test zunächst auf 5% festgelegt. Wegen multiplen Testen im vorliegendem Fall, was zu einer Addition der Fehlerwahrscheinlichkeiten von  $\alpha$  führt, wurde dieses für die Hauptuntersuchungen nach Bonferroni<sup>29</sup> angepasst. (Victor, Elsässer, Hommel, & Blettner, 2010). Es bestehen

---

<sup>22</sup> *Arithmetisches Mittel der Messwerte* (Field, 2009).

<sup>23</sup> *Maß für die Streuung der Messwerte* (Field, 2009).

<sup>24</sup> *ANOVA = analysis of variance (engl.)*.

<sup>25</sup>  $F = \frac{\text{Varianz zwischen den Gruppen}}{\text{Varianz innerhalb der Gruppen}}$

<sup>26</sup> *F-Verteilung und gewähltes Signifikanzniveau  $\alpha$*  (siehe Fußnote 28)

<sup>27</sup> *Wahrscheinlichkeit ein Ergebnis irrtümlich für die Grundgesamtheit anzunehmen, da es Zufall in der Stichprobe ist* (Baulig, Al-Nawas, & Kruppenauer, 2008).

<sup>28</sup> *Maximal tolerable Wahrscheinlichkeit für einen Fehler 1. Art* (siehe S.4.3.1 Stichprobenumfang) (Baulig et al., 2008).

<sup>29</sup>  $\alpha$  (korrigiert) =  $\frac{\alpha \text{ (ursprünglich)}}{\text{Anzahl der Tests}}$

statistische Voraussetzungen für die Berechnung einer ANOVA (Unabhängigkeit der Variablen, mindestens intervallskalierte Variablen, Normalverteilung der abhängigen Variablen und Homogenität der Fehlervarianzen) (Field, 2009; Pituch, Whittaker, & Stevens, 2015). Diese Voraussetzungen wurden vorab geprüft und eingehalten. Die abhängigen Variablen sind in der vorliegenden Untersuchung unabhängig und mindestens intervallskaliert. Auf Prüfung der Normalverteilung kann nach Pituch bei größeren Stichproben, wegen des zentralen Grenzwerttheorems<sup>30</sup> verzichtet werden (2015). Die Homogenität der Fehlervarianzen wurde mit dem Levene's Test<sup>31</sup> geprüft, wobei hier von Pituch argumentiert wird, dass ein signifikantes Ergebnis nicht an der Berechnung einer ANOVA hindern soll, wenn die Gruppen etwa gleich groß sind (< als 1,5 fache Größenunterschiede) (2015, pp. 57-58). Somit wurden hier signifikante Wert nicht weiter beachtet, da diese Voraussetzung gegeben war. Da in der vorliegenden Untersuchung der Einfluss von zwei unabhängigen Variablen gleichzeitig (Fehleranalyseprompts und Begründungsprompts) untersucht werden sollte, wurde eine spezielle Form der ANOVA, die two-way ANOVA durchgeführt. Diese hat den Vorteil, dass auch Interaktionseffekte der unabhängigen Variablen untersucht werden können (Field, 2009). Die Ergebnisse werden ebenso wie für die vorab beschriebene one-way ANOVA (eine unabhängige Variable, meist in mindestens drei Ausprägungen) mit Hilfe der eben beschriebenen *F*-Statistik dargestellt. Dies erfolgt bei der two-way ANOVA für beide unabhängige Variablen und deren Interaktion, aufgegliedert in drei Ergebnisabschnitte (Field, 2009). Außerdem wird noch das Effektmaß für jeden Ergebnisabschnitt angegeben. Als Effektmaß wird von SPSS für die two-way ANOVA

---

<sup>30</sup> "any distribution...approaches a normal distribution as the number of observation increases" das bedeutet 10 bis 20 Teilnehmer für moderate Abweichungen und 50 Teilnehmer für große Abweichungen (Pituch et al., 2015, p. 57).

<sup>31</sup> "Levene's Test tests the null hypothesis that the variances in different groups are equal" (Field, 2009, p. 150).

das partielle  $\eta^2$  ausgegeben. Nach Tran gibt dieses den Anteil der Varianz an der Gesamtvarianz an, welcher durch die entsprechende unabhängige Variable erklärt wird<sup>32</sup> (2011). Die Werte addieren sich in mehrfaktoriellen Designs nicht auf eins, da beim partiellen  $\eta^2$  alle anderen Faktoren der Gesamtvarianz herausgerechnet werden (Tran, 2011). Zur groben Abschätzung des Effektes kann dieser nach den Konventionen bei Cohen, abgewandelt nach Miller, wie folgt interpretiert werden: Ein  $\eta^2$  von .01 weist auf einen kleinen Effekt hin, ein  $\eta^2$  von .06 steht für einen mittleren Effekt, ein  $\eta^2$  von .14 deutet einen großen Effekt an.

---

<sup>32</sup> Ein  $\eta^2=.06$  bedeutet z. B. 6% der Varianz werden durch die abhängige Variable erklärt (Tran, 2011).

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Datenbereich

#### 5.1.1 Teilnehmer

An der Datenerhebung im September und Oktober 2012 nahmen 101 Probanden teil. Nach Abschluss der Datenerhebung wurden die Daten eines Probanden wegen unzureichender Bearbeitung der Fehleranalyseprompts<sup>33</sup> von der weiteren Auswertung ausgeschlossen. Alle eingeschlossenen Probanden bearbeiteten mindestens 85% der Prompts. Für die Auswertung standen demnach 100 Datensätze zu Verfügung, deren Aufteilung zu den vier Versuchsbedingungen in Tabelle 3 dargestellt ist. 27 Probanden bearbeiteten EKG-Fälle mit Begründungs- *und* Fehleranalyseprompts. 22 Probanden bearbeiteten EKG-Fälle *nur mit* Fehleranalyseprompts. 31 Probanden bearbeiteten diese *nur mit* Begründungsprompts. 21 Probanden erhielten während der Bearbeitung *keine* Prompts. Es erhielten 58 Personen Begründungsprompts, 42 Personen erhielten keine. 48 Personen erhielten Fehleranalyseprompts, 52 erhielten keine.

#### 5.1.2 Fehlende Daten

Für die Fragebögen mit den demographischen und metakognitiven Daten wurden fehlende Daten der Probanden nicht in die Auswertung mit einbezogen. Im Vorwissenstest und im Wissenstest wurden nicht oder fehlerhaft beantwortete Fragen mit null Punkten bewertet. Daten eines webgestützten, vier Wochen nach der Datenerhebung angeschlossenen Wissenstests in CASUS (Fall 5 und Fall 6) konnten aufgrund mangelnder Teilnahme (<5%) nicht ausgewertet werden.

---

<sup>33</sup> Der Proband bearbeitete nur 58% der Fehleranalyseprompts.

## 5.2 Vorgeschaltete Analysen

Vor dem Bericht der eigentlichen Ergebnisse werden zunächst vorgeschaltete Analysen erläutert, um die Vergleichbarkeit der Versuchsgruppen zu veranschaulichen. Die Randomisierung der Versuchsgruppen wurde durch mehrere Kriterien überprüft. Diese waren die Anzahl der Bearbeitung der Lernkarten (Gesamtzahl 76 Karten) im EKG-Online-Vorbereitungskurs, der Erfolg im Vorwissenstest sowie die Sicherheit bei dessen Beantwortung. Es wurde zusätzlich eine Befragung der Teilnehmer zu ihrem Interesse am EKG-Lernen, sowie zu ihren metakognitiven Fähigkeiten bezüglich des EKG-Lernens durchgeführt. Die Ergebnisse der deskriptiven Statistik dazu sind in Tabelle 7 dargestellt.

**Tabelle 7: Erfolg der Randomisierung (deskriptiv)**

Messinstrument	+FA <i>MW</i>	<i>SD</i>	-F <i>MW</i>	<i>SD</i>	+BG <i>MW</i>	<i>SD</i>	-BG <i>MW</i>	<i>SD</i>
<b>CASUS Vorkurs</b>								
bearbeitete Karten ( <i>Min.</i> 0 Karten, <i>Max.</i> 76 Karten)	73,63	9,62	70,38	16,04	70,69	14,37	73,67	11,84
<b>Vorwissenstest</b>								
Punkte ( <i>Min.</i> 0 Punkte, <i>Max.</i> 88 Punkte)	63,75	8,77	63,17	5,58	63,69	7,29	63,12	7,29
<b>Sicherheit im Vorwissenstest</b>								
Sore ( <i>Min.</i> 1, <i>Max.</i> 4)	2,58	0,41	2,53	0,44	2,63	0,46	2,45	0,36
<b>Interesse</b>								
Score ( <i>Min.</i> 1, <i>Max.</i> 6)	5,00	0,56	4,98	0,72	4,99	0,67	4,98	0,62
<b>Metakognition</b>								
Score ( <i>Min.</i> 1, <i>Max.</i> 6)	4,65	0,46	4,63	0,49	4,55	0,50	4,77	0,41
	+FA+BG		+FA-BG		-FA+BG		-FA-BG	
	<i>MW</i>	<i>SD</i>	<i>MW</i>	<i>SD</i>	<i>MW</i>	<i>SD</i>	<i>MW</i>	<i>SD</i>
<b>CASUS Vorkurs</b>								
bearbeitete Karten ( <i>Min.</i> 0 Karten,	72,19	12,54	75,48	2,18	72,19	12,54	75,48	2,18



<i>Max. 76 Karten)</i>								
<b>Vorwissenstest</b>								
Punkte	63,63	9,05	63,90	8,62	63,63	9,05	63,90	8,62
<i>(Min. 0 Punkte, Max. 88 Punkte)</i>								
<b>Sicherheit im Vorwissenstest</b>								
Score	2,59	0,46	2,56	0,33	2,59	0,46	2,56	0,33
<i>(Min. 1, Max. 4)</i>								
<b>Interesse</b>								
Sore	4,91	0,57	5,13	0,54	4,91	0,57	5,13	0,54
<i>(Min. 1, Max. 6)</i>								
<b>Metakognition</b>								
Score	4,53	0,51	4,81	0,34	4,53	0,51	4,81	0,34
<i>(Min. 1, Max.6)</i>								

+FA = mit Fehleranalyseprompts, -FA = ohne Fehleranalyseprompts

+BG = mit Begründungsprompts, -BG = ohne Begründungsprompts

MW = Mittelwert

SD = Standardabweichung

Um die Gruppenunterschiede zu berechnen wurden two-way ANOVAs mit den unabhängigen Variablen Fehleranalyseprompts (FA), Begründungsprompts (BG) und Interaktion dieser (FA\*BG) durchgeführt (vgl. Tabelle 8). Die Voraussetzungen für die Berechnung der ANOVAS wurden, wie bereits beschrieben, beachtet.

Signifikant waren die Ergebnisse zusammengefasst nur für die Testvariablen Sicherheit bei der Beantwortung des Vorwissenstests und Metakognition für die Begründungspromptgruppe. Hier zeigten sich die Probanden, welche später mit Begründungsprompts arbeiteten, sicherer in der Beantwortung der Wissensfragen im Vorwissenstest und verfügten über weniger metakognitive Fähigkeiten. Der Haupteffekt zwischen Begründungsprompts und Sicherheit bei der Beantwortung des Vorwissenstests war mit  $F(1,96) = 4,22, p=.04$  signifikant. Der Haupteffekt zwischen Fehleranalyseprompts und Sicherheit bei der Beantwortung des Vorwissenstests war nicht signifikant  $F(1,96) = 0,88, p=.35$ . Es gab keine signifikante Interaktion zwischen Begründungsprompts und Fehleranalyseprompts  $F(1,96) = 3,03, p=.09$ . Der Haupteffekt zwischen Begründungsprompts und Metakognition war signifikant  $F(1,96) = 5,08, p=.03$ .

Der Haupteffekt zwischen Fehleranalyseprompts und Metakognition war nicht signifikant  $F(1,96) = 0,08$ ,  $p=.78$ . Es gab keine signifikante Interaktion zwischen Begründungsprompts und Fehleranalyseprompts  $F(1,96) = 0,45$ ,  $p=.51$ . Da die Randomisierung bezüglich Sicherheit im Vorwissenstest und Metakognition nicht erfolgreich war, soll später mittels ANCOVA<sup>34</sup> zusätzlich analysiert werden, welche Auswirkungen dies auf die Ergebnisse hat.

**Tabelle 8: Erfolg der Randomisierung (Signifikanztests)**

	<i>Df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P*</i>	$\eta^2$
<b>CASUS Vorkurs</b>					
+BG	1	201.72	1.12	.29	.012
+FA	1	250.28	1.39	.24	.014
+FA*+BG	1	4.10	0.02	.88	0.00
<b>Vorwissenstest</b>					
+BG	1	7.81	0.15	.70	.002
+FA	1	12.94	0.24	.63	.002
+FA*+BG	1	17.23	0.32	.57	.003
<b>Sicherheit</b>					
+BG	1	0.73	4.22	<b>.04*</b>	.042
+FA	1	0.15	0.88	.35	.009
+FA*+BG	1	0.52	3.03	.09	.031
<b>Interesse</b>					
+BG	1	9.07	0.00	.99	.000
+FA	1	0.09	0.22	.64	.002
+FA*+BG	1	1.09	2.59	.11	.027
<b>Metakognition</b>					
+BG	1	1.12	5.08	<b>.03*</b>	.050
+FA	1	0.02	0.08	.78	.001
+FA*+BG	1	0.10	0.45	.51	.005

\*Signifikante Werte bei einem Signifikanzniveau von .05

+FA = mit Fehleranalyseprompts, -FA = ohne Fehleranalyseprompts

+BG = mit Begründungsprompts, -BG = ohne Begründungsprompts

Die Randomisierung der Probanden zu den Versuchsbedingungen Fehleranalyseprompts, Begründungsprompts und Interaktion dieser Prompts war

<sup>34</sup> Eine ANCOVA ist ein mathematisches Verfahren um bei der Berechnung einer ANOVA Störvariablen herauszurechnen. Die ANCOVA wird verwendet um den Einfluss anderer Faktoren auf die abhängigen Variable mathematisch zu eliminieren, um nur den Effekt der unabhängigen Variablen zu prüfen. (Field, 2009)

erfolgreich, abgesehen von den Punkten Sicherheit im Vorwissenstest und Metakognition für die Begründungspromptgruppe.

## 5.3 Datenauswertung

### 5.3.1 Primäre Fragestellung

Von Interesse für Hypothese 1 war, ob ein Arbeiten in der Lernumgebung mit Fehleranalyseprompts, Begründungsprompts oder deren Kombination den Lernerfolg zum Thema EKG besser fördert, als ein Arbeiten ohne Prompts. Hierzu sollen zunächst die Ergebnisse der abhängigen Variablen, nämlich der Erfolg im Wissenstest und die erfolgreiche Bearbeitung der EKG-Fälle in der Lernumgebung (Summe der Richtigantworten), erläutert werden.

Für die Untersuchung der erfolgreichen Bearbeitung der EKG-Fälle in der Lernumgebung wurden die Mittelwerte aus den richtig angekreuzten Items der Auswahllisten je Fall bezogen auf die maximal zu erreichenden Punkte des Falls berechnet, um die vier Fälle vergleichen zu können. Die Auswahllisten waren auf Grund verschiedener verwendeter Fragenformen nicht komplett identisch für alle vier Fälle. Es wurde eine Mehrfachwahl-Fragen-Form im Kompetenzniveau 1, 2 und 4 verwendet, bei der die Menge an zu markierenden Items nicht vorgegeben wurden. Hingegen im Kompetenzniveau 3 wurde die Menge auf drei zu markierende Items (Fall 2 und 4) bzw. vier zu markierende Items (Fall 1 und 3) festgelegt. Bewertet wurden nur die Richtigantworten, es gab keinen Abzug für Falschantworten. Für den Wissenstest wurde dementsprechend die durchschnittlich erreichte Punktzahl pro Frage (*Max.* 160 Punkte) errechnet (vgl. Tabelle 9).

**Tabelle 9: Erfolg bei der Fallbearbeitung und im Wissenstest (deskriptiv)**

	+FA		-FA		+BG		-BG	
	<i>MW</i>	<i>SD</i>	<i>MW</i>	<i>SD</i>	<i>MW</i>	<i>SD</i>	<i>MW</i>	<i>SD</i>
<b>Fallbearbeitung (gesamt)</b>								
Richtigauswahl ( <i>Min.</i> 0, <i>Max.</i> 100 Prozent)	77,69	7,08	79,08	7,38	77,05	7,88	80,29	5,82
<b>Wissenstest</b>								
Punkte ( <i>Min.</i> 0, <i>Max.</i> 160)	121,35	10,65	120,38	12,27	120,74	11,63	121,00	11,39
	+FA+BG		+FA-BG		-FA+BG		-FA-BG	
	<i>MW</i>	<i>SD</i>	<i>MW</i>	<i>SD</i>	<i>MW</i>	<i>SD</i>	<i>MW</i>	<i>SD</i>
<b>Fallbearbeitung (gesamt)</b>								
Richtigauswahl ( <i>Min.</i> 0, <i>Max.</i> 100 Prozent)	75,56	6,52	80,43	6,98	78,35	8,80	80,14	4,54
<b>Wissenstest</b>								
Punkte ( <i>Min.</i> 0, <i>Max.</i> 160)	120,19	10,83	122,86	10,47	121,23	12,44	119,14	12,21

+FA = mit Fehleranalyseprompts, -FA = ohne Fehleranalyseprompts

+BG = mit Begründungsprompts, -BG = ohne Begründungsprompts

*MW* = Mittelwert

*SD* = Standardabweichung

Für die Auswertung der Ergebnisse wurden, wie im Randomisierungstest, mehrere two-way ANOVAs mit den unabhängigen Variablen Fehleranalyseprompts (+FA), Begründungsprompts (+BG) und Interaktion dieser (+FA\*+BG) berechnet. Die Voraussetzungen dafür wurden, wie bereits beschrieben, beachtet. Für alle Tests wurde eine Anpassung des Signifikanzniveaus  $\alpha$  nach Bonferroni vorgenommen, da es bei multiplen Tests zu einer Addition der Fehlerwahrscheinlichkeiten kommt (Victor et al., 2010). Es wurden sieben multivariate Tests für die gerichteten Hypothesen gerechnet, damit ergibt sich für das ursprüngliche  $\alpha = .05$  nach Bonferroni ein neues Signifikanzniveau von  $\alpha = .007$  (Victor et al., 2010).

Bei der Auswertung zeigte sich, dass der Haupteffekt von Begründungsprompts auf das Ergebnis des Wissenstest nicht signifikant  $F(1,96) = 0.02, p=.90$  war. Der Haupteffekt von Fehleranalyseprompts auf das Ergebnis des Wissenstest war ebenso nicht signifikant  $F(1,96) = 0.32, p=.57$ . Es gab keine signifikante Interaktion zwischen Begründungsprompts und Fehleranalyseprompts  $F(1,96) = 1.03, p=.31$  (vgl. Tabelle 10).

Der Haupteffekt von Begründungsprompts auf das Gesamtergebnis der Fallbearbeitung zeigte auch keine Signifikanz  $F(1,96) = 5.38, p=.02$ . Der Haupteffekt von Fehleranalyseprompts auf das Gesamtergebnis der Fallbearbeitung war nicht signifikant  $F(1,96) = 0.77, p=.38$ . Es gab keine signifikante Interaktion zwischen Begründungsprompts und Fehleranalyseprompts  $F(1,96) = 1.15, p=.29$  (vgl. Tabelle 10).

**Tabelle 10: Erfolg der Fallbearbeitung und des Wissenstest (Signifikanztests)**

	<i>Df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i> *	$\eta^2$
<b>Fallbearbeitung</b>					
<b>(gesamt)</b>					
+BG	1	269.67	5.38	.02	.053
+FA	1	38.40	0.77	.38	.008
+FA*+BG	1	57,84	1.15	.29	.012
<b>Wissenstest</b>					
+BG	1	2.11	0.02	.90	.000
+FA	1	43.45	0.32	.57	.003
+FA*+BG	1	137.41	1.03	.31	.011

\*Signifikante Werte bei einem Signifikanzniveau  $\alpha = .007$  (Anpassung nach Bonferroni)

+FA = mit Fehleranalyseprompts, -FA = ohne Fehleranalyseprompts

+BG = mit Begründungsprompts, -BG = ohne Begründungsprompts

### 5.3.2 Sekundäre Fragestellung

Neben dem messbaren Wissenszuwachs wurde auch untersucht, inwiefern die Modulationen an der Lernumgebung das Lernen indirekt auf kognitiver, motivationaler und metakognitiver Ebene fördert. Diese Ebenen wurden in der vorliegenden Studie operationalisiert durch die abhängigen Variablen „Sicherheit in der Fragenbeantwortung im Wissenstest“, Motivation beim Lernen mit EKG-Fällen, Cognitive Load, den

subjektiven Lernerfolg, die Akzeptanz der Lernumgebung und der Lernzeit. Die Sicherheit im Wissenstest entspricht dem Zahlenwert der durchschnittlichen von den Studenten angegebenen Sicherheit pro Aufgabe. Für die anderen Variablen entspricht der Zahlenwert dem Mittelwert der beschriebenen Scores. Die Lernzeit bei der Fallbearbeitung wurde rein quantitativ erfasst. Dabei zeigte sich, dass die Begründungspromptgruppe im Durchschnitt 96 Minuten auf der Lernplattform arbeitete und damit 25 Minuten mehr als die Probanden ohne Begründungsprompts (71 Minuten). Probanden mit Fehleranalyseprompts arbeiteten im Durchschnitt 88 Minuten auf der Lernplattform, ohne Fehleranalyseprompts 84 Minuten (vgl. Tabelle 11).

**Tabelle 11: Erfolg weiterer Variablen des Lernens (deskriptiv)**

Messinstrument	+FA		-FA		+BG		-BG	
	<i>MW</i>	<i>SD</i>	<i>MW</i>	<i>SD</i>	<i>MW</i>	<i>SD</i>	<i>MW</i>	<i>SD</i>
<b>Sicherheit (Wissenstest) Score</b> ( <i>Min. 1, Max. 4</i> )	2,59	0,34	2,59	0,44	2,69	0,39	2,45	0,35
<b>Cognitive Load Score</b> ( <i>Min. 1, Max. 7</i> )	3,40	0,64	3,20	0,70	3,36	0,72	3,21	0,62
<b>Motivation Score</b> ( <i>Min. 1, Max. 4</i> )	3,00	0,41	3,08	0,38	2,95	0,39	3,16	0,37
<b>Subjektiver Lernerfolg Score</b> ( <i>Min. 1, Max. 6</i> )	4,58	0,77	4,68	0,96	4,41	0,93	4,95	0,69
<b>Akzeptanz Score</b> ( <i>Min. 1, Max. 6</i> )	18,85	3,57	19,60	2,88	18,12	3,45	20,79	2,12
<b>Lernzeit Minuten</b>	87,50	15,51	83,93	30,19	96,47	22,76	70,71	17,41
	+FA+BG		+FA-BG		-FA+BG		-FA-BG	
	<i>MW</i>	<i>SD</i>	<i>MW</i>	<i>SD</i>	<i>MW</i>	<i>SD</i>	<i>MW</i>	<i>SD</i>
<b>Sicherheit (Wissenstest) Score</b> ( <i>Min. 1, Max. 4</i> )	2,64	0,32	2,53	0,36	2,73	0,45	2,38	0,33
<b>Cognitive Load Score</b>	3,49	0,63	3,29	0,64	3,24	0,77	3,12	0,60

---

(Min. 1, Max. 7)

<b>Motivation</b>								
Score	2,84	0,37	3,21	0,37	3,05	0,38	3,12	0,38
(Min. 1, Max. 4)								
<b>Subjektiver</b>								
<b>Lernerfolg</b>								
Score	4,23	0,70	5,04	0,61	4,57	1,07	4,85	0,76
(Min. 1, Max. 6)								
<b>Akzeptanz</b>								
Score	16,89	3,29	21,38	2,01	19,19	3,27	20,19	2,11
(Min. 1, Max. 6)								
<b>Lernzeit</b>								
Minuten	93,03	15,13	80,40	13,17	99,46	27,68	61,02	15,83

---

+FA = mit Fehleranalyseprompts, -FA = ohne Fehleranalyseprompts

+BG = mit Begründungsprompts, -BG = ohne Begründungsprompts

MW = Mittelwert

SD = Standardabweichung

Auch hier wurden für die anschließende Auswertung two-way ANOVAs gerechnet. Aufgrund der Anpassung nach Bonferroni galt für alle Berechnungen ein Signifikanzniveau von  $\alpha=.007$ .

Der Haupteffekt von Begründungsprompts auf die Sicherheit im Wissenstest war signifikant  $F(1,96) = 9.28, p=.003$  (vgl. Tabelle 12). Die deskriptive Statistik beschreibt, dass die Probanden mit Begründungsprompts sicherer waren (vgl. Tabelle 11). Der Haupteffekt von Fehleranalyseprompts auf die Sicherheit im Wissenstest war nicht signifikant  $F(1,96) = 0.17, p=.683$ . Es gab keine signifikante Interaktion zwischen Begründungsprompts und Fehleranalyseprompts  $F(1,96) = 2.51, p=.117$ . Der Haupteffekt von Fehleranalyseprompts auf Cognitive Load war nicht signifikant  $F(1,96) = 2.31, p=.132$ . Es gab keine signifikante Interaktion zwischen Begründungsprompts und Fehleranalyseprompts  $F(1,96) = 0.08, p=.774$ . Der Haupteffekt von Begründungsprompts auf die Motivation beim Lernen war signifikant  $F(1,96) = 8,13, p=.005$  (vgl. Tabelle 12). Die deskriptive Statistik beschreibt, dass die Motivation beim Lernen mit Begründungsprompts geringer war (vgl. Tabelle 11). Der Haupteffekt von

Fehleranalyseprompts auf die Motivation beim Lernen war nicht signifikant  $F(1,96) = 0,66, p=.419$ . Es gab keine signifikante Interaktion zwischen Begründungsprompts und Fehleranalyseprompts  $F(1,96) = 4,12, p=.045$ . Der Haupteffekt von Begründungsprompts auf den subjektiven Lernerfolg war signifikant  $F(1,96) = 10,55, p=.002$  (vgl. Tabelle 12). Die deskriptive Statistik beschreibt, dass der subjektive Lernerfolg beim Lernen mit Begründungsprompts geringer war (vgl. Tabelle 11). Der Haupteffekt von Fehleranalyseprompts auf den subjektiven Lernerfolg war nicht signifikant  $F(1,96) = 0,21, p=.647$ . Es gab keine signifikante Interaktion zwischen Begründungsprompts und Fehleranalyseprompts  $F(1,96) = 2,43, p=.122$ . Der Haupteffekt von Begründungsprompts auf die Akzeptanz der Lernumgebung war signifikant  $F(1,96) = 22,78, p=.000$  (vgl. Tabelle 15). Die deskriptive Statistik beschreibt, dass die Akzeptanz der Lernumgebung mit Begründungsprompts geringer war (vgl. Tabelle 11). Der Haupteffekt von Fehleranalyseprompts auf Akzeptanz der Lernumgebung war nicht signifikant  $F(1,96) = 0,94, p=.335$ . Es gab hier eine signifikante Interaktion zwischen Begründungsprompts und Fehleranalyseprompts  $F(1,96) = 9,24, p=.003$  (vgl. Tabelle 12). Der post-hoc Bonferroni adjustierte Kontrast zeigte für Fehleranalyseprompts einen um 4,49 Punkt höheren Mittelwert der Akzeptanz, wenn keine Begründungsprompts gegeben wurden  $p<.000, 95\% CI (2,86 - 6,13)$ . Für Begründungsprompts zeigte derselbe Vergleich einen um 2,31 Punkt höheren Mittelwert, wenn keine Fehleranalyseprompts gegeben wurden  $p=.003, 95\% CI (0,82 - 3,79)$ . Es zeigte sich zusammengefasst, dass Begründungsprompts die Sicherheit in der Beantwortung der Wissensfragen erhöhen, die Motivation, den subjektiven Lernerfolg und die Akzeptanz der Lernumgebung signifikant negativ beeinflussen.



**Tabelle 12: Erfolg weiterer Variablen des Lernens (Signifikanztests)**

	<i>Df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i> *	$\eta^2$
<b>Sicherheit</b>					
<b>(Wissenstest)</b>					
+BG	1	1.30	9.28	<b>.003*</b>	.088
+FA	1	0.02	0.17	.683	.002
+FA*+BG	1	0.35	2.51	.117	.025
<b>Cognitive Load</b>					
+BG	1	0.62	1.37	.246	.014
+FA	1	1.05	2.31	.132	.023
+FA*+BG	1	0.04	0.08	.774	.001
<b>Motivation</b>					
+BG	1	1.13	8.13	<b>.005*</b>	.078
+FA	1	0.09	0.66	.419	.007
+FA*+BG	1	0.57	4.12	.045	.041
<b>Subjektiver</b>					
<b>Lernerfolg</b>					
+BG	1	7.30	10.55	<b>.002*</b>	.099
+FA	1	0.15	0.21	.647	.002
+FA*+BG	1	1.68	2.43	.122	.025
<b>Akzeptanz</b>					
+BG	1	183.12	22.78	<b>.000*</b>	.192
+FA	1	7.55	0.94	.335	.010
+FA*+BG	1	74.25	9.24	<b>.003*</b>	.088

\*Signifikante Werte bei einem Signifikanzniveau  $\alpha = .007$  (Anpassung nach Bonferroni)

+FA = mit Fehleranalyseprompts, -FA = ohne Fehleranalyseprompts

+BG = mit Begründungsprompts, -BG = ohne Begründungsprompts

### 5.3.3 Randomisierungsproblem

Da die Randomisierung bezüglich der Sicherheit der Probanden bei der Beantwortung im Vorwissenstest nicht erfolgreich war, wurde zusätzlich eine ANCOVA für die Bearbeitung der Sicherheit im Wissenstest berechnet. Ziel war die Sicherheit im Wissenstest für die Begründungspromptgruppe besser beurteilen zu können (diese Gruppe hatte ein signifikantes Ergebnis im Vorwissenstest), indem deren Sicherheit im Vorwissenstest mathematisch ausgeklammert wird. Grundlage dafür war eine vorab durchgeführte Korrelationsrechnung zwischen den Begründungsprompts und der Sicherheit im Vorwissenstest sowie den Begründungsprompts und der Sicherheit im Wissenstest. Die Berechnung ergab eine signifikante Korrelation  $r=0,204$ ,  $p<0,05$  für den Vorwissenstest und einen noch höheren Wert  $r=0,297$ ,  $p<0,01$  für den Wissenstest (vgl. Tabelle 13). Das Ergebnis der ANCOVA mit den unabhängigen Variablen Fehleranalyseprompts (+FA), Begründungsprompts (+BG), Interaktion dieser (+FA\*+BG) und der Covariate Sicherheit im Vorwissenstest zeigte ein signifikantes Ergebnis für die Sicherheit im Wissenstest. Probanden mit Begründungsprompts waren sich im Wissenstest also *noch sicherer* bei der Beantwortung der Fragen und zudem *signifikant sicherer* bei der Beantwortung dieser als ihre Kommilitonen.

**Tabelle 13: Sicherheit im Wissenstest mit der Covariate Sicherheit im Vorwissenstest**

	<i>Df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	$\eta^2$
<b>Covariate</b>	1	5.05	57.13	<b>.00*</b>	.376
<b>+BG</b>	1	.43	4.85	<b>.03*</b>	.049
<b>+FA</b>	1	.00	0.04	.84	.000
<b>+FA*+BG</b>	1	.04	0.41	.52	.004

\*Signifikante Werte bei einem Signifikanzniveau  $\alpha = .005$ .

## 6 Diskussion

Lernen aus Diagnosefehlern muss individuell erfolgen, weil jede Person andere Ursachen für seine Fehler aufweist. Daher war es Ziel der vorliegenden Studie zu untersuchen, ob Fehleranalyseprompts, zur individuellen Fehlersuche, und Begründungsprompts, für den besonders aufmerksamen Umgang mit einer Lernumgebung, geeignete Mittel darstellen, um Studierende beim Lernen aus den eigenen Fehldiagnosen zu unterstützen. Die Ergebnisse zeigen, dass mit dem gewählten Ansatz kein signifikanter Effekt von Fehleranalyseprompts auf die EKG-Diagnosekompetenz Studierender nachgewiesen werden konnte. Es konnte zudem ein insofern negativer Effekt von Begründungsprompts gezeigt werden, als diese Begründungsprompts zu geringerer Motivation, geringerem subjektivem Lernerfolg und weniger Akzeptanz der Lernfälle bei erhöhter Sicherheit<sup>35</sup> in der Fragenbeantwortung im Wissenstest führte. Erhöhte Sicherheit bei gleichzeitig nicht besserer Diagnosefähigkeit kann gerade im klinischen Alltag eines jungen Arztes schnell negative Konsequenzen in Form von Behandlungsfehlern nach sich ziehen.

Zunächst sollen die anfangs erarbeiteten Hypothesen bezüglich ihrer Annahme oder Ablehnung für Fehleranalyseprompts und Begründungsprompts erörtert und mit der Literatur verglichen werden. Im Anschluss daran wird die externe Generalisierbarkeit der Ergebnisse erläutert und die Ergebnisse als Kernpunkt der Diskussion hinsichtlich der Stärken und Schwächen der Studie, gegliedert nach den Phasen der Planung, Durchführung und Auswertung interpretiert.

---

<sup>35</sup> Mehr Sicherheit in der Fragenbeantwortung ohne ein besseres Abschneiden im Wissenstest oder bei den EKG-Fällen.

## 6.1 Stellungnahme zu den Hypothesen

Zur Erinnerung werden nochmals die Forschungsfrage und die Hypothesen dargestellt.

### Forschungsfrage:

*Hat der Einsatz von Fehleranalyseprompts und Begründungsprompts in einer Online-Lernumgebung im Bereich EKG einen positiven Einfluss auf den Lernerfolg und auf weitere für das Lernen relevante motivationale, metakognitive und kognitive Variablen?*

### Hypothese 1:

*Prompts führen zu einem höheren objektiven Lernerfolg in Wissenstests zum Thema EKG-Befundung.*

### Hypothese 2:

*A: Prompts führen zu mehr Motivation beim Lernen.*

*B: Prompts verbessern die kognitive Verarbeitung des Gelernten.*

*C: Prompts verbessern die metakognitive Verarbeitung des Gelernten.*

Die Forschungsfrage nach einem positiven Einfluss von Fehleranalyseprompts und Begründungsprompts auf den Lernerfolg und auf weitere für das Lernen relevante motivationale und kognitive Variablen beim Lernen mit EKG-Fällen muss zu großem Teil verneint werden. Hypothese 1 muss verworfen werden. Die Prompts führten zu keinem messbaren Wissenszuwachs. Für Hypothese 2 müssen die Unterpunkte 2A und 2B verworfen werden. Die Prompts hatten keinen positiven Einfluss auf die Motivation oder Kognition der Probanden, sondern sogar einen negativen auf die Motivation. Es konnte nur für Hypothese 2C die vermutete positive Richtung gezeigt werden, nämlich, dass Begründungsprompts zu einer höheren Sicherheit bei der Fragenbeantwortung führen.

Abweichend von den Hypothesen wurde ein signifikant negativer Einfluss der Prompts gefunden. Begründungsprompts beeinflussten motivationale Faktoren der Probanden signifikant negativ. Die Probanden schätzten bei der Bearbeitung der Fälle mit Begründungsprompts ihre Motivation und den subjektiven Lernerfolg niedriger ein und diese Gruppe zeigte weniger Akzeptanz für die Fälle. Die Kombination aus Begründungsprompts und Fehleranalyseprompts führte zu weniger Akzeptanz der Lernumgebung.

### 6.1.1 Fehleranalyseprompts

In der hier dargestellten Studie konnte zusammengefasst kein Effekt von Fehleranalyseprompts festgestellt werden. Hervorzuheben ist aber, dass für Fehleranalyseprompts alleine im Gegensatz zu Begründungsprompts zumindest kein negativer Effekt festgestellt werden konnte.

Auch Papadopoulos und Kollegen konnten keinen Effekt ihrer Frageanalyseprompts im Software Projekt Management feststellen (2009). In dieser Studie wurden die Frageanalyseprompts so gestellt, dass die Probanden während der Bearbeitung von Lernfällen ihr Wissen beobachten, altes Wissen erinnern und nützliche Schlussfolgerungen ziehen sollten. Im Groben ist dies also vergleichbar mit den hier verwendeten Prompts. Die Gruppengröße der Probanden war allerdings klein und somit auch die Power der Studie. Dennoch gibt Papadopoulos zu bedenken, dass der Misserfolg der Studie daran liegen könnte, dass die Lernzeit im Lernprogramm zu kurz gewesen sein könnte oder der Wissenstest zu zeitnah durchgeführt wurde. Wie bei der hier beschriebenen Studie betrug die Versuchszeit nur einen Tag und der Lernerfolg wurde direkt nach der Lernphase gemessen. Auch in anderen Untersuchungen konnte kein Effekt von Frageanalyseprompts gemessen werden, wenn sie etwa zu abstrakt und ohne konkrete Lernhinweise gestaltet waren (O'neil et al., 2014). Denkbar ist auch, dass die

Messung im Wissenstest falsch angesetzt war. So argumentiert Bannert, dass metakognitive Prompts das Anwendungswissen, aber nicht das Faktenwissen verbessern (2003). Eine entsprechende Zuordnung der Aufgaben des Wissenstests auf die verschiedenen Kompetenzniveaus gelang jedoch nicht. Allgemein kann hier auch angemerkt werden, dass der objektive Lernerfolg bei der Bearbeitung von Patientenfällen allgemein schwierig nachzuweisen ist (Thistlethwaite et al., 2012).

### 6.1.2 Begründungsprompts

Begründungsprompts scheinen einen negativen Einfluss auf das Lernverhalten der Probanden zu haben. Die Probanden der Begründungspromptgruppe waren sich sicherer bei der Beantwortung der Aufgaben, obwohl sie nicht besser abschnitten. Zwar gab es ein Randomisierungsproblem der Gruppen, da die Begründungspromptgruppe bereits im Vorwissenstest eine höhere Sicherheit bei der Fragenbeantwortung angab, doch die ANCOVA zeigte eine noch höhere Sicherheit dieser Probanden im Wissenstest. Die Begründungsprompts scheinen dieses Merkmal also noch zu verstärken. Gerade in der Medizin kann eine zu hohe Sicherheit in der Diagnose, wenn gleichzeitig die Diagnosefähigkeit nicht verbessert wird, negative Konsequenzen nach sich ziehen, weshalb dieses Ergebnis besonders interessant ist. Dies könnte beispielsweise dazu führen, dass ein junger Assistenzarzt in der Notaufnahme seine Diagnosen nicht nochmals von erfahrenen Kollegen überprüfen lässt, weil er sich seiner Sache zu sicher ist, und dann einen Patienten vorschnell falsch behandelt. Es konnte in den vorliegenden Daten kein signifikanter Leistungsunterschied im Wissenstest oder bei der Fallbearbeitung gefunden werden. Würde das Signifikanzniveau allerdings nicht nach Bonferroni angepasst werden (etwa ein  $\alpha$  von 0.05 statt 0.007), würde ein signifikanter Unterschied bei der Fallbearbeitung mit schlechteren Ergebnissen für die Begründungspromptgruppe detektiert werden. Da hier aber eine Vielzahl von Variablen getestet wurden, muss die

Bonferroni-Korrektur angewendet werden. Es konnte kein Effekt der Begründungsprompts auf den Cognitive Load gefunden werden, aber die Probanden zeigten nach Bearbeitung der Fälle deutlich weniger Motivation, weniger subjektiven Lernerfolg und weniger Akzeptanz der Fälle. Der negative Effekt der Begründungsprompts wirkte sich in Kombination mit der Fehleranalysegruppe nur auf Motivation und Akzeptanz der Lernfälle aus. Messbare Leistungsunterschiede der Probanden mit dieser Kombination der Prompts waren nicht festzustellen. Begründungsprompts und auch die Kombination dieser mit Fehleranalyseprompts fördern also den Lernerfolg oder andere kognitive oder motivationale Variablen im gewählten Setting nicht. Begründungsprompts haben einen negativen Einfluss auf motivationale Faktoren der Probanden und mindern allein und in Kombination mit Fehleranalyseprompts die Akzeptanz der Lernumgebung und Motivation des Lernenden.

Diese Ergebnisse decken sich nicht mit denen von Stark und Krause, wo ein positiver Effekt von Begründungsprompts gezeigt werden konnte (2009). Hier mussten die Probanden nicht einzelne Antworten sondern ihr Lernverhalten an sich begründen (wie oft Aufgaben bearbeitet wurden und ob die Aufgaben mit oder ohne Lösungsbeispiele bearbeitet wurden). Der positive Effekt der Begründungsprompts wurde auf die dadurch verbesserten metakognitiven Strategien der Lernenden zurückgeführt. Dieser Effekt konnte hier nicht beobachtet werden. Die Ergebnisse scheinen eher jenen von Nokes und Kollegen zu ähneln, in deren Untersuchung Probanden Reflexionsprompts als unnütz ansahen und diese möglicherweise bei fehlender Motivation nicht ernsthaft bearbeiteten (2011). Es scheint auch hier, dass das Begründen der einzelnen Antwortmöglichkeiten zu einem Motivationsverlust führt, was sich in der verringerten Akzeptanz der Lernfälle und niedrigerer Lernmotivation widerspiegelt. Im Gegensatz zu der vorliegenden Untersuchung hatten die Prompts bei

Stark und Krause (2009) keinen negativen Einfluss auf Akzeptanz der Lernumgebung und subjektiven Lernerfolg der Probanden. Der Grund für den Misserfolg der Begründungsprompts soll im Folgenden noch näher diskutiert werden.

## 6.2 Externe Validität

Die Studienteilnehmer waren Studenten mit PJ-Reife, sie hatten alle scheinpflichtigen Veranstaltungen des Medizinstudiums erfolgreich abgelegt. Einige Studenten hatten mit dem PJ begonnen, andere noch nicht (kein Tertial: 16 Studenten, ein Tertial: 27 Studenten, zwei Tertiale: 32 Studenten, drei Tertiale: 25 Studenten). Die Studenten unterschieden sich abhängig von den durchlaufenen PJ-Tertialen im Vorwissens- und Wissenstest. Diese Studentengruppe sollte für eine Zielpopulation stehen, welche bereits relativ gute EKG-Kenntnisse hat, aber bei denen auch noch Übungsbedarf in diesem Bereich besteht. Die Studienergebnisse zeigen, dass die Studienteilnehmer sinnvoll für die Population der „erfahrenen Medizinstudenten“ eingesetzt werden können. Die Ergebnisse sollten deutschlandweit generalisierbar sein, da für das schriftliche 2. Staatsexamen ein gleiches Wissensniveau erreicht werden sollte. Dies gilt allerdings nicht für andere Länder. Um die externe Validität zu erhöhen, müsste die Studie an mehreren Zentren mit Probanden mit möglichst unterschiedlichem Vorwissensniveau durchgeführt werden.

Die Messinstrumente des Versuchs zeigten alle eine ausreichende Reliabilität, sodass davon ausgegangen werden kann, dass die gemessenen Daten im beabsichtigten Sinne zur Beantwortung der Fragestellungen interpretiert werden dürfen.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung, die unter Laborbedingungen an einem Tag stattfand, lassen sich nicht auf das natürliche Lernen eines Studenten übertragen, welcher den Inhalt des Studientages wohl auf mehrere Tage und kleinere Portionen verteilt hätte



und noch mehr Beispielfälle bearbeiten würde. Dies wäre jedoch im Laborsetting schwer zu replizieren gewesen angesichts zusätzlicher Störvariablen und Probandenschwund (Hildebrandt, 2015).

### 6.3 Interpretation der Ergebnisse

Im Folgenden sollen die Ergebnisse hinsichtlich der Stärken und Schwächen der Studie und im Vergleich zu anderen Arbeiten interpretiert werden. Dabei soll auch erläutert werden, weshalb wahrscheinlich kein Effekt der Fehleranalyseprompts zu messen war und warum sich für die Begründungsprompts sogar ein negatives Ergebnis zeigte. Es werden drei Phasen der Studie unterschieden: Studienplanung und Ausgangssituation, Studiendurchführung, und Studienauewertung.

#### 6.3.1 Stärken und Schwächen der Studienplanung

##### Probandenzahl

Die Studienplanung wurde so durchgeführt, dass mit den 90 Probanden zu einem Signifikanzniveau  $\alpha = 0.05$  und einer Power von  $0,8 (= 1 - 4 * \alpha)$  eine Effektstärke<sup>36</sup>  $f=0.3$ <sup>37</sup> erzielt wird. Eine irrtümliche Annahme dieser mittleren Effektstärke der Prompts könnte ein Grund für die vorliegenden Ergebnisse sein. Der Effekt der Prompts könnte überschätzt worden sein. Um dies zu verdeutlichen, soll die bereits erwähnte Studie von Papadopoulus und Kollegen, welche auch keinen Effekt ihrer Fragenprompts feststellen konnten, genauer betrachtet werden (2009). Mit *G\*Power* lässt sich für die Studienkonstellation bei Papadopoulos und Kollegen (45 Probanden, 3 Gruppen) für eine große Effektstärke  $f$  von  $0,4$  eine Power von  $64 \%$  berechnen. Bei einer mittleren

---

<sup>36</sup> Effektstärke = Bedeutung/Wichtigkeit eines signifikanten Testergebnisses (Field, 2009).

<sup>37</sup> *G\*Power* setzt für ANOVAs ein  $f=0.1$  als kleine Effektstärke;  $f=0,25$  als mittlerer Effektstärke und  $f=0,4$  als große Effektstärke. Dies entspricht der Konvention nach Cohen (Cohen, 1977).

Effektstärke von 0,25 beträgt diese sogar nur 28%. Wenn nun davon ausgegangen wird, dass die angewandten Prompts wie beschrieben doch keinen großen Effekt erzielen, kann mit der Probandenzahl von 45 bei Papadopoulos und Kollegen aufgeteilt auf drei Gruppen zu mehr als 60% kein Gruppenunterschied festgestellt werden, obwohl dieser existiert. Um die Power zu erhöhen, müssten mehr Probanden getestet werden. Demnach kann geschlussfolgert werden, dass der Effekt von Fragenprompts im Allgemeinen kleiner als angenommen zu sein scheint, falls er existiert. Denn die vorliegende Studie erzielt (unter  $\alpha = 0,05$ ) bei  $f = 0,4$  eine Power von 92 %. Es gibt also recht sicher keinen großen Effekt der Prompts. Für  $f = 0,25$  wird hier allerdings auch nur eine Power von 52 % erreicht. Um die Power bei dem kleineren Effekt zu erhöhen, müssten hier, wie bei Papadopoulos und Kollegen, mehr Probanden getestet werden. Wird also angenommen, dass durch das Prompting ein nur mittlerer Effekt erzielt werden kann, müssten für diese Studie Untersuchungen mit Gruppenvergleichen von 3 bis 4 Gruppen zwischen 250 bis 280 Probanden getestet werden, um eine Power von 95 % bei der Analyse zu erzielen. Wenn die Prompts nur zu einem kleinen Effekt führen ( $f = 0,1$ ), müssten sogar 1500 bis 1700 Probanden getestet werden. Dies verdeutlicht die starke Bedeutung der Studienplanung und gibt Vorgaben für weitere Untersuchungen. Es lässt sich zusammenfassen, die Effektstärke könnte überschätzt worden sein. Falls Fehleranalyseprompts doch einen Effekt zeigen, ist dieser kleiner als angenommen. Dies müsste in zukünftigen Untersuchungen dann mit einer größeren Probandenzahl getestet werden. Zudem lässt sich daraus für Begründungsprompts im Umkehrschluss ableiten, dass der negative Effekt dieser recht groß zu sein scheint.

### Selbstselektion

Alle Probanden meldeten sich freiwillig. Diese Selbstselektion der Probanden kann ein Problem für die interne Validität der Studie darstellen, da dies als Störfaktor für

die Ergebnisse gelten kann, der nicht zu kontrollieren ist (Hildebrandt, 2015). Denkbar ist, dass die Selbstselektion der Probanden etwa dazu führte, dass sich nur Probanden meldeten, welche sich ein Taschengeld verdienen wollten, aber kein großes Interesse am EKG-Lernen haben, oder dass sich Probanden meldeten, die noch besonders viele Lücken im Bereich EKG hatten, welche sie schnell in einem Kurs schließen wollten. Dann wäre es nur logisch, dass die Begründungsprompts auf solche Probanden demotivierend wirken, da hierdurch die vielen eigenen Wissenslücken verstärkt zum Vorschein kommen. Es ist ebenso möglich, dass gerade in der Begründungspromptgruppe einige EKG-Neulinge waren, welche den Kurs besuchten, um vor dem PJ oder Examen schnell nochmals ihr Wissen aufzufrischen. Diese Gruppe verfügte vorab über weniger metakognitive Fähigkeiten als die Studenten in den Vergleichsgruppen. Dennoch waren sich die Probanden dieser Gruppe sicherer in der Beantwortung der Vorwissensaufgaben. Dies ist typisch für Wissensneulinge, die ihr Wissen oftmals überschätzen (Dunning et al., 2004). Zwar konnte eine ANCOVA für diese Ergebnisse immer noch einen signifikant positiven Effekt der Begründungsprompts auf die Sicherheit im Wissenstest zeigen, dennoch ist hier ein Selbstselektionsproblem der Probanden nicht auszuschließen. Damit kann nicht komplett ausgeschlossen werden, dass die Ergebnisse mit anderen Probanden anders ausfallen würden.

### Vorwissen und Instructional Fit Hypothesis

Als Studienpopulation wurden bewusst Studenten mit EKG-Vorwissen gewählt. Alle Probanden hatten mindestens PJ-Reife und damit erfolgreich alle Scheine des Medizinstudiums, inklusive des Scheines für Innere Medizin, absolviert. Zusätzlich hatten alle Probanden im Vorfeld den webbasierten EKG-Kurs mit 76 Übungskarten und Beispiel-EKGs bearbeitet. Hier gab es keine signifikanten Unterschiede in der Bearbeitung des Kurses zwischen den Gruppen. Alle Gruppen bearbeiteten den Kurs

nahezu vollständig. Auch im Vorwissenstest konnten keine Wissensunterschiede zwischen den Gruppen festgestellt werden. Cronbachs  $\alpha$  war für den Vorwissenstest mit 0.7 ausreichend hoch. Somit kann bei den formalen Versuchsvoraussetzungen keine Schwäche gezeigt werden. Fraglich bleibt dennoch, wie gut das Vorwissen der Probanden tatsächlich war, auch hinsichtlich des Selbstselektionsproblems, und ob das Vorwissen vor allem ausreichend war, um nach der *Instructional Fit Hypothesis* (Nokes et al., 2011) mit den Prompts, vor allem mit den Fehleranalyseprompts umzugehen. Eine wichtige Erkenntnis für den Erfolg von Frageanalyseprompts erläutern Nokes und Kollegen durch die *Instructional Fit Hypothesis* (Nokes et al., 2011). Diese beschreibt, inwieweit die Art oder Ausgestaltung von Prompts zur einer gewünschten Wissensverbesserung bei Lernenden führt. Nämlich, dass Prompts zum Füllen von Wissenslücken für Vorwissenschwache und Prompts für die Revision eines Wissensmodells für Vorwissensstarke nützlich sein können. In ihrer Studie bekräftigten die Forscher dies, indem sie zeigten, dass nur die Wissenslückenprompts in einem Physiklernprogramm für Studenten nützlich waren, weil die Probanden wenig Wissen auf diesem Gebiet hatten. Es wurde keine Untersuchung für vorwissensstarke Probanden durchgeführt. Selbiges geben auch O'Neil und Kollegen in ihrer Untersuchung zu Fragenprompts wieder, nämlich dass es auf die Art der Frageanalyseprompts ankommt (O'Neil et al., 2014). Frageanalyseprompts an sich können nach den Autoren nützlich sein oder nicht. Bei O'Neil wurden Frageanalyseprompts in einem Mathematiklernprogramm für Schüler getestet. Hier zeigte sich, dass die Prompts keinen Effekt zeigten, wenn sie zu einfach oder zu abstrakt gestellt waren. Nützlich waren Prompts, welche die Probanden dazu brachten, Verknüpfungen zwischen dem Lernprogramm und Mathematikproblemen zu finden. Wieder konnten abstrakte Prompts zur Revision von Wissensmodellen keinen Nutzen zeigen, sondern nur solche Prompts waren nützlich, die den direkten

Zusammenhang zwischen Lernprogramm und Mathematik darstellten, also auch Wissenslücken schlossen. Es wurden allerdings auch hier Schulkinder mit wenig Vorwissen untersucht. Die Prompts könnten nach diesen Erkenntnissen zusammengefasst also doch nur unzureichend zu den untersuchten Probanden gepasst haben, falls deren EKG-Wissen geringer als gedacht war. Es ist denkbar, dass diese Art der Prompts nur für EKG-Experten nützlich ist. Das EKG-Wissen von PJ-Studenten könnte trotz der vorausgegangenen Tests und Kursvorbereitung insgesamt zu gering sein, um von Prompts zur Revision eines inneren Wissensmodells zu profitieren. Ein bewusster Umgang<sup>38</sup> mit der Lernumgebung könnte bei diesen Prompts im Bereich EKG nur dann möglich sein, wenn die Wissenslücken der Teilnehmer nicht im Vordergrund stehen. Dieser Zusammenhang könnte ein weiterer Grund für den Misserfolg der hier getesteten Prompts sein.

### 6.3.2 Stärken und Schwächen der Studiendurchführung

#### Cognitive Load Theory

Alle Probanden bearbeiteten die vier Lernfälle am Studientag unter gleichen Bedingungen. Fall 1 behandelte den Myokardinfarkt, Fall 2 die Perimyokarditis, Fall 3 das Vorhofflimmern und Fall 4 den Linksschenkelblock. Alle Themen sollten von einem PJ-Studenten zu meistern sein, die Frage ist aber dennoch, ob die Fälle in Kombination mit den Prompts das Arbeitsgedächtnis der Studenten überforderten. Die bereits beschriebene Cognitive Load Theory (CLT) unterscheidet zumeist die drei Kategorien Intrinsic Cognitive Load (ICL), Extraneous Cognitive Load (ECL) und Germane Cognitive Load (GCL) (Sweller, 1988). Wichtig für das Verständnis dieser Theorie ist, wie Young (Young et al., 2014) zusammenträgt, dass das Arbeitsgedächtnis nur eine begrenzte Speicherkapazität hat und somit auch nur eine gewisse Anzahl an

---

<sup>38</sup> *Vergleiche Einleitung: Studie von Stark (Stark & Krause, 2009).*

Informationen bearbeiten kann, welche auch von der zu einem Thema bereits erworbenen Fachkompetenz abhängt. Zudem ergänzen sich ICL und ECL dahingehend, dass das eine geringer sein muss, falls das andere größer ist und umgekehrt (Carlson, Chandler, & Sweller, 2003; Young et al., 2014). Übertragen auf die Prompts heißt das, wenn die Probanden einen besonders schwierigen EKG-Fall lösen sollen (hohe ICL), muss dieser einfach zu bearbeiten sein, ohne viel Ablenkung durch den Lernfall an sich (wenig ECL oder keine Prompts, die zusätzlich vom Fall ablenken). Es lässt sich also argumentieren, dass die Prompts an sich nicht funktionieren könnten, wenn das Bearbeiten der EKG-Fälle (für die untersuchten Probanden) zu schwierig ist. Unklar bleibt, ob die EKG-Fragen noch einfacherer sein müssten, damit die Prompts funktionieren, der ICL also reduziert werden müsste, oder nur EKG-Experten mit wenig ICL profitieren würden. Dagegen spricht wiederum die Messung der Cognitive Load im Prozessfragebogen. Hier ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Versuchsgruppen für den gesamten CL und auch nicht für die Kombination aus Fehleranalyseprompts und Begründungsprompts, was aus dieser Theorie zu erwarten gewesen wäre.

### Bearbeitungszeit und analytisches Denken

Wie beschrieben erleichtert nicht-analytisches Denken zwar das schnelle und unkomplizierte Zurechtkommen im Alltag, ist aber auch eine potentielle Fehlerquelle. Aus der Reihe sticht in diesem Zusammenhang eine Arbeit von Norman und Kollegen (2014). Hierbei wurde festgestellt, dass analytisches Diagnostizieren nicht zu mehr korrekten Diagnosen führt, als die Aufforderung schnell zu arbeiten (Norman et al., 2014). Obwohl die eine Probandengruppe dieser Studie 30% mehr Zeit für ihre Diagnosen aufwand, waren diese nicht häufiger korrekt als die der Kontrollgruppe. Bei Norman waren zudem Fehldiagnosen mit einer längeren Bearbeitungszeit assoziiert. Dies ist auch bei der hier beschriebenen Untersuchung zu beobachten. Die

Begründungspromptgruppe bearbeitete die Lernfälle länger (96 Minuten) als die anderen Probanden (71 Minuten). Für die Fehleranalysepromptgruppe war der Unterschied kleiner (88 Minuten mit Prompt versus 84 Minuten ohne). Die Annahme war, dass Begründungsprompts einen aufmerksameren, analytischeren Umgang mit den Fällen bewirken, was sich in einer besseren Leistung der Probanden zeigen sollte. Dies ist nicht gelungen. Letztendlich ist dieser Effekt retrospektiv auch schon in der Literatur beschrieben. Für erfolgreiches Diagnostizieren ist ein ausgewogenes Verhältnis aus analytischem und nicht-analytischem Denken notwendig (Eva, 2005; Eva et al., 2007). Es konnte auch in neueren Veröffentlichungen zu diesem Thema kein Unterschied im Bearbeitungserfolg von Beispielfällen und der Anweisung, diese analytisch oder nicht-analytisch zu bearbeiten, festgestellt werden (Ilgen et al., 2013). Die Fehleranalyseprompts könnten demzufolge zu keinem Effekt geführt haben, weil die Probanden mit und ohne Prompts etwa gleich lang an den Fällen gearbeitet haben und somit wahrscheinlich auch ähnlich lang nachgedacht haben. Es gibt also für den Misserfolg der Prompts die mögliche Erklärung, dass Probanden durch Prompts mehr in die analytische Denkrichtung gedrängt wurden (unter der Annahme, sie hätten hier ein Defizit gehabt). Ein weiterer interessanter Punkt ist zudem, dass dieses Missverhältnis aus analytischem und nicht-analytischem Denken sogar durch die Begründungsprompts erzeugt worden sein könnte, da die Probanden mit Begründungsprompts deutlich länger an den Fällen saßen, aber dabei weder bei der Fallbearbeitung noch im Wissenstest besser waren als die Kontrollgruppe.

## Motivation

Die Motivation, als „Lust am Lernen“ oder als Spaßfaktor betrachtet, ist ein Triebmotor für Lernen (Brandstätter, 2009, pp. 335-345). Durch Motivation beim Lernen entsteht ein „Flow“, der definiert ist als glatt laufende Tätigkeit, welche gut kontrolliert

werden kann, optimale Konzentration erlaubt und letztendlich zu besseren Leitungen führt (Brandstätter, 2009; Csikszentmihalyi, 2000). Dies konnte durch die Prompts nicht erzielt werden. Die Begründungspromptgruppe zeigte signifikant weniger Motivation als die Vergleichsgruppe. Im Bereich des Interesses am EKG-Lernen zeigte sich bei den Probanden vorab kein signifikanter Unterschied zwischen der Fehleranalysepromptgruppe und der Begründungspromptgruppe. Die Motivation scheint vorab also vergleichbar gewesen zu sein und sich erst durch die Interventionen verändert zu haben. Die Motivation könnte also durch das Zusammenspiel zwischen dem Ziel das EKG-Befunden besser zu lernen und der Selbsteinschätzung der Probanden zum eigenen EKG-Können durch die Begründungsprompts negativ beeinflusst worden zu sein. Motivationsverlust lässt sich nach Brandstätter in der Literatur durch drei Modelle erklären: der Interessensverlust, das Erwartungs-Wert-Modell<sup>39</sup> und die Selbstbestimmungstheorie<sup>40</sup>. Letztere lassen sich heranziehen, um den Misserfolg der Begründungsprompts näher zu betrachten. Die Begründungsprompts scheinen das Erwartungs-Wert-Modell der Probanden negativ zu beeinflussen und dadurch zu einem Motivationsverlust zu führen. Die Probanden sehen sich in ihrer Rolle als Lernende zur Verbesserung ihres EKG-Wissens. Durch die Begründungsprompts wird ihnen allerdings ständig ihre eigene Unsicherheit bei der Fragenbeantwortung vor Augen geführt, dies könnte ein Gefühl der eigenen Inkompetenz verstärken. Da das Stoffgebiet zu dieser Thematik sehr umfangreich ist, könnte die Motivation, sich durch einen Lerntag merklich zu verbessern, verloren gehen. Zudem könnten Begründungsprompts bei den Probanden das Gefühl schüren, weniger kompetent als der Rest der Versuchsgruppe zu sein und ihr Gruppenzugehörigkeitsgefühl mindern, weil sie die Fälle als für sich zu schwierig

---

<sup>39</sup> Beschrieben durch das Zusammenspiel aus der Selbsteinschätzung einer Person auf der einen Seite und deren Erwartungen und Ziele an eine Handlung auf der anderen (Brandstätter, 2009).

<sup>40</sup> Bestehend aus Autonomie beim Lernen, Kompetenz auf einem Wissensgebiet und dem Wunsch nach sozialer Eingebundenheit einer Person (Brandstätter, 2009).



erleben. Dies würde dann den Glauben an die eigene Kompetenz mindern und nach der Selbstbestimmungstheorie wiederum zu Motivationsverlust am Lernen führt. Die Probanden könnten daraus folgend das Programm als unnütz (z. B. wegen der vielen Begründungen) empfunden haben, und zu dem Schluss gekommen sein, durch die Fallbearbeitung nichts zu lernen. Auch der subjektive Lernerfolg und die Akzeptanz der Plattform waren signifikant schlechter für die Begründungspromptgruppe.

Es zeigte sich auch bei der Kombination aus Begründungsprompts und Fehleranalyseprompts ein negativer Effekt auf die Motivation und die Akzeptanz der Fälle, nicht aber auf den subjektiven Lerneffekt, was ein Teilerfolg der Fehleranalyseprompts sein könnte, oder dem, dass diese Gruppenkombination vorab möglicherweise doch weniger Vorwissen hatte, als gemessen werden konnte.

### 6.3.3 Stärken und Schwächen der Studiauswertung

#### Fehlendes Follow-up

Ein Kritikpunkt an der vorliegenden Untersuchung ist, dass kein zweiter, verzögerter Wissenstest mangels unzureichender Teilnahme durchgeführt werden konnte. Somit konnten keine Daten für mögliche verzögerte Effekte erhoben werden. In der bereits erwähnten Studie von Papadopoulos und Kollegen wurde ein so genannter „Spacing Effect“ für die nicht signifikanten Ergebnisse einer Prompting-Studie im Vergleich zu einer anderen Studie desselben Autors verantwortlich gemacht (2009). Die Autoren beschreiben dabei, dass die Prompts sich nur dann als nützlich erwiesen, wenn über einen längeren, selbstbestimmten Zeitraum gelernt wurde und auch der Test zum Lernerfolg erst nach einiger Zeit und nicht am selben Tag durchgeführt wurde.

Auch in der vorliegenden Studie betrug die Übungsphase nur vier Fälle, die alle nacheinander zu bearbeiten waren, ohne die Möglichkeit, selber die Lernphasen zu bestimmen. Zudem wurde der Wissenstest direkt nach dem anstrengenden Studientag

durchgeführt. Denkbar wäre, dass eine längere Übungsphase mit mehr Lernmaterial über mehrere Tage verteilt und/oder ein Follow-up Test nach einigen Tagen zu einem anderen Ergebnis führen würde.

### Methodische Probleme

Auch methodische Schwächen müssen diskutiert werden. Die Begründungspromptgruppe zeigte signifikant höhere Sicherheit im Vorwissenstest bei einem geringeren Score für Metakognition. Dennoch wurden die Gruppen als gleichverteilt betrachtet, da alle Probanden den Vorbereitungskurs bearbeitet hatten, im Vorwissenstest kein Unterschied bezüglich ihres EKG-Wissens festgestellt wurde und sich die Hauptfragestellung auf das EKG-Wissen der Probanden konzentrierte. So ist nicht auszuschließen, dass die geringere Metakognition und die höhere Sicherheit im Vorwissenstest dafür verantwortlich sind, dass die Begründungspromptgruppe beispielsweise für metakognitive Interventionen nicht gut zugänglich war.

Dass die Gruppengrößen nicht exakt gleich groß waren, hätte ein Problem für die Berechnungen der ANOVA sein können, wenn die Daten nicht normalverteilt oder der Levene's Test auf Varianzhomogenität signifikant gewesen wäre, also inhomogene Varianzen anzeigt hätte (Pituch et al., 2015). Allerdings stellt dies laut Pituch nur dann ein tatsächliches Problem dar, wenn der Unterschied zwischen der größten und der kleinsten Gruppe größer als das 1,5-fache ist. Da der Unterschied in dieser Studie nur 1,38 beträgt (+BG, -FA= 58; -BG, -FA=42;  $58/42 = 1,38$ ), wird dies jedoch nicht weiter als relevant eingestuft.

Zuletzt ist anzumerken, dass nicht belegt worden ist, dass die Vorwissens- und Wissenstests einen Lerneffekt überhaupt messen können. Dafür hätte es eine Kontrollgruppe ohne Lernintervention geben müssen, die den Vorwissens- und Wissenstest absolviert, wie etwa bei Stark durchgeführt (Stark & Krause, 2009). Dass die

Probanden bei der Fallbearbeitung jedoch gelernt haben, lässt sich durch die Berechnung von Cronbachs  $\alpha$  für die Lernfälle zeigen. So nimmt  $\alpha$  über die Fälle hinweg stetig zu. Da die Fälle sich bis auf das repräsentierte Krankheitsbild nicht unterscheiden, ist dies eher einer zunehmenden Kompetenz der Lernenden zuzurechnen (Field, 2009, p. 676).

## 6.4 Fazit

Bei der vorliegenden Studie mit 100 Medizinstudenten der LMU München konnten die literaturbasierten Hypothesen zum Nutzen von Fehleranalyseprompts, Begründungsprompts und deren Interaktion auf den Lernerfolg zum Thema EKG *nicht* bekräftigt werden. Es zeigte sich kein positiver Einfluss auf den Lernerfolg und die meisten motivationalen und kognitiven Variablen. Lediglich die Sicherheit in der Beantwortung von Prüfungsaufgaben wurde durch Begründungsprompts verstärkt. Es ergab sich aber gleichzeitig ein negativer Effekt der Begründungsprompts auf die Lernmotivation. Für Fehleranalyseprompts konnte kein Effekt festgestellt werden, dennoch ist denkbar, durch Änderung der Versuchsbedingungen einen Solchen zu erhalten.

### 6.4.1 Schlussfolgerung aus den Ergebnissen

Ob und wie die untersuchten Prompts zur Unterstützung des Lernens optimal genutzt werden können, bleibt weiterhin unklar. Im gewählten Setting hatte der Einsatz von Fehleranalyseprompts weder einen positiven, aber auch keinen negativen Einfluss. Begründungsprompts sind nach der durchgeführten Studie kritisch zu bewerten, ein abschließendes Urteil ist aber auch hier nicht möglich. Folgestudien mit mehr Probanden und unter längeren oder gestaffelten Lernbedingungen im Feldversuch ohne Selbstselektion könnten dies näher untersuchen. Ein weiterer Untersuchungsgegenstand könnte die Frage sein, wie viel analytisches und nicht-analytisches Denken bei der Befundung von Elektrokardiogrammen optimal ist, bevor weiter geprüft wird, wie diese jeweils durch Prompts unterstützt werden können. Solche Studien sollten den Expertisegrad der Probanden berücksichtigen im Sinne des *Instructional Fit* (Nokes et al., 2011).

## 7 Zusammenfassung

Fehler in der Medizin scheinen mit dem uralten hippokratischen Prinzip des *primum nihil nocere*<sup>41</sup> zu kollidieren. Darum ist es wichtig, sich besonders in der Medizin mit Fehlerursachen zu beschäftigen (Rall et al., 2001). Diese sind zu großem Teil in Fehldiagnosen zu suchen, wobei kognitive Fehler mit Informationsverarbeitungsproblemen eine größere Rolle spielen als Wissenslücken (Norman & Eva, 2010). Um Fehler zu reduzieren, ist eine individuelle Förderung nötig, eine bloße Aufklärung über Fehlerursachen reicht nicht (Eva, 2005). Prompts als Aufgaben, die nach Chi eine Selbsterklärung eines Sachverhalts beim Bearbeiter bewirken (1996), sind hier vielversprechend. Um dies näher zu untersuchen wurde die Wirkung speziell gestalteter Prompts auf verschiedene Bereiche des selbstregulierten Lernens analysiert, wofür die Lernleistung von 101 Medizinstudenten mit PJ-Reife in einem  $2 \times 2$  faktoriellen Design (Begründungsprompts vs. keine, Fehleranalyseprompts vs. keine) verglichen wurde. Alle Probanden bearbeiteten Patientenfälle in einer Online-Lernumgebung. Die Auswirkung der Prompts auf den Lernerfolg, sowie weitere kognitive, metakognitive und motivationale Faktoren wurden erfasst. Die gerichteten Hypothesen über eine lernförderliche Wirkung konnten in der vorliegenden Untersuchung nicht bestätigt werden. Der Nutzen von Fehleranalyseprompts bleibt somit unklar. Begründungsprompts zeigten negative Effekte auf motivationale Faktoren und erhöhten die Sicherheit bei der Beantwortung eines Wissenstests. Begründungsprompts sollten nur mit Bedacht genutzt werden. Weitere Untersuchungen zum optimalen Einsatz von Prompts zur Lernunterstützung sind nötig.

---

<sup>41</sup> Aus Deichgräber (1983).

## **8 Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Screenshot von G*Power .....	36
Abbildung 2: Screenshot der Poweranalyse durch G*Power .....	36
Abbildung 3: Beispiel für Begründungsprompt-Felder in K2 .....	43
Abbildungen 4 a-c: Beispiel für Fehleranalyseprompts .....	44

## 9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Hypothesen und Zuordnung der Variablen .....	29
Tabelle 2: Lernziele des Vorbereitungskurses.....	31
Tabelle 3: Versuchsbedingungen der Studie .....	34
Tabelle 4: Versuchspersonenzahl pro Versuchstermin.....	37
Tabelle 5: Übersicht des Inhalts der Kompetenzniveaus.....	42
Tabelle 6: Art der Datenerhebung für die Messinstrumente .....	47
Tabelle 7: Erfolg der Randomisierung (deskriptiv).....	61
Tabelle 8: Erfolg der Randomisierung (Signifikanztests) .....	63
Tabelle 9: Erfolg bei der Fallbearbeitung und im Wissenstest (deskriptiv).....	65
Tabelle 10: Erfolg der Fallbearbeitung und des Wissenstest (Signifikanztests) .....	66
Tabelle 11: Erfolg weiterer Variablen des Lernens (deskriptiv) .....	67
Tabelle 12: Erfolg weiterer Variablen des Lernens (Signifikanztests).....	70
Tabelle 13: Sicherheit im Wissenstest mit der Covariate Sicherheit im Vorwissenstest	71

## 10 Literaturverzeichnis

- Akgun, T., Karabay, C. Y., Kocabay, G., Kalayci, A., Oduncu, V., Guler, A., . . . Kirma, C. (2014). Learning electrocardiogram on You Tube: How useful is it? *Journal of Electrocardiology*, 47(1), 113-117. doi: 10.1016/j.jelectrocard.2013.09.004
- Aleven, V., & Koedinger, K. (2002). An effective metacognitive strategy: Learning by doing and explaining with a computer-based Cognitive Tutor. *Cognitive Science: A Multidisciplinary Journal*, 26(2), 147-179. doi: 10.1016/s0364-0213(02)00061-7
- Atkinson, R., Renkl, A., & Merrill, M. (2003). Transitioning From Studying Examples to Solving Problems: Effects of Self-Explanation Prompts and Fading Worked-Out Steps. *Journal of Educational Psychology*, 95(4), 774-783. doi: 10.1037/0022-0663.95.4.774
- Bannert, M. (2003). Effekete metakognitiver Lernhilfen auf den Wissenserwerb in vernetzten Lernumgebungen. = Effects of metacognitive help on knowledge acquisition in Web-based learning environments. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie / German Journal of Educational Psychology*, 17(1), 13-25.
- Baulig, C., Al-Nawas, B., & Krummenauer, F. (2008). p-Werte–Statistische Signifikanz ist keine klinische Relevanz. *Z Zahnärztl Impl*, 24(2).
- Berndts, S., Kopinke, L., & Materlik, D. Blubbsoft GmbH. Retrieved 01.08.2014, from <https://www.blubbsoft.de/?Home>
- Berthold, K., Eysink, T., & Renkl, A. (2009). Assisting self-explanation prompts are more effective than open prompts when learning with multiple representations. *Instructional Science*, 37(4), 345-363. doi: 10.1007/s11251-008-9051-z
- Beyer, O., Hackel, H., Pieper, V., & Tiedge, J. (1980). *Wahrscheinlichkeitsrechnung und mathematische Statistik*. Springer.
- Boekaerts, M., & Niemivirta, M. (2000). Chapter 13 - Self-Regulated Learning: Finding a Balance between Learning Goals and Ego-Protective Goals *Handbook of Self-Regulation* (pp. 417-450). San Diego: Academic Press.
- Boekaerts, M., Pintrich, P., & Zeider, M. (2000). *Handbook of self-regulation*. San Diego, Calif.: Academic Press.
- Bortz, J., & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler mit 87 Tabellen* (4., überarb. Aufl. ed.). Heidelberg: Springer.
- Brandstätter, V. (2009). *Handbuch der allgemeinen Psychologie - Motivation und Emotion*. Göttingen [u.a.]: Hogrefe.
- Butler, D., & Winne, P. (1995). Feedback and self-regulated learning: A theoretical synthesis. *Review of Educational Research*, 65(3), 245-281. doi: 10.2307/1170684
- Carlson, R., Chandler, P., & Sweller, J. (2003). Learning and understanding science instructional material. *Journal of Educational Psychology*, 95(3), 629-640. doi: 10.1037/0022-0663.95.3.629
- Chi, M. (2000). Self-explaining: The dual processes of generating inference and repairing mental models. In R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology: Educational design and cognitive science, Vol. 5*. (pp. 161-238). Mahwah, NJ US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Chi, M. T. H. (1996). Constructing self-explanations and scaffolded explanations in tutoring. *Applied Cognitive Psychology*, 10(Spec Issue), S33-S49. doi: 10.1002/(sici)1099-0720(199611)10:7<33::aid-acp436>3.0.co;2-e



- Cohen, J. (1977). *Statistical power analysis for the behavioral sciences (rev. ed.)*. Hillsdale, NJ, England: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2.
- Cook, D., Levinson, A., & Garside, S. (2010). Time and learning efficiency in Internet-based learning: a systematic review and meta-analysis. *Advances in Health Sciences Education, 15*(5), 755-770. doi: 10.1007/s10459-010-9231-x
- Cook, D., Levinson, A., Garside, S., Dupras, D., Erwin, P., & Montori, V. (2010). Instructional Design Variations in Internet-Based Learning for Health Professions Education: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Academic Medicine, 85*(5), 909-922. doi: 10.1097/ACM.0b013e3181d6c319
- Cooper, H. (2011). *Reporting research in psychology: How to meet journal article reporting standards*. Washington, DC, US: American Psychological Association.
- Croskerry, P. (2003). The importance of cognitive errors in diagnosis and strategies to minimize them. *Academic medicine : journal of the Association of American Medical Colleges, 78*(8), 775-780. doi: 10.1097/00001888-200308000-00003
- Csikszentmihalyi, M. (2000). *Beyond boredom and anxiety*. San Francisco, CA, US: Jossey-Bass.
- Deichgräber, K. (1983). *Der hippokratische Eid: Text griechisch und deutsch, Interpretation, Nachleben*: Hippokrates-Verlag.
- Dory, V., Degryse, J., Roex, A., & Vanpee, D. (2010). Usable knowledge, hazardous ignorance—Beyond the percentage correct score. *Medical Teacher, 32*(5), 375-380. doi: 10.3109/01421590903197027
- Dunning, D., Heath, C., & Suls, J. M. (2004). Flawed Self-Assessment: Implications for Health, Education, and the Workplace. *Psychological Science in the Public Interest, 5*(3), 69-106. doi: 10.1111/j.1529-1006.2004.00018.x
- Ellis, P. (2010). *The essential guide to effect sizes: Statistical power, meta-analysis, and the interpretation of research results*: Cambridge University Press.
- Eva, K. (2005). What every teacher needs to know about clinical reasoning. *Medical Education, 39*(1), 98-106. doi: 10.1111/j.1365-2929.2004.01972.x
- Eva, K., Hatala, R., Leblanc, V., & Brooks, L. (2007). Teaching from the clinical reasoning literature: combined reasoning strategies help novice diagnosticians overcome misleading information. *Med Educ, 41*(12), 1152-1158.
- Faller, H., & Lang, H. (2006). *Medizinische Psychologie und Soziologie*. Heidelberg: Springer.
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). G\*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods, 39*(2), 175-191.
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS (and sex and drugs and rock'n'roll)* (3. ed. ed.). Los Angeles [u.a.]: Sage.
- Fischer, M., Aulinger, B., & Baehring, T. (1999). Computer-based-Training (CBT): Fallorientiertes Lernen am PC mit dem CASUS/ProMediWeb-System. *DMW-Deutsche Medizinische Wochenschrift, 124*(46), 1401-1401.
- Flavell, J. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American psychologist, 34*(10), 906.
- Fuenmayor, A. J., Aranguibel, L., Ferrer, J., Pulido, M., & Fuenmayor, A. M. (2004). Usefulness of simple scheme for the diagnosis of cardiac arrhythmias. *Arch Cardiol Mex, 74*(3), 200-204.
- Gigerenzer, G. (2008). Why heuristics work. *Perspectives on Psychological Science, 3*(1), 20-29.

- Gigerenzer, G., & Todd, P. (1999). *Simple heuristics that make us smart*. New York, NY, US: Oxford University Press.
- Graber, M. (2013). The incidence of diagnostic error in medicine. *Bmj Quality & Safety*, 22, 21-27. doi: 10.1136/bmjqs-2012-001615
- Graber, M., Franklin, N., & Gordon, R. (2005). Diagnostic error in internal medicine. *Archives of Internal Medicine*, 165(13), 1493-1499.
- Graber, M., Gordon, R., & Franklin, N. (2002). Reducing diagnostic errors in medicine: what's the goal? *Academic medicine : journal of the Association of American Medical Colleges*, 77(10), 981-992. doi: 10.1097/00001888-200210000-00009
- Hausmann, R., & Chi, M. (2002). Can a computer interface support self-explaining? *Cognitive Technology*, 7(1), 4-14.
- Heitzmann, N. (2014). *Fostering diagnostic competence in different domains*. (Dissertation), LMU, München. Retrieved from <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:19-168621> (ediss:16862)
- Herold, G. (2010). *Innere Medizin unter Berücksichtigung des Gegenstandskataloges für die ärztliche Prüfung ; mit ICD 10-Schlüssel im Text und Stichwortverzeichnis ; eine vorlesungsorientierte Darstellung / 2010* Köln: G. Herold.
- Hildebrandt, A. (2015). *Methodologie, Methoden, Forschungsdesign ein Lehrbuch für fortgeschrittene Studierende der Politikwissenschaft*. Wiesbaden: Springer VS.
- Hofinger, G., & Walaczek, H. (2003). Behandlungsfehler: Das Bewusstsein schärfen. *Deutsches Aerzteblatt*, 100, A2848-2849.
- Höger, A. (2016). *Ein kompetenzorientierter Lernzielkatalog für die Elektrokardiogramm-Befundung*. lmu.
- Ilgen, J., Bowen, J., McIntyre, L., Banh, K., Barnes, D., Coates, W., . . . Eva, K. (2013). Comparing diagnostic performance and the utility of clinical vignette-based assessment under testing conditions designed to encourage either automatic or analytic thought. *Academic Medicine*, 88(10), 1545-1551. doi: 10.1097/ACM.0b013e3182a31c1e
- Jaehrig, W., & Miller, M. (2007). Feedback types in programmed instruction: A systematic review. *The Psychological Record*, 57(2), 219-232.
- Jang, K., Hwang, S., Park, S., Kim, Y., & Kim, M. (2005). Effects of a Web-based teaching method on undergraduate nursing students' learning of electrocardiography. *J Nurs Educ*, 44(1), 35-39.
- Kalyuga, S. (2011). Cognitive load theory: How many types of load does it really need? *Educational Psychology Review*, 23(1), 1-19.
- Kauffman, D., Ge, X., Xie, K., & Chen, C.-H. (2008). Prompting in web-based environments: Supporting self-monitoring and problem solving skills in college students. *Journal of Educational Computing Research*, 38(2), 115-137. doi: 10.2190/EC.38.2.a
- Keller, D., & Zakowski, L. (2000). An effective ECG curriculum for third-year medical students in a community-based clerkship. *Medical Teacher*, 22(4), 354-358.
- Kelly, J., & Wright, D. (2012). Medicine administration errors and their severity in secondary care older persons' ward: A multi-centre observational study. *Journal of Clinical Nursing*, 21(13-14), 1806-1815.
- Klein, J. (2005). Five pitfalls in decisions about diagnosis and prescribing. *BMJ (Clinical research ed.)*, 330(7494), 781-783. doi: 10.1136/bmj.330.7494.781
- Kraft, S. (1999). Selbstgesteuertes Lernen. Problembereiche in Theorie und Praxis. *Zeitschrift fuer Paedagogik*, 45(6), 833-845.

- Lavranos, G., Koliaki, C., Briasoulis, A., Nikolaou, A., & Stefanadis, C. (2013). Effectiveness of current teaching methods in Cardiology: the SKILLS (medical Students Knowledge Integration of Lower Level clinical Skills) study. *Hippokratia*, 17(1), 34-37.
- Lehmann, T., Hähnlein, I., & Ifenthaler, D. (2014). Cognitive, metacognitive and motivational perspectives on preflexion in self-regulated online learning. *Computers in Human Behavior*, 32, 313-323. doi: 10.1016/j.chb.2013.07.051
- Little, B., Ho, K. J., & Scott, L. (2001). Electrocardiogram and rhythm strip interpretation by final year medical students. *Ulster Medical Journal*, 70(2), 108-110.
- Mahler, S., Wolcott, C., Swoboda, T., Wang, H., & Arnold, T. (2011). Techniques for teaching electrocardiogram interpretation: self-directed learning is less effective than a workshop or lecture. *Med Educ*, 45(4), 347-353. doi: 10.1111/j.1365-2923.2010.03891.x
- Nilsson, M., Bolinder, G., Held, C., Johansson, B.-L., Fors, U., & Ostergren, J. (2008). Evaluation of a web-based ECG-interpretation programme for undergraduate medical students. *BMC Med Educ*, 8, 25.
- Nokes, T., Hausmann, R., VanLehn, K., & Gershman, S. (2011). Testing the instructional fit hypothesis: The case of self-explanation prompts. *Instructional Science*, 39(5), 645-666. doi: 10.1007/s11251-010-9151-4
- Norman, G., & Eva, K. (2010). Diagnostic error and clinical reasoning. *Med Educ*, 44(1), 94-100. doi: 10.1111/j.1365-2923.2009.03507.x
- Norman, G., Sherbino, J., Dore, K., Wood, T., Young, M., Gaissmaier, W., . . . Monteiro, S. (2014). The etiology of diagnostic errors: A controlled trial of System 1 versus System 2 reasoning. *Academic Medicine*, 89(2), 277-284.
- O'Neil, H., Chung, G., Kerr, D., Vendlinski, T., Buschang, R., & Mayer, R. (2014). Adding self-explanation prompts to an educational computer game. *Computers in Human Behavior*, 30, 23-28. doi: 10.1016/j.chb.2013.07.025
- Paas, F. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, 84(4), 429-434. doi: 10.1037/0022-0663.84.4.429
- Paas, F., Tuovinen, J., Tabbers, H., & Van Gerven, P. (2003). Cognitive load measurement as a means to advance cognitive load theory. *Educational Psychologist*, 38(1), 63-71. doi: 10.1207/S15326985EP3801\_8
- Papadopoulos, P., Demetriadis, S., Stamelos, I., & Tsoukalas, I. (2009). Prompting students' context-generating cognitive activity in ill-structured domains: Does the prompting mode affect learning? *Educational Technology Research and Development*, 57(2), 193-210. doi: 10.1007/s11423-008-9105-6
- Pekrun, R., & Schiefele, U. (1996). *Emotions- und motivationspsychologische Bedingungen der Lernleistung*. Psychologie des Lernens und der Instruktion, [Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich D, Praxisgebiete, Serie I, Pädagogische Psychologie, Band 2], 97 Literaturang.: Göttingen: Hogrefe; Weinert, Franz E. (Ed.)
- Peter, T. (2009). *Entwicklung eines Konzepts zu einem Elektrokardiographie-Selbstlernprogramm*.
- Pintrich, P. (2000). Learning and motivation. In A. E. Kazdin & A. E. Kazdin (Eds.), *Encyclopedia of psychology, Vol. 5*. (pp. 22-26). Washington, DC, US; New York, NY, US: American Psychological Association
- Oxford University Press.

- Pintrich, P., & De Groot, E. (1990). Motivational and Self-Regulated Learning Components of Classroom Academic Performance. *Journal of Educational Psychology*, 82(1), 33-40.
- Pituch, K., Whittaker, T., & Stevens, J. (2015). *Intermediate Statistics: A Modern Approach, Third Edition* (Third ed.): Lawrence Erlbaum Associates Taylor & Francis Group.
- Prenzel, M., Eitel, F., Holzbach, R., & Schoenheinz, R.-J. (1993). Lernmotivation im studentischen Unterricht in der Chirurgie. = Motivation to learn in surgery courses. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie / German Journal of Educational Psychology*, 7(2-3), 125-137.
- Rall, M., Manser, T., Guggenberger, H., Gaba, D.-M., & Unertl, K. (2001). Patientensicherheit und Fehler in der Medizin. *AINS-Anästhesiologie-Intensivmedizin-Notfallmedizin-Schmerztherapie*, 36(6), 321-330.
- Raupach, T., Brown, J., Anders, S., Hasenfuss, G., & Harendza, S. (2013). Summative assessments are more powerful drivers of student learning than resource intensive teaching formats. *Bmc Medicine*, 11(1), 61. doi: 10.1186/1741-7015-11-61
- Roels, P., van Roosmalen, G., & van Soom, C. (2010). Adaptive feedback and student behaviour in computer-assisted instruction. *Medical Education*, 44(12), 1185-1193. doi: 10.1111/j.1365-2923.2010.03784.x
- Salerno, S., Alguire, P., & Waxman, H. (2003). Competency in interpretation of 12-lead electrocardiograms: A summary and appraisal of published evidence. *Annals of Internal Medicine*, 138(9), 751-760.
- Schell, K. (2012). The Error-Oriented Motivation Scale: An examination of structural and convergent validity. *Personality and Individual Differences*, 52(3), 352-356. doi: 10.1016/j.paid.2011.10.035
- Schiefele, U., & Pekrun, R. (1993). *Psychologische Modelle des fremdgesteuerten und selbstgesteuerten Lernens*: Inst. für Erziehungswiss. und Pädag. Psychologie, Univ. der Bundeswehr München.
- Schiefele, U., Wild, K.-P., & Winteler, A. (1995). Lernaufwand und Elaborationsstrategien als Mediatoren der Beziehung von Studieninteresse und Studienleistung. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 9(3-4), 181-188.
- Schuster, H.-P., & Trappe, H.-J. (2005). *EKG-Kurs für Isabel [mit 49 kommentierten Original-EKG-Befunden]* (4., überarb. und erw. Aufl. ed.). Stuttgart [u.a.]: Thieme.
- Shute, V. (2008). Focus on formative feedback. *Review of Educational Research*, 78(1), 153-189. doi: 10.3102/0034654307313795
- Simonsohn, A., & Fischer, M. (2004). Evaluation eines fallbasierten computergestützten Lernsystems (CASUS) im klinischen Studienabschnitt. *DMW-Deutsche Medizinische Wochenschrift*, 129(11), 552-556.
- Smith, E., Ford, J., & Kozlowski, S. (1997). Building adaptive expertise: Implications for training design strategies. In M. Quiñones & A. Ehrenstein (Eds.), *Training for a rapidly changing workplace: Applications of psychological research*. (pp. 89-118). Washington, DC, US: American Psychological Association.
- Spörer, N., & Brunstein, J. (2006). Erfassung selbstregulierten Lernens mit Selbstberichtsverfahren: Ein Überblick zum Stand der Forschung. = Assessing Self-Regulated Learning with Self-Report Measures: A State-of-the-Art Review. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie / German Journal of Educational Psychology*, 20(3), 147-160. doi: 10.1024/1010-0652.20.3.147

- Stark, R., & Krause, U. (2009). Effects of reflection prompts on learning outcomes and learning behaviour in statistics education. *Learning Environments Research*, 12(3), 209-223. doi: 10.1007/s10984-009-9063-x
- Stark, R., & Mandl, H. (2005). Lernen mit einer netzbasierten Lernumgebung im Bereich empirischer Forschungsmethoden. Effekte zusätzlich implementierter Maßnahmen und Bedeutung von Lernvoraussetzungen. *Unterrichtswissenschaft*, 33(1), 3-29.
- Stark, R., Tyroller, M., Krause, U., & Mandl, H. (2008). Effekte einer metakognitiven Promptingmaßnahme beim situierten, beispielbasierten Lernen im Bereich Korrelationsrechnung. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 22(1), 59-71.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257-285. doi: 10.1207/s15516709cog1202\_4
- Thammasitboon, S., & Singhal, G. (2013). Diagnosing diagnostic error. *Current Problems in Pediatric & Adolescent Health Care*, 43(9), 227-231.
- Thistlethwaite, J., Davies, D., Ekeocha, S., Kidd, J. M., MacDougall, C., Matthews, P., . . . Clay, D. (2012). The effectiveness of case-based learning in health professional education. A BEME systematic review: BEME Guide No. 23. *Medical Teacher*, 34(6), 421-444. doi: 10.3109/0142159x.2012.680939
- Tran, U. (2011). Effektstärken und deren Bedeutung für die klinische Forschung, VO Ausgewählte Methoden. Retrieved 08.08.2017, from <http://ppcms.univie.ac.at/uploads/media/Effektstaerken.pdf>
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1974). Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. *Science*, 185(4157), 1124-1131.
- Victor, A., Elsäßer, A., Hommel, G., & Blettner, M. (2010). Wie bewertet man die p-Wert-Flut. *Dtsch Arztebl Int*, 107(4), 50-56.
- Winne, P., & Perry, N. (2000). Chapter 16 - Measuring Self-Regulated Learning A2 - Boekaerts, Monique. In P. Pintrich & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of Self-Regulation* (pp. 531-566). San Diego: Academic Press.
- Young, J., Van Merriënboer, J., Durning, S., & Ten Cate, O. (2014). Cognitive Load Theory: implications for medical education: AMEE Guide No. 86. *Med Teach*, 36(5), 371-384. doi: 10.3109/0142159x.2014.889290
- Zimmerman, B. (2008). Investigating self-regulation and motivation: Historical background, methodological developments, and future prospects. *American Educational Research Journal*, 45(1), 166-183. doi: 10.3102/0002831207312909

# 11 Anhang

Anmerkung: Die Inhalte der Fälle und Tests stammen aus Empfehlungen des Jahres 2010 und können heute veraltet sein.

## 11.1 Antwortlisten für CASUS<sup>42</sup>

Antwortliste von Kompetenzniveau 1	
Kategorien bei der Befundung	Normwerte und Antwortmöglichkeiten
Herzfrequenz	> 100/min
	50-100/min
	< 50/min
Rhythmus	RR-Abstände regelmäßig
	RR-Abstände unregelmäßig
	P nicht positiv in I und II
	kein P
	Ausfall von Einzelschlägen
	Zusätzliche Einzelschläge
Lagetyp	Hauptvektor in I positiv
	Hauptvektor in I negativ
	Hauptvektor in II positiv
	Hauptvektor in II negativ
	Hauptvektor in III positiv
	Hauptvektor in III negativ
Intervalle	P > 0,11s
	PQ > 0,21 s
	QRS > 0,11s
Amplituden	P > 0,2 mV
	R in V2 + S in V5 > 1,05 mV
	R in V5 + S in V2 > 3,5 mV
	Q > 1/4 der Amplitude von R
Erregungsausbreitung	R-Amplituden nimmt von V1 - V6 zu
	R-Verlust
	S in V6
Erregungsrückbildung	ST-Hebung > 0,1 mV in mindestens zwei benachbarten Ableitungen
	ST-Senkung > 0,1 mV in mindestens zwei benachbarten Ableitungen
	T negativ in mind. einer der Ableitungen I, II, aVF, aVL oder V3-V6
	R-Verspätung
	RR' in V1

<sup>42</sup> Layout der Tabellen zu den Antwortlisten aus Einheitsgründen nach Katharina Hasch „Klassifizierung und Analyse von Fehlern bei der EKG-Beschreibung, Befundung und Interpretation“ (Doktorarbeit zu Annahme 2017)

<b>Antwortliste von Kompetenzniveau 2</b>	
Kategorien bei der Befundung	Antwortmöglichkeiten
Herzfrequenz	Normokardie
	Tachykardie
	Bradykardie
Rhythmus	Sinusrhythmus
	ektop atrialer Rhythmus
	AV-junktionaler Rhythmus
	ventrikulärer Rhythmus
	Vorhofflimmern
	Vorhofflattern
	Supraventrikuläre Extrasystole
	Ventrikuläre Extrasystole
	AV-Block 3. Grades
	AV-Block 2. Grades
	Kammerflimmern
	Asystolie
Lagetyp	Indifferenztyp
	Steiltyp
	Rechtstyp
	überdrehter Rechtstyp
	Linkstyp
	überdrehter Linkstyp
	Sagittaltyp
Intervalle	P sinistriale
	AV-Block 1. Grades
	Long QT
	Linksschenkelblock vollständig
	Linksschenkelblock unvollständig
	Rechtsschenkelblock vollständig
	Rechtsschenkelblock unvollständig
Amplituden	Rechtsventrikuläre Hypertrophie
	Linksventrikuläre Hypertrophie
	P dextroatriale
Erregungsausbreitung & Erregungsrückbildung	Zeichen für eine Rechtsherzbelastung
	Zeichen eines alten Infarktes
	Zeichen für eine frische Myokardischämie der Vorderwand
	Zeichen für eine frische Myokardischämie der Hinterwand
	Zeichen eines Myokardschadens anderer Genese

<b>Antwortliste von Kompetenzniveau 3</b>
Mögliche Arbeits- und Differentialdiagnosen
Anämie
Aneurysma dissecans
Angina pectoris
Akutes Abdomen
Akutes Cor pulmonale/Lungenembolie
AV-Block höheren Grades
Chronisches Cor pulmonale COPD/Asthma
Elektrolytstörungen
Entzündliche Herzerkrankungen: Perikarditis/Myokarditis
Kardiomyopathie
Kammerflimmern
Klappenvitien mit Volumenbelastung des Herzens
Klappenvitien und andere Herzfehler
Herzinsuffizienz
Herzneurose
Herzwandaneurysma
Hypertonus mit Druckbelastung des Herzens
Lungenödem
Medikamentenbedingte EKG-Veränderungen
Muskuloskelettaler Brustschmerz
Myokardinfarkt, alt
Myokardinfarkt, frisch
Obstruktion der oberen Luftwege
Perikarderguss
Pneumothorax
Präexcitationssyndrom
Psychogene Dyspnoe
Rechtsherzbelastungszeichen bei Asthmaanfall
Ventrikuläre Tachykardie
Vorhofflattern
Vorhofflimmern, neu aufgetreten
Vorhofflimmern, permanent



<b>Antwortliste von Kompetenzniveau 4</b>	
Kategorien des weiteren Prozederes	Möglichkeiten der Handhabung
Versorgung	O2 Nasensonde
	Narkose und Intubation
	Defibrillation
	Überwachungsmonitor: EKG, RR, Pulsoxy
	Zentralvenöser Zugang
Diagnostik & Eingriff	Bildgebung: Röntgen Thorax
	Bildgebung: CT Thorax
	Bildgebung: CT-Angiographie Thorax
	Blutgasanalyse
	weitere Labordiagnostik
	Echokardiographie
	Ergometrie
	Langzeitblutdruckmessung
	Herzkatheteruntersuchung
	Schrittmacherimplantation
Kardioversion	
Handling	Intensivstation
	Überwachungsstation
	Normalstation
	Überweisung zum Hausarzt & Entlassung nach Hause
	Konsil bei anderer Fachdisziplin
	Entlassung nach Hause
Medikamente	Cumarine
	Nichtsteroidales Antirheumatikum
	Fibrinolytika
	Heparin
	Amiodaron
	Betablocker
	Calcium-Antagonisten
	Adrenalin
	Benzodiazepine
	Digitalisglykosid
	Antibiotika
	Kortikosteroide
	Opioide
	ACE-Hemmer
	Nitrate
Diuretikum	

## 11.2 CASUS Fälle

Hinweis: Alle Lernfälle wurden nach Stand der Literatur 2010 konzipiert und sind möglicherweise mit den aktuellen Empfehlungen nicht mehr konform. Lernkarten bedeuten dass diese Inhalte auf einer Seite am Computer zu sehen waren.

### 11.2.1 EKG Lernfall 1

Autor(en): Franziska Hasch  
Institution(en): LMU

*Karte 1: Begrüßung*

Info Text

**Liebe Studierenden,  
Herzlich Willkommen zur EKG-Studie der LMU!**

Sie werden nun verschiedene Patientenfälle bearbeiten, und zu den Aufgaben inhaltliches Feedback bekommen. Pro Fall gibt es vier Aufgabengebiete mit mehreren Unterpunkten. Hier ein Überblick zu den vier Hauptpunkten:

- 1: Zunächst sollen Sie ein EKG nach rein objektiven Kriterien **beschreiben**
- 2: Nun sollen Sie Ihre Ergebnisse aus der ersten Aufgabe **zu einem Befund zusammenfassen**
- 3: In diesem Teil sollen Sie anhand der Klinik und des EKGs eines Patienten eine **Arbeitsdiagnose benennen**
- 4: Hier werden Sie abschließend zum weiteren **klinischen Procedere** befragt

Insgesamt werden Sie **4 EKG-Fälle** bearbeiten und ca. 3 Stunden dafür brauchen. Sie können natürlich jederzeit eine kurze Pause machen. Bitte Versorgen Sie Sich mit den bereitgestellten Getränken. Nach den ersten zwei Fällen wird es ein Mittagessen für jeden geben.

Wir bitten Sie alle Fragen **gewissenhaft und konzentriert** zu bearbeiten, da wir uns von dieser Studie wichtige wissenschaftliche Erkenntnisse versprechen.

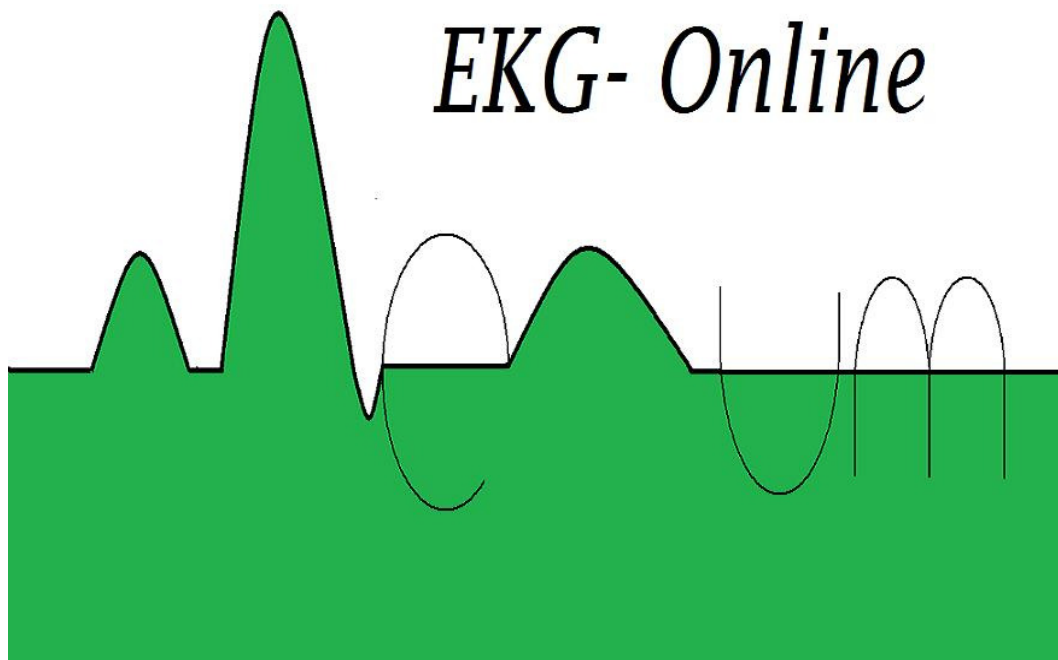
**Hinweis:**

Sie können jederzeit zu vorherigen Karten zurücknavigieren, beachten sie jedoch, dass dabei noch nicht abgeschickte Antworten gelöscht werden.

Nun wünschen wir Ihnen viel Spaß bei der Bearbeitung und hoffen, dass Sie etwas lernen!  
Ihr Team der Medizindidaktik

---

Multimedia auf Hauptkarte



---

*Karte 2: Befund KI*

*Info Text*

**Fall 1:**

Der 62-jährige **Herr Schuster** wird von seiner Frau gestützt zu Ihnen in die Notaufnahme gebracht. Er sieht zwar etwas verschwitzt und blass aus, wirkt ansonsten aber eher ruhig. Ganz im Gegensatz zu seiner Frau, die Ihnen aufgeregt erzählt, dass ihr Mann nun schon wieder diese **Schmerzen in der Brust** habe und Sie ihn deshalb hergebracht hat.

Die Schwester in der Notaufnahme schreibt bereits ein **EKG** und hat Ihnen auch schon das 'übliche' Blut durch die anwesende Famulantin abnehmen lassen.

Die **Vitalparameter** wurden ebenfalls schon bestimmt:

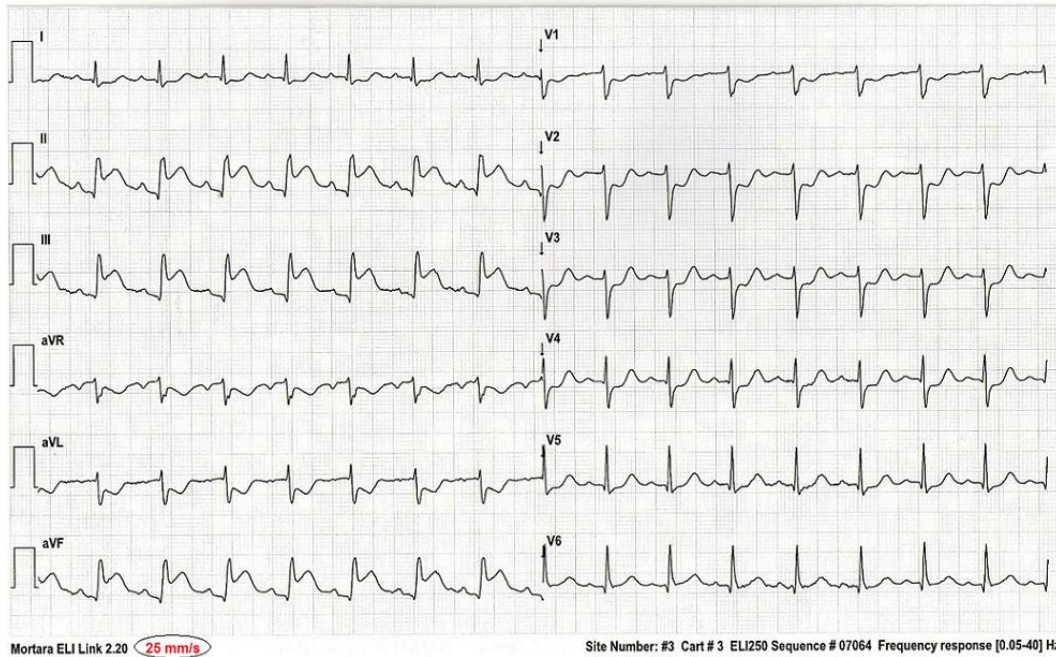
HF: ca. 100/min

RR: 95/80

Temperatur: 37,3 °C

---

*Multimedia auf Hauptkarte*



### Frage

Nebenstehendes EKG stammt von Herrn Schuster. Sie haben das gleiche EKG auch als Ausdruck vor sich. Sie sollen nun zunächst nur Aufgaben zur EKG-Vermessung lösen:

1. Bitte legen Sie sich jetzt den **EKG-Ausdruck 'EKG 1'** zurecht.
2. Nun **wählen** Sie bitte die zutreffenden Punkte aus der untenstehenden Liste **am Bildschirm** aus.

### Hinweis:

Die nachfolgende Liste besteht aus **7 Kategorien**: Herzfrequenz, Rhythmus, Lagetyp, Intervalle, Amplituden, ERAS, ERBS

HF = Herzfrequenz, ERAS = Erregungsausbreitungsstörungen, ERBS =

Erregungsrückbildungsstörungen

Multiple Choice Antwort: zutreffendes ankreuzen

Antwortliste von Kompetenzniveau 1	
Kategorien bei der Befundung	Normwerte und Antwortmöglichkeiten
Herzfrequenz	> 100/min
	50-100/min
	< 50/min
Rhythmus	RR-Abstände regelmäßig
	RR-Abstände unregelmäßig
	P nicht positiv in I und II
	kein P
	Ausfall von Einzelschlägen
	Zusätzliche Einzelschläge
Lagetyp	Hauptvektor in I positiv
	Hauptvektor in I negativ
	Hauptvektor in II positiv
	Hauptvektor in II negativ
	Hauptvektor in III positiv
	Hauptvektor in III negativ

Intervalle	P > 0,11s
	PQ > 0,21 s
	QRS > 0,11s
Amplituden	P > 0,2 mV
	R in V2 + S in V5 > 1,05 mV
	R in V5 + S in V2 > 3,5 mV
	Q > 1/4 der Amplitude von R
Erregungsausbreitung	R-Amplituden nimmt von V1 - V6 zu
	R-Verlust
	S in V6
Erregungsrückbildung	ST-Hebung > 0,1 mV in mindestens zwei benachbarten Ableitungen
	ST-Senkung > 0,1 mV in mindestens zwei benachbarten Ableitungen
	T negativ in mind. einer der Ableitungen I, II, aVF, aVL oder V3-V6
	R-Verspätung
	RR' in V1

---

### Antwortkommentar

**Bitte sehen Sie sich die korrekte Lösung an und vergleichen Sie diese mit Ihrer Lösung!**

Hinweis: Zwischen zwei R-Zacken zählen Sie im Schnitt etwas mehr als 3 Kästchen: HF < 100/min

---

### Karte 3: Feedback

#### Info Text

#### Feedbackteil

Hier werden nun nur Besonderheiten und eventuelle Schwierigkeiten besprochen. Für grundlegendere Fragen lesen Sie bitte im **Skript zum CASUS CASUS EKG-Kurs**, den Sie im Vorfeld zuhause bearbeitet haben, nach! Dieses finden Sie ausgeteilt auf Ihren Plätzen. Zur Veranschaulichung sehen Sie sich bitte auch das Bild auf der rechten Seite an!

#### Rhythmus:

Es handelt sich um einen Papiervorschub von 25 mm/s. Damit errechnet sich der Rhythmus aus:  $300/3 = 100$ . Da es mehr als 3 Kästchen sind, ist die HF etwas < 100/min. Es reicht aus, die 5mm Kästchenzahl grob zu zählen, es kommt uns hier nicht auf mm an.

#### Hauptvektoren:

Lassen Sie sich von den 'verzogenen' QRS-Komplexen nicht irritieren, alle drei Hauptvektoren sind hier positiv, wobei man deutlich sieht, dass III > I ist.

#### Intervalle/Amplituden:

Orientieren Sie sich immer an den 5 mm Kästchen, um die Intervalle abschätzen zu können. Zur Erinnerung: Bei 25 mm/s dauert ein Kästchen 0,2 s (doppelt so lange wie bei 50 mm/s)! P ist in Ableitung II überhöht.

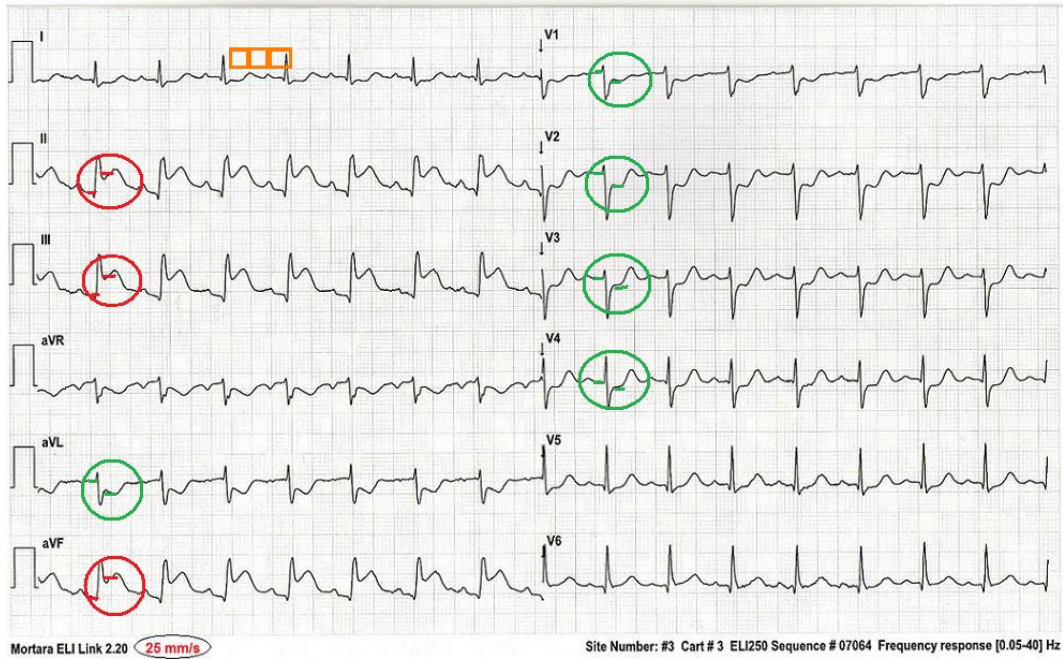
#### ERBS:

Man sieht deutliche ST-Hebungen und ST-Senkungen! (Siehe Markierungen am Bildschirm.)

Sollte Ihnen eben gegebenes Feedback nicht reichen, empfiehlt es sich, im Skript nachzuschlagen!

---

### Multimedia auf Hauptkarte



Karte 4: Befund K2

Info Text

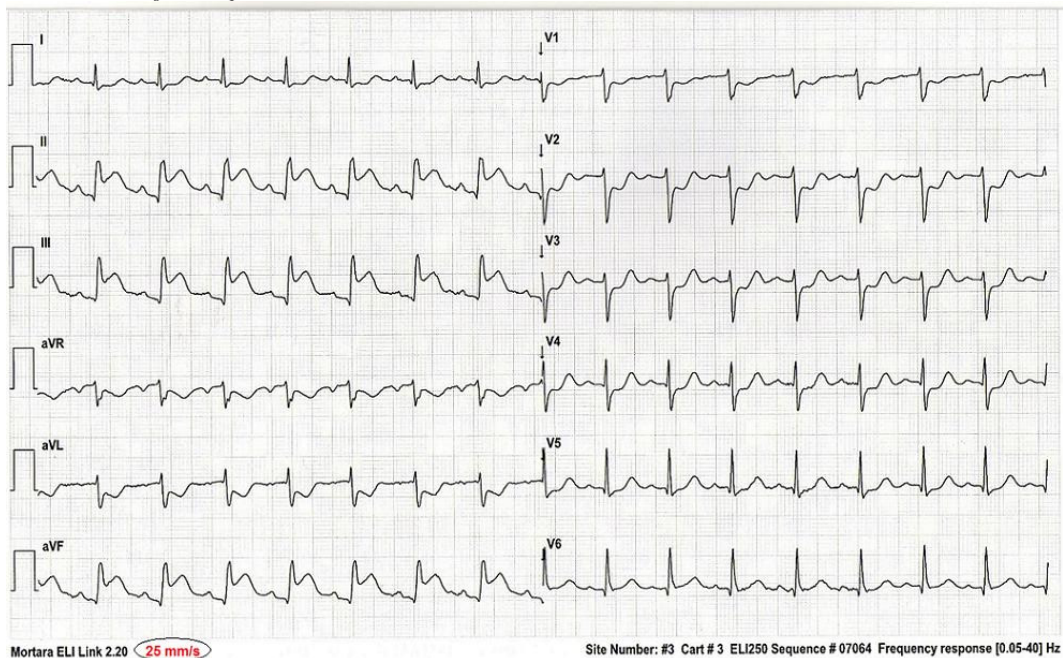
**Befund:**

Bitte fassen Sie nun Ihre Erkenntnisse von gerade zu einem Befund zusammen!

Die korrekte Lösung von vorhin lautet:

HF: <100/min, QRS regelmäßig und positiv in I, II und III, P-Welle überhöht, ST Hebungen und ST-Senkungen

Multimedia auf Hauptkarte



Frage

**1. Welche Befunde treffen zu?**

**Hinweis:**

Die nachfolgende Liste besteht wieder aus **7 Kategorien**: Herzfrequenz, Rhythmus, Lagetyp, Intervalle, Amplituden, ERAS, ERBS

Multiple Choice Antwort: zutreffendes ankreuzen

<b>Antwortliste von Kompetenzniveau 2</b>	
Kategorien bei der Befundung	Antwortmöglichkeiten
Herzfrequenz	Normokardie
	Tachykardie
	Bradykardie
Rhythmus	Sinusrhythmus
	ektop atrialer Rhythmus
	AV-junktionaler Rhythmus
	ventrikulärer Rhythmus
	Vorhofflimmern
	Vorhofflattern
	Supraventrikuläre Extrasystole
	Ventrikuläre Extrasystole
	AV-Block 3. Grades
	AV-Block 2. Grades
	Kammerflimmern
	Asystolie
Lagetyp	Indifferenztyp
	Steiltyp
	Rechtstyp
	überdrehter Rechtstyp
	Linkstyp
	überdrehter Linkstyp
Sagittaltyp	
Intervalle	P sinistrotoriale
	AV-Block 1. Grades
	Long QT
	Linksschenkelblock vollständig
	Linksschenkelblock unvollständig
	Rechtsschenkelblock vollständig
	Rechtsschenkelblock unvollständig
Amplituden	Rechtsventrikuläre Hypertrophie
	Linksventrikuläre Hypertrophie
	P dextrotoriale
Erregungsausbreitung & Erregungsrückbildung	Zeichen für eine Rechtsherzbelastung
	Zeichen eines alten Infarktes
	Zeichen für eine frische Myokardischämie der Vorderwand
	Zeichen eines Myokardschadens anderer Genese

*Antwortkommentar*

**Bitte sehen Sie sich die korrekte Lösung an und vergleichen Sie diese mit Ihrer Lösung!**

*Karte 5: Feedback*

*Info Text*

**Feedbackteil**



Hier werden nur Besonderheiten und eventuelle Schwierigkeiten besprochen. Für grundlegendere Fragen lesen Sie bitte im Skript zum CASUSCASUS EKG-Kurs nach!

Man erkennt Zeichen einer Rechtsherzbelastung: P-dextroatriale und Steiltyp

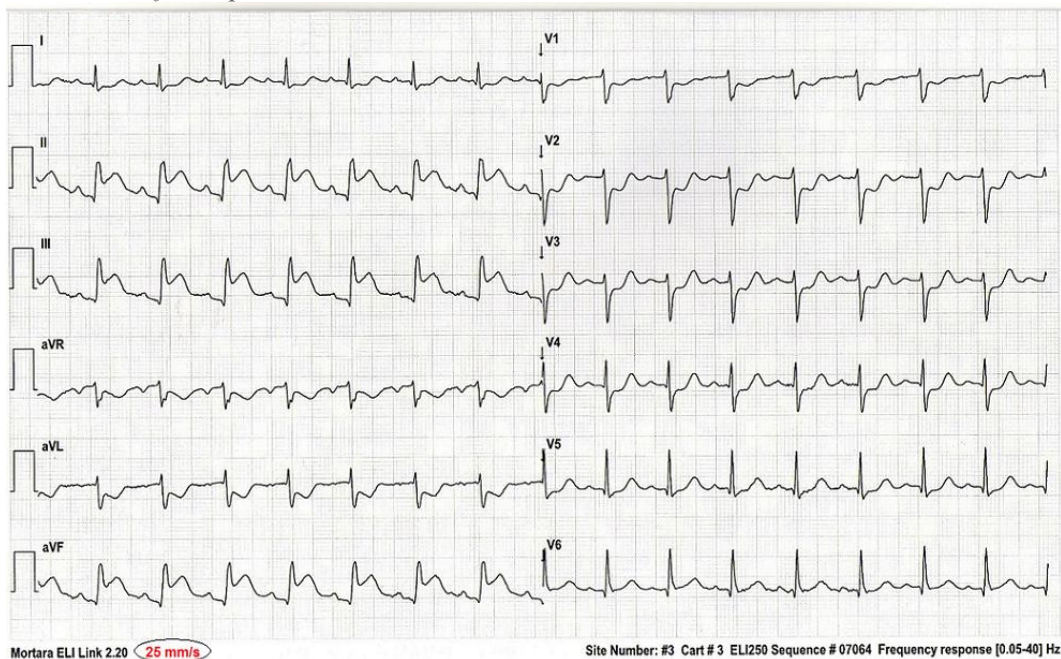
### ERBS:

Die ST-Hebungen in II, III und aVF sowie die reziproken ST-Senkungen in den Brustwandableitungen sprechen für eine frische transmurale Myokardischämie der Hinterwand. Frisch bedeutet Stadium II, das erkennt man daran, dass die ST-Hebungen noch vorhanden sind und (noch) keine T-Negativierungen zu erkennen sind.

Sollte Ihnen eben gegebenes Feedback nicht reichen, empfiehlt es sich, im Skript nachzuschlagen!

**Bevor Sie weitermachen, sollte Ihnen der Befunde in diesem EKG klar sein!**

*Multimedia auf Hauptkarte*



*Karte 6: Befund K3*

*Info Text*

### Differentialdiagnosen:

Nun sollen Sie über mögliche Differentialdiagnosen nachdenken.

Zur Erinnerung die Fallvignette:

62-jähriger Patient mit Brustschmerz, blass, kaltschweißig

HF: ca. 100/min

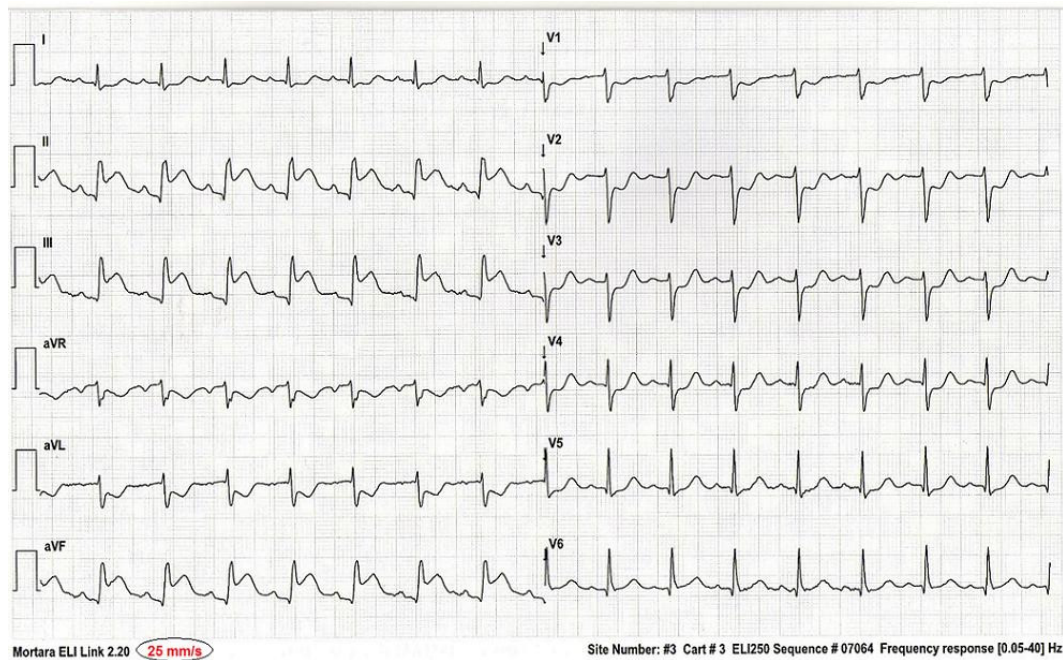
RR: 95/80

Temperatur: 37,3 °C

EKG: Steiltyp, P-dextroatriale und Zeichen für eine frische Ischämie der Hinterwand

*Multimedia auf Hauptkarte*





### Frage

Wenn Sie nun das eben befundete EKG und die Klinik des Patienten zusammennehmen, wie lautet Ihre **Arbeitsdiagnose**?

Hier finden Sie eine Auswahl an Verdachtsdiagnosen.

1. Bitte wählen Sie nun **vier passende Verdachtsdiagnose aus der Liste aus**.

Multiple Choice Antwort: zutreffendes ankreuzen

<b>Antwortliste von Kompetenzniveau 3</b>
Mögliche Arbeits- und Differentialdiagnosen
Anämie
Aneurysma dissecans
Angina pectoris
Akutes Abdomen
Akutes Cor pulmonale/Lungenembolie
AV-Block höheren Grades
Chronisches Cor pulmonale COPD/Asthma
Elektrolytstörungen
Entzündliche Herzerkrankungen: Perikarditis/Myokarditis
Kardiomyopathie
Kammerflimmern
Klappenvitien mit Volumenbelastung des Herzens
Klappenvitien und andere Herzfehler
Herzinsuffizienz
Herzneurose
Herzwandaneurysma
Hypertonus mit Druckbelastung des Herzens
Lungenödem
Medikamentenbedingte EKG-Veränderungen
Muskuloskelettaler Brustschmerz
Myokardinfarkt, alt
Myokardinfarkt, frisch
Obstruktion der oberen Luftwege

Perikarderguss
Pneumothorax
Präexcitationssyndrom
Psychogene Dyspnoe
Rechtsherzbelastungszeichen bei Asthmaanfall
Ventrikuläre Tachykardie
Vorhofflattern
Vorhofflimmern, neu aufgetreten
Vorhofflimmern, permanent

---

*Antwortkommentar*

Die beiden wichtigsten DD sind sicher **frischer ST-Hebungs-Infarkt** und **entzündliche Herzerkrankungen**. Auch wichtige DD sind **Lungenembolie** und **Angina pectoris**.

**Bitte sehen Sie sich die korrekte Lösung an und vergleichen Sie diese mit Ihrer Lösung!**

---

*Karte 7: Feedback*

*Info Text*

**Feedbackteil**

Das EKG spricht für sich! Auch die Klinik des Patienten ist sehr typisch: länger andauernder intensiver Brustschmerz, kaltschweißiger und eher ruhiger Patient. Ihre Arbeitsdiagnose sollte frische transmuraler ST-Hebungsinfarkt der Hinterwand heißen.

-----  
 Trotzdem, bei akutem Brustschmerz sollten Sie unter anderem auch folgende Differentialdiagnosen bedenken:

- Myokardinfarkt
- Angina pectoris
- Perikarditis
- Lungenembolie
- Aneurysma dissecans
- Myokarditis
- Herzneurose
- Hypertone Krise
- Ösophaguserkrankungen
- Rippenverletzung
- Spondylarthritiden
- Herpes zoster
- Pleuritis
- Tumoren
- Abdominalerkrankungen, z. B. akute Pankreatitis
- Cholezystitis

-----  
 Differentialdiagnosen zu neu aufgetretenen ST-Hebungen/ST-Senkungen im EKG und akutem Brustschmerz:

**Myokardinfarkt (STEMI):**

ST-Hebungen in den infarkttypischen Ableitungen und reziproke ST-Senkungen. Außerdem findet man zeitlich gesehen typische Veränderungen der Stadien I-IV eines Myokardinfarktes. Cave: NSTEMI!

**Angina Pectoris:**

Unter Belastung kommt es zu ST- Senkungen und/oder auch zu unspezifischen T-Negativierungen. Diese müssen nicht auf die infarkttypischen Ableitungen begrenzt sein. Die Schmerzen im Thoraxbereich klingen dabei im Gegensatz zum Myokardinfarkt in Ruhe nach 5-15 Minuten ab, nach Nitro-Einnahme bereits nach 1-2 Minuten.

**Entzündliche Herzerkrankungen:**

Allgemein kommt es zu keinem R-Verlust in den Brustwandableitungen! Die Veränderungen zeigen sich zumeist auch mehr ubiquitär und nicht ausschließlich in den infarkttypischen Ableitungen

**Perikarditis:**

ST-Hebung aus aufsteigendem S und meist nur leichte ST-Hebung (0,1-0,3 mV). Im chronischen Stadium auch ST-Senkungen und negatives T ohne ST-Hebungen.

**Myokarditis:**

Meist terminal negatives T in V2-V6 und leichte ST-Senkungen.

**Lungenembolie:**

Das wichtigste Zeichen ist die akute Rechtsherzbelastung mit einem SI/QIII Typ im EKG. Dabei sieht man in I z.T. ST Senkungen und in III z.T. ST-Hebungen. Es ist aber auch möglich, dass man nichts im EKG sieht!

---

**Bitte beachten Sie zudem:**

ST-Veränderungen finden sich unabhängig von der Klinik 'Brustschmerz' auch bei folgenden Pathologien (mehr dazu auch im Skript):

Schenkelblock

Kammerhypertrophie

Bradykardie

Herzwandaneurysma

WPW-Syndrom

Digitaliseffekt

Brugadasyndrom

---

*Karte 8: Befund K4*

*Info Text*

**Weiteres Vorgehen:**

Bei der körperlichen Untersuchung ist Ihnen ansonsten nichts Besonderes aufgefallen. Die Auskultation war unauffällig. Jetzt haben Sie gerade erste Laborergebnisse erhalten.

Schmerzbeginn war laut Ehefrau aber erst vor ca. einer Stunde.

Bei Herrn Schuster stellen Sie also die Arbeitsdiagnose frischer transmuraler ST-Hebungsinfarkt der Hinterwandinfarkt.

Zur Erinnerung die Fallvignette:

62-jähriger Patient mit Brustschmerz, blass, kaltschweißig

HF: ca. 100/min

RR: 95/80

Temperatur: 37,3 °C

EKG: Tachykardie, Steiltyp, P-dextroatriale und Zeichen für eine frische Ischämie der Hinterwand

Sie befinden sich in einem Krankenhaus der Maximalversorgung!

---

*Multimedia auf Hauptkarte*

Parameter	Wert	Normwerte	Einheit
Leukozyten	5.0	4.0 - 11.3	10 <sup>3</sup> / $\mu$ l
Erythrozyten	4.7	4.5 - 5.9	10 <sup>6</sup> / $\mu$ l
Hämoglobin	14.9	14.0 - 17.5	g/dl
Hämatokrit	41.2	38.0 - 52.0	%
MCV	87.5	80.0 - 96.0	$\mu$ m <sup>3</sup>
MCH	31.6	28.0 - 33.0	pg
Thrombozyten	155.0	150 - 350	10 <sup>3</sup> / $\mu$ l
Neutrophile	36.8	50 - 70	%
Stabkernige	4.0	< 5.0	%
Segmentierte	55.5	40 - 70	%
Lymphozyten	32	25 - 40	%
Eosinophile	0	< 4.0	%
Basophile	0	< 1.0	%
Monozyten	5.0	< 8.0	%
Retikulozyten	7.2	5.0 - 15.0	%
TPZ (Quick)	78	70 - 120	%
PTT	27.5	25 - 42	Sec
CRP	0.85	< 0.5	mg/dl
Kreatinin	1.0	0.7 - 1.2	mg/dl
Natrium	135	135 - 148	mmol/l
Kalium	4.3	3.5 - 5.4	mmol/l
Calcium	2.36	2.15 - 2.60	mmol/l
Phosphat	3.6	2.5 - 4.8	mmol/l
Blutzucker	105	50 - 110	mg/dl
GOT	25	< 19	U/l
GPT	22	< 24	U/l
Gamma-GT	18	< 28	U/l
Eiweiß	7.7	6.0 - 8.5	g/dl
TSH basal	3.35	0.4 - 4.0	$\mu$ E/ml
Myoglobin	102	< 55	$\mu$ g/l
Troponin T	0.5	< 0,4	$\mu$ g/l
CK	200	0-170	U/l
CK-MB	0.3	0-25	U/l
D-Dimere	0,4	0,5	mg/l

### Frage

1. Welche **Schritte** sind **direkt als nächstes** nötig?

#### Hinweis:

Die nachfolgende Liste besteht aus 4 Kategorien:

Versorgung des Patienten, weitere Diagnostik/Eingriffe, Patientenhandling, Medikamente

Multiple Choice Antwort: zutreffendes ankreuzen

Antwortliste von Kompetenzniveau 4	
Kategorien des weiteren Prozederes	Möglichkeiten der Handhabung
Versorgung	O2 Nasensonde
	Narkose und Intubation
	Defibrillation
	Überwachungsmonitor: EKG, RR, Pulsoxy
	Zentralvenöser Zugang
Diagnostik & Eingriff	Bildgebung: Röntgen Thorax
	Bildgebung: CT Thorax
	Bildgebung: CT-Angiographie Thorax
	Blutgasanalyse
	weitere Labordiagnostik
	Echokardiographie
	Ergometrie

	Langzeitblutdruckmessung
	Herzkatheteruntersuchung
	Schrittmacherimplantation
	Kardioversion
Handling	Intensivstation
	Überwachungsstation
	Normalstation
	Überweisung zum Hausarzt & Entlassung nach Hause
	Konsil bei anderer Fachdisziplin
	Entlassung nach Hause
Medikamente	Cumarine
	Nichtsteroidales Antirheumatikum
	Fibrinolytika
	Heparin
	Amiodaron
	Betablocker
	Calcium-Antagonisten
	Adrenalin
	Benzodiazepine
	Digitalisglykosid
	Antibiotika
	Kortikosteroide
	Opioide
	ACE-Hemmer
	Nitrate
Diuretikum	

---

*Antwortkommentar*

**Bitte sehen Sie sich die korrekte Lösung an und vergleichen Sie diese mit Ihrer Lösung!**

---

*Karte 9: Feedback*
*Info Text*
**Feedback:**

Das Vorgehen bei akutem Herzinfarkt sollte wie folgt sein:

<b>Interventionen</b>	<b>weitere Diagnostik</b>	<b>Handhabung</b>	<b>Medikamente</b>
O <sub>2</sub> Nasensonde: 4 l O <sub>2</sub> /min	Herzkatheter- untersuchung: Akut PTCA mit/ohne Stent wenn Infarkt < 12 h zurückliegt	Intensivstation Cave: Kammer- flimmern, Pumpversagen	Nitrate und Betablocker; nicht wenn RR systolisch < 100 mm Hg
Überwachung: EKG, RR, Pulsoxymetrie	Echokardiographie: zur Beurteilung der Pumpfunktion		NSAR: ASS 500 mg i.v. zusätzlich Thrombozytenaggregations- hemmer wie Clopidogrel u.a. Heparin 5000 IE als Bolus i.v. Benzodiazepine Morphin bei Schmerzen Lysetherapie nur wenn keine PTCA in ersten 6-(12) h möglich ist

---

*Karte 10: Ende*

*Info Text*

Vielen Dank, Sie haben nun den ersten Patientenfall komplett gelöst.  
Bitte machen Sie nun mit Fall zwei weiter!

---

## 11.2.2 EKG Lernfall 2

Autor(en): Franziska Hasch

Institution(en): LMU

*Karte 1: Begrüßung*

*Info Text*

**Liebe Studierenden,**

**Herzlich Willkommen zur EKG-Studie der LMU!**

Willkommen zu Lernfall 2. Auch hier gibt es vier Aufgabengebiete mit mehreren Unterpunkten.

Hier ein Überblick zu den vier Hauptpunkten:

1: Zunächst sollen Sie ein EKG nach rein objektiven Kriterien **beschreiben**

2: Nun sollen Sie Ihre Ergebnisse aus der ersten Aufgabe **zu einem Befund zusammenfassen**

3: In diesem Teil sollen Sie anhand der Klinik und des EKGs eines Patienten eine

**Arbeitsdiagnose benennen**

4: Hier werden Sie abschließend zum weiteren **klinischen Procedere** befragt

Sie können natürlich jederzeit eine kurze Pause machen. Bitte Versorgen Sie sich mit den bereitgestellten Getränken. Nach diesem Fall wird es ein Mittagessen für jeden geben. Wir bitten Sie, alle Fragen **gewissenhaft und konzentriert** zu bearbeiten, da wir uns von dieser Studie wichtige wissenschaftliche Erkenntnisse versprechen.

**Hinweis:**

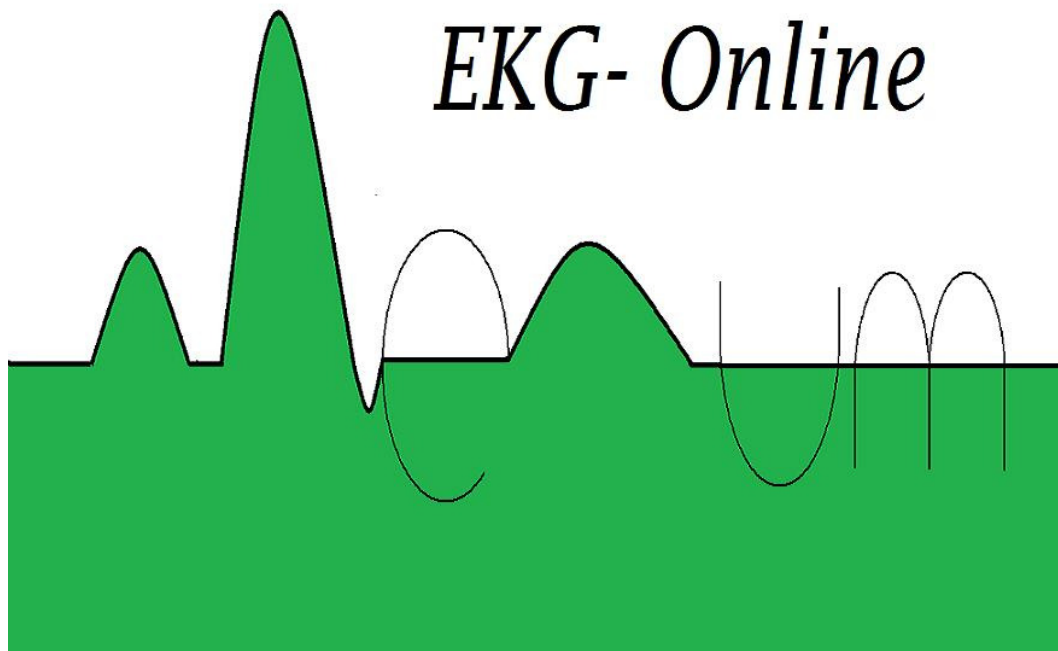
Sie können jederzeit zu vorherigen Karten zurücknavigieren, beachten sie jedoch, dass dabei noch nicht abgeschickte Antworten gelöscht werden.

Nun wünschen wir Ihnen viel Spaß bei der Bearbeitung und hoffen, dass Sie etwas lernen!

Ihr Team der Medizindidaktik

---

*Multimedia auf Hauptkarte*



---

*Karte 2: Befund K1*

*Info Text*

**Fall 2:**

Zu Ihnen kommt der 25-Jährige Alexander Maier. Der durchtrainierte junge Mann hält sich das Brustbein und erzählt Ihnen, dass er wirklich starke Schmerzen in der Brust habe. Einen Unfall oder andere Verletzungen verneint er und sagt nur, dass er wie immer die ganze Woche im Fitnessstudio gearbeitet hätte. Vorerkrankungen sind soweit nicht bekannt. Der Patient sieht blass und krank aus, hinlegen möchte er sich aber trotzdem nicht. 'Ich habe mir bestimmt nur mal wieder was verrissen, aber ohne eine Schmerzspritze kann ich heute nicht weiterarbeiten, und morgen ist doch ein wichtiges Event im Fitnessstudio, für das es noch viel vorzubereiten gibt', erklärt Ihnen der Patient.

An Medikamenten habe er nur zwei Aspirin gegen die Schmerzen geschluckt.

Die eben gemessenen Vitalparameter sehen wie folgt aus:

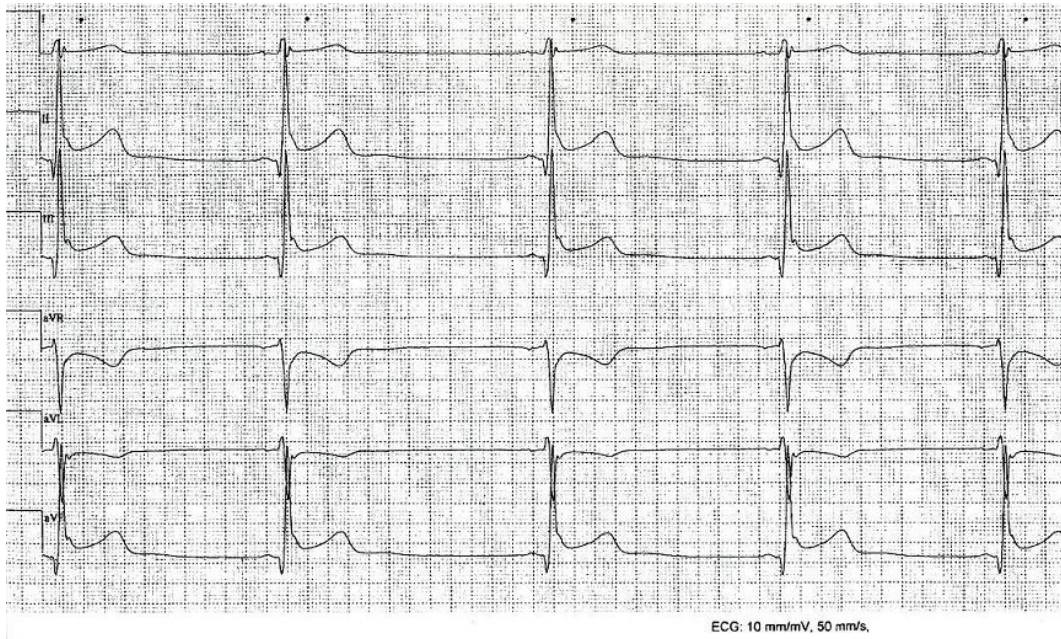
- HF: ca. 50 min
- RR: 125/80
- Temperatur: 37,4 °C

Sie untersuchen Alexander körperlich, nehmen Blut ab und schreiben noch ein EKG:

---

*Multimedia auf Hauptkarte*





*Multimedia auf Hauptkarte*



*Frage*

Nebenstehendes EKG stammt von Herrn Maier. Sie haben das gleiche EKG auch als Ausdruck vor sich. Sie sollen nun zunächst nur Aufgaben zur EKG-Vermessung lösen:

1. Bitte legen Sie sich jetzt den **EKG-Ausdruck 'EKG 2'** zurecht.
2. Nun **wählen** Sie bitte die zutreffenden Punkte aus der untenstehenden Liste **am Bildschirm** aus.
3. **Markieren** Sie nur diese von Ihnen gewählten Antworten bitte in Ihrem **EKG-Ausdruck** mit einem Stift. Kodieren Sie Ihre Markierungen mit dem entsprechenden Buchstaben aus der Liste unten! (z. B. "L" schreiben und die Struktur dazu ein kringeln oder nachfahren).

**Hinweis:**

Die nachfolgende Liste besteht aus **7 Kategorien**: Herzfrequenz, Rhythmus, Lagetyp, Intervalle, Amplituden, ERAS, ERBS

HF = Herzfrequenz, ERAS = Erregungsausbreitungsstörungen, ERBS = Erregungsrückbildungsstörungen



Multiple Choice Antwort: zutreffendes ankreuzen

Antwortliste von Kompetenzniveau 1	
Kategorien bei der Befundung	Normwerte und Antwortmöglichkeiten
Herzfrequenz	> 100/min
	50-100/min
	< 50/min
Rhythmus	RR-Abstände regelmäßig
	RR-Abstände unregelmäßig
	P nicht positiv in I und II
	kein P
	Ausfall von Einzelschlägen
	Zusätzliche Einzelschläge
Lagetyp	Hauptvektor in I positiv
	Hauptvektor in I negativ
	Hauptvektor in II positiv
	Hauptvektor in II negativ
	Hauptvektor in III positiv
	Hauptvektor in III negativ
Intervalle	P > 0,11s
	PQ > 0,21 s
	QRS > 0,11s
Amplituden	P > 0,2 mV
	R in V2 + S in V5 > 1,05 mV
	R in V5 + S in V2 > 3,5 mV
	Q > 1/4 der Amplitude von R
Erregungsausbreitung	R-Amplituden nimmt von V1 - V6 zu
	R-Verlust
	S in V6
Erregungsrückbildung	ST-Hebung > 0,1 mV in mindestens zwei benachbarten Ableitungen
	ST-Senkung > 0,1 mV in mindestens zwei benachbarten Ableitungen
	T negativ in mind. einer der Ableitungen I, II, aVF, aVL oder V3-V6
	R-Verspätung
	RR' in V1

### Antwortkommentar

**Bitte markieren Sie nachträglich nichts mehr auf Ihrem EKG Ausdruck!!!**

**Bitte sehen Sie sich die korrekte Lösung an und vergleichen Sie diese mit Ihrer Lösung!**

### Karte 3: Feedback

#### Info Text

#### Feedbackteil

Hier werden nun nur Besonderheiten und eventuelle Schwierigkeiten besprochen. Für grundlegendere Fragen lesen Sie bitte im **Skript** zum **CASUS CASUS EKG-Kurs**, den Sie im Vorfeld zuhause bearbeitet haben nach! Dieses finden Sie ausgeteilt auf Ihren Plätzen. Zur Veranschaulichung sehen Sie sich bitte auch das Bild auf der rechten Seite an!

#### Zeiten:

Die PQ-Zeit ist verkürzt: 0,8 s

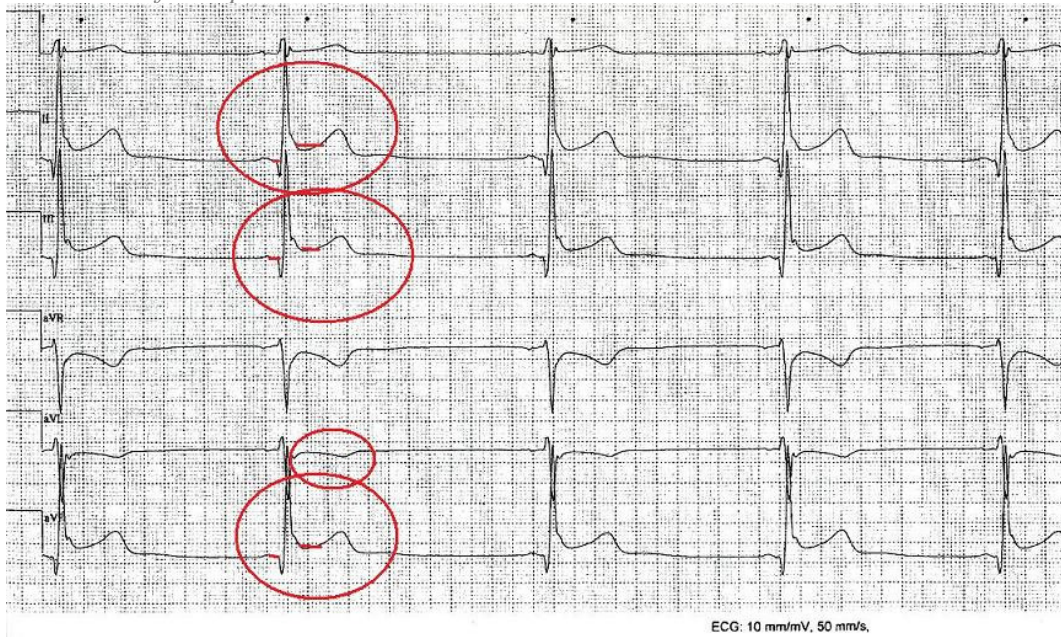
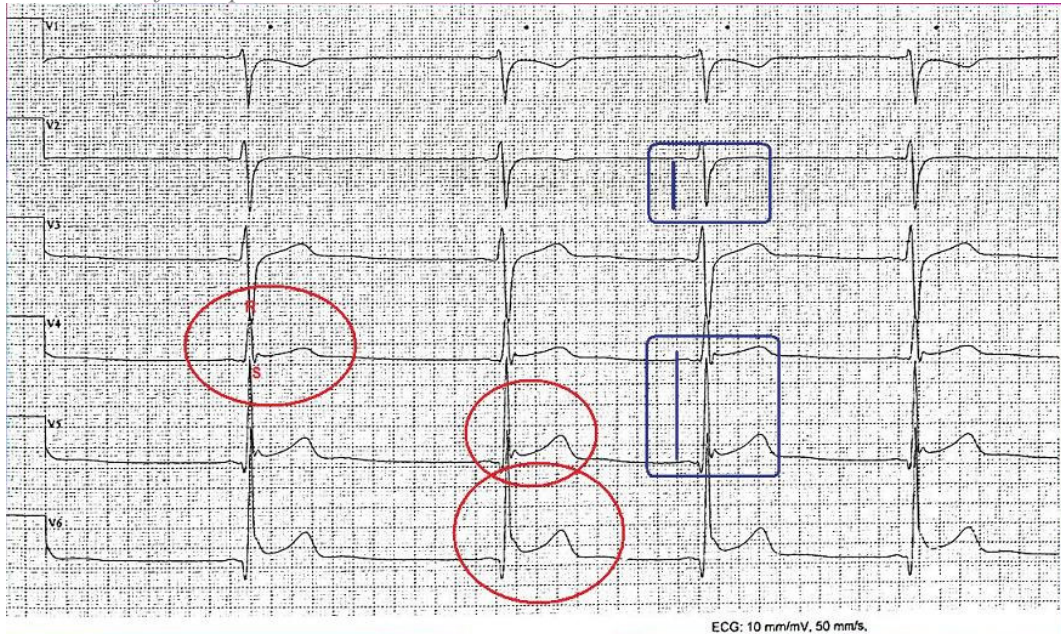
#### Intervalle:

Der Sokolow Index für den linken Ventrikel berechnet sich aus dem höchsten R (V4-V6) + tiefstes S (V1-V3)

**ERBS:**

Es sind ST-Hebungen in II, III, aVF, V5-V6 zu erkennen und eine T-Negativierung in aVL.

Sollte Ihnen eben gegebenes Feedback nicht reichen, empfiehlt es sich, im Skript nachzuschlagen!

*Multimedia auf Hauptkarte**Multimedia auf Hauptkarte*

Karte 4: Befund K2

Info Text

**Befund:**

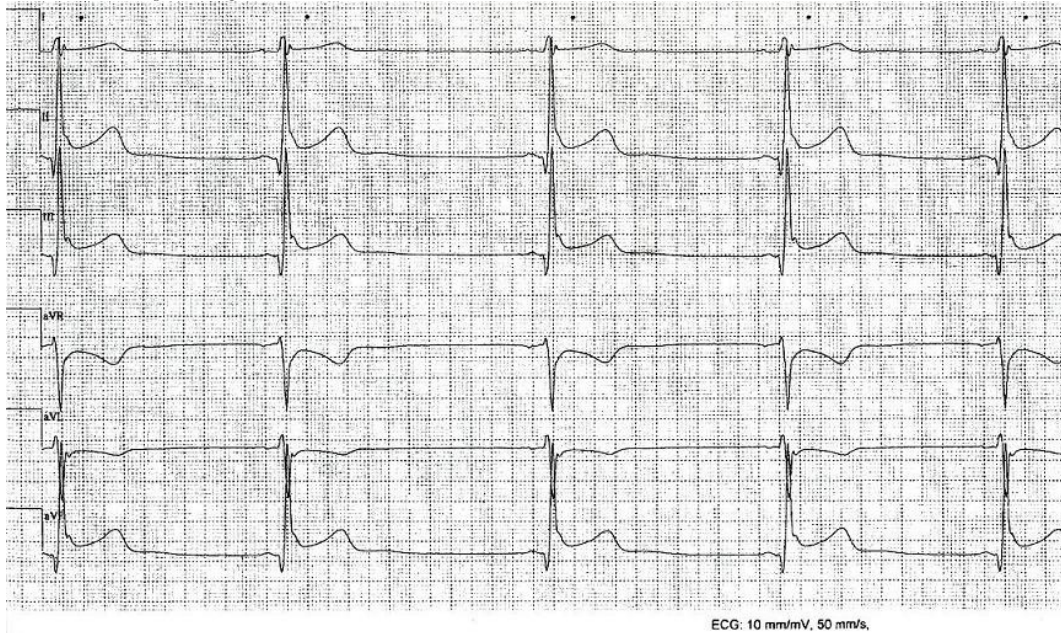
Bitte fassen Sie nun Ihre Erkenntnisse von gerade zu einem Befund zusammen!



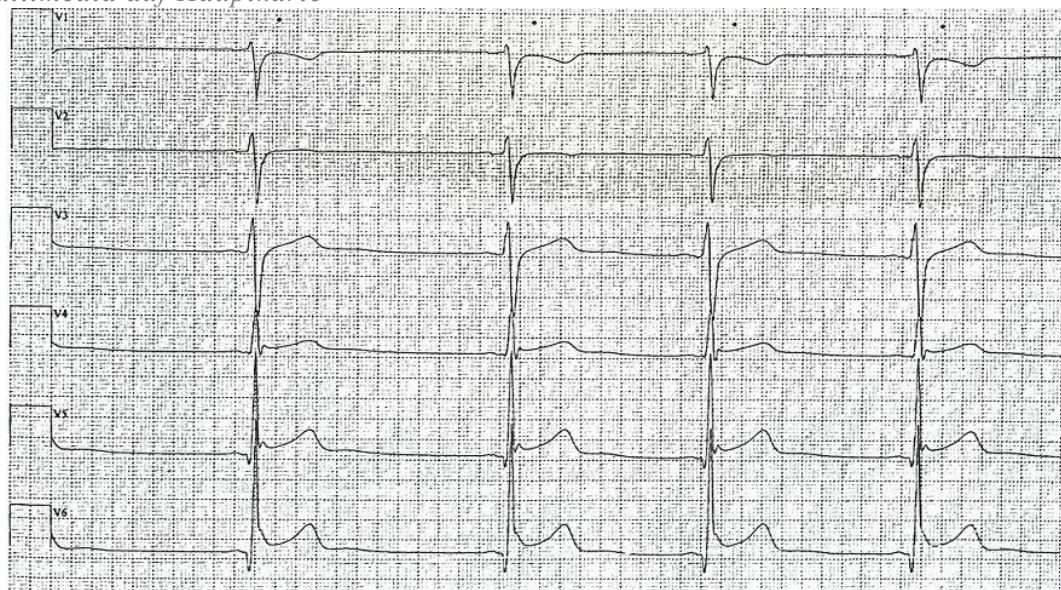
Zur Erinnerung:

HF ca. 55min, QRS unregelmäßig und positiv in I,II und III, S in V2 + R in V5 >3,5 mV,  
ST-Hebungen

*Multimedia auf Hauptkarte*



*Multimedia auf Hauptkarte*



*Frage*

**1. Welche Befunde treffen zu?**

**2. Begründen Sie Ihre Antwort dann zusätzlich im Freitextfeld neben der jeweils ausgewählten Antwort!**

**Hinweis:**

Die nachfolgende Liste besteht wieder aus **7 Kategorien**: Herzfrequenz, Rhythmus, Lagetyp, Intervalle, Amplituden, ERAS, ERBS

Multiple Choice Antwort: zutreffendes ankreuzen

<b>Antwortliste von Kompetenzniveau 2</b>	
Kategorien bei der Befundung	Antwortmöglichkeiten
Herzfrequenz	Normokardie
	Tachykardie
	Bradykardie
Rhythmus	Sinusrhythmus
	ektop atrialer Rhythmus
	AV-junktionaler Rhythmus
	ventrikulärer Rhythmus
	Vorhofflimmern
	Vorhofflattern
	Supraventrikuläre Extrasystole
	Ventrikuläre Extrasystole
	AV-Block 3. Grades
	AV-Block 2. Grades
	Kammerflimmern
	Asystolie
Lagetyp	Indifferenztyp
	Steiltyp
	Rechtstyp
	überdrehter Rechtstyp
	Linkstyp
	überdrehter Linkstyp
	Sagittaltyp
Intervalle	P sinistriale
	AV-Block 1. Grades
	Long QT
	Linksschenkelblock vollständig
	Linksschenkelblock unvollständig
	Rechtsschenkelblock vollständig
	Rechtsschenkelblock unvollständig
Amplituden	Rechtsventrikuläre Hypertrophie
	Linksventrikuläre Hypertrophie
	P dextroatriale
Erregungsausbreitung & Erregungsrückbildung	Zeichen für eine Rechtsherzbelastung
	Zeichen eines alten Infarktes
	Zeichen für eine frische Myokardischämie der Vorderwand
	Zeichen für eine frische Myokardischämie der Hinterwand
	Zeichen eines Myokardschadens anderer Genese

---

*Antwortkommentar*

**Bitte sehen Sie sich die korrekte Lösung an und vergleichen Sie diese mit Ihrer Lösung!**

---

*Karte 5: Feedback*

*Info Text*

**Feedbackteil**

Hier werden nur Besonderheiten und eventuelle Schwierigkeiten besprochen. Für grundlegendere Fragen lesen Sie bitte im **Skript zum CASUS CASUS EKG-Kurs** nach!

**Rhythmus:**



Es handelt sich um eine respiratorische Arrhythmie. Es liegt aber dennoch ein vom Sinusknoten ausgehender Rhythmus vor.

**Amplituden:**

Der Sokolow Index für den linken Ventrikel ist zwar erhöht, aber der Patient ist < 30 Jahre alt. Somit darf der Index nicht als Zeichen einer linksventrikulären Hypertrophie gewertet werden. Dies ist zwar sehr speziell, dennoch wichtig, um das EKG junger Patienten richtig zu interpretieren.

**ERBS:**

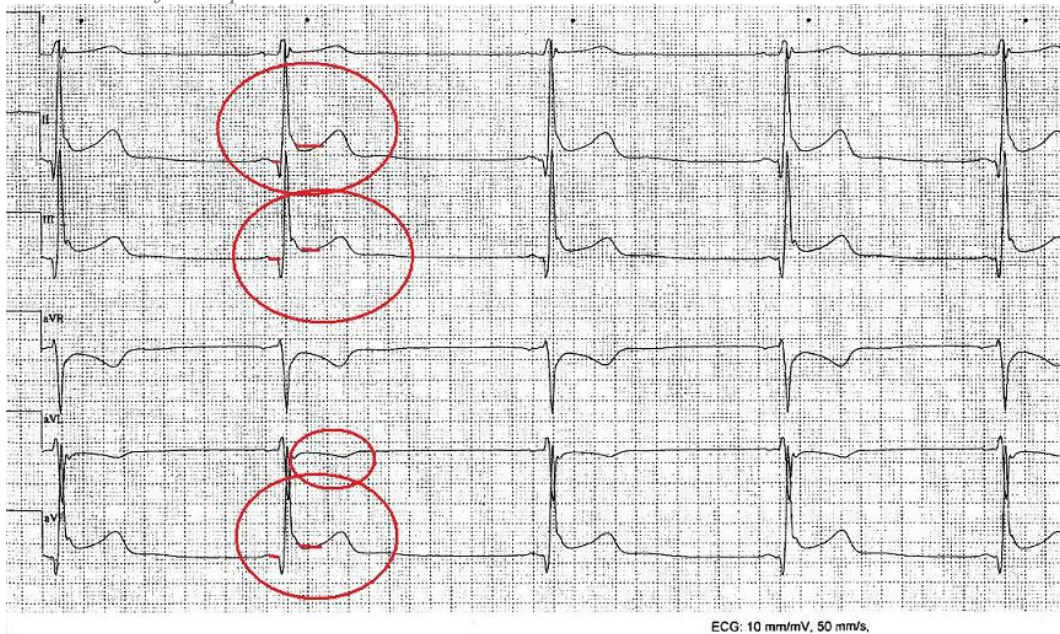
Die ST-Hebungen in diesem EKG zeigen Zeichen für eine frische Ischämie der Hinterwand. Jedoch finden sich neben den ST-Hebungen in V5 und V6 keine ST-Senkungen, pathologische Q-Zacken oder R-Verluste. Dies spricht also eher für einen nicht-ischämischen Myokardschaden, kann eine Ischämie aber nicht ausschließen.

Die T Negativierung in aVL kommt durch den negativen Hauptvektor des Kammerkomplexes zustande.

Sollte Ihnen eben gegebenes Feedback nicht reichen, empfiehlt es sich, im Skript nachzuschlagen!

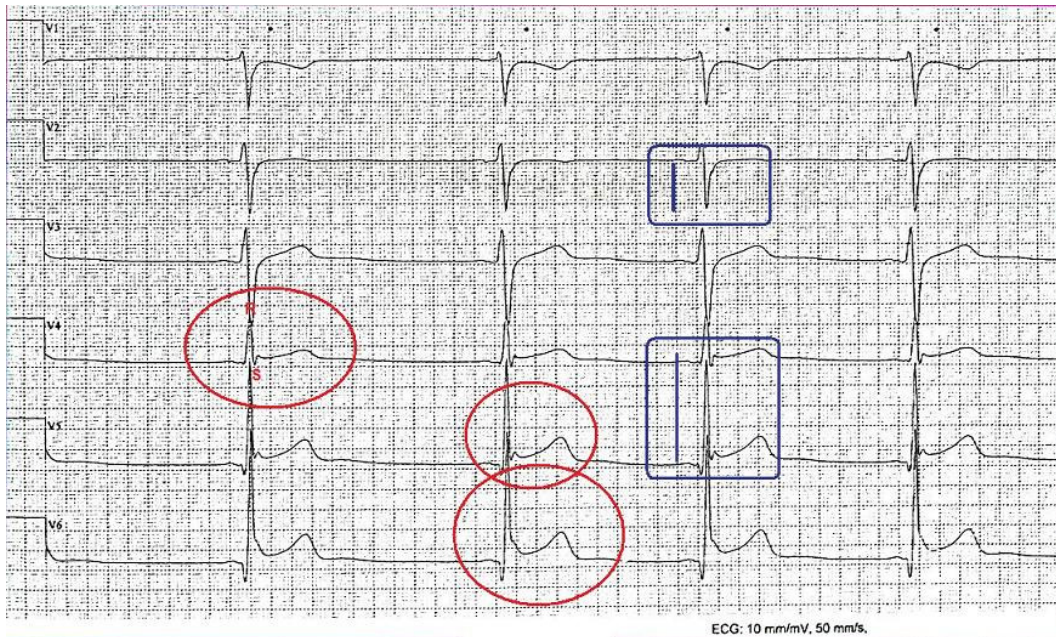
**Bevor Sie weitermachen, sollte Ihnen der Befunde in diesem EKG klar sein!**

*Multimedia auf Hauptkarte*



*Multimedia auf Hauptkarte*





*Karte 6: Befund K3*

*Info Text*

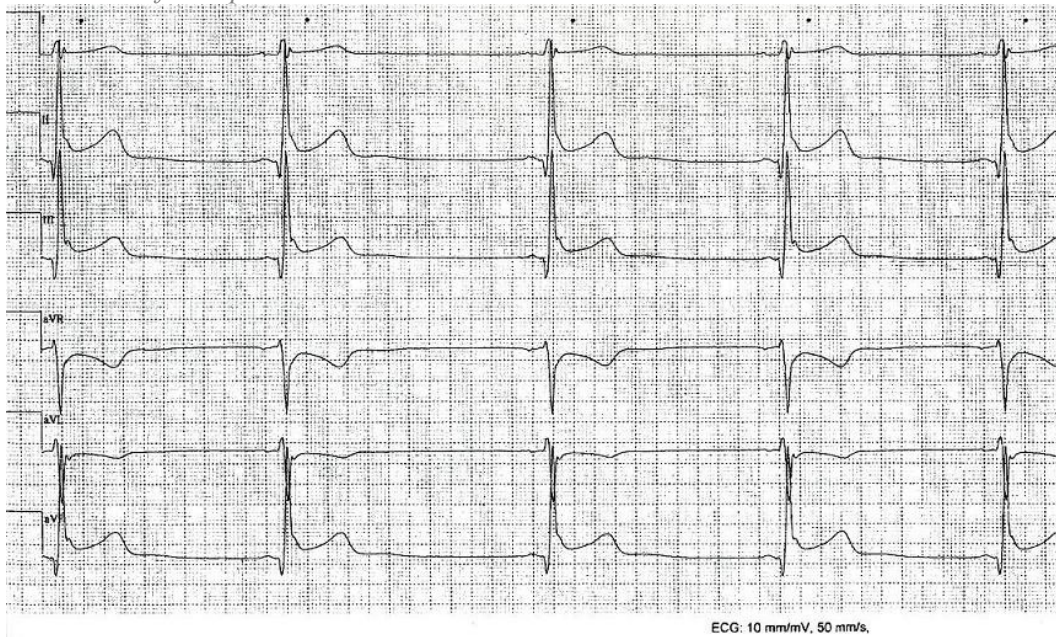
**Differentialdiagnosen:**

Nun sollen Sie über mögliche Differentialdiagnosen nachdenken.

Zur Erinnerung die Fallvignette:

- 25-jähriger Patient mit Brustschmerz, keine Vorerkrankungen
- HF: ca. 55/min
- EKG: Sinusrhythmus, Steiltyp, Zeichen für einen Myokardschaden

*Multimedia auf Hauptkarte*



*Multimedia auf Hauptkarte*





### Frage

Wenn Sie nun das eben befundete EKG und die Klinik des Patienten zusammen nehmen, wie lautet Ihre **Arbeitsdiagnose**?

Hier finden Sie eine Auswahl an Verdachtsdiagnosen.

1. Bitte wählen Sie nun **drei wichtige Verdachtsdiagnosen aus der Liste aus**.
2. **Begründen Sie** Ihre Antwort wiederum im Freitextfeld daneben!

Multiple Choice Antwort: zutreffendes ankreuzen

<b>Antwortliste von Kompetenzniveau 3</b>
Mögliche Arbeits- und Differentialdiagnosen
Anämie
Aneurysma dissecans
Angina pectoris
Akutes Abdomen
Akutes Cor pulmonale/Lungenembolie
AV-Block höheren Grades
Chronisches Cor pulmonale COPD/Asthma
Elektrolytstörungen
Entzündliche Herzerkrankungen: Perikarditis/Myokarditis
Kardiomyopathie
Kammerflimmern
Klappenvitien mit Volumenbelastung des Herzens
Klappenvitien und andere Herzfehler
Herzinsuffizienz
Herzneurose
Herzwandaneurysma
Hypertonus mit Druckbelastung des Herzens
Lungenödem
Medikamentenbedingte EKG-Veränderungen
Muskuloskelettaler Brustschmerz
Myokardinfarkt, alt
Myokardinfarkt, frisch
Obstruktion der oberen Luftwege
Perikarderguss

Pneumothorax
Präexcitationssyndrom
Psychogene Dyspnoe
Rechtsherzbelastungszeichen bei Asthmaanfall
Ventrikuläre Tachykardie
Vorhofflattern
Vorhofflimmern, neu aufgetreten
Vorhofflimmern, permanent

*Antwortkommentar*

Die beiden wichtigsten DD sind sicher **frischer ST-Hebungs-Infarkt** und **entzündliche Herzerkrankung**.

**Bitte sehen Sie sich die korrekte Lösung an und vergleichen Sie diese mit Ihrer Lösung!**

*Karte 7: Feedback**Info Text***Feedbackteil****Arbeitsdiagnose(n):**

**-Entzündliche Herzerkrankungen**

-Herzinfarkt

-Vagaler Leistungssportler

Bei akutem Brustschmerz sollten Sie abhängig vom jeweiligen Patienten aber unter anderem folgende Differentialdiagnosen bedenken!

- |                      |  |
|----------------------|--|
| -Myokardinfarkt      | -Hypertone Krise   |
| -Angina Pectoris     | -Ösophaguserkrankungen                                   |
| -Perikarditis        | -Rippenverletzung und andere muskuloskelettale Schmerzen |
| -Lungenembolie       | -Spondylarthritiden                                      |
| -Aneurysma dissecans | -Herpes Zoster   |
| -Myokarditis         | -Pleuritis   |
| -Herzneurose         | -Tumoren   |
| -Kardiomyopathien    | -Abdominalerkrankungen, z. B. akute Pankreatitis         |

**Hinterwandinfarkt:**

Im EKG sieht man ST-Hebungen in II, III, aVF und linkspräkordial nicht weiter als V5. Zudem sind ST-Senkungen rechtspräkordial zu erkennen. Nur mit Hilfe eines EKGs lässt sich oftmals nicht zwischen einer ischämischen und entzündlichen Genese der ERBS unterscheiden. Bei einem 25-jährigen ansonsten gesunden Sportler ist diese Diagnose dennoch unwahrscheinlich.

**Angina Pectoris:**

Unter Belastung kommt es zu ST-Senkungen und/oder auch zu unspezifischen T-Negativierungen. Diese müssen nicht auf die infarkttypischen Ableitungen begrenzt sein. Die Schmerzen im Thoraxbereich klingen dabei im Gegensatz zum Myokardinfarkt in Ruhe nach 5-15 Minuten ab, nach Nitro-Einnahme bereits nach 1-2 Minuten.

**Entzündliche Herzerkrankungen: Perikarditis/Myokarditis**

Auch diese Erkrankungen führen zu ERBS. Typisch für die Perikarditis sind 'ST-Hebungen aus dem aufsteigenden S', wobei diese diffus über die gesamten Ableitungen sichtbar sein können. Eine Perikarditis kann aber auch einen Herzinfarkt mimen. Allerdings kommt es hier nie zu



R-Verlusten oder zu pathologischen Q-Zacken! Klinisch äußert sich die (trockene) Perikarditis in retrosternalen Schmerzen, die sich im Liegen und bei Inspiration verstärken können. Bei der Myokarditis sieht man terminal negative T-Wellen und ST-Senkungen. Zudem kommt es häufig zu z.T. gefährlichen Rhythmusstörungen und Schenkelblockierungen. Eine strikte Abgrenzung zwischen Peri- und Myokarditis ist nicht immer möglich und sinnvoll.

### Vagotonus:

Bei Leistungssportlern ist unabhängig von der Klinik Brustschmerz auch ein solches EKG denkbar! Hier kommt es oft zu einer Bradykardie mit ST-Hebungen in den Präkordialen Ableitungen, sowie T-Überhöhungen zwischen V2-V5

*Karte 8: Befund K4*

*Info Text*

### Weiteres Vorgehen:

Inzwischen haben Sie auch das Labor erhalten und erklären Herrn Meier das weitere Vorgehen. Sie haben bei Ihrem jungen Patienten eine Perimyokarditis diagnostiziert.

*Multimedia auf Hauptkarte*

Parameter	Wert	Normwerte	Einheit
Leukozyten	20.0	4.0 - 11.3	10 <sup>3</sup> /μl
Erythrozyten	4.7	4.5 - 5.9	10 <sup>6</sup> /μl
Hämoglobin	14.9	14.0 - 17.5	g/dl
Hämatokrit	41.2	38.0 - 52.0	%
MCV	87.5	80.0 - 96.0	μm <sup>3</sup>
MCH	31.6	28.0 - 33.0	pg
Thrombozyten	200.0	150 - 350	10 <sup>3</sup> /μl
Neutrophile	36.8	50 - 70	%
Stabkernige	4.0	< 5.0	%
Segmentierte	55.5	40 - 70	%
Lymphozyten	70	25 - 40	%
Eosinophile	0	< 4.0	%
Basophile	0	< 1.0	%
Monozyten	5.0	< 8.0	%
Retikulozyten	7.2	5.0 - 15.0	%
TPZ (Quick)	78	70 - 120	%
PTT	27.5	25 - 42	Sec
CRP	3.2	< 0.5	mg/dl
Kreatinin	1.0	0.7 - 1.2	mg/dl
Natrium	135	135 - 148	mmol/l
Kalium	4.3	3.5 - 5.4	mmol/l
Calcium	2.36	2.15 - 2.60	mmol/l
Phosphat	3.6	2.5 - 4.8	mmol/l
Blutzucker	77	50 - 110	mg/dl
GOT	25	< 19	U/l
GPT	22	< 24	U/l
Gamma-GT	18	< 28	U/l
Eiweiß	7.7	6.0 - 8.5	g/dl
TSH basal	3.35	0.4 - 4.0	μE/ml
Myoglobin	50	< 55	μg/l
Troponin T	0.6	< 0,4	μg/l
CK	200	0-170	U/l
CK-MB	0.3	0-25	U/l
D-Dimere	0,4	0,5	mg/l

*Frage*

1. Welche **Schritte** sind **direkt als nächstes** nötig?
2. **Begründen** Sie dieses dann **wiederum im Kästchen daneben**.

### Hinweis:

Die nachfolgende Liste besteht aus 4 Kategorien:

Versorgung des Patienten, weitere Diagnostik/Eingriffe, Patientenhandling, Medikamente

Multiple Choice Antwort: zutreffendes ankreuzen

Antwortliste von Kompetenzniveau 4	
Kategorien des weiteren Prozederes	Möglichkeiten der Handhabung
Versorgung	O2 Nasenonde
	Narkose und Intubation
	Defibrillation
	Überwachungsmonitor: EKG, RR, Pulsoxy
	Zentralvenöser Zugang
Diagnostik & Eingriff	Bildgebung: Röntgen Thorax
	Bildgebung: CT Thorax
	Bildgebung: CT-Angiographie Thorax
	Blutgasanalyse
	weitere Labordiagnostik
	Echokardiographie
	Ergometrie
	Langzeitblutdruckmessung
	Herzkatheteruntersuchung
	Schrittmacherimplantation
	Kardioversion
Handling	Intensivstation
	Überwachungsstation
	Normalstation
	Überweisung zum Hausarzt & Entlassung nach Hause
	Konsil bei anderer Fachdisziplin
	Entlassung nach Hause
Medikamente	Cumarine
	Nichtsteroidales Antirheumatikum
	Fibrinolytika
	Heparin
	Amiodaron
	Betablocker
	Calcium-Antagonisten
	Adrenalin
	Benzodiazepine
	Digitalisglykosid
	Antibiotika
	Kortikosteroide
	Opioide
	ACE-Hemmer
	Nitrate
Diuretikum	

*Antwortkommentar*

**Bitte sehen Sie Sich die korrekte Lösung an und vergleichen Sie diese mit Ihrer Lösung!**

*Karte 9: Feedback*

*Info Text*

**Feedback:**

Das Vorgehen bei Herrn Meier sollte wie folgt aussehen.

Interventionen	weitere Diagnostik	Handhabung	Medikamente
Überwachungsmonitor: Cave: Rhythmusstörungen Perikardtamponade	Echokardiographie für empfindlichen Ergussnachweis	Überwachungsstation Cave: Rhythmusstörungen Perikardtamponade	NSAR
Bei drohender Herzbeutelamponade Entlastungspunktion auf der Intensivstation	Biopsie: bei akutem Verlauf mit progredient eingeschränkter LV-Pumpfunktion Weitere Labordiagnostik im Verlauf wenn Pumpfunktion chronisch erniedrigt bleibt: BNP als prognostischer und Verlaufparameter		Steroide  Antibiotika bei bakterieller Genese (selten)

Herr Maier hat sich nach 3 Wochen vollständig von seiner Perimyokarditis erholt.

---

*Karte 10: Ende*

*Info Text*

Vielen Dank, Sie haben nun den zweiten Patientenfall komplett gelöst.

**Bitte melden Sie sich jetzt mit Handzeichen**, Sie bekommen noch einen kurzen Fragebogen von uns ausgeteilt, den Sie bitte ausfüllen und dort oben drauf schreiben, wie lange Sie dafür gebraucht haben.

Anschließend können Sie in die Pause gehen. Sie bekommen, wie angekündigt ein Mittagessen von uns. Bitte setzen Sie Ihre Fallbearbeitung mit **Lernfall 3 erst** nach der Mittagspause fort!

---

### 11.2.3 EKG Lernfall 3

Autor(en): Franziska Hasch

Institution(en): LMU

*Karte 1: Begrüßung*

*Info Text*

**Liebe Studierenden,**

**Herzlich Willkommen zu Fall 3 der EKG-Studie der LMU!**

Die Hälfte der Lernfälle haben Sie schon hinter sich. Fall 3 ist strukturell ähnlich wie Fall 1 und 2.

Wir bitten Sie alle Fragen **gewissenhaft und konzentriert** zu bearbeiten, da wir uns von dieser Studie wichtige wissenschaftliche Erkenntnisse versprechen. Sie können natürlich jederzeit eine kurze Pause machen. Bitte Versorgen Sie sich mit den bereitgestellten Getränken.

**Hinweis:**

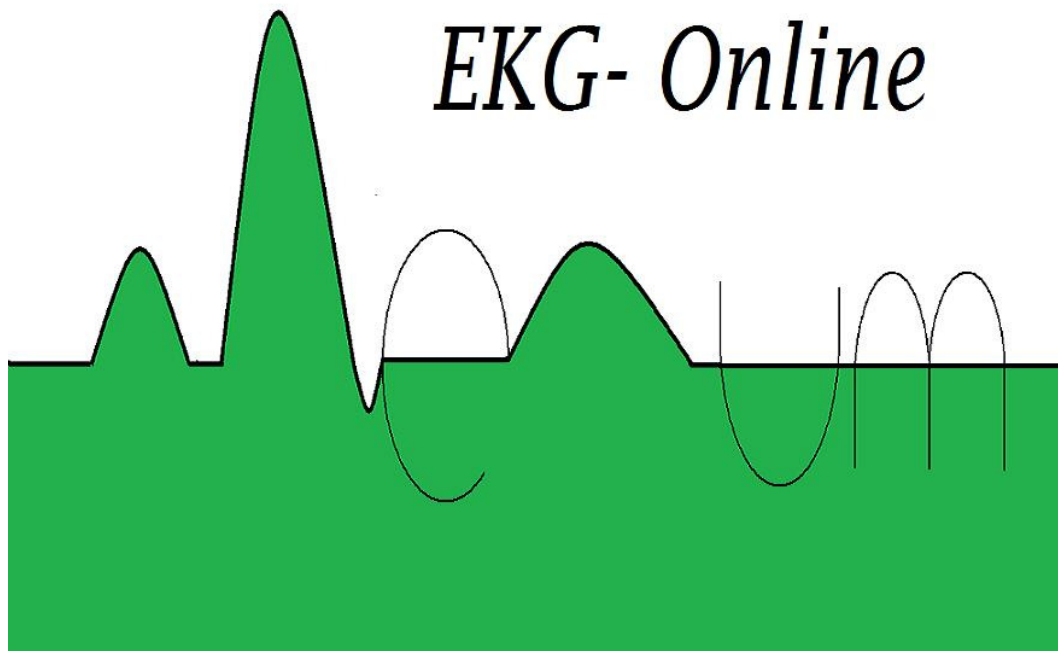
Sie können jederzeit zu vorherigen Karten zurücknavigieren, beachten sie jedoch, dass dabei noch nicht abgeschickte Antworten gelöscht werden.

Nun wünschen wir Ihnen viel Spaß bei der Bearbeitung und hoffen, dass Sie etwas lernen!

Ihr Team der Medizindidaktik

---

*Multimedia auf Hauptkarte*



---

*Karte 2: Befund K1*

*Info Text*

**Fall 3:**

Frau Hildegard Brunner wird vom Rettungswagen gebracht. Die 80 jährige Rentnerin leidet seit einigen Stunden unter sichtlicher Atemnot und Palpitationen. Die alte Dame hatte bis jetzt keine wesentlichen Vorerkrankungen. Sie ist erst letzte Woche am Auge wegen eines Katarakts operiert worden, und der Hausarzt hat ihr Tabletten für den Blutdruck verschrieben. Sie wisse nicht, wie die Tabletten heißen, aber die nehme sie eh nicht so oft. Sie ist bis jetzt eigentlich gesund gewesen, nur das Treppensteigen ist ihr etwas schwer gefallen, weil ihr da die Luft weg bleibe. Frau Brunner wirkt ansonsten sehr geordnet auf Sie, und Sie beginnen mit der körperlichen Untersuchung.

Die eben gemessenen Vitalparameter sehen wie folgt aus:

-HF: ca. 120/min

- RR: 150/90

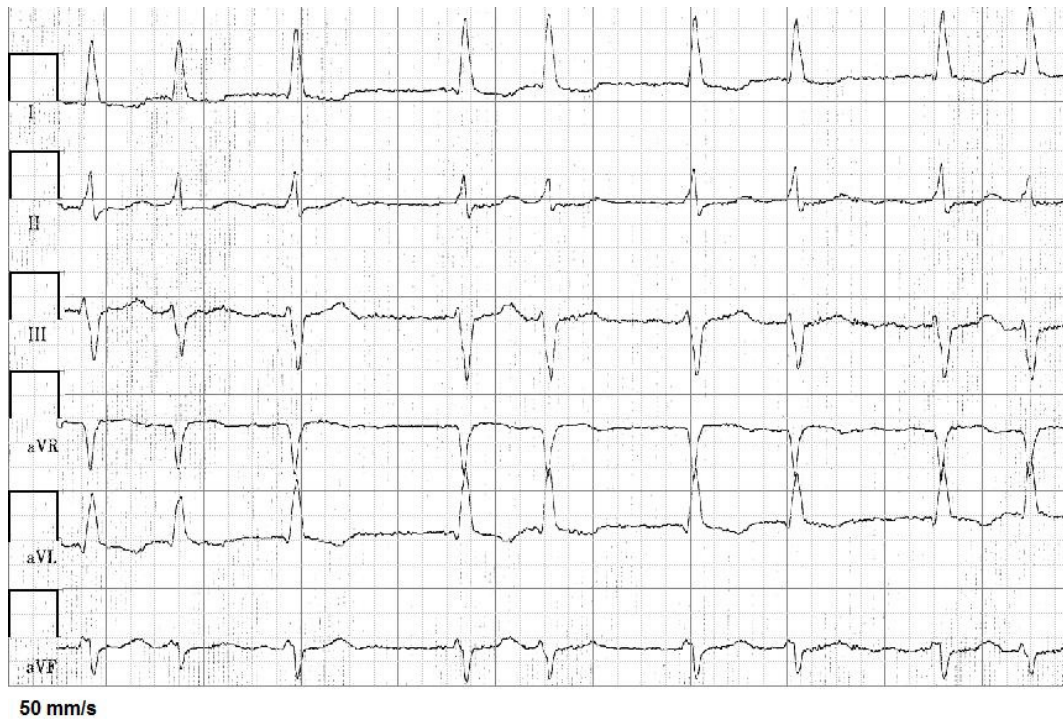
-Temperatur: 36.7 °C

Bei der körperlichen Untersuchung kommen Sie zu folgendem Ergebnis: 78-jährige Patientin in gutem EZ und verminderten AZ. Ruhedyspnoe mit begleitender Unruhe. Neurologie unauffällig. Abdomen weich, kein Druckschmerz. Über der Lunge beidseits basale Rasselgeräusche. 2/6 Systolikum mit Punktum Maximum über ERB.

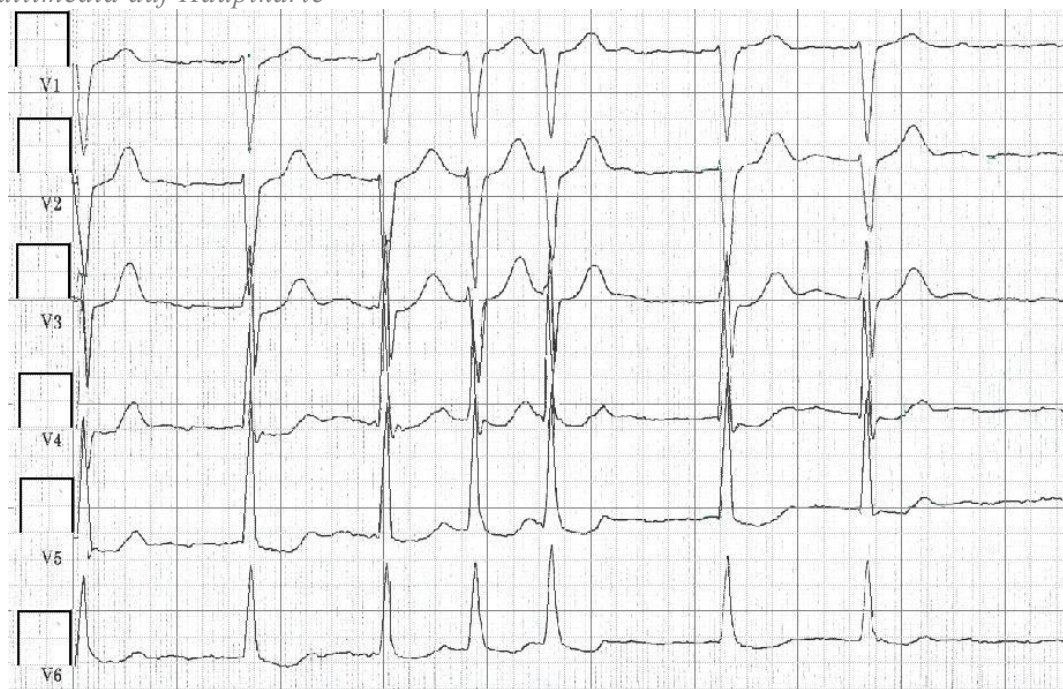
Sie nehmen Blut ab und schreiben ein EKG:

---

*Multimedia auf Hauptkarte*



---

*Multimedia auf Hauptkarte*

---

*Frage*

Nebenstehendes EKG stammt von Frau Brunner. Sie haben das gleiche EKG auch als Ausdruck vor sich. Sie sollen nun zunächst nur Aufgaben zur EKG-Vermessung lösen:

1. Bitte legen Sie sich jetzt den **EKG-Ausdruck 'EKG 3'** zurecht.
2. Nun **wählen** Sie bitte die zutreffenden Punkte aus der untenstehenden Liste **am Bildschirm** aus.
3. **Markieren** Sie nur diese von Ihnen gewählten Antworten bitte in Ihrem **EKG-Ausdruck** mit einem Stift. Kodieren Sie Ihre Markierungen mit dem entsprechenden Buchstaben aus der Liste unten! (z. B. "L" schreiben und die Struktur dazu einkringeln oder nachfahren)

**Hinweis:**

Die nachfolgende Liste besteht aus **7 Kategorien**:

Herzfrequenz, Rhythmus, Lagetyp, Intervalle, Amplituden, ERAS, ERBS

HF = Herzfrequenz, ERAS = Erregungsausbreitungsstörungen, ERBS =

Erregungsrückbildungsstörungen

Multiple Choice Antwort: zutreffendes ankreuzen

<b>Antwortliste von Kompetenzniveau 1</b>	
Kategorien bei der Befundung	Normwerte und Antwortmöglichkeiten
Herzfrequenz	> 100/min
	50-100/min
	< 50/min
Rhythmus	RR-Abstände regelmäßig
	RR-Abstände unregelmäßig
	P nicht positiv in I und II
	kein P
	Ausfall von Einzelschlägen
	Zusätzliche Einzelschläge
Lagetyp	Hauptvektor in I positiv
	Hauptvektor in I negativ
	Hauptvektor in II positiv
	Hauptvektor in II negativ
	Hauptvektor in III positiv
	Hauptvektor in III negativ
Intervalle	P > 0,11s
	PQ > 0,21 s
	QRS > 0,11s
Amplituden	P > 0,2 mV
	R in V2 + S in V5 > 1,05 mV
	R in V5 + S in V2 > 3,5 mV
	Q > 1/4 der Amplitude von R
Erregungsausbreitung	R-Amplituden nimmt von V1 - V6 zu
	R-Verlust
	S in V6
Erregungsrückbildung	ST-Hebung > 0,1 mV in mindestens zwei benachbarten Ableitungen
	ST-Senkung > 0,1 mV in mindestens zwei benachbarten Ableitungen
	T negativ in mind. einer der Ableitungen I, II, aVF, aVL oder V3-V6
	R-Verspätung
	RR' in V1

*Antwortkommentar*

**Bitte markieren Sie nachträglich nichts mehr auf ihrem EKG Ausdruck!!!**

**Bitte sehen Sie sich die korrekte Lösung an und vergleichen Sie diese mit Ihrer Lösung!**

*Karte 3: Feedback**Info Text***Feedbackteil**

Hier werden nun nur Besonderheiten und eventuelle Schwierigkeiten besprochen. Für grundlegendere Fragen lesen Sie bitte im **Skript** zum **CASUS EKG-Kurs**, den Sie im Vorfeld zuhause bearbeitet haben nach! Dieses finden Sie ausgeteilt auf Ihren Plätzen. Zur Veranschaulichung sehen Sie sich bitte auch das Bild auf der rechten Seite an!



**Frequenz:**

Im Mittel finden sich 120 R-Zacken pro Minute

**P-Welle:**

Es sind keine P-Wellen zu erkennen.

**Amplituden:**

Der Sokolow-Index für den linken Ventrikel ist ca. 4,5mV

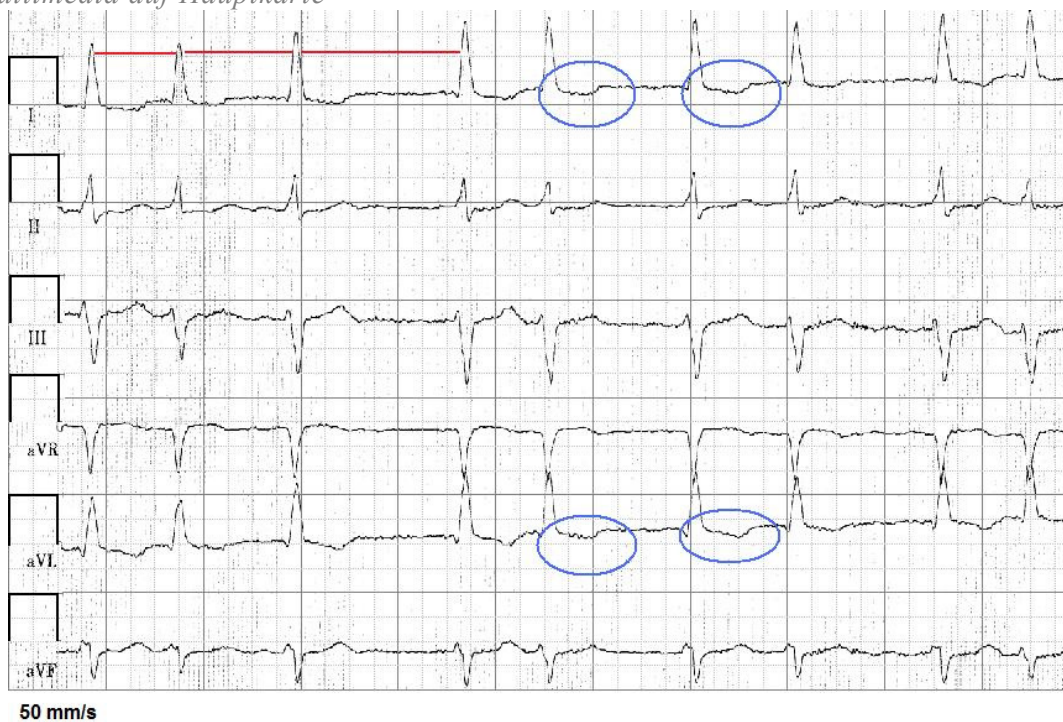
**ERBS:**

Man erkennt eine T Negativierung in I und aVL sowie muldenförmige ST-Senkungen in V4-V6

Sollte Ihnen eben gegebenes Feedback nicht reichen, empfiehlt es sich, im Skript nachzuschlagen!

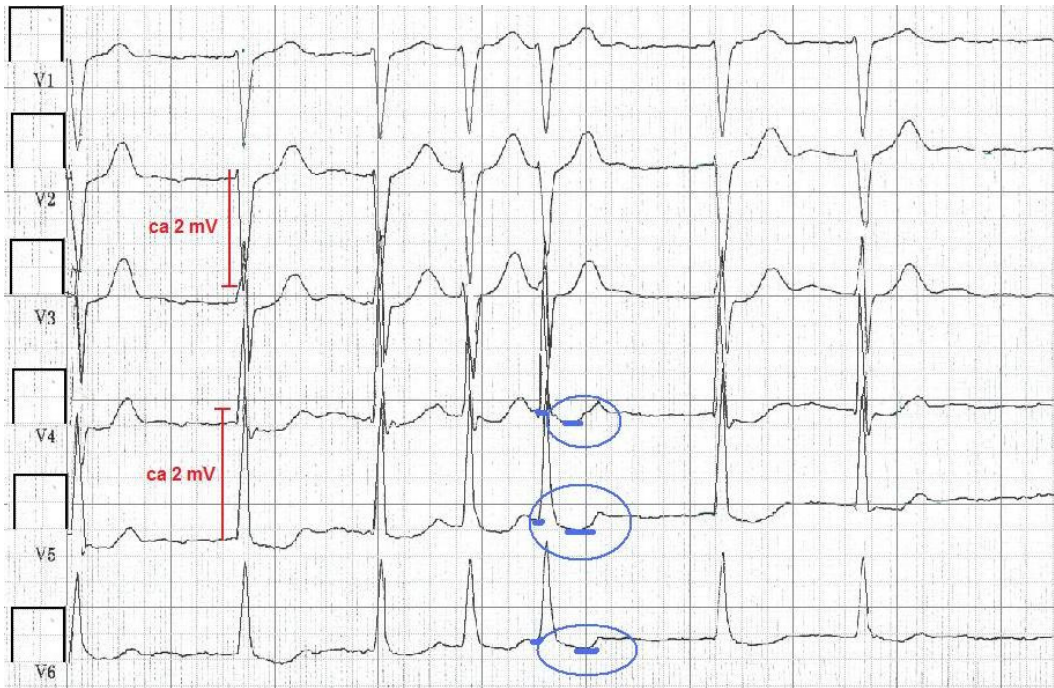
---

*Multimedia auf Hauptkarte*



---

*Multimedia auf Hauptkarte*



Karte 4: Befund K2

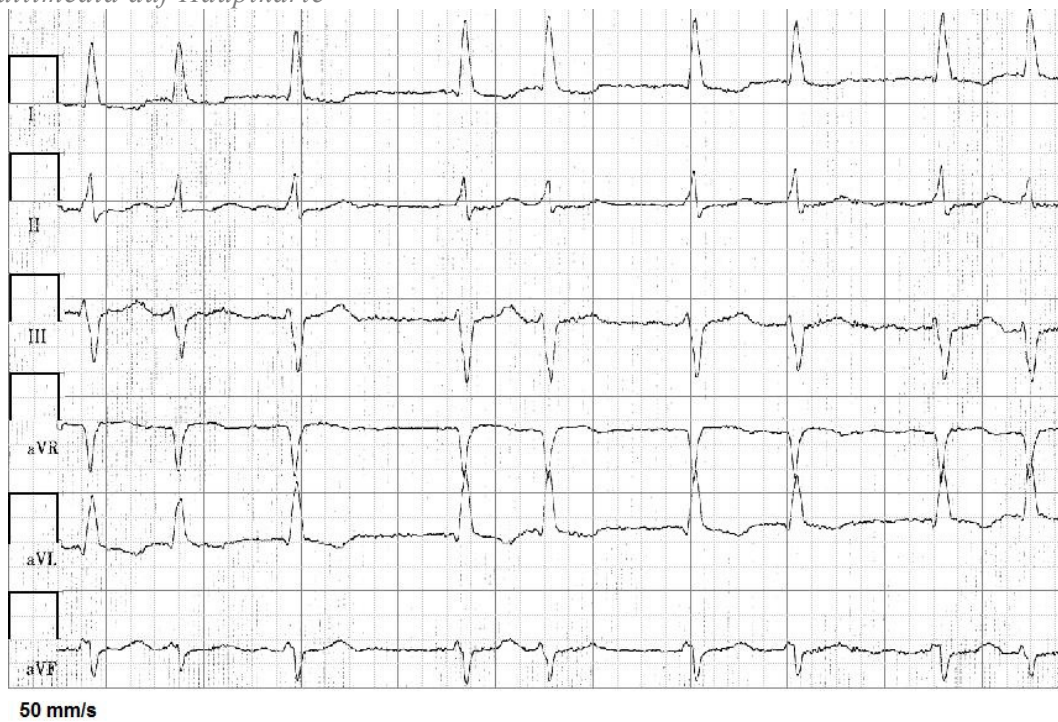
Info Text

**Befund:**

Bitte fassen Sie nun Ihre Erkenntnisse von gerade zu einem Befund zusammen!

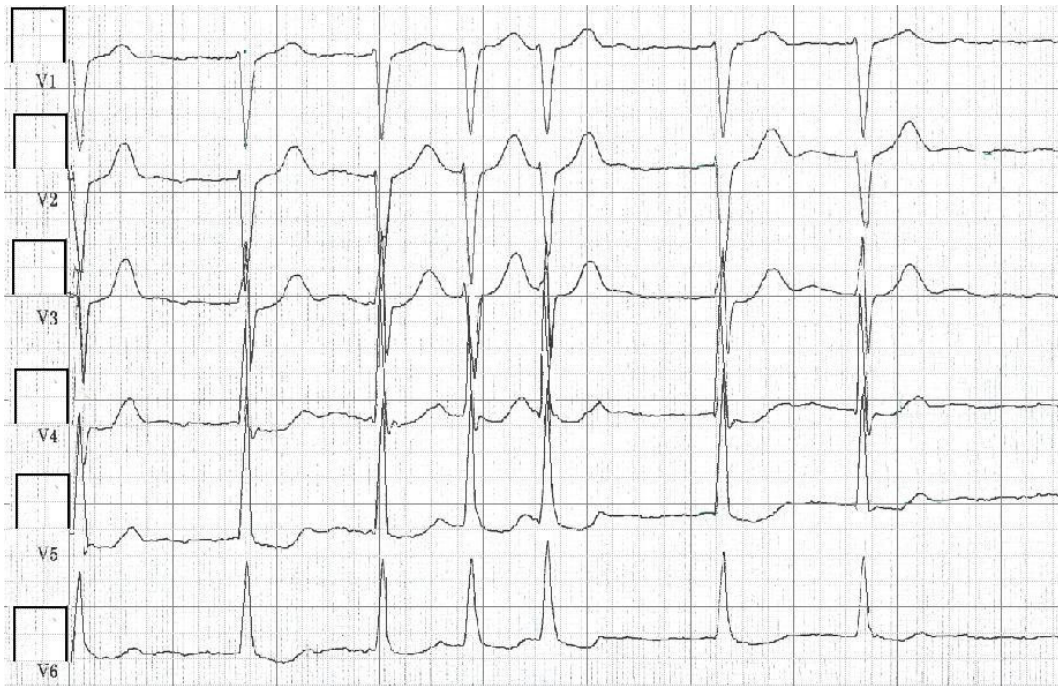
Im EKG erkennt man: HF > 100/min, kein P, RR Abstände unregelmäßig, I und II positiv, III negativ, positiver SokoloW-Index für den linken Ventrikel, ST Senkungen

Multimedia auf Hauptkarte



Multimedia auf Hauptkarte





*Frage*

**1. Welche Befunde treffen zu?**

**2. Begründen Sie ihre Antwort dann zusätzlich im Freitextfeld neben der jeweils ausgewählten Antwort!**

**Hinweis:**

Die nachfolgende Liste besteht wieder aus **7 Kategorien**:

Herzfrequenz, Rhythmus, Lagetyp, Intervalle, Amplituden, ERAS, ERBS

Multiple Choice Antwort: zutreffendes ankreuzen

Antwortliste von Kompetenzniveau 2	
Kategorien bei der Befundung	Antwortmöglichkeiten
Herzfrequenz	Normokardie
	Tachykardie
	Bradykardie
Rhythmus	Sinusrhythmus
	ektop atrialer Rhythmus
	AV-junktionaler Rhythmus
	ventrikulärer Rhythmus
	Vorhofflimmern
	Vorhofflattern
	Supraventrikuläre Extrasystole
	Ventrikuläre Extrasystole
	AV-Block 3. Grades
	AV-Block 2. Grades
	Kammerflimmern
Asystolie	
Lagetyp	Indifferenztyp
	Steiltyp
	Rechtstyp
	überdrehter Rechtstyp

	Linkstyp
	überdrehter Linkstyp
	Sagittaltyp
Intervalle	P sinistrotoriale
	AV-Block 1. Grades
	Long QT
	Linksschenkelblock vollständig
	Linksschenkelblock unvollständig
	Rechtsschenkelblock vollständig
	Rechtschenkelblock unvollständig
Amplituden	Rechtsventrikuläre Hypertrophie
	Linksventrikuläre Hypertrophie
	P dextrotoriale
Erregungsausbreitung & Erregungsrückbildung	Zeichen für eine Rechtsherzbelastung
	Zeichen eines alten Infarktes
	Zeichen für eine frische Myokardischämie der Vorderwand
	Zeichen für eine frische Myokardischämie der Hinterwand
	Zeichen eines Myokardschadens anderer Genese

---

*Antwortkommentar*

**Bitte sehen Sie sich die korrekte Lösung an und vergleichen Sie diese mit Ihrer Lösung!**

---

*Karte 5: Feedback*

*Info Text*

**Feedbackteil**

Hier werden nur Besonderheiten und eventuelle Schwierigkeiten besprochen. Für grundlegendere Fragen lesen Sie bitte im Skript zum CASUS EKG-Kurs nach!

**Rhythmus:**

Man erkennt keine P-Wellen und das EKG ist tachykard und arrhythmisch. Man spricht bei diesem Befund von einer Tachyarrhythmia absoluta bei Vorhofflimmern.

**Amplituden:**

Der Sokolow-Index für den linken Ventrikel ist ca. 4,5mV und damit erhöht. Dies spricht für eine linksventrikuläre Hypertrophie.

**ERBS:**

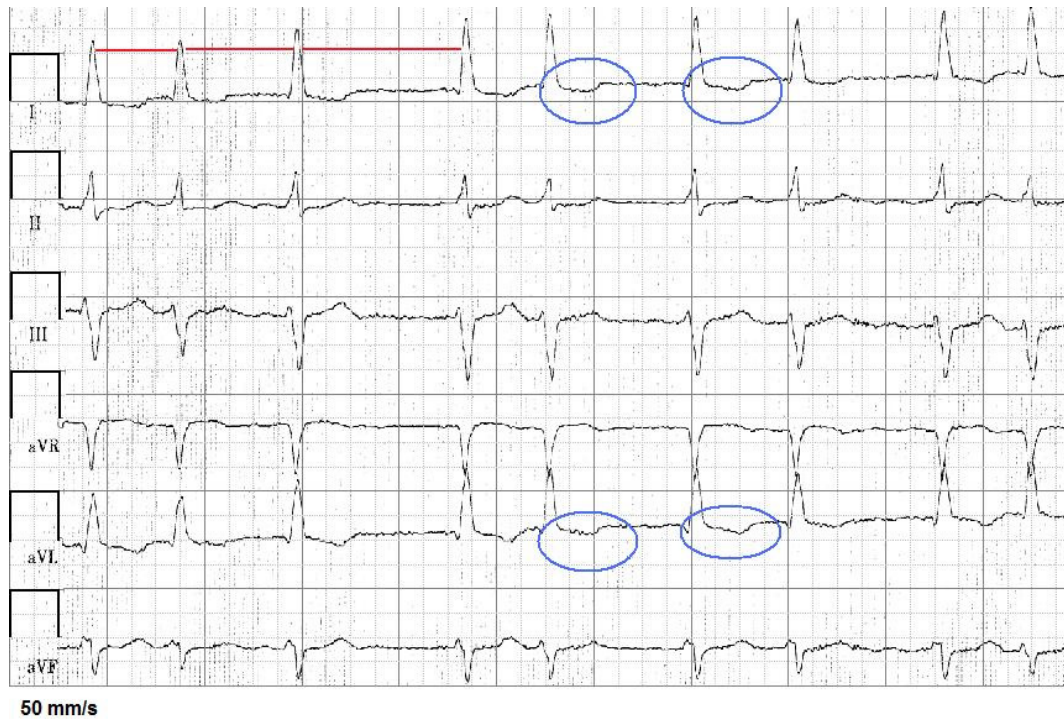
Die ERBS sind typisch für eine linksventrikuläre Hypertrophie mit Myokardschaden. Bei der Hypertrophie des linken Ventrikels sieht man zunächst nur Veränderungen der Amplituden (R- und S-Zacken). Beim Fortschreiten dann T-Abflachungen, schließlich ST/T-Veränderungen und zuletzt evtl. sogar einen Linksschenkelblock mit entsprechenden ERBS

Sollte Ihnen eben gegebenes Feedback nicht reichen, empfiehlt es sich, im Skript nachzuschlagen!

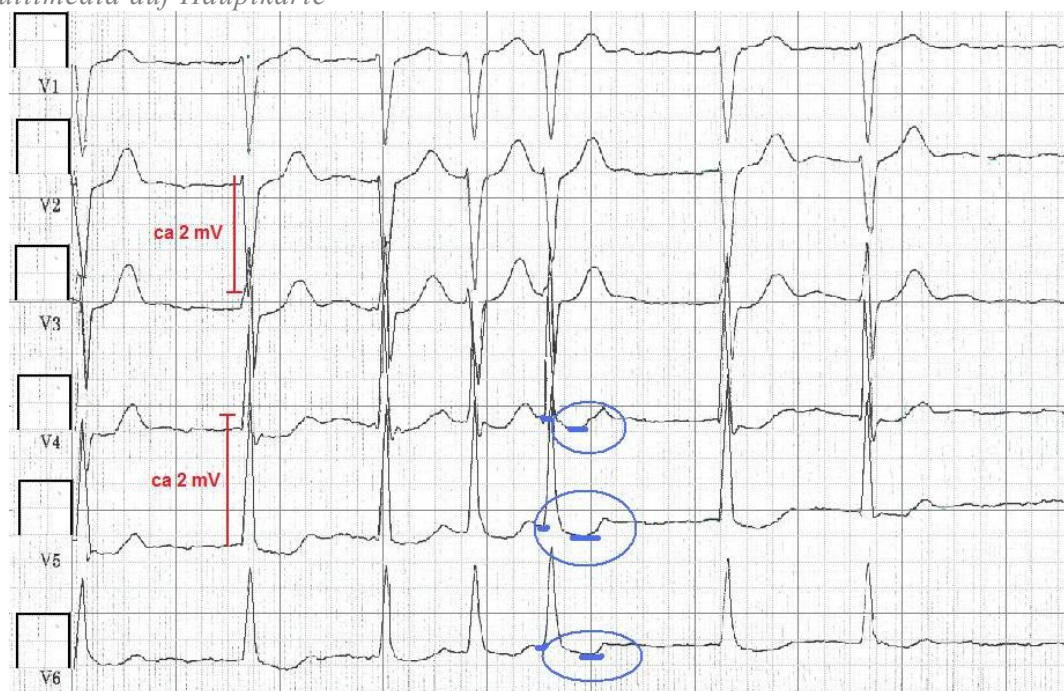
**Bevor Sie weitermachen, sollte Ihnen der Befunde in diesem EKG klar sein!**

---

*Multimedia auf Hauptkarte*



*Multimedia auf Hauptkarte*



*Karte 6: Befund K3*

*Info Text*

**Differentialdiagnosen:**

Nun sollen Sie über mögliche Differentialdiagnosen nachdenken.

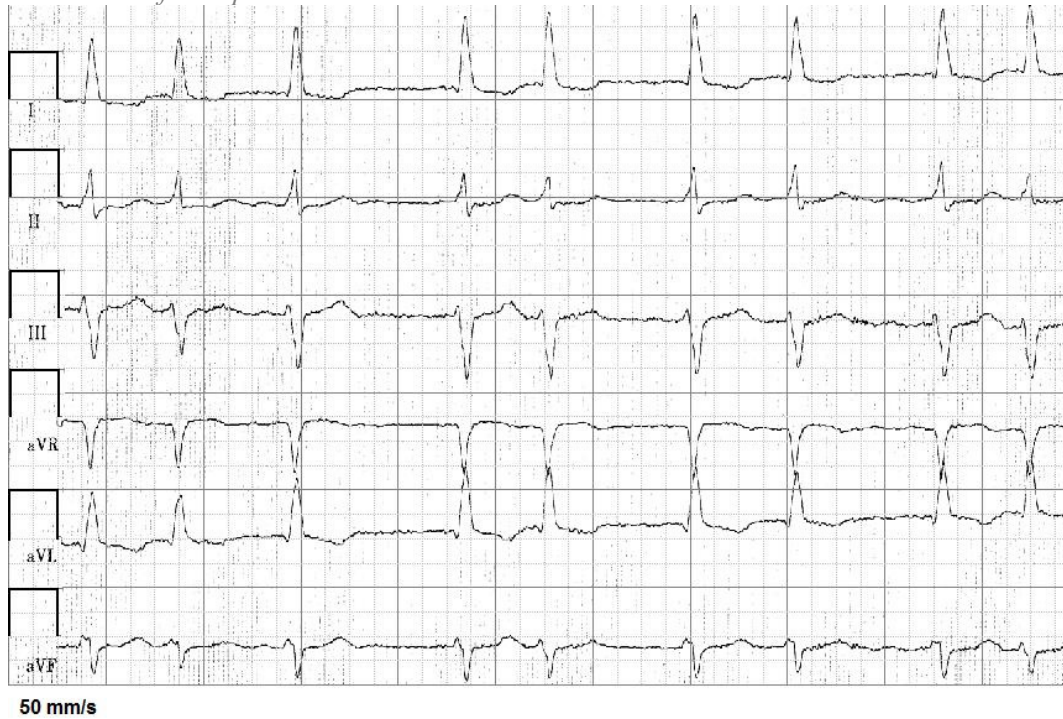
Zur Erinnerung die Fallvignette:

- 80-jährige Patientin mit neu aufgetretener Ruhedyspnoe, Hypertonus und vorbekannte Atemnot beim Treppensteigen
- HF: ca. 120/min  
RR: 150/90  
Temperatur: 36,7 °C

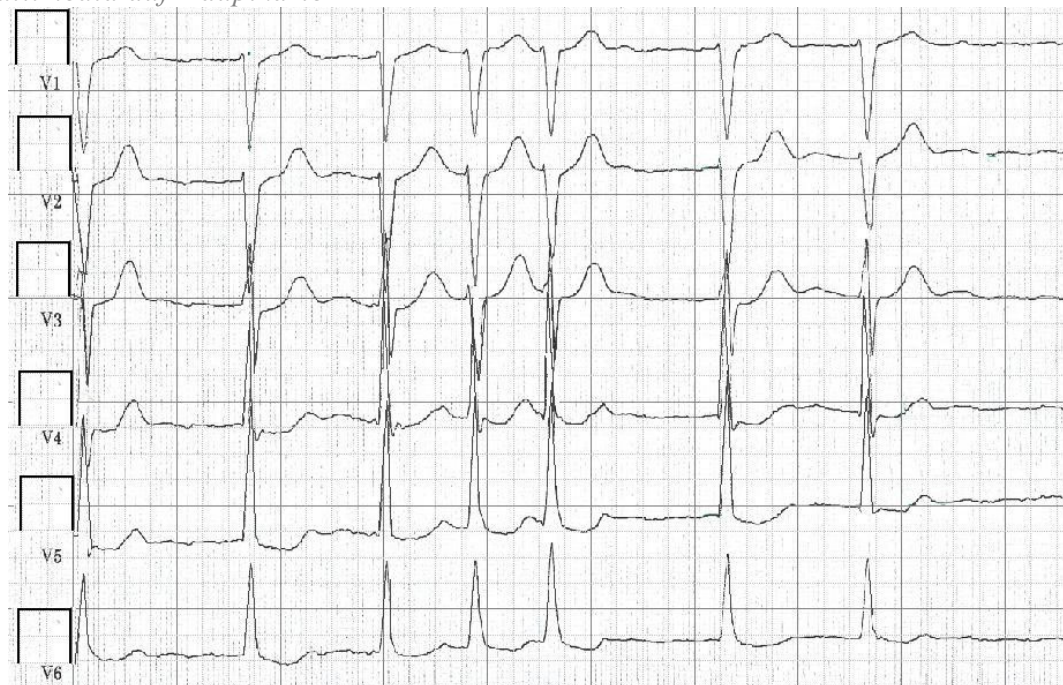


- basale RG über der Lunge, 2/6 Systolikum über ERB
- EKG: Tachykardie, Vorhofflimmern, Zeichen einer linksventrikulären Hypertrophie, Erregungsrückbildungsstörungen V4-V6

---

*Multimedia auf Hauptkarte*

---

*Multimedia auf Hauptkarte*

---

*Frage*

Wenn Sie nun das eben befundene EKG und die Klinik des Patienten zusammen nehmen, wie lautet Ihre **Arbeitsdiagnose**?

Hier finden Sie eine Auswahl an Verdachtsdiagnosen.

1. Bitte wählen Sie nun **vier passende Arbeitsdiagnosen aus der Liste aus**.
2. **Begründen Sie** Ihre Antwort wiederum im Freitextfeld daneben!

---

Multiple Choice Antwort: zutreffendes ankreuzen

<b>Antwortliste von Kompetenzniveau 3</b>
Mögliche Arbeits- und Differentialdiagnosen
Anämie
Aneurysma dissecans
Angina pectoris
Akutes Abdomen
Akutes Cor pulmonale/Lungenembolie
AV-Block höheren Grades
Chronisches Cor pulmonale COPD/Asthma
Elektrolytstörungen
Entzündliche Herzerkrankungen: Perikarditis/Myokarditis
Kardiomyopathie
Kammerflimmern
Klappenvitien mit Volumenbelastung des Herzens
Klappenvitien und andere Herzfehler
Herzinsuffizienz
Herzneurose
Herzwandaneurysma
Hypertonus mit Druckbelastung des Herzens
Lungenödem
Medikamentenbedingte EKG-Veränderungen
Muskuloskelettaler Brustschmerz
Myokardinfarkt, alt
Myokardinfarkt, frisch
Obstruktion der oberen Luftwege
Perikarderguss
Pneumothorax
Präexcitationssyndrom
Psychogene Dyspnoe
Rechtsherzbelastungszeichen bei Asthmaanfall
Ventrikuläre Tachykardie
Vorhofflattern
Vorhofflimmern, neu aufgetreten
Vorhofflimmern, permanent

---

*Antwortkommentar*

**Bitte sehen Sie sich die korrekte Lösung an und vergleichen Sie diese mit Ihrer Lösung!**

---

*Karte 7: Feedback*

*Info Text*

**Feedbackteil**

**Arbeitsdiagnose(n):**

**Neu aufgetretenes Vorhofflimmern**

**Hypertonus mit Druckbelastung des Herzens**

-> daraus erfolgt nun eine höhergradige Herzinsuffizienz mit Ruhedyspnoe.

Bei akuter Dyspnoe sollten Sie abhängig vom jeweiligen Patienten unter anderem folgende Differentialdiagnosen bedenken!

-Myokardinfarkt	-Asthma
-Herzinsuffizienz	-COPD
-Perikarditis	-Anämie
-Lungenembolie	-Malignome
-Pericarderguss	-Pneumonie und TBC
-Klappenvitien	-Thymom
-Herzrhythmusstörungen	-Pleuraerguss
-Kardiomyopathien	-Psychogene Luftnot

#### **Neu aufgetretenes Vorhofflimmern:**

Sie sollten in diesem Fall folgende Ätiologien bedenken:

- Hypertonus
- Mitralklappenvitien (v.a. bei jungen Patienten)
- Herzinfarkt
- Lungenembolie
- Hyperthyreose
- Alkoholtoxisch
- Medikamente
- Peri-/Myokarditis
- Elektrolytstörungen wie Hypokaliämie
- Hypertensive Herzerkrankung mit Herzinsuffizienz

Die akute Dyspnoe und die Palpitationen bei Frau Brunner sprechen für ein neu aufgetretenes Vorhofflimmern bei bereits bestehender Herzinsuffizienz (vermutlich NYHA I oder II). Frau Brunner berichtete von Belastungsdyspnoe beim Treppensteigen und im EKG sieht man Zeichen einer linksventrikulären Hypertrophie mit ERBS (= Zeichen für bereits eingetretene Myokardschädigung bei dieser Pathologie). Im Vor-EKG vor einer Woche, das Sie gerade bekommen haben, sieht man noch kein Vorhofflimmern. Das Herzzeitvolumen verringert sich durch Vorhofflimmern bei Gesunden um bis zu 10%, bei Herzinsuffizienten um bis zu 40%.

---

#### *Karte 8: Befund K4*

##### *Info Text*

#### **Weiteres Vorgehen:**

Sie haben Frau Brunners Labor erhalten und überlegen Ihr weiteres Vorgehen. Alle Werte, die bestimmt wurden (kleines Blutbild, Entzündungsparameter, Gerinnung, Schilddrüse, Herzinfarktmarker), sind soweit in der Norm. Leider wurden die Leber- und Nierenwerte vergessen.

Bitte bedenken Sie die deutliche hämodynamische Verschlechterung von Frau Brunner seit Beginn des Vorhofflimmerns.

---

#### *Frage*

1. Welche **Schritte** sind **direkt als nächstes** nötig?
2. **Begründen** Sie dieses dann **wiederum im Kästchen daneben**.

#### **Hinweis:**

Die nachfolgende Liste besteht aus 4 Kategorien:

Versorgung des Patienten, weitere Diagnostik/Eingriffe, Patientenhandling, Medikamente

---

Multiple Choice Antwort: zutreffendes ankreuzen

<b>Antwortliste von Kompetenzniveau 4</b>	
Kategorien des weiteren Prozederes	Möglichkeiten der Handhabung
Versorgung	O2 Nasenonde
	Narkose und Intubation
	Defibrillation
	Überwachungsmonitor: EKG, RR, Pulsoxy
	Zentralvenöser Zugang
Diagnostik & Eingriff	Bildgebung: Röntgen Thorax
	Bildgebung: CT Thorax
	Bildgebung: CT-Angiographie Thorax
	Blutgasanalyse
	weitere Labordiagnostik
	Echokardiographie
	Ergometrie
	Langzeitblutdruckmessung
	Herzkatheteruntersuchung
	Schrittmacherimplantation
Kardioversion	
Handling	Intensivstation
	Überwachungsstation
	Normalstation
	Überweisung zum Hausarzt & Entlassung nach Hause
	Konsil bei anderer Fachdisziplin
	Entlassung nach Hause
Medikamente	Cumarine
	Nichtsteroidales Antirheumatikum
	Fibrinolytika
	Heparin
	Amiodaron
	Betablocker
	Calcium-Antagonisten
	Adrenalin
	Benzodiazepine
	Digitalisglykosid
	Antibiotika
	Kortikosteroide
	Opioide
	ACE-Hemmer
	Nitrate
Diuretikum	

---

*Antwortkommentar*

Ein ausführlicheres inhaltliches Feedback gibt es 3 Karten weiter.

**Bitte sehen Sie sich die korrekte Lösung an und vergleichen Sie diese mit Ihrer Lösung!**

---

*Karte 9: Feedback*

*Info Text*

**Feedbackteil:**

Das weitere Vorgehen bei Frau Brunner sollte wie folgt aussehen.

	<b>Interventionen weitere Diagnostik</b>	<b>Handhabung</b>	<b>Medikamente</b>
O2-Gabe	Röntgen-Thorax: Lungenstauung?!	Überwachungsstation	Heparin bis zum Wirkeintritt der oralen Antikoagulation
Monitor	Echokardiographie: zur Beurteilung der EF und der Ventrikelfunktion		Antikoagulation: Cumarintherapie
	TÖE: zum Ausschluss ein intrakardialen Thrombus vor der Kardioversion		Medikamentöse Kardioversion: Amiodaron (da Herzinsuff.)
	weitere Labordiagnostik: Nierenwerte!		Behandlung der Hypertonie: ACE-Hemmer
	erst später: Langzeit RR später: Ergometrie: nach Medikamentöser Kardioversion		

Allgemein unterscheidet man bei der Therapie von Vorhofflimmern **Frequenzkontrolle und Rhythmuskontrolle**. Keine der beiden Therapieoptionen hat gegenüber der anderen einen nachgewiesenen Benefit. Bei hämodynamischer Instabilität würde man sich für die akute Kardioversion entscheiden, ansonsten je nach Symptomatik und Therapieziel. Also entscheiden Sie sich bei Ihrer Patientin für die medikamentöse Kardioversion.

Die Frequenzkontrolle wird mit  $\beta$ -Blockern durchgeführt, hierbei ist abhängig vom CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc-Score eine Antikoagulation nötig (ab 2 Punkten).

Die Rhythmuskontrolle kann **Medikamentös mit Amiodaron (Cordarex) bei Herzinsuffizienz** oder elektrisch durchgeführt werden. Soll die Kardioversion sofort durchgeführt werden, ist noch eine TÖE zum Ausschluss eines Vorhoffthrombus nötig. Wartet man 3 Wochen ab und führt dann erst eine Kardioversion durch, ist bei erfolgreicher Antikoagulation (INR 2,5) keine TÖE nötig.

---

*Karte 10: Ende*

*Info Text*

Vielen Dank, Sie haben nun den dritten Patientenfall komplett gelöst.

Bitte machen Sie nun mit Fall vier, dem letzten Fall weiter!

---

## 11.2.4 EKG Lernfall 4

Autor(en): Franziska Hasch

Institution(en): LMU

*Karte 1: Begrüßung*

*Info Text*

**Liebe Studierenden,**

**Herzlich Willkommen zum letzten Lernfall der EKG-Studie!**

**Fast geschafft ;-)**

Wir bitten Sie ein letztes Mal, alle Fragen **gewissenhaft und konzentriert** zu bearbeiten.



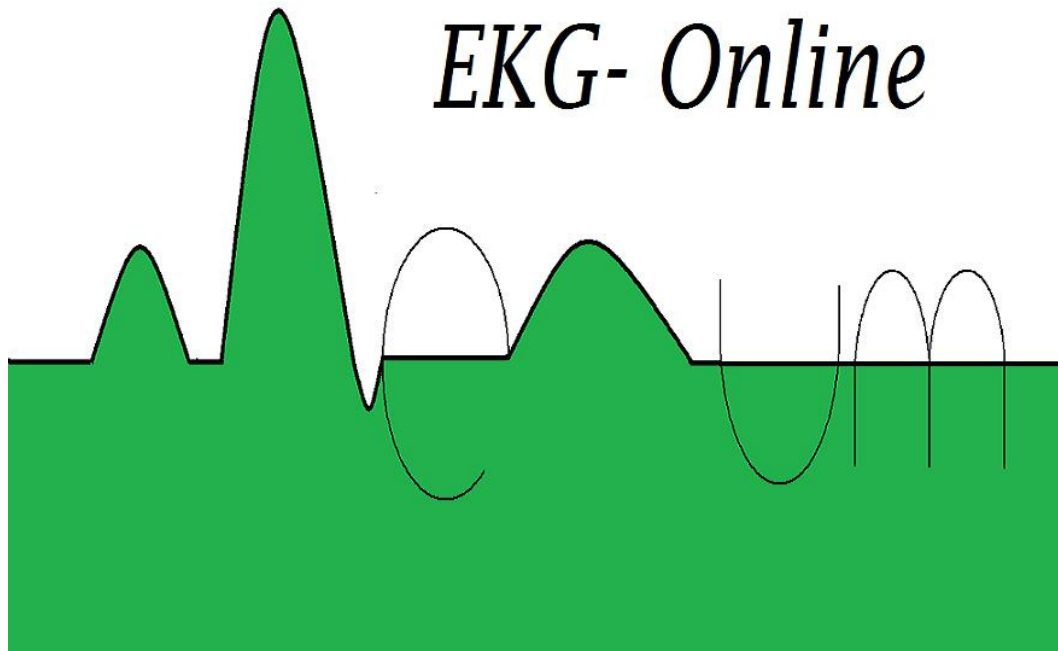
**Hinweis:**

Sie können wieder jederzeit zu vorherigen Karten zurücknavigieren, beachten sie jedoch, dass dabei noch nicht abgeschickte Antworten gelöscht werden.

Nun wünschen wir Ihnen viel Spaß bei der Bearbeitung und hoffen, dass Sie etwas lernen!  
Ihr Team der Medizindidaktik

---

*Multimedia auf Hauptkarte*



---

*Karte 2: Befund K1*

*Info Text*

**Fall 4:**

Der 77-Jährige Herr Karl wird von seinem Sohn in die Notaufnahme gebracht. 'Mein Vater bekommt seit gestern Abend so schlecht Luft, da habe ich ihn jetzt doch lieber hergebracht', berichtet Herr Karls Sohn. Sie haben einen deutlich adipösen Patienten vor sich, der sichtlich schwer atmet und sich an der Liege aufstützt. 'Hier, das sind seine Medikamente', berichtet der Sohn und drückt Ihnen zwei Päckchen in die Hand. Es handelt sich um einen  $\beta$ -Blocker und einen ACE-Hemmer.

Die eben gemessenen Vitalparameter sehen wie folgt aus:

-HF: 55/ min

- RR: 140/80

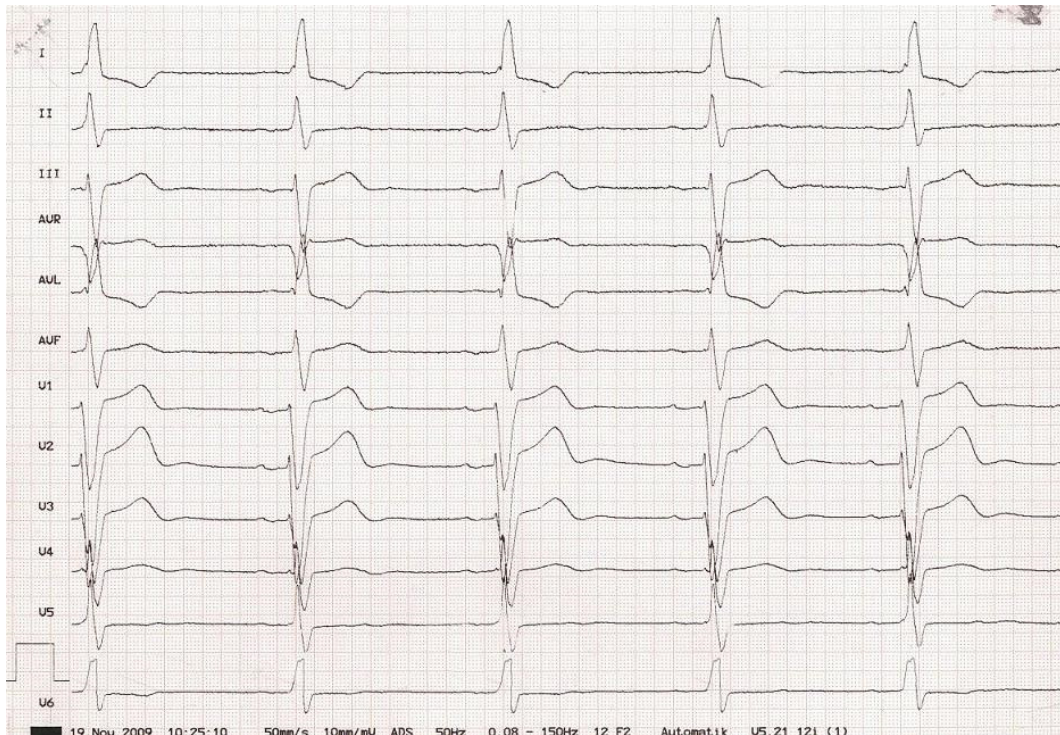
- Temperatur: 36.8 °C

Gerade wollen sie ein EKG schreiben, da sagt der Sohn: 'Das brauchen Sie nicht machen, mein Vater war erst letzte Woche beim Hausarzt deswegen. Der hat gesagt im EKG ist alles ok, nur das Herz ist ein bisschen vergrößert'.

Sie schreiben trotzdem ein EKG:

---

*Multimedia auf Hauptkarte*



### Frage

Nebenstehendes EKG stammt von Herrn Karl. Sie haben das gleiche EKG auch als Ausdruck vor sich. Sie sollen nun zunächst nur Aufgaben zur EKG-Vermessung lösen:

1. Bitte legen Sie sich jetzt den **EKG-Ausdruck 'EKG 4'** zurecht.
2. Nun **wählen** Sie bitte die zutreffenden Punkte aus der untenstehenden Liste **am Bildschirm** aus.
3. **Markieren** Sie nur diese von Ihnen gewählten Antworten bitte in Ihrem **EKG-Ausdruck** mit einem Stift. Kodieren Sie Ihre Markierungen mit dem entsprechenden Buchstaben aus der Liste unten! (z. B. "L" schreiben und die Struktur dazu einkringeln oder nachfahren)

### Hinweis:

Die nachfolgende Liste besteht aus **7 Kategorien**:

Herzfrequenz, Rhythmus, Lagetyp, Intervalle, Amplituden, ERAS, ERBS

HF = Herzfrequenz, ERAS = Erregungsausbreitungsstörungen, ERBS =

Erregungsrückbildungsstörungen

Multiple Choice Antwort: zutreffendes ankreuzen

Antwortliste von Kompetenzniveau 1	
Kategorien bei der Befundung	Normwerte und Antwortmöglichkeiten
Herzfrequenz	> 100/min
	50-100/min
	< 50/min
Rhythmus	RR-Abstände regelmäßig
	RR-Abstände unregelmäßig
	P nicht positiv in I und II
	kein P
	Ausfall von Einzelschlägen
Lagetyp	Zusätzliche Einzelschläge
	Hauptvektor in I positiv

	Hauptvektor in I negativ
	Hauptvektor in II positiv
	Hauptvektor in II negativ
	Hauptvektor in III positiv
	Hauptvektor in III negativ
Intervalle	$P > 0,11s$
	$PQ > 0,21s$
	$QRS > 0,11s$
Amplituden	$P > 0,2 mV$
	$R \text{ in } V2 + S \text{ in } V5 > 1,05 mV$
	$R \text{ in } V5 + S \text{ in } V2 > 3,5 mV$
	$Q > 1/4 \text{ der Amplitude von } R$
Erregungsausbreitung	R-Amplituden nimmt von V1 - V6 zu
	R-Verlust
	S in V6
Erregungsrückbildung	ST-Hebung $> 0,1 mV$ in mindestens zwei benachbarten Ableitungen
	ST-Senkung $> 0,1 mV$ in mindestens zwei benachbarten Ableitungen
	T negativ in mind. einer der Ableitungen I, II, aVF, aVL oder V3-V6
	R-Verspätung
	RR' in V1

---

*Antwortkommentar*

**Bitte markieren Sie nachträglich nichts mehr auf ihrem EKG Ausdruck!!!**

**Bitte sehen Sie sich die korrekte Lösung an und vergleichen Sie diese mit Ihrer Lösung!**

---

*Karte 3: Feedback*

*Info Text*

**Feedbackteil**

Hier werden nun nur Besonderheiten und eventuelle Schwierigkeiten besprochen. Für grundlegendere Fragen lesen Sie bitte im **Skript** zum **CASUS EKG-Kurs**, den Sie im Vorfeld zuhause bearbeitet haben nach! Dieses finden Sie ausgeteilt auf Ihren Plätzen. Zur Veranschaulichung sehen Sie sich bitte auch das Bild auf der rechten Seite an!

**Amplituden:**

Der Sokolow-Index für den linken Ventrikel ist ca. 4 mV und resultiert vor allem aus dem tiefen S in der Ableitung V2.

**ERAS:**

Sieht man eine R-Verspätung bei breitem QRS-Komplex in V5/V6 nicht, sollte man I und aVL betrachten!

**ERBS:**

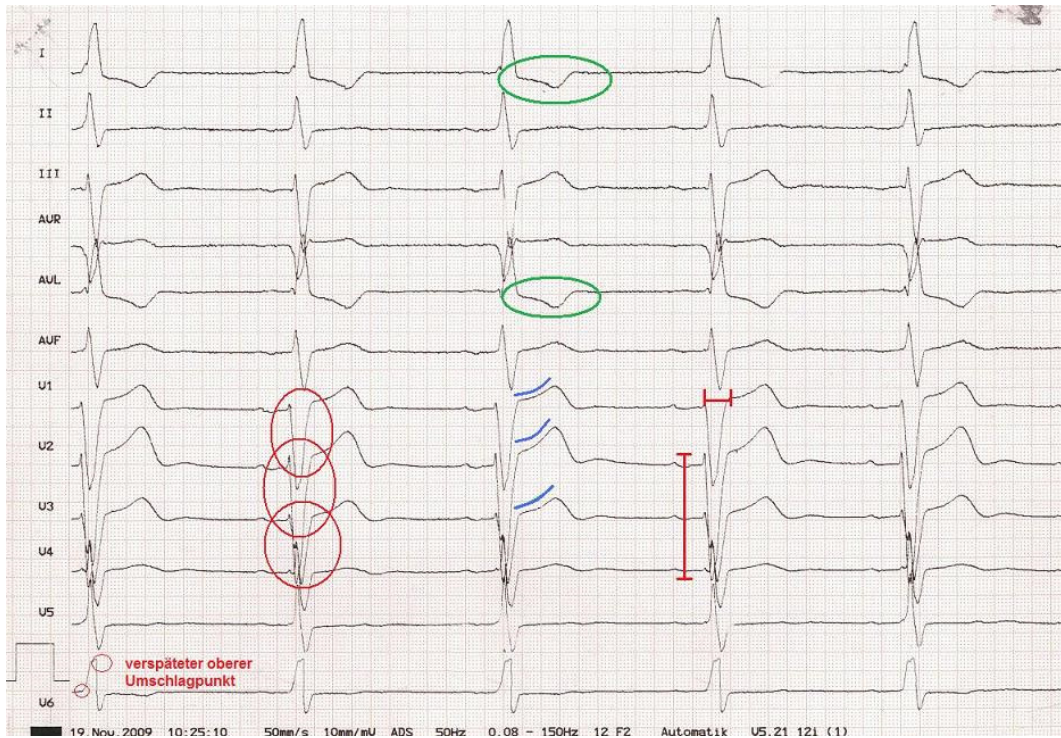
ST-Hebungen in III, aVR, V1-V3, T-Negativierungen in I und aVL

Sollte Ihnen eben gegebenes Feedback nicht reichen, empfiehlt es sich, im Skript nachzuschlagen!

---

*Multimedia auf Hauptkarte*





#### Karte 4: Befund K2

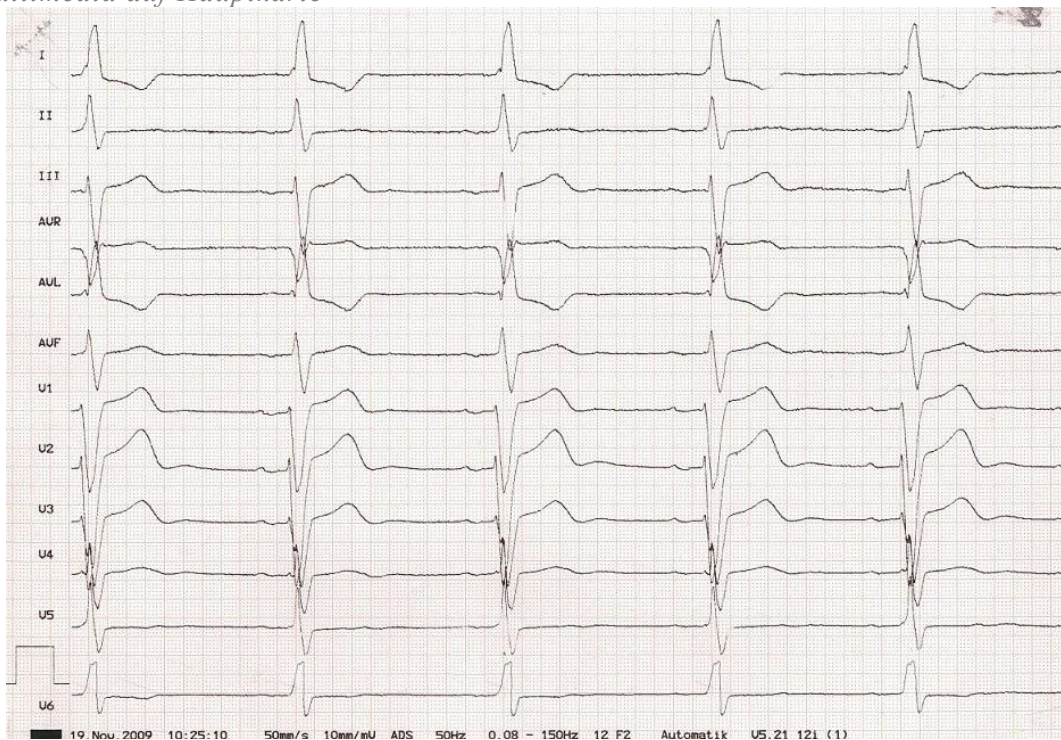
##### Info Text

##### Befund:

Bitte fassen Sie nun Ihre Erkenntnisse von gerade zu einem Befund zusammen!

Im EKG sieht man: HF ca. 55/min, I positiv, III negativ, R-Verspätung I und aVL, S in V6, pathologische R-Progression, positiver Sokolow-Index für den linken Ventrikel, ST-Hebungen und T-Negativierungen

##### Multimedia auf Hauptkarte



*Frage*

1. **Welche Befunde treffen zu?** (Da nicht ganz eindeutig, haben wir hier einen Lagetyp aus der Liste genommen)
2. **Begründen Sie Ihre Antwort dann zusätzlich im Freitextfeld neben der jeweils ausgewählten Antwort!**

**Hinweis:**

Die nachfolgende Liste besteht wieder aus **7 Kategorien**:

Herzfrequenz, Rhythmus, Lagetyp, Intervalle, Amplituden, ERAS, ERBS

---

Multiple Choice Antwort: zutreffendes ankreuzen

<b>Antwortliste von Kompetenzniveau 2</b>	
Kategorien bei der Befundung	Antwortmöglichkeiten
Herzfrequenz	Normokardie
	Tachykardie
	Bradykardie
Rhythmus	Sinusrhythmus
	ektop atrialer Rhythmus
	AV-junktionaler Rhythmus
	ventrikulärer Rhythmus
	Vorhofflimmern
	Vorhofflattern
	Supraventrikuläre Extrasystole
	Ventrikuläre Extrasystole
	AV-Block 3. Grades
	AV-Block 2. Grades
	Kammerflimmern
	Asystolie
Lagetyp	Indifferenztyp
	Steiltyp
	Rechtstyp
	überdrehter Rechtstyp
	Linkstyp
	überdrehter Linkstyp
	Sagittaltyp
Intervalle	P sinistroatriale
	AV-Block 1. Grades
	Long QT
	Linksschenkelblock vollständig
	Linksschenkelblock unvollständig
	Rechtsschenkelblock vollständig
	Rechtschenkelblock unvollständig
Amplituden	Rechtsventrikuläre Hypertrophie
	Linksventrikuläre Hypertrophie
	P dextroatriale
Erregungsausbreitung & Erregungsrückbildung	Zeichen für eine Rechtsherzbelastung
	Zeichen eines alten Infarktes
	Zeichen für eine frische Myokardischämie der Vorderwand
	Zeichen für eine frische Myokardischämie der Hinterwand
	Zeichen eines Myokardschadens anderer Genese



---

*Antwortkommentar*

Der Lagetyp liegt zwischen Linkstyp und überdrehtem Linkstyp, zur Vereinfachung ist hier nur eine Möglichkeit genannt.

**Bitte sehen Sie sich die korrekte Lösung an und vergleichen Sie diese mit Ihrer Lösung!**

---

*Karte 5: Feedback**Info Text***Feedbackteil**

Hier werden nur Besonderheiten und eventuelle Schwierigkeiten besprochen. Für grundlegendere Fragen lesen Sie bitte im Skript zum CASUS EKG-Kurs nach!

**Amplituden:**

Der Sokolow-Index für den linken Ventrikel ist ca. 4mV und damit erhöht. Dies spricht für eine linksventrikuläre Hypertrophie. Dieser Rückschluss ist bei einigen Autoren umstritten, wenn gleichzeitig ein Linksschenkelblock vorliegt (selbige Beziehung ist beim Rechtsschenkelblock übrigens sicherer). Trotzdem ist die extrem tiefe S-Zacke in V2 (ca. 3 mV) ein deutlicher Hinweis auf eine linksventrikuläre Hypertrophie.

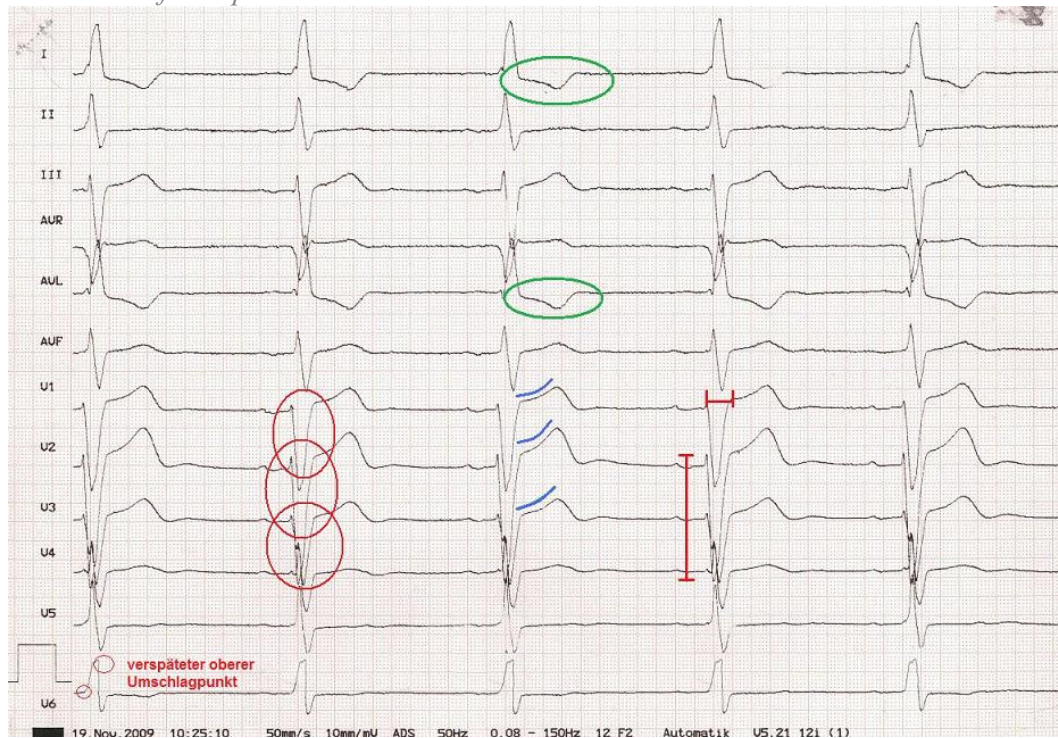
**ERBS:**

Die ERBS sind hier Schenkelblockbedingt, können aber eine frische Myokardischämie maskieren.

Sollte Ihnen eben gegebenes Feedback nicht reichen, empfiehlt es sich, im Skript nachzuschlagen!

**Bevor Sie weitermachen, sollte Ihnen der Befunde in diesem EKG klar sein!**

---

*Multimedia auf Hauptkarte*

---

*Karte 6: Befund K3**Info Text***Differentialdiagnosen:**

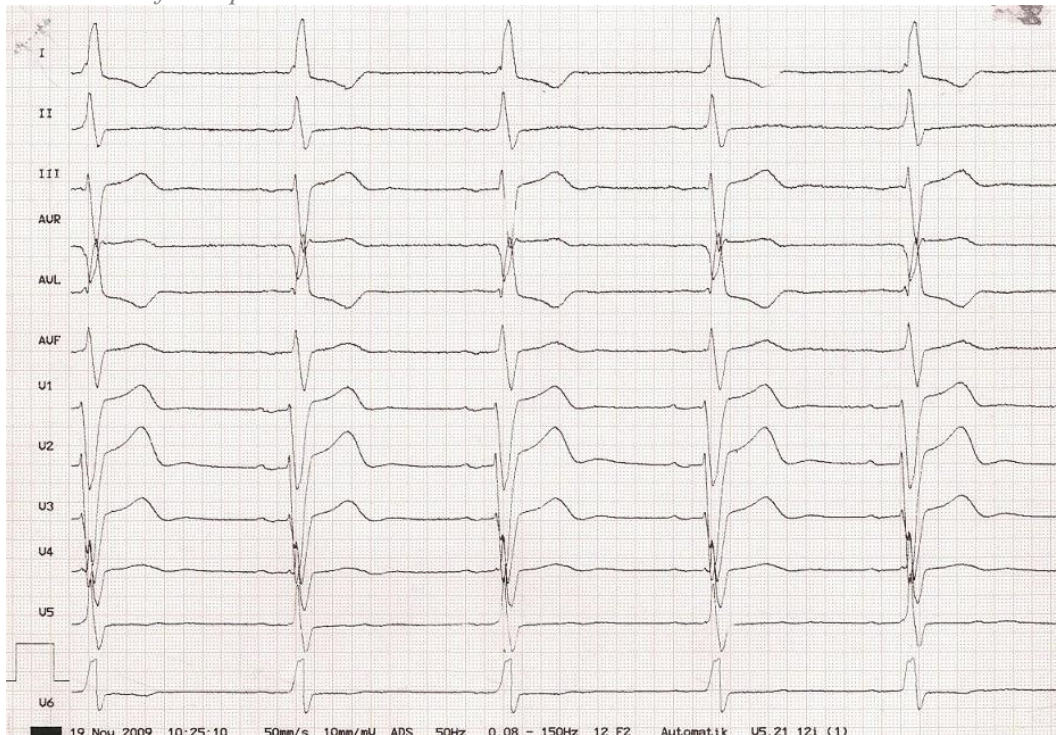
Nun sollen Sie über mögliche Differentialdiagnosen nachdenken.

Zur Erinnerung die Fallvignette:

- 77-jähriger Patient mit Ruhedyspnoe, adipös, Hypertonus
- HF: ca. 55/min  
RR: 140/80  
Temperatur: 36,8 °C
- EKG: Sinusrhythmus, neuer Linksschenkelblock

Bei der körperlichen Untersuchung sind Sie zu folgendem Ergebnis gekommen: Adipöser Patient in schlechtem AZ wegen Dyspnoe. Über der Lunge basal feine Rasselgeräusche. Beinödeme. Pulsstatus o.B. Neurologie o.B. Keine pathologischen Herzgeräusche. Abdomen: mehrere Narben bei Z.n. Hemikolektomie vor 5 Jahren.

*Multimedia auf Hauptkarte*



*Frage*

Wenn Sie nun das eben befundete EKG und die Klinik des Patienten zusammen nehmen, wie lautet Ihre **Arbeitsdiagnose**?

Hier finden Sie eine Auswahl an Verdachtsdiagnosen.

1. Bitte wählen Sie nun die **drei passendsten/wichtigsten Verdachtsdiagnose aus der Liste aus**.
2. **Begründen Sie** Ihre Antwort wiederum im Freitextfeld daneben!

Multiple Choice Antwort: zutreffendes ankreuzen

Antwortliste von Kompetenzniveau 3
Mögliche Arbeits- und Differentialdiagnosen
Anämie
Aneurysma dissecans
Angina pectoris
Akutes Abdomen

Akutes Cor pulmonale/Lungenembolie
AV-Block höheren Grades
Chronisches Cor pulmonale COPD/Asthma
Elektrolytstörungen
Entzündliche Herzerkrankungen: Perikarditis/Myokarditis
Kardiomyopathie
Kammerflimmern
Klappenvitien mit Volumenbelastung des Herzens
Klappenvitien und andere Herzfehler
Herzinsuffizienz
Herzneurose
Herzwandaneurysma
Hypertonus mit Druckbelastung des Herzens
Lungenödem
Medikamentenbedingte EKG-Veränderungen
Muskuloskelettaler Brustschmerz
Myokardinfarkt, alt
Myokardinfarkt, frisch
Obstruktion der oberen Luftwege
Perikarderguss
Pneumothorax
Präexcitationssyndrom
Psychogene Dyspnoe
Rechtsherzbelastungszeichen bei Asthmaanfall
Ventrikuläre Tachykardie
Vorhofflattern
Vorhofflimmern, neu aufgetreten
Vorhofflimmern, permanent

---

*Antwortkommentar*

Die beiden wichtigsten DD sind sicher **frischer Infarkt** sowie **Druckbelastung des Herzens**.  
**Bitte sehen Sie sich die korrekte Lösung an und vergleichen Sie diese mit Ihrer Lösung!**

---

*Karte 7: Feedback*

*Info Text*

**Feedbackteil:**

**Arbeitsdiagnose(n):**

- Hypertonus** mit Druckbelastung des Herzens und Herzinsuffizienz
- Myokardinfarkt**, da neu aufgetretener Linksschenkelblock (gleichwertig mit STEMI)

Bei akuter Dyspnoe sollten Sie abhängig vom jeweiligen Patienten unter anderem folgende Differentialdiagnosen bedenken!

- |                        |                     |
|------------------------|---------------------|
| -Myokardinfarkt        | -Asthma             |
| -Herzinsuffizienz      | -COPD               |
| -Perikarditis          | -Anämie             |
| -Lungenembolie         | -Malignome          |
| -Pericarderguss        | -Pneumonie und TBC  |
| -Klappenvitien         | -Thymom             |
| -Herzrhythmusstörungen | -Pleuraerguss       |
| -Kardiomyopathien      | -Psychogene Luftnot |



Das Leitsymptom Dyspnoe in der Kombination mit dem neu aufgetretenen Linksschenkelblock und den Rasselgeräuschen über der Lunge sprechen für eine Herzinsuffizienz, wahrscheinlich nach längerem Hypertonus. Der neu aufgetretene Linksschenkelblock hat dabei zu einer deutlichen Verschlechterung des Patienten geführt. (Grund dafür könnte sein, dass die beiden Ventrikel wegen des Blockbilds nicht mehr ganz synchron schlagen). Dennoch müssen Sie einen Myokardinfarkt unbedingt ausschließen.

---

*Karte 8: Befund K4*

*Info Text*

**Weiteres Vorgehen:**

Als Sie auf das Labor warten, fällt Ihnen auf, dass Sie dieses noch gar nicht abgenommen haben. Das holen Sie jetzt nach und lassen zusätzlich zu den Standardwerten auch D-Dimere und Infarktmarker bestimmen. Als Sie die Ergebnisse erhalten, sind diese komplett unauffällig. Da der Symptombeginn Ihres Patienten nun einen halben Tag zurückliegt, schließen Sie einen akuten Herzinfarkt aus.

---

*Frage*

1. Welche **Schritte** sind **unmittelbar als nächstes** nötig?
2. **Begründen** Sie dieses dann **wiederum im Kästchen daneben**.

**Hinweis:**

Die nachfolgende Liste besteht aus 4 Kategorien:

Versorgung des Patienten, weitere Diagnostik/Eingriffe, Patientenhandling, Medikamente

---

Multiple Choice Antwort: zutreffendes ankreuzen

<b>Antwortliste von Kompetenzniveau 4</b>	
Kategorien des weiteren Prozederes	Möglichkeiten der Handhabung
Versorgung	O2 Nasensonde
	Narkose und Intubation
	Defibrillation
	Überwachungsmonitor: EKG, RR, Pulsoxy
	Zentralvenöser Zugang
Diagnostik & Eingriff	Bildgebung: Röntgen Thorax
	Bildgebung: CT Thorax
	Bildgebung: CT-Angiographie Thorax
	Blutgasanalyse
	weitere Labordiagnostik
	Echokardiographie
	Ergometrie
	Langzeitblutdruckmessung
	Herzkatheteruntersuchung
	Schrittmacherimplantation
Kardioversion	
Handling	Intensivstation
	Überwachungsstation
	Normalstation
	Überweisung zum Hausarzt & Entlassung nach Hause
	Konsil bei anderer Fachdisziplin
Medikamente	Entlassung nach Hause
	Cumarine
	Nichtsteroidales Antirheumatikum
	Fibrinolytika

	Heparin
	Amiodaron
	Betablocker
	Calcium-Antagonisten
	Adrenalin
	Benzodiazepine
	Digitalisglykosid
	Antibiotika
	Kortikosteroide
	Opioide
	ACE-Hemmer
	Nitrate
	Diuretikum

*Antwortkommentar*

**Bitte sehen Sie sich die korrekte Lösung an und vergleichen Sie diese mit Ihrer Lösung!**

*Karte 9: Feedback**Info Text***Feedbackteil:**

Das weitere Vorgehen bei Herrn Karl sollte wie folgt aussehen.

Interventionen weitere Diagnostik		Handhabung	Therapie
O2-Gabe	Röntgen-Thorax: Lungenstauung?!	Überwachungsstation	Einstellung des Hypertonus: ACE-Hemmer und Diuretikum (für Hypertoniker mit Herzinsuffizienz!)  Implantation eines speziellen Schrittmachers bei deutlich verschlechterter Pumpfunktion und NYHA II: Zur Synchronisation der beiden Ventrikel (CRT-D oder CRT-P)
Monitor	Echokardiographie: zur Beurteilung der EF und der Ventrikelfunktion		
	im Verlauf: Langzeit RR		

*Karte 10: Ende**Info Text*

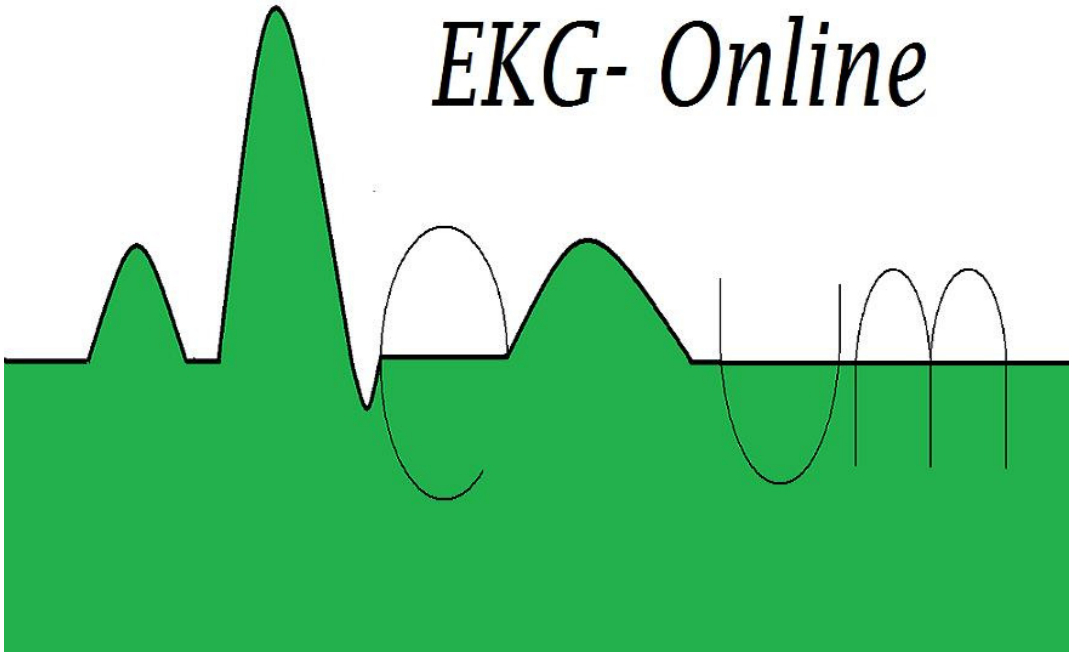
Vielen Dank!

Sie haben nun alle Lernfälle bearbeitet! Wir hoffen Sie haben dabei etwas gelernt!

**Bitte melden Sie sich jetzt mit Handzeichen,** Sie bekommen noch einen kurzen Fragebogen von uns ausgeteilt, den Sie bitte ausfüllen und dort oben drauf schreiben, wie lange Sie dafür gebraucht haben.

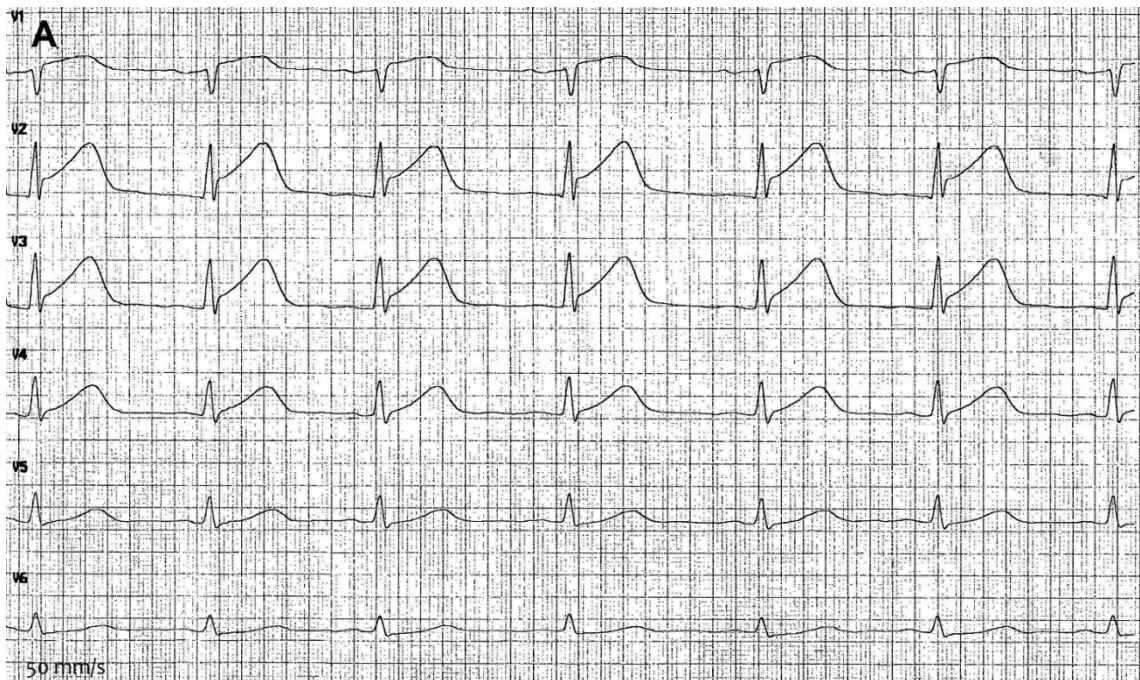
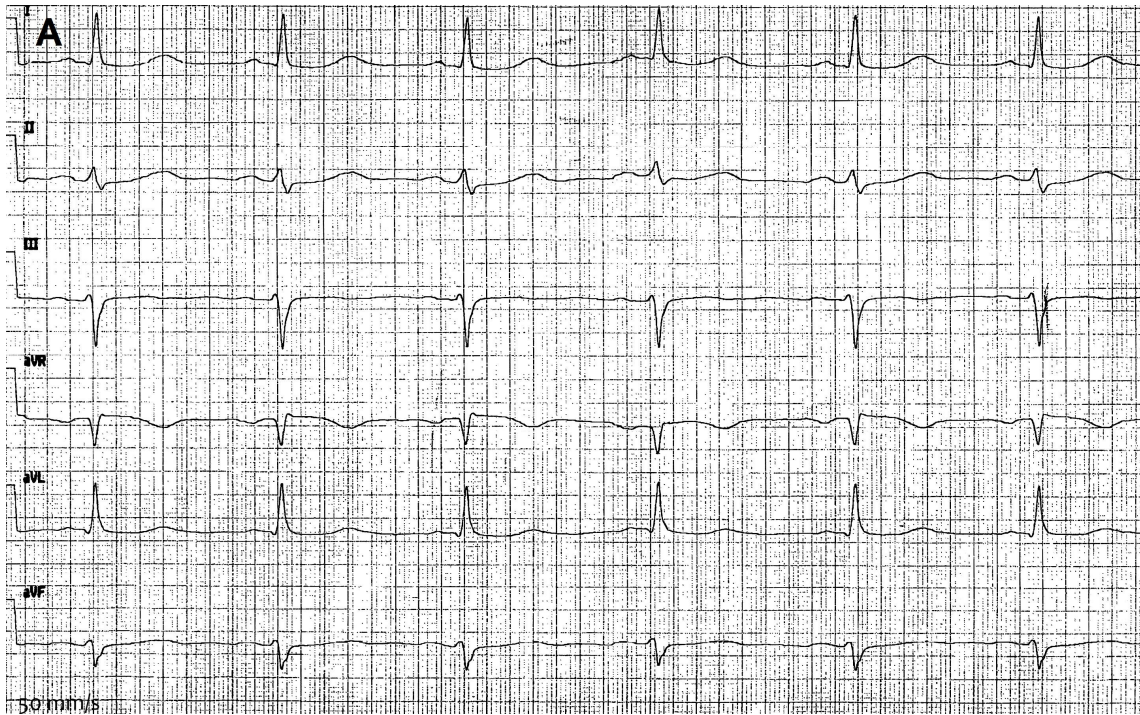
*Multimedia auf Hauptkarte*

# *EKG- Online*



### 11.3 Wissenstest

Zu EKG A:



Sie kommen als Notarzt in München zu der 66-jährigen Gertrud Maier. Die Rentnerin liegt im Bett und die aufgeregte Schwiegertochter erzählt Ihnen, dass Frau Maier seit ca. einer Stunde diese starken Schmerzen in der Brust habe, die nicht besser würden. Frau Maier erscheint Ihnen deutlich adipös und kaltschweißig. Sie ist ansprechbar, hat aber deutlich starke Schmerzen. Der Rettungsassistent schreibt für Sie ein 12-Kanal EKG.

Davor berichtet Ihnen die Schwiegertochter, dass bei der Vorsorgeuntersuchung beim Hausarzt vor zwei Monaten noch alles in Ordnung gewesen sei.

1. Welche Erregungsrückbildungsstörung/en ist/sind in Frau Maiers EKG zu sehen?

- A: T-Negativierungen
- B: ST-Hebungen
- C: U-Welle
- E: R-Verlust

2. Welche Interpretation/en des in Ableitung aVR sichtbaren, negativen T in Frau Maiers EKG ist/sind zulässig?

- A: Hinweis auf ein ischämisches Geschehen
- B: Physiologischerweise negativ
- C: Hinweis auf eine entzündliches Geschehen
- D: Lagetypbedingte T-Negativierung

3. Welche der folgenden Konfigurationen des QRS-Komplexes im 12-Kanal-EKG trifft/treffen beim Linkstyp zu?

- A: I negativ
- B: III negativ
- C: aVL negativ
- D: -aVR negativ

4. Welche Konfiguration/en der Vorhoferregung ist/sind theoretisch mit dem Rhythmus in Frau Maiers EKG vereinbar?

- A: P in V1 biphasisch
- B: P in II negativ
- C: P in II doppelgipflig
- D: PQ-Zeit verlängert

5. Welche der folgenden Differentialdiagnosen wäre/n angesichts Frau Maiers EKG und Klinik als typisch anzusehen?

- A: Frischer transmuraler ST-Hebungsinfarkt
- B: Herzwandaneurysma
- C: Frischer nicht-transmuraler ST-Hebungsinfarkt
- D: Perimyokarditis

6. Der Blutdruck von Maier beträgt 140/80 mmHg, der Puls 90/min. Frau Maier klagt weiterhin über starke Schmerzen.

Welches der folgenden Medikamente ist am ehesten zu verabreichen?

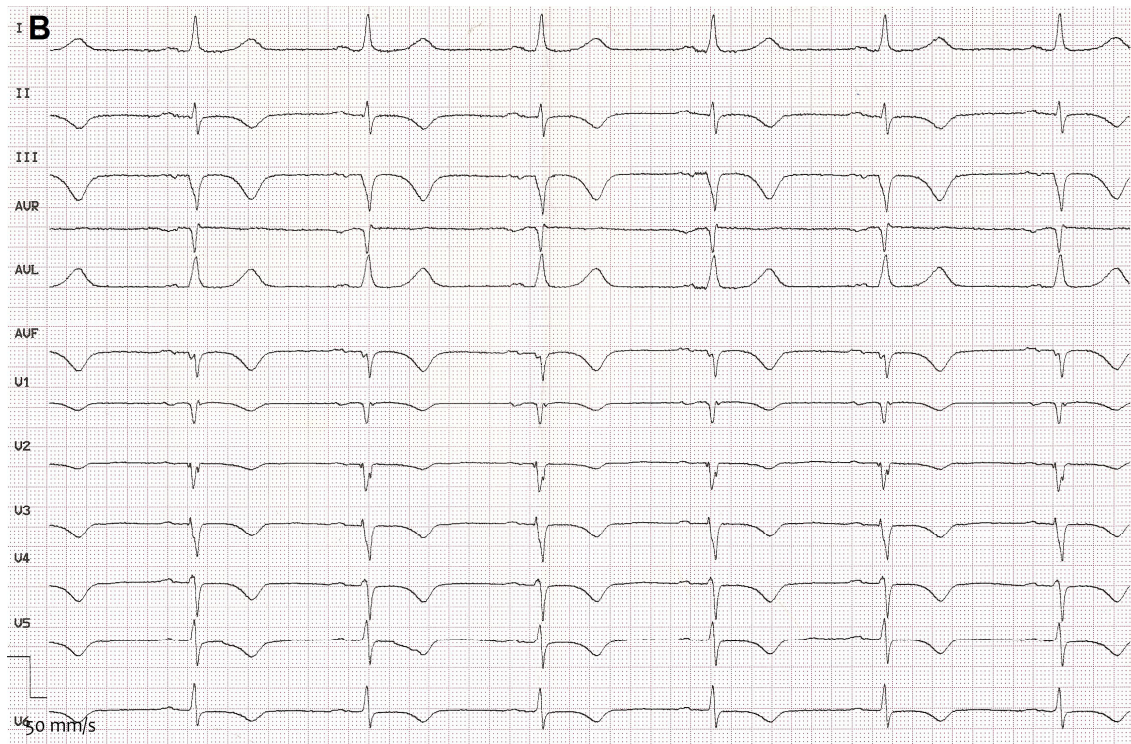
- A: Glyceroltrinitrat
- B: Diazepam
- C: Clopidogrel
- D: Dobutamin

7. Welches weitere Vorgehen ist Frau Maier primär nahezulegen?

- A: Antibiotische Versorgung
- B: Offen operative Versorgung
- C: Minimalinvasive Intervention
- D: Pharmakologische Lysetherapie



Zu EKG B:



Sie haben als Hausarzt bei der 48-jährigen Patientin Manuela B. beiliegendes EKG geschrieben. Die Frau klagte über Brustschmerzen. Bei ihr wurde zuletzt eine Chemotherapie und eine Bestrahlung bei Mammakarzinom durchgeführt.

1. Welche Aussage zu Blockbildern bezogen auf Frau B.s EKG trifft/en zu?

- A: AV-Block 1. Grades
- B: AV-Block 2. Grades
- C: SA-Block
- D: Rechtsschenkelblock

2. Welche Erregungsrückbildungsstörung/en lässt/lassen sich in Frau B.s EKG erkennen?

- A: QRS-Knotung
- B: ST-Senkungen
- C: T-Überhöhung
- D: T-Negativierung

3. Welche Aussage/n zur R-Progression in Frau B.s EKG trifft/treffen zu?

- A: Sie ist verzögert
- B: Sie ist invers
- C: Sie findet nicht statt
- D: Sie ist rechtsverschoben

4. Welche Verdachtsdiagnose/n sollte/n bei Frau B.s Klinik und EKG vorrangig bedacht werden?

- A: Frische Myokardischämie

- B: Lungenarterienembolie
- C: Kardiomyopathie
- D: Elektrolytstörungen

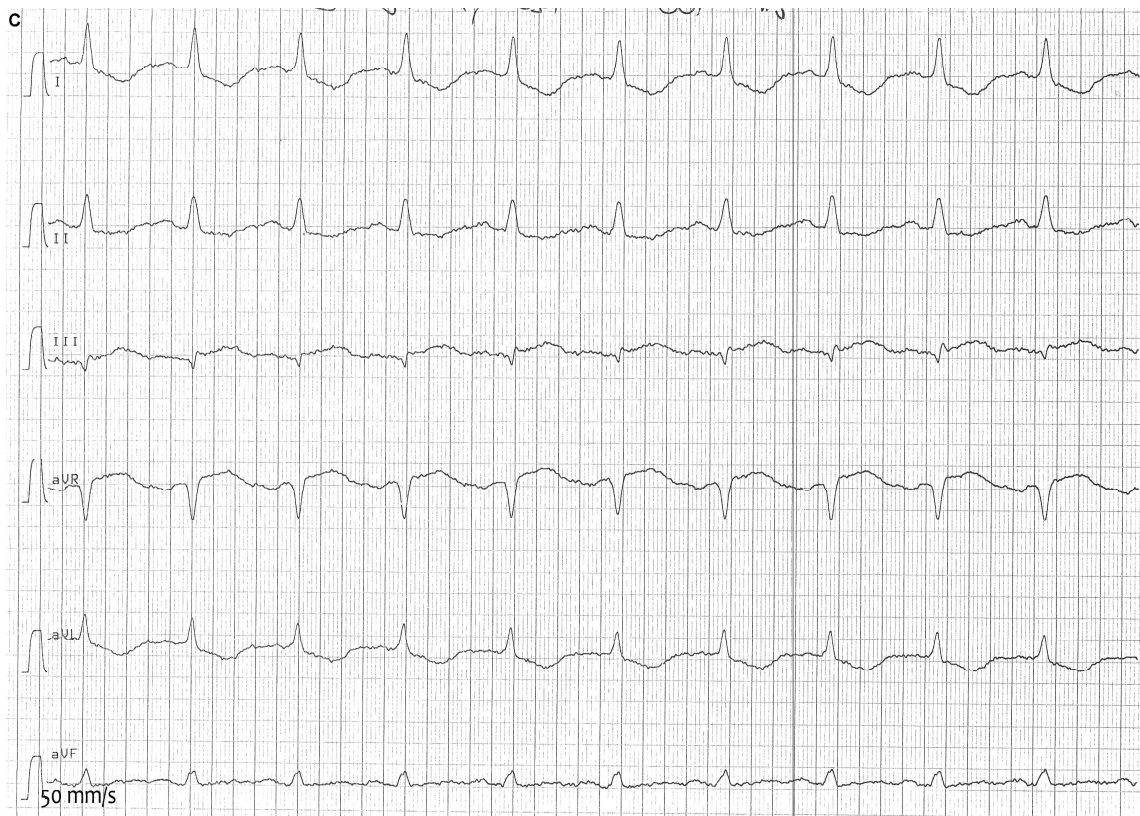
5. Welche/r diagnostische/n Schritt/e bei Frau B. ist/sind nun am ehesten wegweisend?

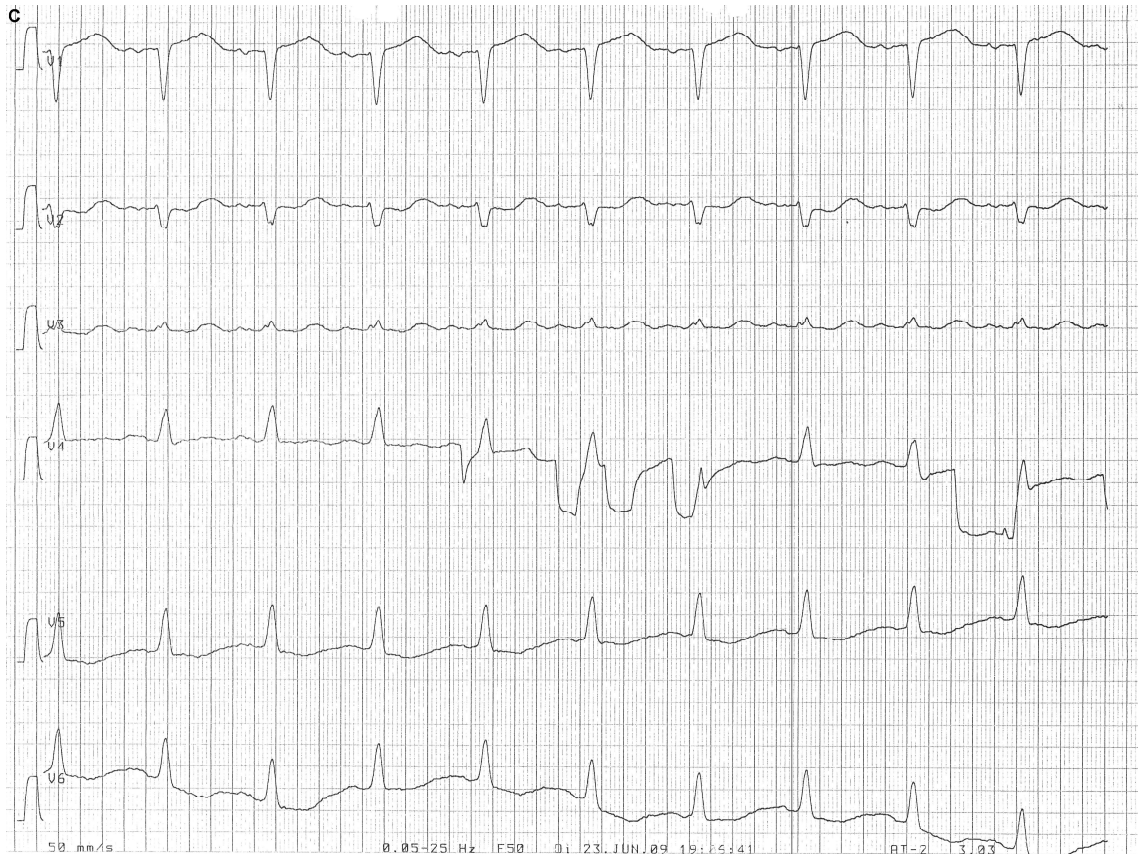
- A: Echokardiographie
- B: Röntgen-Thorax
- C: Bestimmung der Serumelektrolyte
- D: Herzkatheteruntersuchung

6. Welches weitere Vorgehen ist Frau B. nahezulegen?

- A: Notarztbegleitung in nächstgelegene Kardiologie
- B: Stationäre Aufnahme in nächstgelegener Klinik
- C: Fachärztliche Untersuchung durch einen Kardiologen
- D: Hausärztliche Versorgung und Kontrollen

Zu EKG C:





Der 45 jährige Herr Schuster wird vom Rettungswagen gebracht. Der Rettungssanitäter drückt ihnen beiliegendes EKG in die Hand und berichtet Ihnen: ‚Der Blutdruck ist jetzt 110 zu 80 mmHg, Puls stabil um die 120 pro Minute, starke Brustschmerzen seit drei Stunden, das Nitrospray hat nicht optimal gewirkt. Er hat 5 mg Morphin bekommen.‘

1. Welche der folgenden Auffälligkeiten ist/sind in Herrn Schusters EKG in mindestens zwei benachbarten Ableitungen zu erkennen?

- A: ST-Hebungen
- B: ST-Senkungen
- C: T-Negativierungen
- D: Pathologische Q-Zacken

2. Welche der folgenden Verdachtsdiagnosen ist/sind angesichts Herrn Schusters Klinik und EKG zu formulieren?

- A: STEMI
- B: Akutes Koronarsyndrom
- C: Infarkt Narbe
- D: Perimyokarditis

3. Welche/r der folgenden Laborparameter kann/können an dieser Stelle angesichts der Verdachtsdiagnose/n als wegweisend angesehen werden?

- A: CRP
- B: D-Dimere
- C: LDH
- D: IL-6



4. Welche weiterführende Diagnostik sollte nun zur Erhärtung der Verdachtsdiagnose/n vorrangig angestrebt werden?

- A: Echokardiographie
- B: CT-Thorax
- C: Herzkatheteruntersuchung
- D: Perfusions-/Ventilations-Szintigraphie

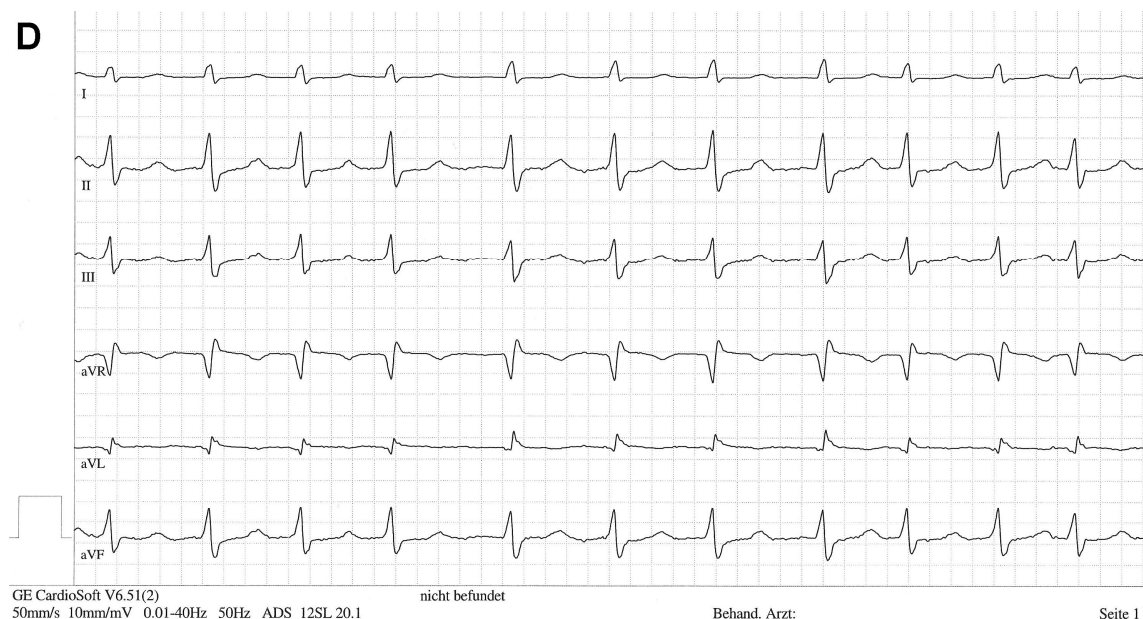
5. Wie ist/sind die Verformungen des QRS-Komplexes in V4 in Herrn Schusters EKG am ehesten zu interpretieren?

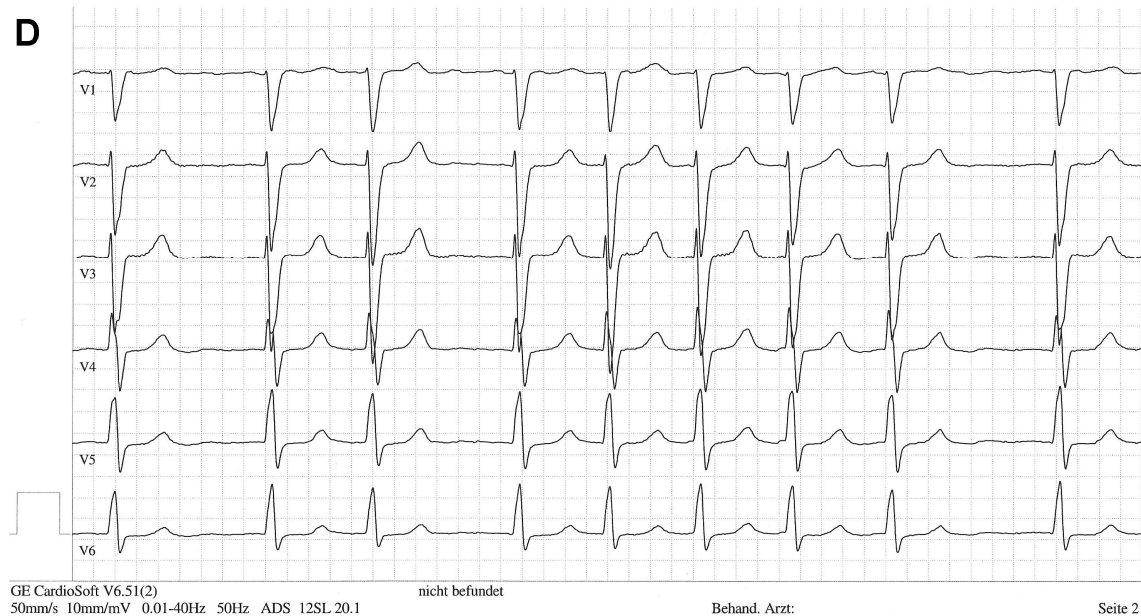
- A: Zeichen einer Ischämie
- B: Schenkelblock
- C: Artefakt
- D: Zeichen einer Entzündung

6. Welche pathologische/n Veränderung/en der T-Welle ist/sind in Herrn Schusters EKG zu erkennen?

- A: T-Überhöhung
- B: T-Verbreiterung
- C: T-Negativierung
- D: T-Abflachung

Zu EKG D:





Die 58 jährige Frau Mittermeier stellt sich mittags bei ihnen mit Dyspnoe seit dem Morgen vor. Sie berichtet zudem von Herzklopfen und wirkt sehr nervös.

Die Schwester in der Notaufnahme hat schon ein EKG geschrieben und ein paar Vitalparameter bestimmt:

Puls: 121/Minute

Blutdruck: 145/90 mmHg

Temperatur: 37.2 °C

1: Wie lässt sich die P-Welle in Frau Mittermeiers EKG am treffendsten beschreiben?

- A: Unregelmäßig
- B: Verbreitert
- C: Doppelgipflig
- D: Nicht vorhanden

2. Wie wird der Rhythmus in Frau Mittermeiers EKG am treffendsten beschrieben?

- A: Sinusrhythmus
- B: Ektop atrialer Rhythmus
- C: Arrhythmie
- E: AV Block 2.Grades

3. Welche Diagnose ist angesichts Frau Mittermeiers EKG zu stellen?

- A: absolute Arrhythmie
- B: Vorhofflattern der atypischen Art
- C: Vorhofflimmern
- D: Atrioventrikuläres Blockbild

4: Wie sind die QRS-Komplexe in Frau Mittermeiers EKGs am ehesten zu beschreiben?

- A: verbreitert
- B: normal
- C: verspätet

D: erniedrigt

5. Die Erhöhung welches/r des/r folgenden Laborwert/e bei Frau Mittermeiers weist/en am ehesten auf ein für die Diagnose ursächliches Leiden hin?

A: TSH

B: Troponin

C:  $\gamma$ GT

D: Kreatinin

6. Welche weiterführende Diagnostik ist im weiteren Verlauf am ehesten angebracht unter der Annahme, daß die Werte für TSH, Troponin,  $\gamma$ GT und Kreatinin alle im Normbereich waren?

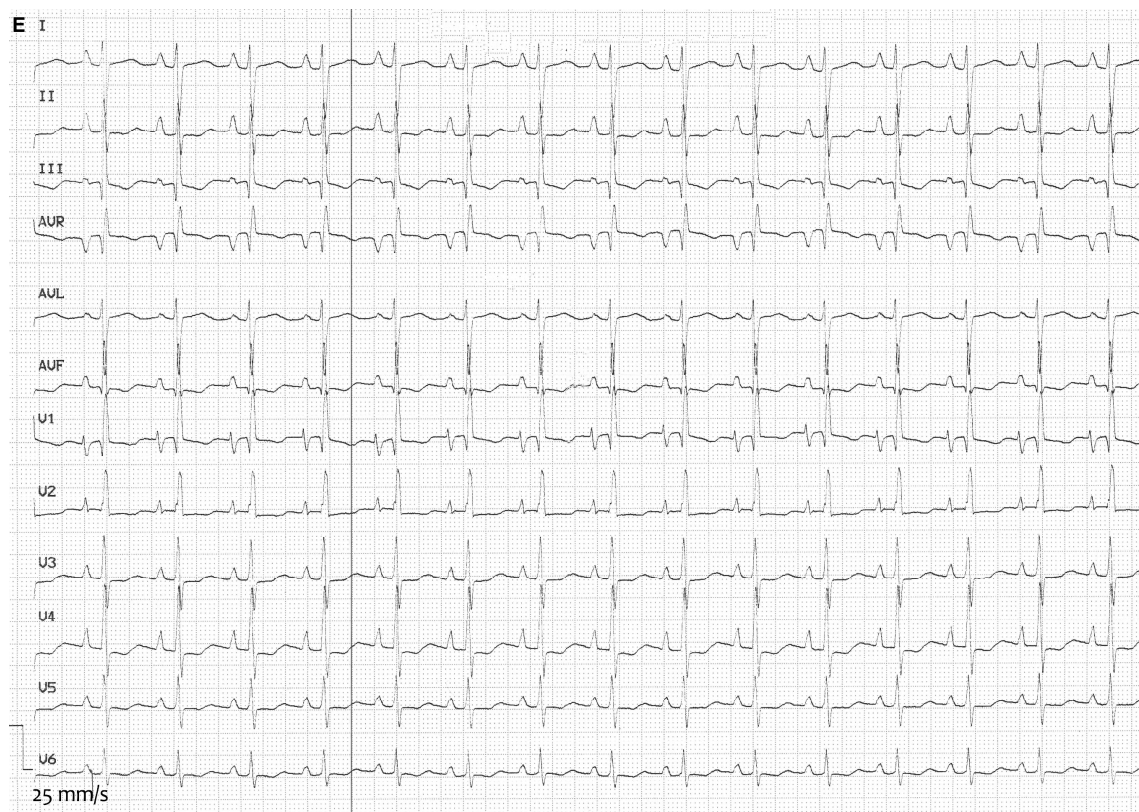
A: Röntgen-Thorax

B: Echokardiographie

C: Herzkatheteruntersuchung

D: Blutgasanalyse

Zu EKG E:



Bei Ihnen stellt sich der 27 jährige Mukoviszidose-Patient Herr Reiner wegen Dyspnoe vor. Es wird folgendes EKG geschrieben:

1. Welche der folgenden Konfigurationen des QRS-Komplexes im 12-Kanal-EKG trifft/treffen beim Rechtstyp zu?

A: I negativ

- B: III negativ
- C: aVL negativ
- D: -aVR negativ

2. Wie lässt sich die P-Welle in Herrn Reiners EKG am treffendsten beschreiben?

- A: verbreitert
- B: doppelgipflig
- C: normal konfiguriert
- D: überhöht

3. Welche der folgenden Pathologien kann/können allgemein im EKG ST-Senkungen bedingen?

- A: Myokardhypertrophie
- B: Myokardischämie
- C: Myokarditis
- D: Tachykardie

4. Welche Schlussfolgerung/en lässt Herrn Reiners EKG am ehesten zu?

- A: Myokardischämie
- B: Rechtsherzbelastung
- C: Supraventrikuläre Tachykardie
- D: Perimyokarditis

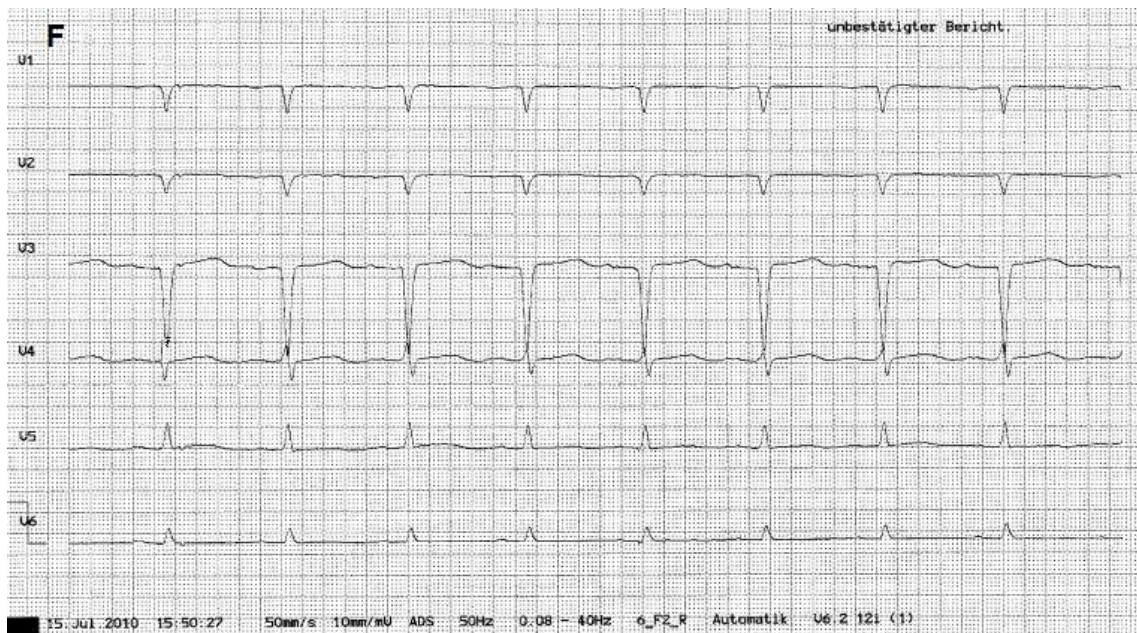
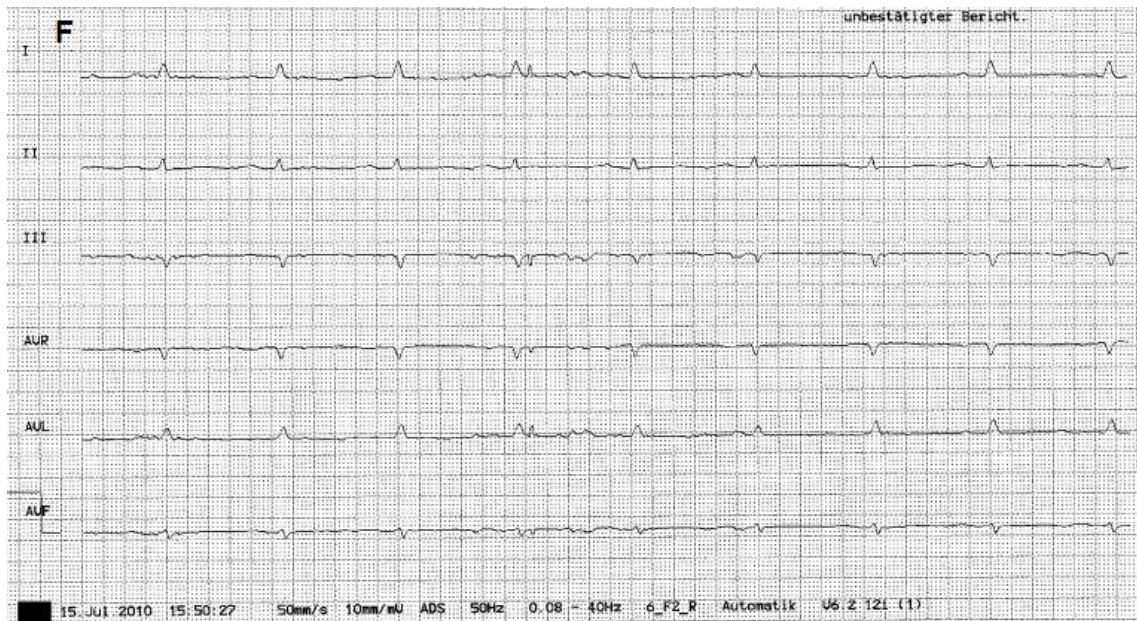
5. Was ist der wahrscheinlichste Grund für die Veränderungen in diesem EKG?

- A: Koronare Herzkrankheit
- B: Akutes cor pulmonale
- C: Eisenmangelanämie
- D: entzündliche Herzveränderungen

6. Welche Aussage zum Sokolow Index für den rechten Ventrikel in diesem EKG trifft zu? Dieser ist

- A: positiv
- B: negativ
- C: darf hier nicht berechnet werden
- D: pathologisch

Zu EKG F:



Die 85 jährige Hildegard Obermeier wird vom Rettungsdienst in die Ambulanz gebracht. Die Rentnerin bekommt kaum Luft und hat eine arterielle Hypotonie. Temperatur 37.8 °C, Atemgeräusche abgeschwächt. In der Anamnese sind ein Herzinfarkt vor acht Jahren sowie eine Hysterektomie vor 15 Jahren bekannt. Sie bekommen folgendes EKG:

1. Welche der folgenden Konfigurationen des QRS-Komplexes im 12-Kanal-EKG trifft/treffen beim Linkstyp zu?

- A: I positiv
- B: III positiv
- C: aVL positiv
- D: -aVR positiv



2. Wie lässt sich die P-Welle in Frau Obermeiers EKG am treffendsten beschreiben?

- A: unregelmäßig
- B: verbreitert
- C: nicht vorhanden
- D: doppelgipflig

3. Wie wird der Rhythmus in Frau Obermeiers EKG am treffendsten beschrieben?

- A: Sinusrhythmus
- B: AV-Überleitungsstörung
- C: Ektop atrialer Rhythmus
- D: SA-Überleitungsstörung

4. Welche Aussage/n zu den QRS-Komplexen in Frau Obermeiers EKG ist/sind richtig?

- A: intermittierender Schenkelblock
- B: pathologisches Q
- C: Niedervoltage
- D: Normalbefund

5. Welche zugrundeliegende/n Pathologie/en kann/können am ehesten für die Veränderungen in diesem EKG verantwortlich sein?

- A: Perikarderguss
- B: frische Myokardischämie
- C: Lungenarterienembolie
- D: Hypokaliämie

6. Welche Diagnostik sollte bei Frau Obermeier als nächstes angestrebt werden?

- A: Blutgasanalyse
- B: Echokardiographie
- C: CT-Thorax
- D: Herzkatheteruntersuchung

Zu EKG G:





Der 77 jährige Hubert Geier war bis vor kurzem kerngesund. Doch seit heute hat er dieses komische Gefühl in der Brust, als ob mit seinem Herzen etwas nicht stimme. Also sucht er Sie, seine/n langjährige/n Hausärztin/arzt, auf und bittet Sie, ihn doch mal abzuhören. Auskultatorisch fällt Ihnen kein Herzgeräusch auf, der Puls ist rhythmisch, der Blutdruck bei 140/90 mmHg.

1. Die Herzfrequenz lässt sich in Herrn Geiers EKG aus Papiervorschub und einer welcher der folgenden Informationen berechnen?

- A: PP-Abstand
- B: QQ-Abstand
- C: RR-Abstand
- D: SS-Abstand

2. Welche/s EKG-Element/e zeigt/zeigen in Herrn Geiers EKG eine pathologische Veränderung?

- A: ST-Strecke
- B: T-Welle
- C: R-Zacke
- D: P-Welle

3. Welches Blockbild ist in Herrn Geiers EKG am ehesten zu identifizieren?

- A: AV-Block 1. Grades
- B: Linksschenkelblock inkomplett
- C: AV-Block 2. Grades
- D: Rechtsschenkelblock inkomplett

4. Welche Diagnose/n lässt dieses EKG am ehesten zu?

- A: atypisches Vorhofflattern
- B: Vorhofflimmern
- C: typisches Vorhofflattern
- D: Kardiomyopathie

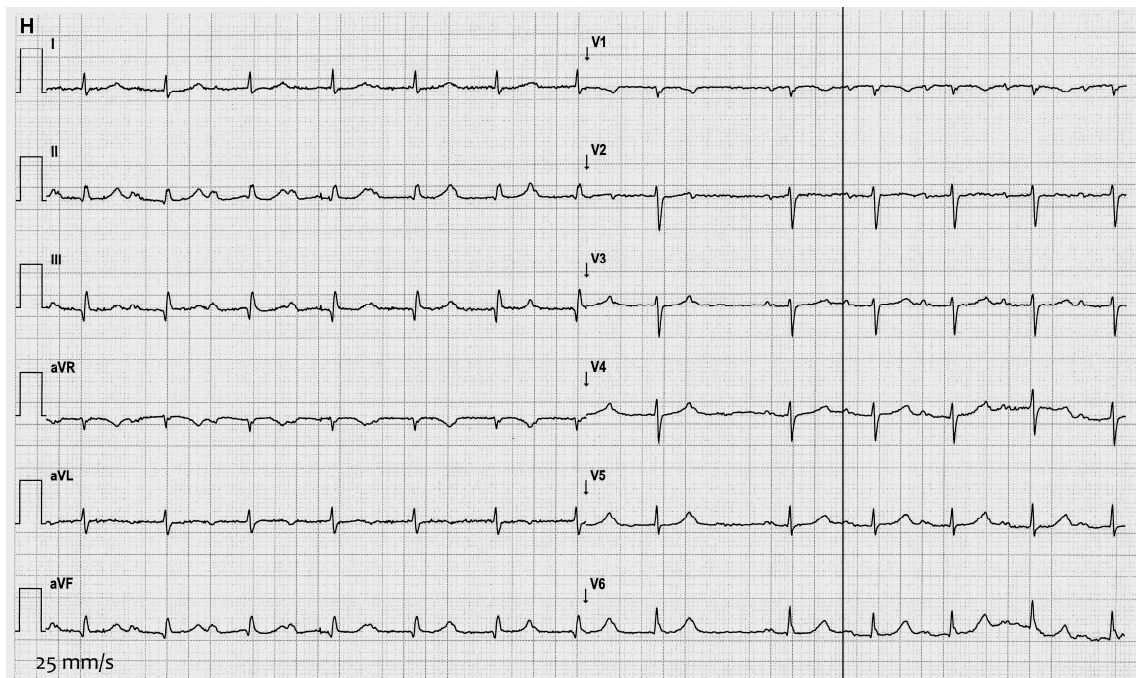
5. Welche Diagnostik sollte als nächstes durchgeführt werden?

- A: Röntgen-Thorax
- B: Echokardiographie
- C: Herzkatheteruntersuchung
- D: Blutgasanalyse

6. Welche Komplikation/en birgt/bergen die im vorliegenden EKG wahrscheinlich zugrundeliegende Pathologie?

- A: plötzlicher Herztod
- B: Myokardinfarkt
- C: bedrohliche Kammertachykardie
- D: pulslose elektrische Aktivität

Zu EKG H:



Der 72 jährige Werner Altman berichtet Ihnen über Herzstolpern. Sie schreiben bei dem Rentner ein EKG. Ihnen fällt sofort Ableitung V3 ins Auge.

1. Bei manchen Herzaktionen in Herrn Altmans EKG sind Pathologien zu erkennen. Dies trifft für welche/n EKG-Parameter zu?

- A: PQ-Zeit
- B: QRS-Komplex
- C: QTc-Zeit
- D: RR-Abstand

2. Welche/s Blockbild/er ist/sind in Herrn Geiers EKG zu identifizieren?

- A: AV-Block 2. Grades
- B: SA-Block 2. Grades
- C: AV-Block 3. Grades



D: SA-Block 3.Grades

3. Wie wird die PQ-Zeit in Herrn Altmans EKG am treffendsten beschrieben?

A: verlängert

B: verkürzt

C: ändert sich von Herzaktion zu Herzaktion

D: nicht pathologisch verändert

4. Welche Aussage zu den QRS-Komplexen in diesem EKG trifft am ehesten zu?

A: Absolute Arrhythmie

B: Arrhythmie

C: Ventrikuläre Extrasystolen

D: Supraventrikuläre Extrasystolen

5. Welche Gefahr birgt diese Rhythmusstörung?

A: Totaler AV-Block

B: Bedrohliche Kammertachykardie

C: Kammerflimmern

D: keine Gefahr

6. Wie ist das weitere Vorgehen bei Herrn Altman?

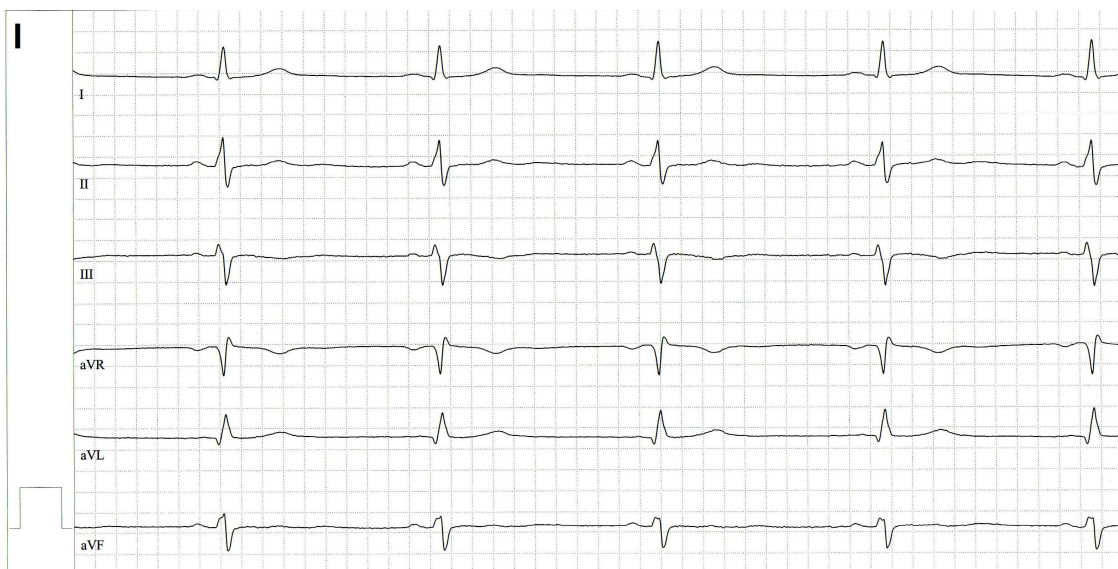
A: Gabe von Atropin

B: Langzeit-EKG

C: Gabe von Adenosin

D: Gabe von Digitalis

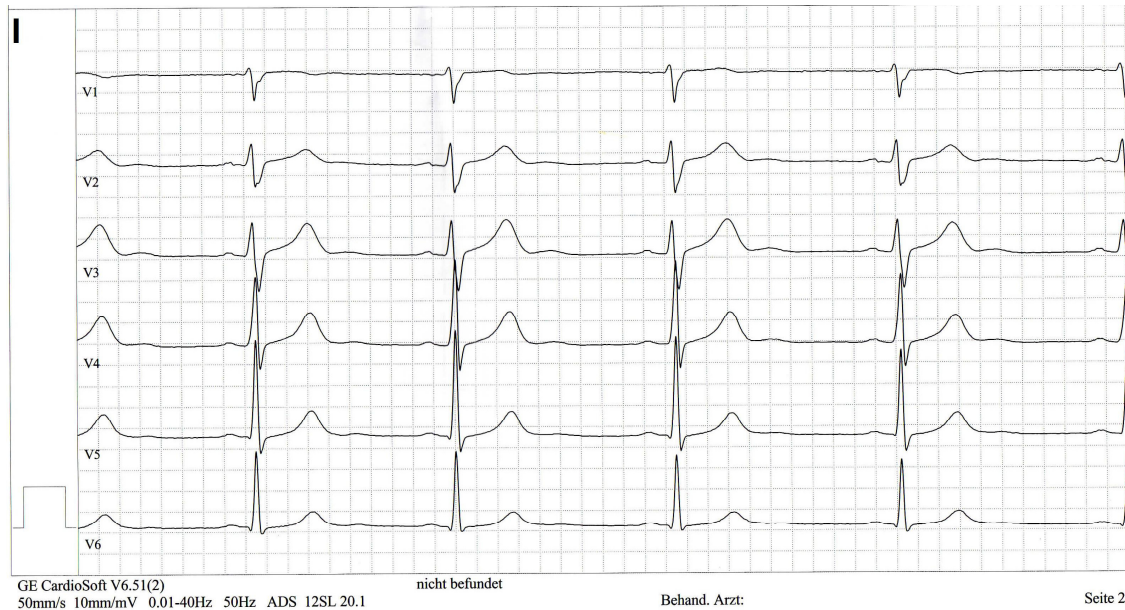
Zu EKG I:



nicht befundet

Behand. Arzt:

Seite 1



Die 33 jährige Lehramtsstudentin Frau G. kommt zum zweiten Mal in diesem Quartal mit derselben Problematik zu Ihnen in die Praxis und berichtet über in letzter Zeit gehäuftes Herzstolpern und -rasen. Sie habe zudem öfters Migräneattacken und seit Wochen wiederkehrende Magen-Darm-Probleme. Einmal war sie sogar schon nachts in der Notaufnahme, weil sie Angst hatte, ihr Herz sei aus dem Takt geraten. Damals wurde nach kardiologischer Abklärung nichts weiter festgestellt und die Patientin wieder nach Hause entlassen. Nun haben Sie auf Insistieren der Patientin erneut ein EKG geschrieben.

1. Welche/r Parameter in Frau G.s EKG ist/sind pathologisch verändert?

- A: ST-Strecke
- B: T-Welle
- C: R-Zacke
- D: RR-Abstand

2. Welche/r Befund/e lässt/lassen sich aus Frau G.s EKG erheben?

- A: Schenkelblock komplett
- B: Abgelaufener Infarkt
- C: Atrioventrikuläre Überleitungsstörung
- D: Schenkelblock inkomplett

3. In den Brustwandableitungen auf diesem EKG-Ausdruck lässt sich ein gegenüber den übrigen Herzaktionen verkürzter RR-Abstand zwischen der ersten und der zweiten Herzaktion erkennen.

Wie lässt sich dies erklären?

- A: AV-Block
- B: Artefakt
- C: respiratorische Arrhythmie
- D: Extrasystole

4. Welche der folgenden Verdachtsdiagnosen ist/sind angesichts Frau G.s Klinik und EKG zu formulieren?

- A: Vorderwandinfarkt
- B: Perimyokarditis
- C: Herzneurose
- D: Elektrolytstörungen

5. Was leiten Sie als zusätzliche Diagnostik ein?

- A: Echokardiographie
- B: Langzeit-EKG
- C: Troponin-Schnelltest
- D: Blutbild und Serumelektrolyte

6. Welches weitere Vorgehen ist Frau G. nahezulegen?

- A: Notarztbegleitung in nächstgelegene Kardiologie
- B: Stationäre Aufnahme in nächstgelegener Klinik
- C: Fachärztliche Untersuchung durch einen Kardiologen
- D: Keine weitere Veranlassung

## 11.4 Vorwissenstest

Welche/r elektrophysiologische/n Vorgang/Vorgänge am Herzen wird/werden durch die P-Welle im EKG beschrieben?

- A: Erregungsausbreitung im rechten Vorhof
- B: Erregungsausbreitung im linken Vorhof
- C: Erregungsrückbildung im linken Vorhof
- D: Erregungsrückbildung im rechten Vorhof

Das Produkt welcher der folgenden Faktoren ergibt die frequenzkorrigierte Dauer der Erregungsausbreitung und –rückbildung beider Ventrikel?

- A:  $1 / \sqrt{\text{RR-Zeit}}$
- B:  $\sqrt{\text{QTs-Zeit}}$
- C: QTs-Zeit
- D:  $1 / \text{RR-Zeit}$

Welche der folgenden PQ-Zeiten ist/sind als physiologisch anzusehen?

- A: 0,12 s
- B: 0,11 s
- C: 0,20 s
- D: 0,21 s

Welche der folgenden Amplituden der P-Welle in Ableitung II ist/sind als physiologisch zu bewerten?

- A: 0,1 mV
- B: 0,2 mV
- C: 0,3 mV
- D: 0,4 mV

In welcher/n Ableitung/en des 12-Kanal-EKGs können T-Wellen unter physiologischen Bedingungen negativ sein?

- A: V1
- B: II
- C: aVR
- D: aVL

Welche der folgenden Strukturen ist/sind im 12-Kanal-EKG einem J-Punkt benachbart?

- A: Anfang der T-Welle
- B: Anfang der ST-Strecke
- C: Ende der PQ-Strecke
- D: Ende des QRS-Komplexes

In welcher/n Ableitung/en eines 12-Kanal EKGs ist das Auftreten einer normal konfigurierten Q-Zacke als auffälliger Befund zu werten?

- A: V1
- B: V2
- C: V5
- D: aVL

Welche/s der folgenden Höhenverhältnisse von T-Welle im Vergleich zur R-Zacke in den Extremitätenableitungen gilt/gelten als physiologisch?

- A: 1/8
- B: 1/6
- C: 2/3
- D: 1/1

Welche Zeitdauer/n (in ms) für den QRS- Komplex eines 12-Kanal-EKGs gilt/gelten als physiologisch?

- A: 50
- B: 80
- C: 100
- D: 120

In welcher/n Ableitung/en eines EKGs gilt das Auftreten einer S-Zacke als pathologisch?

- A: V1
- B: V3
- C: V6
- D: aVR

Welche/s Kriterium/en spricht/sprechen für ein Pardee-Q?

- A:  $Q > R/4$
- B:  $Q > 0,03s$
- C:  $Q > 0,04s$
- D:  $Q > R/3$

Ein verbreiteter QRS-Komplex im EKG kann auf welche/n der folgenden Befunde zurück zu führen sein?

- A: SA-Block
- B: bifaszikulärer Block
- C: Hemiblock
- D: kompletter Schenkelblock

Welche der folgenden Pathologien erklärt/en ST-Senkungen im EKG?

- A: Myokardischämie
- B: SA-Block
- C: Präexzitationssyndrom
- D: Schenkelblock

Welche/r Stromkurvenverlauf/verläufe definiert/en den Rechtsschenkelblock eindeutig?

- A: ‚M‘ in V1
- B: QRS-Komplex  $\geq 0,11 s$
- C: oberer Umschlagpunkt des QRS-Komplexes in V1 verzögert
- D: T-Negativierungen in V5.

Welche Ableitung/en eines EKG repräsentiert/en typischerweise Veränderungen der Vorderwand des Herzens?

- A: II und III
- B: aVR und aVF

C: V1-V4  
D: I und aVL

In einem EKG eines Erwachsenen sind bei einem Papiervorschub von 50 mm/s in 150 mm sechs R-Zacken in gleichmäßigen Abständen zu erkennen.

Wie ist die hieraus abzuleitende Herzfrequenz am ehesten einzuschätzen?

A: Normokardie  
B: Bradykardie  
C: Tachykardie

Welche/r Index/Indices gibt/geben einen Hinweis auf eine linksventrikuläre Hypertrophie?

A: McRayen  
B: Korsakow  
C: Miller  
D: Lewis

Welche/s Merkmal/e kann ein junktionaler Ersatzrhythmus des Herzens aufweisen?

A: regelmäßige, breite QRS-Komplexe  
B: Herzfrequenz 50 Schläge/min  
C: negative T-Welle  
D: keine P-Welle

Welches ist/sind Merkmal/e einer supraventrikulären Extrasystole im EKG?

A: veränderte Konfiguration der P-Welle dieser Herzaktion  
B: Verbreiterung des QRS-Komplexes dieser Herzaktion  
C: Verlust der T-Welle dieser Herzaktion  
D: Verlust der R-Zacke dieser Herzaktion

Welche der folgenden Konfigurationen des QRS-Komplexes im 12-Kanal-EKG trifft/treffen beim Sagittaltyp zu?

A: I negativ  
B: III negativ  
C: I positiv  
D: III positiv

In welcher/n der folgenden Ableitungen eines 12-Kanal-EKGs findet man am ehesten ST-Hebungen beim STEMI der Hinterwand?

A: II  
B: I  
C: aVL  
D: aVF

Welche der folgenden Pathologien bedingt/en am ehesten einen neu aufgetretenen Linksschenkelblock im EKG?

A: pulmonale Hypertonie  
B: akuter Myokardinfarkt  
C: schwerer Asthmaanfall  
D: progrediente Herzinsuffizienz

Der Sagittaltyp im EKG kommt am ehesten bei welcher/n der folgenden Erkrankungen vor?

- A: Lungenarterienembolie
- B: arterielle Hypertonie
- C: arterielle Hypotonie
- D: Aortenklappenstenose

Welche der folgenden pneumologischen Pathologien führt/en abgesehen von Veränderungen der Herzfrequenz am ehesten auch zu begleitenden Veränderungen im EKG?

- A: Larynxödem
- B: Asthma bronchiale
- C: Bronchitis
- D: akute Lobärpneumonie

Welche der folgenden Beschreibungen trifft/treffen am ehesten die Bedeutung von ‚Palpitationen‘?

- A: lebensbedrohliche Herzrhythmusstörungen
- B: tachykarde Herzrhythmusstörungen
- C: subjektive Herzrhythmusstörungen
- D: bradykarde Herzrhythmusstörungen

Was verstärkt die Schmerzen einer Perikarditis typischerweise?

- A: Liegen
- B: Stehen
- C: Expiration
- D: Inspiration

Welche der folgenden EKG-Veränderungen ist/sind am ehesten typisch für eine akute Perikarditis?

- A: Monophasische Deformierungen
- B: nach oben konkave ST-Hebung
- C: ST-Hebungen aus der aufsteigenden S-Zacke
- D: ST-Hebungen aus der absteigenden R-Zacke

Welche der folgenden EKG-Veränderungen ist/sind am ehesten typisch für eine Herzneurose?

- A: monophasische Deformierungen
- B: supraventrikuläre Tachykardie
- C: U-Wellen
- D: ascendierende ST-Senkung

Welche Ätiologie/n kann/können der respiratorischen Arrhythmie des Herzens am ehesten zugeordnet werden?

- A: Asthma bronchiale
- B: Lungenemphysem
- C: Asthma cardiale
- D: Lungenarterienembolie

Welche Ätiologie/n kann/können dem vereinzelt auftretenden supraventrikulären Extrasystolen am ehesten zugeordnet werden?

- A: schwere Herzinsuffizienz
- B: hohes Alter
- C: entzündliche Herzerkrankung
- D: Kindesalter

Rahmen eines Perikardergusses kann/können im EKG typischerweise welche pathologische/n Veränderung/en des Stromkurvenverlaufs auftreten?

- A: Niedervoltage
- B: pathologische U-Wellen
- C: positiver Sokolow-Index
- D: elektrischer Alternans

Zu welcher/n Veränderung/en im EKG kann eine Hyperkalzämie führen?

- A: QT-Verlängerung
- B: Herzrhythmusstörungen
- C: keine Veränderungen im EKG
- D: Delta-Wellen

Welche der folgenden Pathologien kann/können zu einer betonten U-Welle im EKG führen?

- A: Sinusbradykardie
- B: Linksventrikuläre Hypertrophie
- C: Hypokaliämie
- D: Hyperthyreose

Bei einem 67-jährigen Patienten wird in der Notaufnahme Vorhofflattern festgestellt. Welche der folgenden Überlegungen zum Patientenmanagement ist/sind am ehesten wegweisend?

- A: Gabe eines von Theophyllin
- B: Gabe eines  $\beta$ -Blockers
- C: Intensivmedizinische Versorgung
- D: Stationäre Aufnahme

Ein 63-jähriger Patient klagt über neu aufgetretene Schmerzen im Kieferwinkel. Der Patient wirkt soweit ruhig, bei der körperlichen Untersuchung sind außer Kaltschweißigkeit keine pathologischen Befunde zu erheben.

Welche der folgenden Handlungen ist/sind im Anschluss an die Untersuchung am ehesten angemessen?

- A: Infarkt Diagnostik
- B: Verweis an einen Zahnarzt
- C: craniale Computertomographie
- D: Überweisung an einen Neurologen

Bei einem 42-jährigen Patienten mit starken Brustschmerzen und ST-Hebungen über der Vorderwand stellen Sie die Arbeitsdiagnose eines akuten ST-Hebungsinfarktes.

Welche/s der folgenden Medikamente ist/sind unter anderem im Rahmen des Notarzteinsatzes am ehesten zu verabreichen?

- A: Phenytoin



- B: Amiodaron
- C: Phenprocoumon
- D: Paracetamol

Bei einer 70 Jährigen Patientin mit terminaler Niereninsuffizienz besteht der Verdacht auf eine Lungenarterienembolie.

Welche/s der folgenden bildgebenden Verfahren ist/sind (nach EKG und D-Dimeren) notwendig, um die Lungenarterienembolie zu beweisen?

- A: CT-Angiographie des Thorax
- B: Röntgen-Thorax
- C: Sonographie der Beinvenen
- D: Perfusions-/Ventilations-Szintigraphie

Welches Management ist bei einem Patienten mit AV-Block 1. Grades ohne Begleiterkrankungen am ehesten angezeigt?

- A: Gabe von Betablockern
- B: Kardioversion
- C: DDD-Schrittmacherimplantation
- D: Gabe von Adenosin

Bei einer 71 jährigen Patientin wurde ein neu aufgetretenes Vorhofflimmern diagnostiziert.

Welche der folgenden Therapieoptionen kommt/kommen bei dieser Patientin am ehesten infrage?

- A: Antikoagulation
- B: DDD-Schrittmacherimplantation
- C: Kardioversion
- D: Durchbrechen der Rhythmusstörung mit Adenosin

Ein 50 Jähriger Patient stellt sich wiederholt wegen Herzstolpern hausärztlich vor. Eine rezente kardiologische Abklärung ließ soweit keine Pathologie erkennen.

Welche weiterführende Diagnostik ist nun am ehesten indiziert?

- A: Labor: Herzenzyme
- B: Labor: Elektrolyte
- C: Ergometrie
- D: Wiederholungsuntersuchung des EKGs am nächsten Morgen

Welche/r Laborparameter ist/sind bei einer Herzinsuffizienz prognostisch am ehesten relevant?

- A: ANP
- B: BNP
- C: NT-proBNP
- D: CRP

Ein Patient hat seit mindestens 48 Stunden Vorhofflimmern.

Ein CHA2DS2-VASc-Score von 4 Punkten bedeutet, dass dieser Patient...

- A: orale Vitamin K-Antagonisten erhalten sollte
- B: beta-Blocker erhalten sollte
- C: Amiodaron erhalten sollte
- D: Acetylsalicylat erhalten sollte

## 11.5 Meinungsfragebögen

### 11.5.1 Meinungsfragebogen 1

Liebe Teilnehmerin, lieber Teilnehmer,

Bitte beantworten Sie die Fragen ehrlich und sorgfältig. Wir sichern Ihnen zu, dass die Daten vertraulich behandelt werden.

Geschlecht             männlich     weiblich

Geburtsjahr            \_\_\_\_\_

Haben Sie eine Ausbildung im medizinischen Bereich absolviert?

ja     nein     Wenn ja, welche? \_\_\_\_\_

Welche Universität(en) habe Sie besucht (klinischer Studienabschnitt)?:

- LMU München
- TU München
- sonstige:

Im wievielten Semester studieren Sie aktuell?

Im \_\_\_\_\_ Semester

Welche PJ Tertiale haben Sie bisher absolviert? (Fächer?)

Innere Medizin     Chirurgie     Wahlfach \_\_\_\_\_

Haben Sie bereits einen EKG-Kurs im Rahmen einer regulären Veranstaltung im Studium besucht?

Ja     Nein

Haben Sie bereits an einem EKG-Online-Kurs im Rahmen ihres Studiums teilgenommen (z. B. Casus)?

Ja     Nein

Wenn ja welche?

Intensivkurs     Online Kurs     sonstige

Haben Sie im eine Famulatur in einer kardiologischen Abteilung/Praxis absolviert

Ja     Nein

Haben Sie bereits selbstständig (mit Supervision) EKGs von Patienten befundet?

Ja     Nein

Welche Lehrmaterialien haben Sie bisher zum Erlernen der EKG-Befundung vor allem genutzt?

- spezielle Bücher     EKG-Kurse online
- frei zugängliche online Angebote             sonstige





## 11.5.2 Meinungsfragebogen 2

	sehr leicht	leicht	eher leicht	weder leicht noch schwer	eher schwer	schwer	sehr schwer
Wie leicht oder schwer finden Sie das Thema EKG-Interpretation?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wie leicht oder schwer fällt es Ihnen, mit dieser Lernumgebung zu arbeiten?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wie leicht oder schwer fällt es Ihnen, in der Lernumgebung wichtige und unwichtige Information zu unterscheiden?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wie leicht oder schwer fanden Sie es, alle Informationen, die Sie brauchten, im Lernprogramm zusammenzutragen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wie leicht oder schwer war es, die Lösung der letzten Beispielaufgabe zu verstehen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wie leicht oder schwer fanden Sie es, die neuen Informationen mit dem, was Sie bereits über das Thema wussten, zu verknüpfen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wie leicht oder schwer fanden Sie es, den Gesamtzusammenhang des Lernmaterials zu verstehen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wie leicht oder schwer fanden Sie es, sich den Gesamt Ablauf einer Lernsequenz vorzustellen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	fast nie			sehr oft
	0	1	2	4
Während der bisherigen Lernsitzung erlebte ich mich als neugierig oder wissbegierig.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Während der bisherigen Lernsitzung machte mir das Arbeiten Spaß.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Während der bisherigen Lernsitzung war ich von der Sache so fasziniert, dass ich alles um mich herum vergaß.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Während der bisherigen Lernsitzung fand ich das Lernen richtig spannend.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Während der bisherigen Lernsitzung hatte ich das Gefühl, mich kaum von der Sache lösen zu können.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Während der bisherigen Lernsitzung empfand ich das Lernen als anstrengend.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Während der bisherigen Lernsitzung hatte ich das Gefühl, mich zum Arbeiten zwingen zu müssen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Während der bisherigen Lernsitzung fühlte ich mich ernst genommen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Während der bisherigen Lernsitzung fühlte ich mich stark kontrolliert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Während der bisherigen Lernsitzung hatte ich das Gefühl, etwas zu tun, was ich auch selber tun wollte.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Während der bisherigen Lernsitzung hatte ich das Gefühl, Entscheidungsspielräume zu haben.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



Was hat Ihnen an den Fällen besonders gut gefallen?

---

---

Was sollte an den Fällen verbessert werden?

---

---

Was hat Ihnen an dem Feedback besonders gut gefallen?

---

---

Was sollte an dem Feedback unbedingt verbessert werden?

---

---

Kommentare, -Anregungen, Wünsche?

---

---

## 12 Eidesstattliche Versicherung

Hasch, Franziska Stefanie, geb. 15.08.1986 in Bad Tölz

Ich erkläre hiermit an Eides statt,

dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema

**Lernen aus Fehlern – Der Einfluss von Fehleranalyseprompts und Begründungsprompts auf das selbstregulierte Lernen in einer Online-Lernumgebung zum Thema Elektrokardiogramm**

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

Kraichtal, 15.01.2018, Hasch

---

Ort, Datum, Unterschrift



## 13 Lebenslauf

### Persönliche Daten

Name Franziska Stefanie Hasch  
Geburtsdatum 15.08.1986

### Berufliche Tätigkeit

Ab Februar 2018 SLK Kliniken Heilbronn  
Zentrum für Anästhesie (ZAINS)  
Assistenzärztin

September 2014 –  
Dezember 2017 ViDia Christliche Kliniken Karlsruhe  
Klinik für Anästhesie und Operative Intensivmedizin  
Assistenzärztin

Praktisches Jahr  
Dezember 2012 –  
Dezember 2013 Klinikum Garmisch-Partenkirchen (Anästhesiologie)  
Klinikum Augsburg (Chirurgie)  
Shanghai East Hospital/ Tongji University (Chirurgie)  
Asklepios Stadtklinik Bad Tölz (Innere Medizin)

### Ausbildung

Oktober 2007 – August 2014 Ludwig-Maximilians-Universität München  
Studium der Humanmedizin

September 2007 - Oktober 2007 Medizinischen Universität Innsbruck  
Doppelstudiengang Humanmedizin und Zahnmedizin

August 2006 - Dezember 2006 California State University Fullerton  
American Language Program  
(Studienvorbereitende Kursreihe)

1997 – 2006 Gymnasium Icking  
Naturwissenschaftlicher Zweig

1993 -1997 Grundschule Wolfratshausen/Weidach

### Abschlüsse

Oktober 2017 Zusatzbezeichnung Notfallmedizin

April 2014 Ärztliche Prüfung

Juli 2006 Abitur