

Vom-Blatt-Spiel am Klavier: kognitive Belastung und Spielleistung

Johannes Meyer

Angaben zur Veröffentlichung / Publication details:

Meyer, Johannes. 2025. "Vom-Blatt-Spiel am Klavier: kognitive Belastung und Spielleistung." Augsburg: Universität Augsburg.

Nutzungsbedingungen / Terms of use:

licgercopyright

Dieses Dokument wird unter folgenden Bedingungen zur Verfügung gestellt: / This document is made available under these conditions:

Deutsches Urheberrecht

Weitere Informationen finden Sie unter: / For more information see:

<https://www.uni-augsburg.de/de/organisation/bibliothek/publizieren-zitieren-archivieren/publiz/>



VOM-BLATT-SPIEL AM KLAVIER:
KOGNITIVE BELASTUNG UND SPIELLEISTUNG

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades an der
Philosophisch-Sozialwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Augsburg

vorgelegt von

Johannes Andreas Meyer

2024

Erstgutachter: Prof. Dr. Bernhard Hofmann

Zweitgutachter: Prof. Dr. Stefan Künzell

Tag der mündlichen Prüfung: 13.11.2024

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich einigen Personen, die mich bei der Forschungsarbeit und Erstellung dieser Dissertation unterstützt haben, meinen besonderen Dank aussprechen.

Mein Dank gilt zunächst meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. Bernhard Hofmann, der mir immer mit Rat zur Seite stand, für die Betreuung dieser Arbeit und die zahlreichen konstruktiven Gespräche auf intellektueller und persönlicher Ebene, welche ich stets als motivierend und ermutigend empfunden habe.

Ebenso danke ich Herrn Prof. Dr. Stefan Künzell für die stets unterstützende und motivierende Betreuung als Zweitgutachter.

Sehr dankbar bin ich für die stets hilfreichen und immer konstruktiven Diskussionen mit Frau Prof. Dr. Gabriele Puffer, die mich auf dem Weg zur Anfertigung dieser Dissertation begleitet haben.

Auch bin ich meinem Freund und Kollegen Nicolas Uhl-Sonntag für unzählige Gespräche auf fachlicher und freundschaftlicher Ebene ausgesprochen dankbar.

Weiterhin danke ich allen Studierenden und Versuchspersonen, die mich durch ihre Teilnahme an den Pretests und der Datenerhebung unterstützt haben.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. Ulrich Fahrner, dem Leiter des Medienlabors an der Universität Augsburg, ohne dessen Unterstützung diese Arbeit, vor allem aufgrund der enormen Datenmenge aus dem Experiment, niemals hätte gelingen können. Er stand mir ab dem ersten Moment der Planung dieser Dissertation bis zur Auswertung der Daten und Ergebnisse beratend, aufbauend und motivierend zur Seite. Ohne seine Experimentierfreudigkeit und seine große Expertise im Bereich Eyetracking und statistische Verfahren wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

Des Weiteren möchte ich den Mitarbeitern des Medienlabors an der Universität Augsburg danken, die mir bei der Durchführung der Pretests und der Datenerhebung mit anschließender Erstellung der Vier-Felder-Splitscreens tatkräftig zur Seite standen.

Mein außerordentlicher Dank gilt meiner Frau Anna Meyer, meiner Familie und Freunden für die unglaublich große Unterstützung und zudem für das Verständnis, welches über viele Jahre zur Anfertigung dieser Dissertation notwendig war!

1	<u>EINLEITUNG</u>	<u>1</u>
2	<u>THEORIE</u>	<u>3</u>
2.1	VOM-BLATT-SPIEL AM KLAVIER	3
2.1.1	EXPERTISE	6
2.1.2	WAHRNEHMUNG UND VERARBEITUNG	9
2.1.3	AUTOMATISIERUNG	19
2.1.4	BEWERTUNG DER SPIELLEISTUNG	21
2.1.5	ZUSAMMENFASSUNG	24
2.2	KOGNITIVE BELASTUNG	25
2.2.1	MESSBARKEIT	31
2.2.2	REDUZIERUNGSSTRATEGIEN	33
2.2.3	ZUSAMMENFASSUNG UND TRANSFER FÜR DIESE STUDIE	35
2.3	AUFGABE UND PROBLEM	38
3	<u>EMPIRIE</u>	<u>46</u>
3.1	FORSCHUNGSFRAGEN	46
3.2	VERSUCHSDESIGN UND STICHPROBE	49
3.3	ERHEBUNGSINSTRUMENTE	51
3.3.1	FRAGEBOGEN	51
3.3.2	EXPERIMENT	53
3.3.2.1	NOTENMATERIAL	54
3.3.2.2	PRETEST	59
3.3.2.3	VERSUCHSAUFBAU	61
3.3.2.4	DURCHFÜHRUNG DER DATENERHEBUNG	63
3.3.3	AUFBEREITUNG DER DATEN ZUR BEWERTUNG DER SPIELLEISTUNG	65
3.3.3.1	ERFAHRENHEIT DER VERSUCHSPERSONEN	68
3.3.3.2	ENTWICKLUNG EINES ANALYSEINSTRUMENTS FÜR DIE SPIELLEISTUNG	73
3.3.3.3	ENTWICKLUNG EINES BEWERTUNGSSYSTEMS FÜR DIE SPIELLEISTUNG	81
3.4	AUFBEREITUNG DER EYETRACKINGDATEN	88
3.4.1	OPERATIONALISIERUNG DER VORAUSLESELEISTUNG	89
3.4.2	AUFBEREITUNG DER EYETRACKERDATEN	90
3.4.3	BERECHNUNG DER INDIVIDUELLEN BASELINE	92
3.4.4	BERECHNUNG VON VERÄNDERUNGSINDIZES	93
3.5	DATENINTEGRATION	95

3.6	DATENANALYSE	96
3.7	HERLEITUNG EINES VORLÄUFIGEN MODELLS	97
4	<u>ERGEBNISSE</u>	101
4.1	LEISTUNG DER VERSUCHSPERSONEN	101
4.2	ÜBERPRÜFUNG DER ZUSAMMENHANGSHYPOTHESEN	106
4.3	MODELLÜBERPRÜFUNG	117
5	<u>DISKUSSION</u>	122
6	<u>LIMITATIONEN UND AUSBLICK</u>	128
7	<u>LITERATURVERZEICHNIS</u>	131
8	<u>ANHANG</u>	137
A	FRAGEBOGEN	137
B	DIGITALER ANHANG	141

1 Einleitung

Vom-Blatt-Spiel, die Fähigkeit, ein Musikstück am Klavier ohne vorherige Vorbereitung zu spielen, stellt sowohl Anfänger als auch Fortgeschrittene vor Herausforderungen. Erforderlich sind zum einen technische Fertigkeiten, zum anderen aber auch hochkomplexe sensorische, kognitive und psychomotorische Leistungen bei der Wahrnehmung und Verarbeitung, wie etwa das visuelle Erfassen von Noten bzw. musikalischen Zeichen und das anschließende Übersetzen dieser Noten und Zeichen in motorisches Handeln am jeweiligen Instrument,¹ in diesem Fall in entsprechende Griffe an den Tasten am Klavier. Im Gegensatz zu Streich- und Blasinstrumenten besteht das Notenbild für Klavierstücke in aller Regel aus Akkoladen, d.h. das Notenbild setzt sich aus zwei getrennten Notensystemen zusammen, welche beide zur gleichen Zeit erfasst und mit beiden Händen wiedergegeben werden müssen.

Das Interesse von Fächern wie Musik-/ Instrumentalpädagogik und Musikpsychologie richtete sich bislang vorrangig auf die Beforschung von Wahrnehmung beim Instrumentalspiel, Wahrnehmung beim Vom-Blatt-Spiel und Notenlesen.² Während bereits zahlreiche Untersuchungen zum Vom-Blatt-Spiel im Allgemeinen³ und zum Vom-Blatt-Spiel am Klavier im Besonderen⁴ durchgeführt wurden, mangelt es noch immer an Untersuchungen zur kognitiven Belastung beim Vom-Blatt-Spiel, insbesondere am Klavier. Diese Studie zielt darauf ab, diese Lücke zu schließen.

Diese Dissertation fokussiert sich auf die kognitive Belastung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier bei drei Gruppen mit unterschiedlicher Erfahrung (Novizen, Fortgeschrittene, Experten). Dabei soll explorativ untersucht werden, wie sich die kognitive Belastung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier in diesen drei Gruppen darstellt, wie sie gemessen werden kann und wie sie sich in Abhängigkeit zur Aufgabenschwierigkeit verhält. Dies geschieht mittels unterschiedlicher Verfahren (Befragung, Video-/Audio-/MIDI-Aufzeichnung, Eyetracking; auditive Wahrnehmung und Beurteilung), wodurch dieser Studie ein möglichst hohes Maß an Objektivität und Validität verliehen werden soll.

¹ Wolf, 1976, S. 143

² z.B. Bean (1938) in Kopiez, 2002; Lannert & Ullmann, 1945; Sloboda, 1974

³ z.B. Delogu et al., 2019; Lehmann & Kopiez, 2018

⁴ z.B. Bean (1938) in Kopiez, 2002; Lannert & Ullmann, 1945; Sloboda, 1974

Die Arbeit gliedert sich in drei Hauptkapitel. Zunächst werden theoretische Grundlagen dargelegt (Kapitel 2); dabei werden Begriffe geklärt und der Forschungsstand entfaltet. Kapitel 3 klärt die Forschungsfragen, das methodische Vorgehen und die speziell für diese Arbeit entwickelten Analyse- und Auswertungsverfahren. Des Weiteren wird ein Modell der Wechselwirkungen zwischen der kognitiven Belastung und der Spielleistung hergeleitet, das in Kapitel 4 empirische Stützung erfährt.

Die Kapitel 5 und 6 diskutieren die Ergebnisse der Arbeit und legen die Limitationen der Arbeit dar. Des Weiteren werden mögliche Ausblicke und zukünftige Perspektiven erläutert.

2 Theorie

Im Folgenden werden theoretische Grundlagen und Begriffe geklärt, welche für methodische Überlegungen dieser Studie sowie für die Beantwortung ihrer Forschungsfragen notwendig sind. Ebenso wird der jeweilige Forschungsstand erläutert.

2.1 Vom-Blatt-Spiel am Klavier

Ein erster Blick auf bestehende Forschungsliteratur ergibt folgende Näherungen an den Begriff des Vom-Blatt-Spiels.

Lehmann und Kopiez grenzen ein:

„Instrumentales Vomblattspiel und Vomblattsingen [...] meint die in Tempo und Ausdruck angemessene Ausführung von nicht einstudierter Musik“⁵ (engl. ‚sight reading‘)⁶.

Delogu et al. definieren:

„Music sight-reading playing consists in reading and performing a piece of music that the performer has not seen before. This ability requires that perception guides action by transforming relatively unpredictable visual patterns into precisely timed and spatially accurate movements.“⁷

Diese beiden Definitionen stammen aus unterschiedlichen Domänen, nämlich aus der Musikpsychologie (Lehmann und Kopiez) bzw. aus der Kognitionspsychologie (Delogu et al.). Übereinstimmend steht im Zentrum der Erklärungen die Unbekanntheit eines zur Ausführung vorgelegten Musikstückes. Ein Unterschied zeigt sich in der Nuancierung einer bestimmten Facette: Delogu et al. nehmen in ihre Definition die Fähigkeit zur Wahrnehmung auf, welche das Lesen und die Ausführung beim Vom-Blatt-Spiel leitet. Dabei müssen wahrgenommene visuelle Strukturen bzw. Muster in zeitlich und räumlich präzise Bewegungen übersetzt werden.⁸

Gleichwohl zeigen die Definitionen gewisse Schnittmengen:

1. Unbekanntheit des Musikstückes
2. Fähigkeit zur Wahrnehmung
3. (angemessener) Vortrag

⁵ Lehmann & Kopiez, 2018, S. 379

⁶ Riemann, Ruf & van Dyck-Hemming, 2012, S. 209

⁷ Delogu et al., 2019, S. 2

⁸ Delogu et al., 2019, S. 2

Lehmann und Kopiez sowie Delogu et al. beschreiben die Unbekanntheit des Musikstücks beim Vom-Blatt-Spiel als „[...] nicht einstudierte Musik“⁹ bzw. „[...] a piece of music that the performer has not seen before“.¹⁰ Damit soll beim Vom-Blatt-Spiel gewährleistet sein, dass der Ausführende das vorgelegte Musikstück nicht kennt bzw. es nicht vorher einstudiert hat.

Lannert und Ullmann untersuchten genau die Auswirkungen der Zeitspanne, die Ausführenden direkt vor Spielbeginn beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier zur Verfügung steht, das Musikstück kurz zu betrachten. Bei ihrem Versuch war der schlechteste Blattspieler ein ausgebildeter Konzertpianist, dem das Auswendigspielen keinerlei Probleme machte. Eine Verbesserung der Leistung konnte bei ihm erreicht werden, als er das Stück vor der Reproduktion kurz betrachten durfte.¹¹ Lannert und Ullmann nannten dieses „Vorauslesen“ ‚scanning‘, was die Erfassung von Tonart, Taktart und ungewöhnlich schwierigen Stellen vor Spielbeginn beinhaltet.¹²

Die Wahrnehmung während des Vom-Blatt-Spiels untersuchte K.L. Bean 1938 in seiner seither viel zitierten Studie. Darin wurde in einer Versuchsreihe mehreren Pianisten jeweils ein Takt mit zwei bis acht Noten für genau 187 Millisekunden präsentiert, welche die Versuchspersonen im Anschluss am Klavier wiedergeben mussten. Dabei wurde das Gespielte dokumentiert und nach Anzahl fehlerhaft gespielter Töne ausgewertet.¹³ Die Spanne der gemerkten und richtig reproduzierten Töne lag bei schlechten Blattspielern etwa bei ein bis zwei Tönen, bei guten Blattspielern etwa bei drei bis sechs Tönen, wobei hier tendenziell Tonmuster wahrgenommen wurden. Bean nannte diese beiden Blattspielertypen „Part-Typ“ (Wahrnehmung einzelner Töne) und „Pattern-Typ“ (Wahrnehmung mehrerer Töne als Tonmuster).¹⁴

Zur Untersuchung von Wahrnehmung und Merkfähigkeit beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier knüpfte auch Sloboda an die Erkenntnis von Bean an, dass gute Blattspieler Notenverläufe in Pattern erfassen. Als Versuchsaufbau nutzte er einen Bildschirm, auf welchem die Versuchspersonen eine einstimmige Melodie lesen und am Klavier spielen mussten. Währenddessen wurde der Bildschirm zu einem für die Versuchspersonen

⁹ Lehmann & Kopiez, 2018, S. 379

¹⁰ Delogu et al., 2019, S. 2

¹¹ Lannert & Ullmann, 1945, S. 91-99

¹² Lannert & Ullmann, 1945, S. 91-99

¹³ in Kopiez, 2002, S. 516–517

¹⁴ in Kopiez, 2002, S. 516–517

unbekannten Zeitpunkt abgeschaltet. Dabei wurde gemessen, wie viele Töne die Versuchspersonen im Schnitt über das Abschalten des Bildschirms hinaus, d.h. ohne Notenvorlage, spielen konnten. Sloboda kam zu dem Ergebnis, dass gute Blattspieler im Schnitt etwa 6,8 Töne und schlechte Blattspieler etwa 3,8 Töne über das Abschalten hinaus spielen konnten.¹⁵ Diese Spanne des Weiterspielens über das „Leseende“ hinaus nannte Sloboda „Eye-hand span“ (resultierend aus „Eye-voice-span“ von Levin und Kaplan (1970), zum Vorauslesen beim Lesen eines Textes).¹⁶ Gute Blattspieler zeigten eine große „Eye-hand span“ und konnten ihrem Spiel weiter vorauslesen als schlechte Blattspieler. Sloboda führte das bei guten Blattspielern auf zwei Komponenten zurück: das Vorauslesen und die Patternbildung bzw. Patternerkennung.¹⁷

Nun stellt sich die Frage, was Lehmann und Kopiez unter einer „in Tempo und Ausdruck angemessenen Ausführung“ verstehen. Diese Eingrenzung bezieht sich offensichtlich auf Parameter, die bei der Beurteilung eines musikalischen Vortrags eine besondere Rolle spielen. Während sich das „Tempo“ einer Musikdarbietung objektiv messen lässt (z.B. mit „Beats per minute“), handelt es sich bei „Ausdruck“ um eine Größe, die sich auf die Art und Weise eines musikalischen Vortrags richtet, von individuellem ästhetischem Urteil abhängt und mithin deutlich stärkere subjektive Prägung aufweist. Auch der von Lehmann und Kopiez verwendete Begriff „angemessen“ bezieht sich offensichtlich auf Kriterien, die die Qualität musikalischer Performanz beschreiben. In der Forschungsliteratur finden sich hierzu Angaben und Erklärungen unterschiedlicher Genauigkeit. Sloboda sieht eine fehlerhafte Ausführung dann, wenn „falsche Noten“ gespielt werden oder „grobe Fehler im Zeitmaß und Rhythmus“ auftreten.¹⁸ Watkins und Farnum beschreiben Qualitäten im Vom-Blatt-Spiel insbesondere nach der Häufigkeit von Fehlern, etwa „Pitch errors“, „Time errors“, „Change of time errors“, „Slur errors“, „Rests“, „Holds and Pauses“ und „Repeats“.¹⁹ Gudmundsdottir verwendet die Rubriken „Pitch errors“, „Chord errors“ und „Timing errors“.²⁰ Lemay spezifiziert nach „Pitch errors“, „Time errors for rhythm“, „Change of time errors“, „Expression errors“,

¹⁵ Sloboda, 1974, S. 4–6

¹⁶ Sloboda, 1974, S. 4–6

¹⁷ Sloboda, 1974, S. 4–6

¹⁸ Sloboda, 1986, S. 81 („[...] playing the wrong note or making gross errors in timing and rhythm.“)

¹⁹ Watkins & Farnum, 1954, S. 7–8. Die Autoren bewerten zudem auch "expression errors".

²⁰ Gudmundsdottir, 2002, S. 61–68

„Articulation“, „Rests“, „Holds and Pauses“, „Pedaling“ und „Hand synchronization“.²¹ Diesen Kriterien kommt im Rahmen dieser Studie besondere Bedeutung zu, weil sich auch Lemays Arbeit mit dem Vom-Blatt-Spiel am Klavier befasst.

Auf Grundlage der vorgestellten Studien und Forschungserkenntnisse wird der Begriff Vom-Blatt-Spiel am Klavier für diese Studie wie folgt definiert:

Beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier handelt es sich um einen, nach musikalischen Parametern bewerteten, (angemessenen) Vortrag eines für den Ausführenden unbekanntes und vor der Ausführung nicht einstudierten oder länger betrachteten Musikstückes am Klavier. Dabei kommt es beim Ausführenden vor allem auf die Fähigkeit zur Wahrnehmung an, welche das Lesen der Noten sowie die darauffolgende zeitlich und räumlich präzise motorische Ausführung der Noten leitet.

2.1.1 Expertise

Ausgehend von der Eingrenzung des Begriffs Vom-Blatt-Spiel scheint nun die Frage interessant, welche Unterschiede Pianisten mit unterschiedlichen Expertisegraden beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier zeigen. Grundsätzlich wird Menschen mit hoher Expertise (Experten) in der Domäne der Allgemeinen Psychologie eine „außergewöhnlich gute Problemlösefähigkeit oder Performanz in einem bestimmten Bereich [...]“²² attestiert. Dies ist vor allem auf eine extensive Erfahrung durch zielgerichtete Übung gegründet.²³ Weitere Fähigkeiten von Experten im Vergleich zu Novizen sind vor allem eine effizientere Enkodierung von Problemen, bessere Erinnerung problemrelevanter Informationen, effizientere Problemlösestrategien durch ein extensives zielgerichtetes Training.²⁴

Der Frage der speziellen Expertise im Vom-Blatt-Spiel geht vor allem die Musikpsychologie nach. Hierzu hat Kopiez ausgehend von verschiedenen Forschungsergebnissen eine Aufstellung von Merkmalen von Musikern mit guter Blattspielfähigkeit erstellt:²⁵

²¹ Lemay, 2008, S. 49–50

²² Müsseler, 2002, S. 690

²³ Müsseler, 2002, S. 661–664

²⁴ Müsseler, 2002, S. 661–664

²⁵ Kopiez, 2002, S. 519

Merkmale guter Blattspielfähigkeit:

1. Lesen von Notengruppen statt von Einzelnoten (Bean 1938)
2. Vorauslesen des Notentextes bis zum Phrasenende (Sloboda 1974, 1985)
3. Informationsreduktion durch Musterbildung (Wolf 1976)
4. Viele kurzzeitige Augenbewegungen statt langer Fixierung des Textes (Smith 1988)
5. Zusätzlich zum Vorausblicken gibt es rückwärtige Kontrollblicke. (Young 1971)
6. Vorausorientierung bei langen Noten oder Pausen (Goolsby 1989)
7. Akkorde von oben nach unten lesen statt Konzentration auf die mittleren Töne (Young 1971)
8. Weniger Blicke zur Tastatur (Lannert & Ullmann 1945)
9. Töne weglassen und vereinfachen an Stelle falscher Noten (Ericsson & Lehmann 1994)
10. Umfangreiches implizites theoretisches Wissen über wahrscheinlichen weiteren Melodieverlauf (Wolf 1976)
11. Große Eye-Hand Span (Weiterspielfähigkeit nach Abschalten des Notentextes) (Sloboda 1974)
12. Erfassen rhythmischer Figuren zusätzlich zu Melodiemustern (Van Nuys & Weaver 1943)
13. Bildung von Präkonzepten vor dem Spielbeginn in Form von Checkliste über Takt, Tonart, schnellste Notenwerte etc. (Wolf 1976)
14. Kurze Blickfixierung von Einzelnoten und häufigeres Zurückschauen zur gerade ausgeführten Stelle (Goolsby 1994a, b)

Abb. 1: Merkmale guter Blattspielfähigkeit²⁶

Expertise bedeutet, dass Experten ausgeprägte Fähigkeiten in bestimmten Bereichen zeigen.²⁷ Damit kann diese Aufstellung (Abb. 1: Merkmale guter Blattspielfähigkeit) von Fähigkeiten guter Blattspieler („gute Blattspielfähigkeit“²⁸) als Indikatorenliste für Expertise beim Vom-Blatt-Spiel angesehen werden.

²⁶ Kopiez, 2002, S. 519

²⁷ Müsseler, 2002, S. 661–664

²⁸ Kopiez, 2002, S. 519

Bei genauer Betrachtung der Merkmale (Abb. 1: Merkmale guter Blattspielfähigkeit) wird deutlich, dass gute Blattspieler ihre Fähigkeiten sowohl während als auch vor Spielbeginn anwenden:

Die Merkmale 1-9, 11-12 und 14 befassen sich insbesondere mit den Fähigkeiten während des Spiels. Hierbei liegt der Schwerpunkt vor allem auf der Wahrnehmung der zu spielenden Noten (vgl. z.B. Merkmale 1-7, 11, 12, 14), aber auch zum Beispiel auf einer Art taktischen Blickführung (vgl. z.B. Merkmale 1, 5, 7, 8, 14). Zusätzlich scheint vor allem vorhandenes spezifisches Wissen (Disposition) notwendig zu sein (vgl. Merkmal 10), welches das Erfassen der zu spielenden Noten erleichtert und bestimmte Taktiken oder Strategien erst möglich macht (vgl. z.B. Merkmale 3, 6, 9, 12).

Dahingegen befasst sich das Merkmal 13 vor allem mit sogenannten „Präkonzepten“²⁹ vor Spielbeginn. Wolf, als Vertreter des Forschungsbereichs der Psycholinguistik, hält dieses Merkmal der Präkonzepte für essenziell beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier. Dabei überprüfen Experten vor dem Spiel anhand einer Checkliste das vorgelegte Stück auf Tonart, Spieltempo und Metrum. Je erfahrener der Blattspieler, desto mehr Parameter umfasst seine Checkliste.³⁰ Dies entspricht dem bereits vorgestellten „scanning“ nach Lannert und Ullmann (1945)³¹, wonach bessere Spilleistungen nach kurzem „scannen“ vor Spielbeginn erzielt werden können. Dieses Merkmal ist für diese Arbeit vor allem bei der Durchführung des Experiments und bei der Bewertung der Leistung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier von Relevanz (vgl. Kapitel 3.2.4).

Zusätzlich scheint noch ein weiteres Merkmal interessant und damit entscheidend für diese Arbeit zu sein, welches in der Auflistung von Kopiez nicht aufgeführt ist, nämlich das Beibehalten des vorgegebenen Spieltempos oder das Abweichen vom vorgegebenen Spieltempo. Einen Hinweis darauf lieferten die Bewertungskriterien für das Vom-Blatt-Spiel bei Watkins und Farnum („Time errors“³²), Gudmundsdottir („Timing errors“³³) und Lemay („Change of time errors“³⁴). Zum Spieltempo beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier fand bereits Sloboda heraus, dass schlechte Blattspieler oft deutlich vom vorgegebenen Tempo abweichen. Dieses Abweichen erfolgt entweder in Form von

²⁹ Wolf, 1976

³⁰ Wolf, 1976, S. 153

³¹ Lannert & Ullmann, 1945, S. 91-99

³² Watkins & Farnum, 1954, S. 7-8

³³ Gudmundsdottir, 2002, S. 61-68

³⁴ Lemay, 2008, S. 49-50

Pausen an Stellen, an denen im Notentext keine geschrieben sind oder durch langsamer werden während des Spiels.³⁵ Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass eine weitere Fähigkeit guter Blattspieler (Experten) das möglichst exakte Spiel im vorgegebenen Tempo ist. Dieses Merkmal wird als messbares Kriterium für die Bewertung der Blattspielfähigkeit für die vorliegende Studie herangezogen (vgl. Kapitel 3.3).

Das Vorauslesen während des Spiels ist Inhalt der Merkmale 2, 5, 6 und 11 der Auflistung von Kopiez. Nach Kopiez handelt es sich dabei um eine wichtige Einflussgröße, welche sich auf die Spielleistung beim Vom-Blatt-Spiel auswirkt.³⁶ Deshalb rückt das Vorauslesen als Einflussgröße auf die Spielleistung ebenfalls in den Fokus dieser Studie und kann durch einen zur Verfügung stehenden Eyetracker messbar gemacht werden.

Da der Erwerb von Expertise mit langfristigem zielgerichtetem Training verbunden ist,³⁷ werden in dieser Studie in einem Fragebogen Daten zu Übe- und Unterrichtszeiten sowie Übeverhalten und Selbsteinschätzungen der Versuchspersonen erhoben. Dies dient zum einen der Einteilung der Versuchspersonen in Gruppen nach ihrer Erfahrung, zum anderen aber auch zur Berechnung einer Erfahrungsvariable für ein Gesamtmodell.

2.1.2 Wahrnehmung und Verarbeitung

Wie bereits durch K.L. Bean³⁸ belegt, entsteht beim Notenlesen in der Musik bzw. beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier eine gewisse Verzögerung zwischen dem Lesen der Noten in den Notensystemen und dem Spielen der Noten auf dem jeweiligen Instrument, welche als ‚eye-hand span‘ (EHS) bezeichnet wird.³⁹ Die EHS kann auf zwei verschiedene Arten gemessen werden: als Zeitspanne zwischen dem Erfassen und Spielen der Noten oder als Notenzahl zwischen der Augenposition und dem Spielen.⁴⁰ Dabei können sich sowohl positive als auch negative (wenn das Stück für den Blattspieler zu einfach ist) Werte ergeben. Zu erwarten ist, dass die Augen den Händen während des Spielens vorausseilen.⁴¹

³⁵ Sloboda, 1974, S. 6

³⁶ Kopiez, 2002, S. 522

³⁷ Müsseler, 2002, S. 661–664

³⁸ in Kopiez, 2002

³⁹ Furneaux & Land, 1999, S. 2435; Sloboda, 1974, S. 4–6

⁴⁰ Furneaux & Land, 1999, S. 2435

⁴¹ Furneaux & Land, 1999, S. 2435; Sloboda, 1974, S. 4–6

Vor der motorischen Ausführung der wahrgenommenen Noten muss der Ausführende diese erkennen und entziffern. Anschließend wird diese Information in einem internen Pufferspeicher zwischengespeichert, bevor die motorische Ausführung erfolgen kann.⁴² Dies bedeutet, dass etliche Erkennungs-, Übersetzungs- und Verarbeitungsprozesse ablaufen müssen, bevor überhaupt eine motorische Antwort generiert werden kann. Dies bestätigen Furneaux und Land aus dem Forschungsbereich der Neurowissenschaften.⁴³ Nach ihnen bedarf es für ein flüssiges Spiel am Instrument einer gewissen Zeitspanne zwischen dem ersten Erkennen der Note(n) und der motorischen Ausführung. Eine zu kurze oder zu lange Zeitspanne führt entweder in Form von „Zeitnot“ oder „Kapazitätsüberschreitung des Zwischenspeichers“ zu Fehlern, Verlust oder Verfälschung von Informationen.⁴⁴

Nach Lehmann und Kopiez ist solches Vorauslesen unter Berücksichtigung des Spieltempos sinnvoll im Bereich von etwa zwei bis vier Taktschlägen (ca. 0,7 – 1,3 Sekunden), eine größere Spanne erhöht die Spielleistung beim Vom-Blatt-Spiel nicht.⁴⁵ Wie bereits erwähnt fand Sloboda heraus, dass gute Blattspieler im Schnitt unabhängig vom Spieltempo etwa 6,8 Töne vorauslesen können.⁴⁶

Wie Furneaux und Land spricht auch Wolf beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier von einem komplexen Prozess, der sich einerseits aus der Wahrnehmung, andererseits aus der motorischen Umsetzung zusammensetzt.⁴⁷ Zusätzlich kann nach Wolf dieser komplexe Prozess durch optische Gestaltung der Noten oder des Notenlayouts erschwert sein. Mögliche Schwierigkeiten können unter anderem ungewohnt viele Hilfslinien, ein Violinschlüssel in der Stimme der linken Hand des Pianisten, weite Akkorde, unterschiedliche Vorzeichen, Gegenbewegungen statt Parallelbewegungen, viele kleine statt großer Notenwerte sein.⁴⁸ Mögliche Schwierigkeiten beim Vom-Blatt-Spiel nach Lehmann sind in der vorliegenden Studie für die Auswahl geeigneter Blattspielstücke mit unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden relevant (siehe Kapitel 3.3.2.1).

⁴² Furneaux & Land, 1999, S. 2435

⁴³ Furneaux & Land, 1999, S. 2435

⁴⁴ Furneaux & Land, 1999, S. 2435

⁴⁵ Lehmann & Kopiez, 2018, S. 382

⁴⁶ Sloboda, 1974, S. 4–6

⁴⁷ Wolf, 1976, S. 143

⁴⁸ Lehmann, 1993, S. 487

Notenlesen und Textlesen scheinen grundsätzlich sehr ähnlich zu sein, wobei es beim Textlesen keine vertikalen Blickbewegungen gibt, wie es beispielsweise bei mehreren Notensystemen oder weiten Akkorden der Fall ist.⁴⁹ Das Lesen eines Textes wie auch Notentextes⁵⁰ erfolgt sprunghaft in Sakkaden⁵¹, welche zu etwa 80-90% in Leserichtung (progressive Sakkaden) und etwa 10-20% entgegen der Leserichtung (regressive Sakkaden) verlaufen, wobei der Anteil an progressiven und regressiven Sakkaden und die Dauer einer Fixation⁵² beim Noten- wie auch Textlesen abhängig von der Textschwierigkeit ist.⁵³

Ergänzend hierzu Lehmann und Kopiez:

„Wie beim Lesen von Text findet man beim Vomblattspiel sowohl vorwärts als auch rückwärts gerichtete ruckartige Augenbewegungen (Sakkaden). Dies bedeutet, dass beim Vomblattspiel die Orientierung über das bereits Gespielte ebenso wichtig ist wie Annahmen über das noch zu Spielende. Dieser gleichermaßen in die Vergangenheit wie in die Zukunft gerichtete Prozess ermöglicht zum Beispiel das frühzeitige Erkennen von bekannten Mustern wie Skalen oder Akkorden und garantiert damit den ununterbrochenen Informationsfluss der Verarbeitung. Visuelle Reize, welche ebenfalls die Blicke auf sich lenken, sind die Angaben zur Dynamik, die Vorzeichen und die Taktbezeichnungen. Schlechte Blattspieler schauen diese mehrfach und einzeln an, vermutlich weil sie sich die Tonart nicht merken können. Der räumliche Abstand der horizontalen Sakkaden erlaubt Aufschlüsse über die Wahrnehmungsspanne („perceptual span“), also darüber, wie viel Information ein Spieler mit einem Blick erfassen kann. Je weiter die Fixationspunkte auf dem

⁴⁹ Kopiez, 2005, S. 461

⁵⁰ Kopiez, 2005, S. 461

⁵¹ „Die Sakkade ist eine schnelle ballistische Bewegung beider Augen, die der Erfassung eines neuen Fixationspunktes dient. Eine einmal eingeleitete Sakkade kann nicht willkürlich unterbrochen oder in ihrer Richtung geändert werden. [...] Während des Sakkadensprungs werden keine Informationen aufgenommen, das Auge ist somit zeitweise „blind“. Sakkaden sind folglich Blicksprünge [...]“ (<https://eyetracking.ch/glossar-sakkade/> zuletzt abgerufen am: 30.01.2023, 14.17 Uhr)

⁵² „Wenn man die Umgebung betrachtet, führt das Auge ständig sehr schnelle Bewegungen aus, eben genannte Sakkaden. Zwischen diesen schnellen Bewegungen stoppt das Auge, diese ungefähr 200-300 ms langen Phasen nennt man Fixationen.“

(<https://www.medien.ifi.lmu.de/lehre/ws0607/mmi1/essays/Hendrik-Richter.xhtml> zuletzt abgerufen am: 29.11.2024, 08.33 Uhr)

⁵³ Kopiez, 2005, S. 461

Notenblatt auseinanderliegen, desto mehr scheint der Spieler mit einem Blick erfassen zu können. Wichtiger noch ist für die Ausführung die Auge-Hand-Spanne („eye-hand span“), also die Menge an Information, die ein Spieler noch in musikalische Aktionen transformieren kann, wenn man ihm im Experiment während des Spiels die Noten entzieht. Die Größe dieser Spanne weist auf die Effektivität hin, mit welcher der Spieler während der Informationsaufnahme Superzeichen (Chunks) bildet.“⁵⁴

Lehmann und Kopiez unterstreichen damit nochmals die Notwendigkeit des Vorauslesens (vgl. u.a. Bean 1938; Sloboda 1974) für ein flüssiges Spiel beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier: Durch eine große Eye-Hand-Span verschaffen sich Experten Zeit, um musikalische Strukturen in größeren Sinneinheiten, unterstützt durch ihr musiktheoretisches Wissen und ihre Erfahrung, erkennen und enkodieren zu können, wodurch sie einen „ununterbrochenen Informationsfluss“ erreichen.⁵⁵

Die bereits erwähnten Sakkaden haben die Aufgabe, den Punkt der höchsten Auflösung der Retina (Fovea centralis), welcher nur einen Bereich von maximal 2 Grad umfasst, auf das zu lesende Objekt zu steuern.⁵⁶ Das menschliche Auge wechselt circa vier bis fünf Mal pro Sekunde sprunghaft von einem Blickpunkt zum nächsten.⁵⁷ „Mit jeder Fixation des Auges nimmt ein geübter Musiker durchschnittlich etwa sieben Töne wahr – doppelt so viele wie ein Laie.“⁵⁸

Zwischen diesen Sakkaden erfolgt eine sehr kurze Fixation eines Ausschnitts des Blickfeldes. Nur für die Dauer dieser Fixation kann das Auge diesen Ausschnitt scharf abbilden. Der dabei fokussierte Sehwinkel liegt bei etwa 0,5 bis 2,0 Grad (etwa die Größe einer Euromünze bei 40 cm Leseentfernung).⁵⁹

Diese sehr kurzen Fixationen und die Länge der Sakkaden sind in dieser Studie vor allem für die spätere Auswahl der Areas of Interest bei der Analyse der Eyetrackingdaten und der Auswertung der Fixationsdauer der einzelnen Areas of Interest von Belang (siehe Kapitel 3.4.2).

⁵⁴ Lehmann & Kopiez, 2018, S. 380

⁵⁵ Lehmann & Kopiez, 2018, S. 380

⁵⁶ Kopiez, 2005, S. 461–462

⁵⁷ Lehmann & Kopiez, 2018, S. 381

⁵⁸ Lehmann, 1993, S. 487

⁵⁹ Lehmann & Kopiez, 2018, S. 381

Bezüglich der Dauer einer Fixation kann das Notenlesen mit lautem Textlesen verglichen werden, bei dem die Fixationsdauer etwa einen Wert von 340 Millisekunden umfasst.⁶⁰ Beim Notenlesen wie auch beim Textlesen gibt es sogenannte „Funktionswörter“. Das sind nach Kopiez redundante und sehr häufig auftretende Wörter, Akkorde und Zeichenfolgen.⁶¹ Diese müssen nicht jedes Mal neu erfasst werden; geschätzt werden nur 40% dieser „Funktionswörter“ fixiert.⁶²

Die Bewegungsfolge des Auges, auch als psycho-optischer Reflex bezeichnet,⁶³ lässt sich nicht bewusst steuern, sondern wird unbewusst durch Erwartungen und Stimuluseigenschaften gesteuert.⁶⁴

„Objekte wie menschliche Gesichter, unerwartete Bewegungen und Veränderungen im Blickfeld ziehen Sakkaden auf sich. Einem Beckenschlag im Orchester kann der Blick zum Schlagzeuger folgen, vor allem wenn chromblitzende Instrumente verwendet werden. Ein bekanntes Gesicht im Auditorium zieht den Blick auf sich, und das erotische Outfit einer Popdiva erzwingt ebenfalls Aufmerksamkeit. Weil das Auge als permanent aktiver Informationssucher fungiert, der sich nicht willentlich beeinflussen lässt, sind Augenbewegungen wichtige Indikatoren für nicht direkt beobachtbare kognitive Aktivitäten. Sakkaden sind somit „Vehikel des Interesses“.“⁶⁵

Aufgrund der Tatsache, dass die Sakkaden nicht bewusst vom Organismus steuerbar oder beeinflussbar sind, stellen diese einen aussagekräftigen Indikator für kognitive Aktivitäten dar.⁶⁶ Sie dienen in dieser Arbeit als wichtiger Faktor, um Rückschlüsse auf die kognitiven Aktivitäten beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier ziehen zu können und um die dafür notwendigen Areas of Interest in den erhobenen Eyetracking-Daten theoriegeleitet definieren zu können.

Um die auf die Wahrnehmung von gedruckten Noten folgende Verarbeitung in motorische Fingerbewegungen auf dem Musikinstrument, insbesondere dem Klavier, darstellen zu können, hat Wolf ein Modell entwickelt (Abb. 2: Cognitive Model of

⁶⁰ Kopiez, 2005, S. 461

⁶¹ Kopiez, 2005, S. 461

⁶² Kopiez, 2005, S. 461

⁶³ Lehmann & Kopiez, 2018, S. 381

⁶⁴ Lehmann & Kopiez, 2018, S. 381

⁶⁵ Lehmann & Kopiez, 2018, S. 381

⁶⁶ Lehmann & Kopiez, 2018, S. 381

musical sight-reading), welches die ineinandergreifenden informationsverarbeitenden Systeme bei der Umsetzung von gedruckten Musiknoten in Fingerbewegungen auf einem Instrument darstellt.⁶⁷

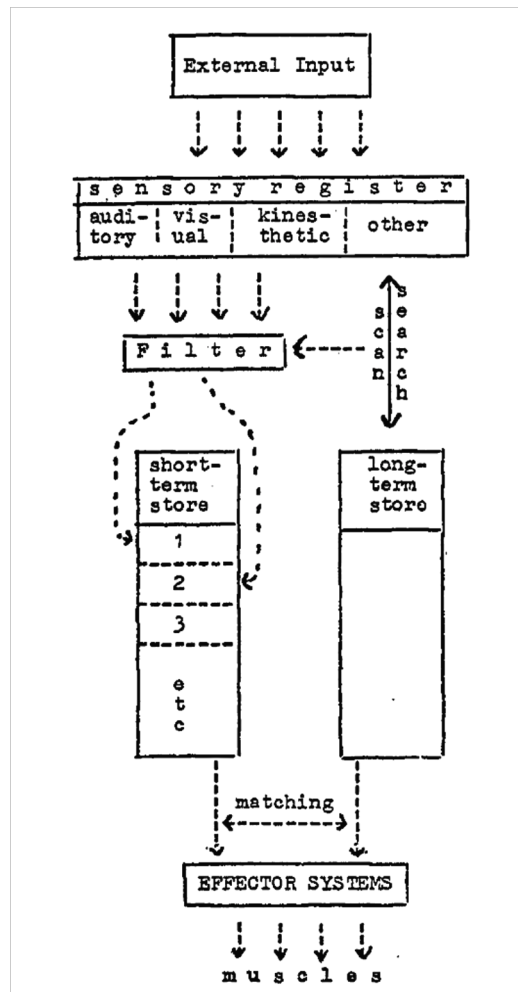


Abb. 2: Cognitive Model of musical sight-reading⁶⁸

Wolf beschreibt den Ablauf der Informationsverarbeitung anhand seines Modells in sieben Stufen:⁶⁹

1. Der Input wird als Gesamtes im Sinnesregister erfasst.
2. Auditive, visuelle und kinästhetische Elemente werden entsprechend registriert.
3. Die Informationen aus dem Sinnesregister werden mit Informationen aus dem Langzeitgedächtnis abgeglichen.
4. Übereinstimmende Informationen werden an einen „Filter“ geleitet, welcher sie für das Kurzzeitgedächtnis aufbereitet.

⁶⁷ Wolf, 1976, S. 158

⁶⁸ Wolf, 1976, S. 159

⁶⁹ Wolf, 1976, S. 158–160

5. Die aufbereiteten Informationen werden in die sieben möglichen Slots des Kurzzeitgedächtnisses verteilt.
6. Kurz- und Langzeitgedächtnis versorgen die ausführenden Systeme kontinuierlich mit Informationen.
7. Bei Übereinstimmung von Informationen zwischen dem Kurz- und Langzeitgedächtnis erfolgt ein Aktionsbefehl an die Muskulatur, welche den Befehl entweder nichtautomatisiert (bewusst gesteuert) oder automatisiert ausführen kann.

Das Modell von Wolf⁷⁰ zeigt, dass die Übersetzung der Note in einen motorischen Griff am Instrument ein komplexes System aus (kognitiven) Prozessen ist, welches unter anderem den Abgleich der wahrgenommenen Informationen mit implizitem theoretischem Wissen und die Verteilung der Informationen in die vorhandenen Slots des Kurzzeitgedächtnisses sowie abschließend einen Aktionsbefehl an die Muskulatur umfasst. Die maximale Anzahl der möglichen Chunks (7 +/- 2), welche das menschliche Kurzzeitgedächtnis gleichzeitig verarbeiten kann,⁷¹ entnimmt Wolf der Forschung von Miller (1956) aus der Psychologie⁷². Da es sich bei dem Modell von Wolf um ein allgemeines Modell zum Vom-Blatt-Spiel an einem Instrument handelt, kann es auch auf das Vom-Blatt-Spiel am Klavier angewendet werden.

Experten, welche die zu spielenden Noten auf Muster reduzieren können, wird das Vom-Blatt-Spiel im Vergleich zu Novizen leichter fallen, da Novizen nur maximal sehr kleine Informationseinheiten und Muster zusammenfassen bzw. erkennen können und es somit bei ihnen eher zu Fehlern bzw. einer Überlastung des Kurzzeitgedächtnisses kommt.⁷³ Durch ein sehr frühzeitiges Erkennen von bekannten Mustern beim Vorauslesen sind Experten damit auch in der Lage, das Notenmaterial besser einzuschätzen und schwierige Stellen zu überspielen. Zu Schwierigkeiten für Experten beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier kommt es häufig bei zeitgenössischer, atonaler Musik, denn hierbei fehlen oftmals bekannte harmonische, melodische und rhythmische Muster.⁷⁴ Aufgrund der begrenzten Informationskapazität des menschlichen Kurzzeitgedächtnisses von 7 (+/-2) Informationsblöcken/Chunks stellt das Vom-Blatt-Spiel am Klavier eine hohe

⁷⁰ Wolf, 1976, S. 159

⁷¹ Wolf, 1976, S. 155–156

⁷² in Wolf, 1976; in Zhou, 2016

⁷³ Wolf, 1976, S. 156–158

⁷⁴ Wolf, 1976, S. 156–158

Anforderung für den Spieler bei der Umsetzung von wahrgenommenen Noten in motorische Ausführung dieser Noten dar.⁷⁵

Den Unterschied bei der Verteilung der einzelnen wahrzunehmenden Informationen im Kurzzeitgedächtnis bei Novizen und Experten im Vom-Blatt-Spiel am Klavier verdeutlicht Wolf (Abb. 3: Reduction process from the sensory register to the short-term memory) anhand einer Sonate für Flöte und Klavier von G. F. Händel (Takt 5). Da Novizen beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier Note für Note lesen, reicht das Kurzzeitgedächtnis bei ihnen nicht aus, um alle nötigen Informationen auf die zur Verfügung stehenden 7 (+/-2) Informationsblöcke zu verteilen. Somit wird es bei der anschließenden motorischen Ausführung zu Schwierigkeiten kommen.⁷⁶ Experten beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier sind durch Erkennen von „Mustern“ und Zusammenfügen von einzelnen Informationen zu „Chunks“ in der Lage, mit nur zwei der 7 (+/-2) zur Verfügung stehenden Informationsblöcke im Kurzzeitgedächtnis diesen Takt flüssig vom Blatt zu spielen.⁷⁷ Die noch übrigen Informationsblöcke im Kurzzeitgedächtnis können für den folgenden Takt durch weites Vorauslesen bereits mit „Mustern“ gefüllt werden, sodass ein flüssiges Spiel des ganzen Stückes gewährleistet ist.⁷⁸

⁷⁵ Wolf, 1976, S. 156–165

⁷⁶ Wolf, 1976, S. 160–163

⁷⁷ Wolf, 1976, S. 160–163

⁷⁸ Wolf, 1976, S. 160–163

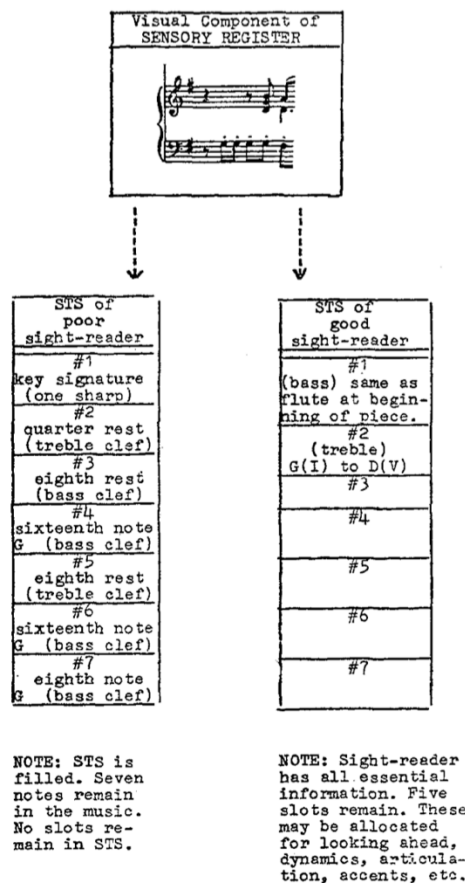


Fig. 3. Scheme of the reduction process from the sensory register to the short-term memory stores for the skilled and unskilled sight-reader.

Abb. 3: Reduction process from the sensory register to the short-term memory⁷⁹

Ergänzend zu den Erkenntnissen von Wolf⁸⁰ fanden Furneaux und Land⁸¹ heraus, dass Pianisten die beiden Notensysteme getrennt voneinander in serieller Form in einer Art „Zick-Zack-Muster“ lesen. Zur Rekombination der einzelnen wahrgenommenen Informationen aus den beiden Notensystemen zu einem einzelnen zu spielenden Notensystem muss eine Art „Puffer“ vorhanden sein. Die Kapazität dieses „Puffers“ nimmt mit zunehmender Fertigkeit durch Vorauslesen und Zusammenfassen von einzelnen Noten zu „Mustern“ zu, wodurch Experten im Vergleich zu Novizen in der Lage sind, zu jedem Zeitpunkt des Spiels mehr Informationen speichern zu können.⁸² Im Vergleich zu Novizen können Experten dadurch beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier mehr

⁷⁹ Wolf, 1976, S. 161

⁸⁰ Wolf, 1976

⁸¹ Furneaux & Land, 1999, S. 2438-2440

⁸² Furneaux & Land, 1999, S. 2438-2440

Noten pro Sekunde spielen, machen weniger Fehler, haben wenig bis keine Abweichung vom vorgegebenen Tempo und bewältigen das Spiel ohne Zögern.⁸³

Auf Grundlage der Forschung unter anderem von Sloboda⁸⁴ sowie von Lehmann und Ericsson⁸⁵, wonach gute Blattspieler fehlenden Notentext rekonstruieren, Fehler im Notentext während des Spiels „richtig“ stellen oder sinnvolle Fortführungen im Notentext erraten, haben Lehmann und Kopiez folgendes dreistufige Modell des Vom-Blatt-Spielens entwickelt:⁸⁶

„1. Der Lesende sucht aufgrund von Vorwissen und Erwartungen, die sowohl auf dem Gehörten als auch auf Gedächtnisinhalten aufbauen, in den Noten nach Information. Hierbei können grundlegende gestaltpsychologische und Mustererkennungsprozesse [...] aktiviert werden.

2. Aus den lückenhaften visuellen Informationen werden sinnvolle Muster konstruiert, wobei der Spieler existierendes Wissen zu Hilfe nimmt. Je ungeübter der Spieler oder je visuell bzw. musikalisch anspruchsvoller der Notentext ist, desto schwieriger wird der Lesevorgang. Entzifferungsprobleme wirken sich direkt auf die Größe der kodierten Einheiten (Chunks) aus. Dabei wird Bekanntes schon aufgrund spärlicher Anregung erkannt (bzw. erahnt) und mühsam Erfasstes für erneute spätere Begegnungen abgespeichert (hier wirkt das Langzeitarbeitsgedächtnis). Möglicherweise agieren einige visuelle Reize (z. B. Skalen im Notenbild) beim Vom-Blatt-Spiel wie auch beim Auswendigspiel als auslösende Reize für bereits existierende Bewegungsmuster.

3. Längere Noten oder leichtere Passagen erlauben dem erfahrenen Spieler Rückschau, Vorausschau oder gezieltes Zuhören, um neue Hinweise für den Aufbau von Erwartungen zu erhalten.“⁸⁷

„Beim Vomblattspiel greifen also erwartungsgesteuerte (Top-down-)Mechanismen und stimulusgesteuerte (Bottom-up-)Mechanismen ineinander.“⁸⁸

⁸³ Furneaux & Land, 1999, S. 2438–2440

⁸⁴ Sloboda, 1976

⁸⁵ Lehmann & Ericsson, 1997

⁸⁶ Lehmann & Kopiez, 2018, S. 383

⁸⁷ Lehmann & Kopiez, 2018, S. 383

⁸⁸ Lehmann & Kopiez, 2018, S. 383

Zusammenfassend zeigt sich, dass bei der Umsetzung von wahrgenommenen Noten in motorisches Tastendrücken am Klavier komplexe kognitive Prozesse (vgl. Wolf⁸⁹; Lehmann und Kopiez⁹⁰) vonstatten gehen, was eine hohe kognitive Belastung (ein Begriff aus der Kognitionspsychologie vgl. Kapitel 2.2) beim Ausführenden während des Spiels erahnen lässt. Bei der Unterscheidung von Novizen und Experten in der Wahrnehmung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier ist vor allem das Vorauslesen ein wichtiges Merkmal. In Bezug auf die Leistung beim Vom-Blatt-Spiel machen Experten im Vergleich zu Novizen weniger Fehler, haben wenig bis keine Abweichung vom vorgegebenen Spieltempo, können mehr Noten pro Sekunde spielen und zeigen keine Verzögerungen während des Spiels.⁹¹ Diese genannten Unterschiede zwischen Novizen und Experten sind im Verlauf dieser Arbeit vor allem für die Erstellung eines Systems zur Bewertung der Blattspielleistung der Versuchspersonen (siehe Kapitel 3.3) relevant.

2.1.3 Automatisierung

Wie nach Wolf bereits erwähnt, kann der motorische Befehl beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier entweder nichtautomatisiert oder automatisiert verarbeitet werden.⁹²

Als Automatisierung beim Musizieren bezeichnen Lehman und Oerter die bewusste Auslösung von Bewegungen, welche anschließend selbständig weiterlaufen.⁹³ Um beim Musizieren Bewegungen, welche meist sehr schnell ausgeführt werden müssen, automatisiert/unbewusst ablaufen zu lassen, müssen diese zuerst bewusst gelernt und durch Wiederholung gefestigt werden.⁹⁴ Bei Schwierigkeiten können diese Bewegungen wieder bewusst ausgeführt werden, dann jedoch langsamer und mühsamer.⁹⁵ Somit kann Automatisierung durch Üben am Instrument erlangt werden und ermöglicht dadurch ein schnelles Spielen bzw. Umsetzen von Bewegungen am Instrument.

Je komplexer oder schwieriger eine Aufgabe ist, umso mehr müssen zur erfolgreichen Bewältigung einzelne Handlungen automatisiert ablaufen können.⁹⁶ Grundsätzlich lassen sich zwei verschiedene Arten der Automatisierung unterscheiden: die momentane

⁸⁹ Wolf, 1976, S. 160–163

⁹⁰ Lehmann & Kopiez, 2018, S. 383 ff.

⁹¹ Furneaux & Land, 1999, S. 2438–2440

⁹² Wolf, 1976

⁹³ Lehmann & Oerter, 2008, S. 113–117

⁹⁴ Lehmann & Oerter, 2008, S. 113–117

⁹⁵ Lehmann & Oerter, 2008, S. 113–117

⁹⁶ Becker-Carus & Wendt, 2017, S. 279; Kiesel & Koch, 2018, S. 110–114

(kognitive Flexibilität) und die längerfristige (kognitive Plastizität).⁹⁷ Die momentane Automatisierung entsteht vor allem bei sofortigen Wiederholungen einer Aufgabe.⁹⁸ Eine langfristige Automatisierung erfolgt durch Lernen und automatisches Abrufen von Schemata (siehe Kapitel 2.2.2), welche Regeln zu Handlungen auf bestimmte Reize enthalten, wie beispielsweise die Reaktion beim Autofahren auf das Aufleuchten einer roten Ampel.⁹⁹

Somit können durch Übung Verarbeitungsvorgänge ohne bewusste Aufmerksamkeit zu einer erfolgreichen Handlung auf einen dargebotenen Reiz führen.¹⁰⁰

Für die Beschreibung des Lernprozesses bis zur Automatisierung beim Fertigkeitserwerb ziehen Künzell et al.¹⁰¹ das dreiphasige Modell zum motorischen Lernen nach Fitts und Posner (1967)¹⁰² hinzu:

„In the cognitive phase, the learner has to identify the goals of the actions and develop strategies to reach these goals.

In the associative phase, cognitive processes are not only focused on the control of the actuators, but movements are associated with situational constraints.

In the automatic phase, the actor can achieve the action's goals without conscious attentional processes being involved.“¹⁰³

Sommer¹⁰⁴ konkretisiert den Begriff der Automatisierung in Bezug auf Wahrnehmung von Noten. Er bezeichnet die Note beim Notenlesen als Hinweisreiz (Stimulus), auf den eine Handlung (Response) in Form von Tastendrücken am Klavier erfolgt.¹⁰⁵ Sloboda bestätigt dies: „[...] I prefer to base the case for accepting music reading as a true species of music perception on the evidence from tasks where each note in the visual stimulus must be given its own response in a performance or transcription mode.“¹⁰⁶ Somit ist das

⁹⁷ Kiesel & Koch, 2018, S. 112

⁹⁸ Kiesel & Koch, 2018, S. 112

⁹⁹ Becker-Carus & Wendt, 2017, S. 279

¹⁰⁰ Müller & Krummenacher, 2002, S. 158

¹⁰¹ Künzell et al., 2018, S. 6

¹⁰² in Künzell et al., 2018, S. 6

¹⁰³ Künzell et al., 2018, S. 6

¹⁰⁴ Sommer, 2002

¹⁰⁵ Sommer, 2002, S. 23–31

¹⁰⁶ Sloboda, 2005, S. 29

Notenlesen und Notenumsetzen eine Stimulus-Response Aufgabe.¹⁰⁷ Durch Training bzw. Üben erfolgt eine Automatisierung dieser Stimulus-Response Aufgabe in Form von Konditionierung. Um einen Stimulus schnell in eine Handlung (Response) umsetzen zu können, muss die Handlung bereits geübt und automatisiert/konditioniert sein.¹⁰⁸ Diese Konditionierung beschreibt eine Verbindung zwischen Reiz (Note) und Reflex (Handlung: Tastendrücken), wobei ein Reflex als konditionierte Reaktion auf einen Reiz unwillkürlich und automatisch erfolgt.¹⁰⁹ Dies bedeutet beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier, dass es zu einer Verlangsamung des Lesens und somit Spielens kommt, wenn Noten nicht reflexartig mit einer entsprechenden Handlung beantwortet werden.¹¹⁰ Automatisierung ist nur mit hohem Übeaufwand erreichbar. Deshalb wird für diese Studie mit dem Fragebogen (Kapitel 3.3.1) auch das individuelle Übeverhalten der Versuchspersonen erfasst.

2.1.4 Bewertung der Spielleistung

In diesem Abschnitt werden schon bestehende Systeme zur Bewertung der Spielleistung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier erläutert. Im methodischen Teil (Kapitel 3.3.3) wird auf Grundlage dieser Systeme ein neu entwickeltes Bewertungssystem für die vorliegende Studie vorgestellt.

Ausgehend von den Bewertungssystemen für Vom-Blatt-Spiel von Watkins und Farnum¹¹¹, Salis¹¹², Eaton¹¹³, Gilman¹¹⁴ und Gudmundsdottir¹¹⁵, welche für unterschiedliche Instrumente entworfen wurden, entwickelte Lemay auf Grundlage der Watkins-Farnum Performance Scale (WFPS) ein spezifisches Bewertungssystem, die Piano Sight-reading Scale (PSS) für Vom-Blatt-Spiel am Klavier.¹¹⁶

¹⁰⁷ Sommer, 2002, S. 23–31

¹⁰⁸ Sommer, 2002, S. 23–31

¹⁰⁹ Sommer, 2002, S. 31–33

¹¹⁰ Sommer, 2002, S. 31–33

¹¹¹ Watkins & Farnum, 1954

¹¹² Salis, 1977

¹¹³ Eaton, 1978

¹¹⁴ Gilman, 2000

¹¹⁵ Gudmundsdottir, 2002

¹¹⁶ Lemay, 2008

Die WFPS besteht aus acht Bewertungskategorien: Pitch Errors, Time Errors for rhythm, Change of Time Errors, Expression Errors, Slur Errors, Rests, Holds and Pauses und Repeats.¹¹⁷

Nach Analyse der unterschiedlichen Bewertungssysteme kam Lemay zu dem Schluss, dass die WFPS für ihre Studie am geeignetsten ist, durch „[...] its high level of reliability and its well-detailed procedure, as well as its clear, well-organized, and thoroughly developed measurement criteria, in addition, it is more commonly used in music education research settings“¹¹⁸. Da das WFPS allerdings für die Bewertung von Marchingband-Instrumenten (Cornet, Clarinet, Saxophone, Oboe, Flute, French Horn, Trombone, Tuba, Snare Drum), unter anderem bestehend aus nur einem Notensystem, entwickelt wurde¹¹⁹, musste Lemay für die PSS noch einige Adaptionen für die Verwendung als Bewertungssystem für das Vom-Blatt-Spiel am Klavier vornehmen.¹²⁰ Diese Adaptionen beziehen sich auf Zungenstoß, Bindebögen, Pedalieren, Koordination der Hände, unscharfe Anschläge/Unregelmäßigkeiten in der Tonhöhe sowie Wiederholungen:¹²¹

Daher ergeben sich bei Lemay¹²² für die PSS die folgenden neun Bewertungskategorien (mit Fehlerdefinition) für das Vom-Blatt-Spiel am Klavier:

- “1. Pitch Errors: a) A tone added or a tone omitted constitutes an error. b) A tone played on the wrong pitch. [...]
2. Time Errors for rhythm: any note not given its correct value is marked wrong. [...]
3. Change of Time Errors: If there is a marked increase in tempo or decrease in tempo, all measures played in the incorrect tempo are wrong. [...]
4. Expression Errors: Failure to observe any expression mark constitutes an error. [...]
5. Articulation: A slur omitted, a staccato omitted, a slur carried onto notes which should be staccato, or a broken slur are all counted as errors. [...]
6. Rests: Ignoring a rest or failure to give a rest its correct value is an error. [...]

¹¹⁷Watkins & Farnum, 1954, S. 7

¹¹⁸ Lemay, 2008, S. 33

¹¹⁹ Watkins & Farnum, 1954

¹²⁰ Lemay, 2008, S. 33

¹²¹ Lemay, 2008, S. 44-48

¹²² vgl. Lemay, 2008, S. 49-50

7. Holds and Pauses: a) Holds written thus (fermata) should be treated in the same way as other expression marks [...]; b) Pauses between measures, no matter how long, are not to be counted as errors; however, do not inform the student of this fact. c) Pauses between notes within the measure are to be counted as errors.
8. Pedaling: A student is to be marked wrong if he fails to use the pedal in a piece where he is instructed to pedal. [...]
9. Hand Synchronization: A student is to be marked wrong if he does not play the notes in the RH with the appropriate notes in the LH.”¹²³

Durchführung und Bewertung PSS – Lemay¹²⁴

Die Vorerfahrungen der Versuchspersonen wurden durch einen kurzen Fragebogen erfasst, anschließend wurden sie angewiesen am E-Piano Platz zu nehmen und die Klavierbank in ihrer präferierten Höhe und Entfernung zum Klavier einzustellen.¹²⁵

Das für ihre Studie genutzte Notenmaterial mit unterschiedlichen Schwierigkeitsstufen ließ Lemay von der Komponistin Mary Gardiner komponieren, sodass gewährleistet war, dass die Versuchspersonen die Stücke nicht kennen konnten.¹²⁶

Die Versuchspersonen konnten jedes Musikstück für 30 Sekunden vor Spielbeginn analysieren. Nach dem Absolvieren des ersten Stücks wurde das zweite Stück zur Analyse und anschließenden Ausführung präsentiert. Dies wurde so oft wiederholt, bis die Musikstücke für die Versuchsperson zu schwer wurden und alle Takte Fehler beinhalteten.¹²⁷

Das Spieltempo für jedes Musikstück konnten die Versuchspersonen selbst wählen.¹²⁸

Zur Bewertung der Leistung wurde ein Expertenranking angewandt. Die Experten, zwei Doktoranden („[...] with Master of Arts, specializing in Piano Pedagogy [...]“)¹²⁹ bewerteten nach dem Bewertungsschema die Leistung der Versuchspersonen.¹²⁹ Als Maximalpunktzahl jeder Aufgabe wurde bei Lemay die Anzahl der Takte pro Aufgabe festgelegt.¹³⁰

¹²³ Lemay, 2008, S. 49–50

¹²⁴ Lemay, 2008

¹²⁵ Lemay, 2008, S. 52–53

¹²⁶ Lemay, 2008, S. 35

¹²⁷ Lemay, 2008, S. 53

¹²⁸ Lemay, 2008, S. 57

¹²⁹ Lemay, 2008, S. 58–59

¹³⁰ Lemay, 2008, S. 42

2.1.5 Zusammenfassung

Es zeigt sich, dass das Vom-Blatt-Spiel am Klavier ein sehr komplexes System aus kognitiven und motorischen Prozessen ist.

Durch hohen Übe-, Lern- und Wiederholungsaufwand lassen sich entsprechend notwendige motorische Bewegungsabläufe in „automatische Prozeduren“ transferieren und als Stimulus-Response-Prozess, in Form einer automatischen Auslösung eines Antwortreizes (Response) auf einen Stimulus (Note), unbewusst ausführen.¹³¹

Zur Bewertung der Spielleistung im Vom-Blatt-Spiel am Klavier wurden in bisherigen Studien meist nur Bewertungssysteme mit überwiegend subjektiv bewertbaren Kategorien in Expertenrankings entwickelt.¹³² Für diese Studie wird deshalb ein neues Bewertungssystem mit messbaren Parametern (vgl. Kapitel 3.3) entwickelt.

¹³¹ Bruhn, 1993, S. 543–544; Lehmann & Oerter, 2008, S. 113–117; Sommer, 2002, S. 23–31

¹³² Lemay, 2008

2.2 Kognitive Belastung

Die Theorie der kognitiven Belastung (Cognitive Load Theory) wurde von John Sweller ab etwa 1980 aufgestellt und erforscht. Die Theorie von Sweller beschreibt die Belastung auf das kognitive System, welche im Lernprozess und bei Ausführung komplexer Problemlösestrategien auf das Individuum wirkt.¹³³ In den Folgejahren wurde die Cognitive Load Theory mit wachsendem Interesse Inhalt der Lernforschung und der Kognitionspsychologie.¹³⁴

Paas und van Merriënboer definieren Cognitive Load oder kognitive Belastung¹³⁵ auf Grundlage von Sweller als mehrdimensionales Konstrukt, welches die Belastung auf das kognitive System bei der Ausführung einer Aufgabe beschreibt.¹³⁶ Dabei besteht dieses Konstrukt in der Theorie aus kausalen Faktoren, welche die kognitive Belastung beeinflussen und solchen, die von der kognitiven Belastung beeinflusst werden. In Anlehnung an die Beschreibung für Arbeitsbelastung nach Jahns (1973)¹³⁷ betrachten Paas und van Merriënboer die kognitive Belastung in den drei Dimensionen (mentale Last, mentale Anstrengung und Leistung).¹³⁸

Die mentale Anstrengung des Ausführenden bezieht sich auf die Kapazität oder die Ressourcen, die zur Bewältigung der Aufgabe aufgebracht werden.¹³⁹ Diese Kapazität bzw. die kognitive Leistungsfähigkeit zur Verarbeitung von Informationen ist begrenzt.¹⁴⁰ Es ist davon auszugehen, dass die mentale Anstrengung das Maß an kontrolliertem Handeln bestimmt.¹⁴¹

Die drei genannten Dimensionen werden von Paas und van Merriënboer in einer schematischen Darstellung (Abb. 4: Model of cognitive Load) zueinander in Bezug gesetzt.¹⁴²

¹³³ Sweller, 1988

¹³⁴ z.B. Choi, van Merriënboer & Paas, 2014; Paas & Van Merriënboer, 1994; Schwalm, 2009; Sweller, Van Merriënboer & Paas, 2019; Zander, 2010

¹³⁵ Übersetzung vgl. Zander, 2010

¹³⁶ Paas & Van Merriënboer, 1994, S. 353

¹³⁷ in Paas & Van Merriënboer, 1994, S. 353

¹³⁸ Paas & Van Merriënboer, 1994, S. 353

¹³⁹ Choi, van Merriënboer & Paas, 2014, S. 228

¹⁴⁰ Schwalm, 2009, S. 16–17

¹⁴¹ Choi et al., 2014, S.228

¹⁴² Paas & Van Merriënboer, 1994, S. 353

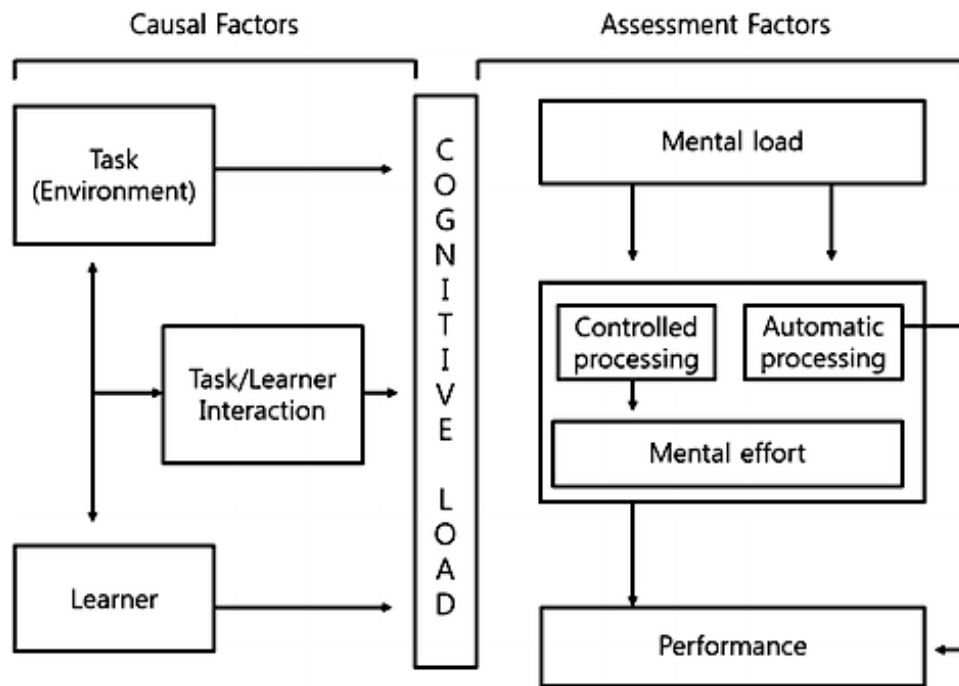


Abb. 4: Model of cognitive Load¹⁴³

Die kausalen Faktoren (Abb. 4: Model of cognitive Load) sind der Ausführende, die Aufgabe und die Interaktion beider.¹⁴⁴ Nach Paas und van Merriënboer kann eine Aufgabe z.B. die Merkmale Neuartigkeit, Zeitdruck oder Belohnung aufweisen. Beim Ausführen einer neuartigen Aufgabe, einer Aufgabe, welche unter Zeitdruck ausgeführt wird oder einer Aufgabe, die bei fehlerhafter Ausführung eine Bestrafung nach sich zieht, entsteht in der Regel eine hohe kognitive Belastung. Beeinflussende externe Faktoren wie großer Lärm oder extreme Temperaturen erhöhen ebenfalls die kognitive Belastung beim Ausführen einer Aufgabe.¹⁴⁵

Die Eigenschaften des Ausführenden („Learner“) (Abb. 4: Model of cognitive Load) beziehen sich beispielsweise auf die kognitiven Fähigkeiten, den Denkstil, die Handlungspräferenzen oder das Vorwissen. Diese Faktoren sind in der Regel stabil und ändern sich nicht plötzlich aufgrund der Aufgabe oder der Umgebung.¹⁴⁶

Die Interaktion oder Wechselwirkung (Abb. 4: Model of cognitive Load) von Aufgabe und Ausführendem können die kognitive Belastung durch instabile Faktoren wie innere

¹⁴³ Paas & Van Merriënboer, 1994, S. 353

¹⁴⁴ Paas & Van Merriënboer, 1994, S. 353-354

¹⁴⁵ Paas & Van Merriënboer, 1994, S. 353-354

¹⁴⁶ Paas & Van Merriënboer, 1994, S. 353-354

Anforderung an die optimale Leistung, die Motivation oder den Erregungszustand beeinflussen.¹⁴⁷

Zur Bewertung der kognitiven Belastung werden drei Faktoren („Assessment Factors“) (Abb. 4: Model of cognitive Load) herangezogen: Die mentale Last wird durch die Anforderungen der Aufgabe oder der Umgebung bestimmt, wobei die aufgabenbezogenen Faktoren bei einer vorgegebenen Aufgabe in einer vorgegebenen Umgebung konstant sind.¹⁴⁸ Als Beispiel hierfür nennen Paas und van Merriënboer zwei Labyrinth-Aufgaben (A und B), wobei Labyrinth B einfacher als A ist.¹⁴⁹

Der Umfang der mentalen Anstrengung wird durch alle drei kausalen Faktoren bedingt. Das bedeutet, dass die mentale Anstrengung („mental effort“) bei Aufgabe A höher ist als bei Aufgabe B, da die mentale Last („mental load“) bei Aufgabe A höher ist, solange die Anstrengung, die Aufgabe gut zu meistern, bei beiden Aufgaben gleich hoch ist. Sollte die Vorerfahrung von Versuchspersonen allerdings bei Aufgabe A größer sein als bei Aufgabe B, so kann auch eine erhöhte mentale Anstrengung bei Aufgabe B auftreten.¹⁵⁰

Der dritte Bewertungsfaktor, die Leistung („Performance“) (Abb. 4: Model of cognitive Load), wird wiederum durch alle drei kausalen Faktoren beeinflusst. Das hat für die Labyrinth-Aufgabe zur Folge, dass die Leistung bei Aufgabe B meist mit weniger Fehlern als bei Aufgabe A verbunden ist und Aufgabe B in kürzerer Zeit als Aufgabe A gelöst wird, solange die gleiche mentale Anstrengung in beide Aufgaben investiert wird.¹⁵¹

In einer überarbeiteten Fassung¹⁵² (Abb. 5: New Model of Cognitive Load) des Modells von Paas und van Merriënboer wird die physische Lernumgebung („Environment“) von der Aufgabe entflochten, da sie sich auf alle Aspekte der physischen Eigenschaften eines Lehr- und Lernortes (physische Eigenschaften von Lernmaterialien oder Werkzeugen, der baulichen Umgebung und physische Präsenz anderer Menschen) bezieht und sensorische Reize aus der Umgebung, die von den menschlichen Sinnen erfasst werden können (Sehen, Hören, Riechen, Schmecken, Tasten, Temperatur und Gleichgewicht) miteinschließt.¹⁵³ Deshalb muss diese klar von dem kausalen Faktor Aufgabe („Task“)

¹⁴⁷ Paas & Van Merriënboer, 1994, S. 353–354

¹⁴⁸ Paas & Van Merriënboer, 1994, S. 354–355

¹⁴⁹ Paas & Van Merriënboer, 1994, S. 354–355

¹⁵⁰ Paas & Van Merriënboer, 1994, S. 354–355

¹⁵¹ Paas & Van Merriënboer, 1994, S. 354–355

¹⁵² Choi et al., 2014, S. 228

¹⁵³ Choi et al., 2014, S. 228

getrennt werden.¹⁵⁴ Dadurch entstehen sowohl Zwei-Wege-Interaktionen (physische Lernumgebung mit Aufgabe oder Lernendem; Aufgabe mit Lernendem), als auch Drei-Wege-Interaktionen (physische Lernumgebung mit Aufgabe und Lernendem).¹⁵⁵

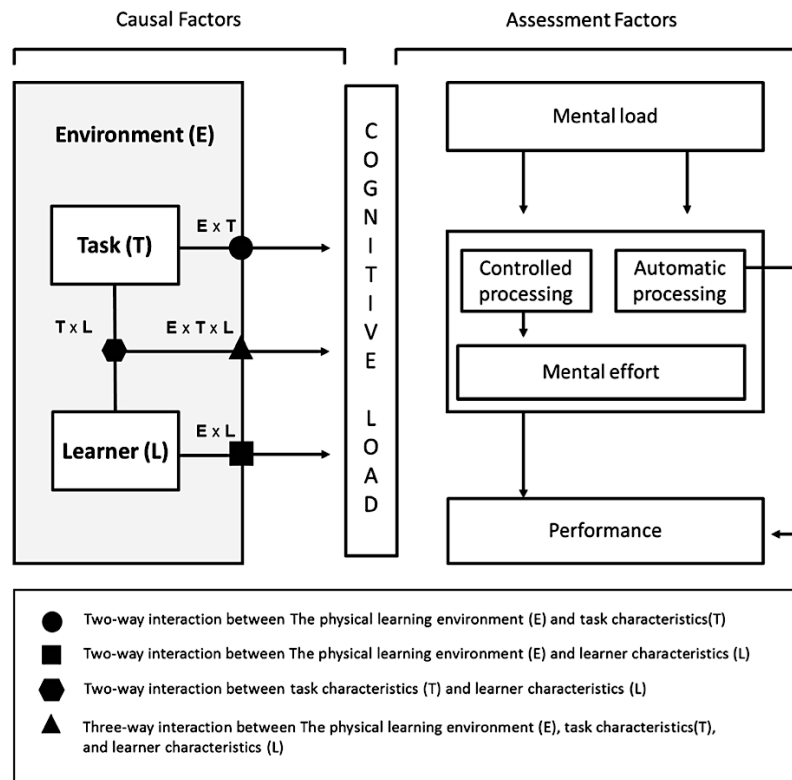


Abb. 5: New Model of Cognitive Load¹⁵⁶

Je komplexer die kognitive Aufgabe, desto größer die Anzahl an Teilaufgaben und desto höher in der Regel die Anforderung an die Verarbeitung. Dabei gibt es Teilaufgaben, die eine konstante Leistung (wiederkehrend) während der Bewältigung der Aufgabe erfordern, die zu Routinen entwickelt werden können. Andere Teilaufgaben erfordern eine variable Leistung (nicht-wiederkehrend), z.B. Probleme lösen, argumentieren oder Entscheidungen treffen.¹⁵⁷ Die Aufgabenanforderung ist umso höher, je mehr variable Leistungen zur Bewältigung erbracht werden müssen.¹⁵⁸

¹⁵⁴ Choi et al., 2014, S. 228-229

¹⁵⁵ Choi et al., 2014, S. 228-229

¹⁵⁶ Choi et al., 2014, S. 229

¹⁵⁷ Sweller, Van Merriënboer & Paas, 2019, S. 274

¹⁵⁸ Paas & Van Merriënboer, 1994, S. 354–355

Des Weiteren kann die Komplexität der Zielhierarchien beim Problemlösen zu einer erhöhten kognitiven Belastung führen, wenn das Hauptziel nur über vorherige Teilziele erreicht werden kann.¹⁵⁹

Als „intrinsic load“ wird die Belastung der Ressourcen des Arbeitsgedächtnisses durch die Komplexität der Aufgabe bezeichnet. Die Komplexität der Aufgabe selbst wird als „element interactivity“ bezeichnet.¹⁶⁰ Enthält eine Aufgabe eine große Zahl an einzelnen Informationen, welche im Arbeitsgedächtnis behalten oder verarbeitet werden müssen, ist deren Komplexität („element interactivity“) hoch und überlastet dadurch die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses („intrinsic load“), welches von der Expertise des Ausführenden abhängig ist.¹⁶¹ Dies bestätigt auch Sweller.¹⁶²

Ausgehend von der Single-Channel-Theory von Kahneman gibt es eine limitierte mentale Kapazität bzw. Ressource, welche für die Ausführung einer Aufgabe flexibel eingesetzt werden kann.¹⁶³

„Different mental activities impose different demands on the limited capacity. An easy task demands little effort, and a difficult task demands much. When the supply of attention does not meet the demands, performance falters, or fails entirely. [...] an activity can fail, either because there is altogether not enough capacity to meet its demands or because the allocation policy channels available capacity to other activities.”¹⁶⁴

Folglich steigt die Wahrscheinlichkeit von Fehlern oder gar komplettem Scheitern bei der Ausführung einer oder mehrerer Aufgaben mit zunehmender Schwierigkeit. Oliveira et al. bestätigen dies:

„Difficulty of the tasks increases interference because the demands on the cognitive and motor system increase when better action coordination is required. [...] There is a general agreement that more difficult tasks require more attentional resources in order to be executed, and therefore in a dual-task situation there will be fewer resources available to complete another task.”¹⁶⁵

¹⁵⁹ Paas & Van Merriënboer, 1994, S. 356–357

¹⁶⁰ Zander, 2010, S. 8–9

¹⁶¹ Zander, 2010, S. 8–9

¹⁶² Sweller, 2010, S. 124

¹⁶³ Kahneman, 1973, S. 9–10

¹⁶⁴ Kahneman, 1973, S. 9–10

¹⁶⁵ de Oliveira, Raab, Hegele & Schorer, 2017, S. 2

Übersteigt die kognitive Belastung (Abb. 6: Relationship between task demands, performance and workload) bzw. die Anstrengung (Effort)¹⁶⁶, welche für die Ausführung der Aufgabe notwendig ist, die mögliche Kapazität des ausführenden Individuums, kommt es zu einem Overload, welcher zur Folge hat, dass die Leistung (Performance) abrupt sinkt.¹⁶⁷ So gibt zum Beispiel eine langsame mit Fehlern behaftete Ausführung im Vergleich zu einer schnelleren Ausführung einer Aufgabe den Hinweis auf eine erhöhte kognitive Belastung.¹⁶⁸

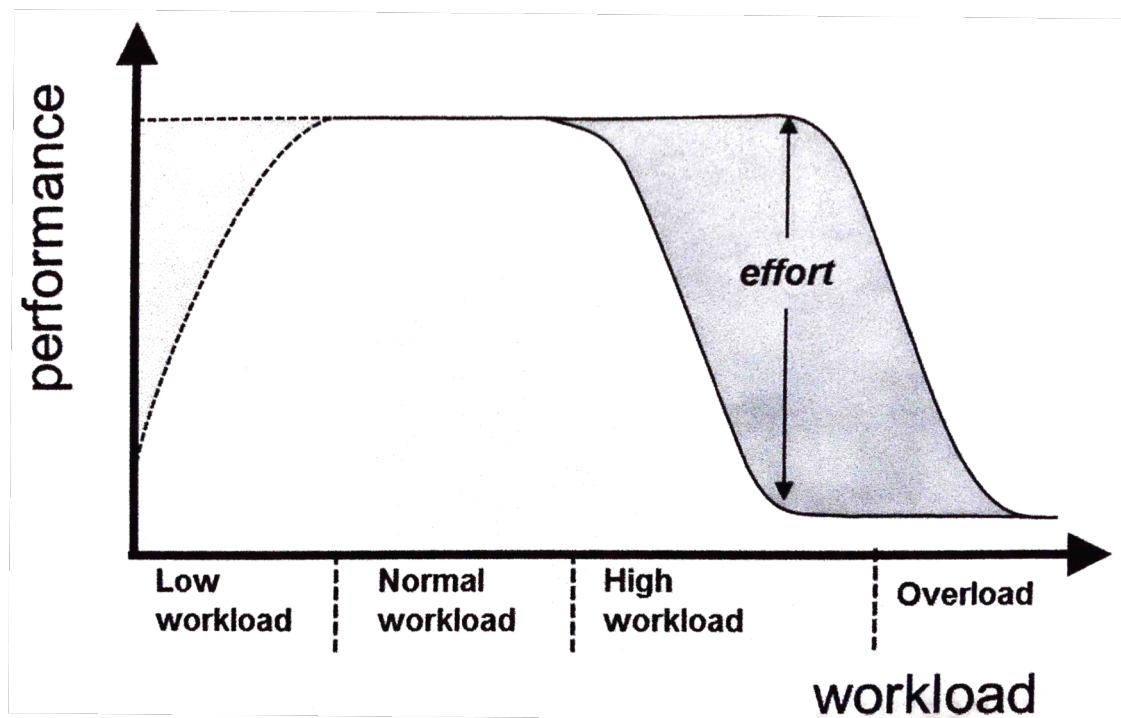


Abb. 6: Relationship between task demands, performance and workload¹⁶⁹

Bei Novizen ist die Leistung im Vergleich zu Experten durch ihre begrenzte kognitive Verarbeitungskapazität, die begrenzte Fähigkeit zum Transfer von erworbenen Kenntnissen und fehlende Problemlösungsfähigkeiten stark beeinträchtigt.¹⁷⁰

¹⁶⁶ Zander (2010) wie auch Zhou (2016) stellen dar, dass die Begrifflichkeiten zur Beschreibung der kognitiven Belastung in der Forschung zwischen Anstrengung und Belastung stark variieren und meist nicht explizit unterschieden werden. Aus diesem Grund wird in dieser Arbeit von kognitiver Belastung als allgemeine Belastung auf die zur Verfügung stehenden kognitiven Ressourcen gesprochen und keine weitere begriffliche Unterscheidung gemacht.

¹⁶⁷ Zhou, 2016, S. 3–12

¹⁶⁸ Choi et al., 2014, S. 228; Paas & Van Merriënboer, 1994, S. 357

¹⁶⁹ Zhou, 2016, S. 4

¹⁷⁰ Paas & Van Merriënboer, 1994, S. 358

Kognitive Belastung kann auf das kognitive System sowohl beim Lernen als auch beim Ausführen von Aufgaben¹⁷¹ wie dem Vom-Blatt-Spiel am Klavier wirken.

Da bislang keine Forschungsergebnisse oder Studien zur kognitiven Belastung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier vorliegen, ist die Erforschung dieses Sachverhalts ein Desiderat, welchem in dieser Arbeit nachgegangen wird. Die Definition der kognitiven Belastung nach Paas und van Merriënboer, die sich auf die allgemeine Ausführung einer Aufgabe und die dabei wirkende Belastung auf das kognitive System des Ausführenden bezieht, wird für diese Studie auch bei der Ausführung einer spezifischen Aufgabe (hier: Spielen eines unbekanntes Stückes am Klavier vom Blatt) verwendet. Der Fokus dieser Arbeit liegt nicht in einer neurologischen Analyse der kognitiven Prozesse, sondern im Nachweis bzw. in der Messbarkeit der allgemeinen kognitiven Belastung während des Vom-Blatt-Spiels am Klavier.

2.2.1 Messbarkeit

Die kognitive Belastung bei unterschiedlichen Aufgaben lässt sich zum einen durch subjektive Indikatoren (Qualität der Ausführung anhand Bewertungsskala) und zum anderen durch psychophysiologische Indikatoren wie Pupillendurchmesser oder Fixationsdauer messen.¹⁷²

Die Größe der menschlichen Pupille verändert sich in Abhängigkeit von der mentalen Beanspruchung. Diese Veränderung erfolgt mit einer sehr geringen zeitlichen Latenz, wodurch sich diese pupillometrische Reaktion aufgrund der hohen zeitlichen Genauigkeit als valides Messinstrument für die mentale Beanspruchung eignet.¹⁷³

Je nach Schwierigkeitsgrad einer Aufgabe beim Notenlesen variiert die Pupillengröße. So ist die Pupillengröße erweitert bei schwierigen Tonarten oder ungewöhnlichen Akkordfolgen.¹⁷⁴ Diese Erkenntnisse gewannen unter anderem Chitalkina et al. in ihrer Studie zu Schwierigkeiten in der Notendarstellung beim Singen oder Spielen mittels eines Eyetrackers.

¹⁷¹ Paas & Van Merriënboer, 1994; Sweller, 1988

¹⁷² Chitalkina et al., 2021; Hadley et al., 2018; Meghanathan et al., 2015; Pomerleau-Turcotte et al., 2021; Szulewski et al., 2017

¹⁷³ Schwalm, 2009, S. 48

¹⁷⁴ Chitalkina et al., 2021; Hadley, Sturt, Eerola & Pickering, 2018; Pomerleau-Turcotte, Moreno Sala, Dubé & Vachon, 2021

Während der Ausführung einer Aufgabe werden Veränderungen des Pupillendurchmessers beobachtet und gemessen. Steigt während der Ausführung einer Aufgabe die kognitive Belastung, kommt es zu einer Vergrößerung des Pupillendurchmessers.¹⁷⁵ Als Referenzwert wird vor Versuchsbeginn eine Baseline bestimmt: Zu deren Bestimmung wird der individuelle durchschnittliche Pupillendurchmesser von Versuchspersonen bei keiner oder sehr geringer kognitiver Belastung gemessen.¹⁷⁶ Diese Baseline dient im Anschluss der Berechnung des „pupillary change index (PCI)“, also dem ‚Pupillenveränderungsindex‘, und damit als Nachweis einer möglicherweise gesteigerten kognitiven Belastung.¹⁷⁷

Des Weiteren fanden Hadley et al. heraus, dass es bei ungewöhnlichen Tonhöhenverhältnissen zu Schwierigkeiten in der Verarbeitung kommt, welche sich durch eine Zunahme der Gesamtdauer der Fixationen äußert.¹⁷⁸ Auch Meghanathan et al. fanden heraus, dass die Fixationsdauer als Messmethode für kognitive Belastung herangezogen werden kann.¹⁷⁹ Jedoch spiegelt sie die kognitive Belastung nur genau dann wider, wenn die Anzahl der Items einer Aufgabe die Speicherkapazitätsgrenze (memory capacity limit) nicht überschreitet. Kommt es zu einer Überschreitung der Speicherkapazitätsgrenze und damit zu einer erhöhten oder maximal möglichen kognitiven Belastung, so ist der Pupillendurchmesser das aussagekräftigere Maß.¹⁸⁰

Pupillendurchmesser und Fixationsdauer sind also einschlägige physiologische Indikatoren für die kognitive Belastung.¹⁸¹ Beide Indikatoren werden für die vorliegende Studie zur Messung von kognitiver Belastung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier herangezogen und mittels eines zur Verfügung stehenden Eyetrackers exakt gemessen. Die anschließende Baseline-Berechnung aus den erhobenen Daten wird nach der vorgestellten Methode von Szulewski et al. durchgeführt.

¹⁷⁵ Szulewski, Gegenfurtner, Howes, Sivilotti & Van Merriënboer, 2017, S. 953

¹⁷⁶ Szulewski et al., 2017, S. 956

¹⁷⁷ Szulewski et al., 2017, S. 956

¹⁷⁸ Hadley et al., 2018 in Chitalkina et al., 2021, S. 4

¹⁷⁹ Meghanathan, Van Leeuwen & Nikolaev, 2015, S. 7–8

¹⁸⁰ Meghanathan et al., 2015, S. 7–8

¹⁸¹ Chitalkina et al., 2021; Hadley et al., 2018; Meghanathan et al., 2015; Pomerleau-Turcotte et al., 2021; Szulewski et al., 2017

2.2.2 Reduzierungsstrategien

Beim Lösen von Problemen kommt es nach Sweller vor allem auf zwei Faktoren an: die selektive Aufmerksamkeit und die kognitive Verarbeitungskapazität.¹⁸² Um eine schnelle, fehlerfreie Verarbeitung und Ausführung einer komplexen Aufgabe zu ermöglichen, sind zwei Mechanismen zur Reduktion der Belastung bekannt: die automatisierte Verarbeitung sowie die Aneignung und der Einsatz von Schemata.¹⁸³

Schneider und Shiffrin (1977) unterscheiden grundsätzlich automatisierte und kontrollierte Informationsverarbeitung.¹⁸⁴ Werden die Informationen bewusst wahrgenommen, handelt es sich um eine kontrollierte Verarbeitung. Diese wird als langsam, seriell und anstrengend bezeichnet (neuartige oder variable Aufgaben). Die automatisierte Verarbeitung erfolgt ohne bewusste Kontrolle oder Aufmerksamkeit (gut geübte, konstante Aufgaben).¹⁸⁵ Somit wird jede kognitive Aktivität, welche bewusstes Denken erfordert, kontrolliert verarbeitet. Bei automatisierter Verarbeitung ist keine bewusste Kontrolle notwendig. Dadurch kommt es zu einer Freisetzung von kognitiven Ressourcen, welche es ermöglicht, Aufmerksamkeit auf andere Aspekte zu richten, die kontrollierte Verarbeitung erfordern.¹⁸⁶ Komplexe kognitive Aufgaben beinhalten immer eine Kombination aus kontrollierter und automatisierter Verarbeitung, da solche Aufgaben in der Regel variable Aspekte enthalten.¹⁸⁷

Eine weitere Reduzierung der kognitiven Belastung kann durch den Erwerb von Schemata erfolgen. Dabei lassen sich Schemata als eine kognitive Struktur beschreiben, welche durch Erfahrung erworben und zur Lösung von Problemen abgerufen werden kann.¹⁸⁸ Im Übeprozess oder beim Lernen werden neue Schemata entwickelt oder bestehende adaptiert.¹⁸⁹ Sweller beschreibt Schemata als „[...] cognitive construct that organizes the elements of information according to the manner with which they will be dealt.“¹⁹⁰ Schemata ermöglichen das Erkennen und Lösen vertrauter Teile unbekannter

¹⁸² Sweller, 1988, S. 261

¹⁸³ Paas & Van Merriënboer, 1994; Sweller, 1994

¹⁸⁴ in Paas & Van Merriënboer, 1994, S. 358–359

¹⁸⁵ in Paas & Van Merriënboer, 1994, S. 358–359

¹⁸⁶ Sweller, 1994, S. 297–298

¹⁸⁷ Paas & Van Merriënboer, 1994, S. 359

¹⁸⁸ Paas & Van Merriënboer, 1994, S. 361

¹⁸⁹ Paas & Van Merriënboer, 1994, S. 361

¹⁹⁰ Sweller, 1994, S. 296

Probleme. Dadurch werden Ressourcen zu einer kontrollierten Verarbeitung anderer Teile zur Verfügung gestellt.¹⁹¹

Die meisten erlernten intellektuellen Fähigkeiten des Menschen können mit Schemata erklärt werden. So kann der Mensch Schemata für jeden Buchstaben, viele Wörter oder Wortkombinationen entwickeln, die es ihm ermöglichen, einen gedruckten oder handgeschriebenen Text zu lesen.¹⁹² Erlernte Schemata ermöglichen es, Probleme, welche sonst nur unter großer Anstrengung lösbar wären, zu lösen.¹⁹³ Beim Lernen einer neuen Fähigkeit ist die Anwendbarkeit zuerst stark eingeschränkt. So ist die kognitive Belastung bei einem Kind beim Lesen eines Textes deutlich höher als bei einem gebildeten Erwachsenen.¹⁹⁴

Allgemein hilft diese Erfassung von Schemata dem Arbeitsgedächtnis, mehr Informationen pro Zeiteinheit zu speichern und zu verarbeiten. Das Arbeitsgedächtnis des Menschen kann nach Miller (1956) etwa 7 (+/- 2) Informationseinheiten gleichzeitig enthalten.¹⁹⁵ Werden einzelne Elemente zu einem einzigen Element zusammengefasst erhöht sich dadurch die Menge der im Arbeitsgedächtnis speicherbaren Informationen deutlich.¹⁹⁶ Als Schema wird ein Baum und nicht viele einzelne Blätter und Äste erkannt und gespeichert oder ein Wort und nicht aneinandergereihte einzelne Buchstaben oder Zeichen.¹⁹⁷ In Bezug auf Schach sehen Experten im Vergleich zu Novizen die Anordnung der Figuren als Einheit und nicht als eine große Anzahl an Figuren.¹⁹⁸

Bei der Lösung eines unbekanntes Problems und Aneignung eines Schemas müssen die relevanten Züge eines Problemzustandes erkannt, eine Beziehung zwischen dem Problem- und dem Zielzustand hergestellt und Unterschiede extrahiert werden. Anschließend müssen Vorgehensweisen gefunden werden, die diese Unterschiede verringern oder beseitigen, was allerdings gleichzeitig geschehen und für jedes Unterziel wiederholt werden muss. Diese Strategie, die vor allem von Novizen angewandt wird,

¹⁹¹ Paas & Van Merriënboer, 1994, S. 362–363

¹⁹² Sweller, 1994, S. 297

¹⁹³ Sweller, 1994, S. 297

¹⁹⁴ Sweller, 1994, S. 297

¹⁹⁵ in Wolf, 1976, S. 156–158; Zhou, 2016, S. 4

¹⁹⁶ Sweller, 1994, S. 299

¹⁹⁷ Sweller, 1994, S. 299

¹⁹⁸ Sweller, 1994, S. 298

bezeichnet man als Mittel-Weg-Analyse („means-ends-analysis“). Sie erfolgt kontrolliert und stellt eine hohe kognitive Belastung dar.¹⁹⁹

2.2.3 Zusammenfassung und Transfer für diese Studie

Entscheidend für eine störungsfreie Verarbeitung und Ausführung einer Aufgabe in einer konstanten Lernumgebung („Environment“²⁰⁰, im Experiment dieser Studie genau definiert; vgl. Kapitel 3.3.2) sind nach Paas und van Merriënboer die Aufgabenmerkmale und die Merkmale des Ausführenden.²⁰¹ Dabei gilt, je neuartiger die Aufgabe oder je höher der Zeitdruck bei der Ausführung, desto höher die kognitive Belastung.²⁰² Die Merkmale des Ausführenden (kognitive Fähigkeiten, Stil, Präferenz oder Vorwissen) bleiben nach Paas und van Merriënboer während der Ausführung einer Aufgabe konstant.²⁰³ Wird die Aufgabenschwierigkeit erhöht, steigt die kognitive Belastung, wodurch die Qualität oder Geschwindigkeit bei Ausführung der Aufgabe absinkt. Kommt es zu einem Overload, sinkt die Qualität der Ausführung abrupt bzw. die Ausführung wird abgebrochen (Abb. 6: Relationship between task demands, performance and workload).²⁰⁴ Besteht die auszuführende Aufgabe zudem aus vielen einzelnen konstanten oder variablen Teilaufgaben, erhöht dies die Anforderung an die Verarbeitung, wodurch ebenfalls die kognitive Belastung ansteigt.²⁰⁵

Als Messgrößen oder Indikatoren für die kognitive Belastung, während der Ausführung einer Aufgabe, kommen die erbrachte Leistung (Fehler und/oder eine langsame Ausführung), die Pupillengröße und die Fixationsdauer in Frage.²⁰⁶

Da in dieser Studie zum Vom-Blatt-Spiel am Klavier unbekannte Stücke mit ansteigender Schwierigkeit vom Blatt gespielt werden müssen (vgl. Kapitel 3.3.2.1), ist zum einen jedes Stück grundsätzlich für alle Versuchspersonen neuartig. Zum anderen aber stellt sich bereits die Aufgabe selbst (Spielen der Tonhöhen und Tondauern vom Blatt nach

¹⁹⁹ Sweller, 1994, S. 300–301

²⁰⁰ Choi et al., 2014, S. 228–229

²⁰¹ Paas & Van Merriënboer, 1994

²⁰² Paas & Van Merriënboer, 1994

²⁰³ Paas & Van Merriënboer, 1994

²⁰⁴ Zhou, 2016, S. 4

²⁰⁵ Paas & Van Merriënboer, 1994, S. 354–355; Sweller et al., 2019, S. 274; Zhou, 2016, S. 3–12)

²⁰⁶ vgl. Chitalkina et al., 2021; Choi et al., 2014; Hadley et al., 2018; Meghanathan et al., 2015; Paas & Van Merriënboer, 1994; Schwalm, 2009; Sweller, 1994

vorgegebenem Tempo) für ungeübte Blattspieler (Novizen) im Vergleich zu versierten Blattspielern (Experten) als neuartig dar.

Mit jedem Spiellevel steigt die Schwierigkeit der Stücke und somit auch der Aufgabe, wodurch wiederum insgesamt eine Erhöhung der kognitiven Belastung für alle Versuchspersonen zu erwarten ist. Bei leichteren Aufgaben (niedriges Spiellevel) wird eine bessere Leistung erwartet.²⁰⁷ Je höher das Spiellevel beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier, desto niedriger die Leistung in Korrelation zu den Merkmalen des Ausführenden. Hierbei ist vor allem ein Anstieg der kognitiven Belastung durch schwierige Tonarten, ungewöhnliche Akkordfolgen und ungewöhnliche Tonhöhenverhältnisse zu erwarten.²⁰⁸ Des Weiteren ist durch ein vorgegebenes Spieltempo auch davon auszugehen, dass dies bei Ausführung der Aufgabe zu einem Zeitdruck führt, wodurch die kognitive Belastung vor allem bei der Gruppe der Novizen ebenfalls erhöht sein wird. Bei Novizen im Gegensatz zu Experten ist zusätzlich zu vermuten, dass die Aufgabe an sich bereits eine höhere Belastung an das kognitive System stellt.

Eine weitere Annahme ist, dass die Hauptaufgabe dieser Studie (Spielen der Tonhöhen und Tondauern vom Blatt nach vorgegebenem Tempo) für die Versuchspersonen viele Teilziele (jede einzelne Tonhöhe und Tondauer zu spielen) zum Erreichen des Hauptziels (ganzes Stück vom Blatt zu spielen) beinhaltet. Durch eine hohe Anzahl an Teilzielen entsteht eine hohe Komplexität der Zielhierarchien. Die Hauptaufgabe besitzt also eine hohe „element interactivity“ und erzeugt damit eine hohe kognitive Belastung.²⁰⁹ Die vielen Informationen der Hauptaufgabe beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier, welche von den Versuchspersonen verarbeitet werden müssen, verursachen eine hohe Komplexität der Aufgabe, die zu einer schnellen Überlastung der Kapazität des Arbeitsgedächtnisses in Korrelation zur Expertise des Ausführenden führt.²¹⁰

Mit zunehmender Expertise der Versuchspersonen kann eine Reduktion der kognitiven Belastung, wie beim Aufgabenausführen oder beim Problemlösen, durch Anwendung oder Vorhandensein von automatisch zu verarbeitenden Schemata oder durch Zusammenfassen einzelner Elemente zu einem einzigen Element (Chunking)²¹¹ erfolgen:

²⁰⁷ vgl. Paas & Van Merriënboer, 1994

²⁰⁸ vgl. Chitalkina et al., 2021; Hadley et al., 2018

²⁰⁹ vgl. Paas & Van Merriënboer, 1994, S. 354–355; Zander, 2010, S. 8–9

²¹⁰ vgl. Zander, 2010

²¹¹ Furneaux & Land, 1999; Lehmann & Kopiecz, 2018; Sweller, 1994; Wolf, 1976

„Schemas effectively increase the amount of information that can be held in working memory by chunking individual elements into a single element.“²¹² Das Zusammenfassen verschiedener Elemente zu einem einzigen Element bzw. Muster deckt sich mit den Forschungsergebnissen im Vom-Blatt-Spiel am Klavier von Furneaux und Land²¹³, Lehmann und Kopiez²¹⁴ und Wolf²¹⁵.

Die in der Literatur beschriebenen Messgrößen für die kognitive Belastung können auch beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier als Nachweis des Anstiegs der kognitiven Belastung genutzt werden. So verwendet diese Studie sowohl den Pupillendurchmesser als auch die Fixationsdauer aus den durch einen Eyetracker erhobenen Daten. Die Leistung der Versuchspersonen im Experiment, als weitere Messgröße, wird wie im methodischen Teil (Kapitel 3.3.3) dargestellt, durch Bewertung anhand eines speziell für das Vom-Blatt-Spiel am Klavier für diese Studie entwickelten Bewertungssystems vorgenommen.

²¹² Sweller, 1994, S. 299

²¹³ Furneaux & Land, 1999

²¹⁴ Lehmann & Kopiez, 2018

²¹⁵ Wolf, 1976

2.3 Aufgabe und Problem

Da sich die kognitive Belastung immer mit der Verarbeitung und Ausführung einer Aufgabe befasst, ist nun die Frage zu klären, wie die Hauptaufgabe und deren Teilaufgaben beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier für diese Studie zu definieren sind.

Die Begriffe „Aufgabe“ oder „Task“ (aus dem Englischen übersetzt „Aufgabe“²¹⁶) wurden bislang noch nicht für das Vom-Blatt-Spiel am Klavier definiert. Deshalb werden nachfolgend anhand Literatur die Begriffe eingegrenzt und für das Vom-Blatt-Spiel am Klavier für diese Studie festgelegt.

„The term “task” typically refers to a cognitive or behavioural goal that is either instructed or self-instructed, and the resulting representation of the corresponding cognitive and motor requirements has been termed “task set” [...]. Here we define the term broadly, so that simple stimulus-response (S-R) translations (e.g., press a response key when seeing the letter A), continuous tasks like visuo-motor tracking, complex mental operations (like multiplication), or complex movements (e.g., throwing a ball) can constitute a task if a person aims to achieve a discriminable goal state.”²¹⁷

Diese Definition von Koch et. al grenzt den Begriff Aufgabe bereits ein als Bestreben eines Individuums, einen gewünschten Zielzustand zu erreichen und somit eine Veränderung zwischen dem Ausgangs- und Endzustand zu bewirken. Auch nach Künzell et al. ist eine Aufgabe eine Beschreibung eines zukünftigen Zustands.²¹⁸ Durch Annahme einer gestellten Aufgabe wird diese zu einem persönlichen Ziel, wobei die Abstraktheit des Ziels vom Grad des Fachwissens und dem Übegrad abhängt.²¹⁹

Die Eingrenzung von Aufgabe als zu erreichendem Zielzustand wird auch bei Kiesel und Koch bestätigt.²²⁰ So stellt eine Aufgabe ein „intentionales Ziel“ dar, welches durch eine bestimmte Handlung erreicht werden kann. Diese Ziele können entweder langfristig (z.B. ein Studium abschließen) oder kurzfristig (z.B. Licht einschalten bei Verdunkelung) sein.²²¹

²¹⁶ <https://dorsch.hogrefe.com/stichwort/aufgabe> zuletzt abgerufen am: 20.06.2024, 11.23 Uhr

²¹⁷ Koch, Poljac, Müller & Kiesel, 2018, S. 4

²¹⁸ Künzell et al., 2018, S. 6–9

²¹⁹ Künzell et al., 2018, S. 6–9

²²⁰ Kiesel & Koch, 2018, S. 100

²²¹ Kiesel & Koch, 2018, S. 100

Nach Tobinski handelt es sich um eine Aufgabe, wenn eine gegebene Situation (Ist-Zustand) in eine gewünschte Situation (Soll-Zustand) überführt werden kann. Ist diese Überführung (Transformation) durch eine Barriere verhindert, so handelt es sich um ein Problem.²²² Damit „[...] teilt sich die Aufgabe mit dem Problem die gegebene Situation (Ist-Zustand) und die gewünschte Situation (Soll-Zustand), die Barriere ist allerdings in der Aufgabe nicht vorhanden.“²²³ Um eine Aufgabe lösen zu können ist rein reproduktives Denken erforderlich. Beim Problemlösen hingegen muss „[...] scheinbar Neues geschaffen werden [...] (Dörner, 1979).“²²⁴

Tritt während der Wahrnehmung oder der Ausführung eine Barriere auf entsteht hier eine Lücke im Handlungsplan, die verhindert, dass der Zielzustand erreicht werden kann. Bei der Problemlösung sind dann entsprechende Handlungen auf kognitiver und motorischer Ebene notwendig.²²⁵

„Überall dort, wo Menschen handelnd Ziele verfolgen, können potenziell Probleme entstehen. Probleme sind nicht »gegeben«, sondern »gemacht« – gemacht durch zielgerichtete Handlungen, die in einer bestimmten Situation nicht weitergeführt werden können.“²²⁶

Entscheidend für das erfolgreiche Erreichen des Zielzustandes beim Ausführen einer Aufgabe ist auch das Vertrauen der ausführenden Person in die eigenen Fähigkeiten („Selbstwirksamkeit“).²²⁷ Die „Selbstwirksamkeit“²²⁸ steht als „intermittierende Variable“ zwischen der ausführenden Person und der Handlung.²²⁹ „Selbstwirksamkeit ist der Glaube einer Person, dass sie fähig ist, eine bestimmte Aufgabe in einem bestimmten Kontext erfolgreich zu erledigen.“²³⁰ Nach Egger ist davon auszugehen, dass

²²² Tobinski, 2017, S. 6-7

²²³ Tobinski, 2017, S. 6-7

²²⁴ Tobinski, 2017, S. 7

²²⁵ Betsch, Funke & Plessner, 2011, S. 141

²²⁶ Betsch et al., 2011, S. 141

²²⁷ Egger, 2015, S. 44

²²⁸ „Selbstwirksamkeitserwartung ist eine Kognition, die menschliches Denken, Fühlen (Gefühl) und Handeln (Handlung) beeinflusst. Sie wird benötigt für Aufgaben, deren Schwierigkeitsgrad Anstrengung und Ausdauer erfordern. Personen mit hoher Selbstwirksamkeitserwartung sind überzeugt, ihre Umwelt aufgrund ihrer Kompetenzen beeinflussen zu können. Sie gehen schwierige Aufgaben eher an und verfolgen sie mit mehr Ausdauer als dies weniger selbstwirksame Personen tun, wodurch sich Selbstwirksamkeitserwartung indirekt auf Leistung auswirkt.“

(<https://dorsch.hogrefe.com/stichwort/selbstwirksamkeitserwartung> zuletzt abgerufen am: 29.11.2024, 08.37 Uhr)

²²⁹ Egger, 2015, S. 44-46

²³⁰ Becker, 2019, S. 177

bei einer positiven „Selbstwirksamkeitserwartung“ eine erhöhte Motivation zur Ausführung einer Aufgabe bei einer Versuchsperson und eine daraus resultierende höhere Leistung bei der Ausführung der Aufgabe zu erwarten ist.²³¹

Sollen zwei oder mehr Aufgaben schnell nacheinander oder gleichzeitig ausgeführt werden, so spricht man von „Aufgabenwechsel“ oder „Doppelaufgaben“.²³² Ein Aufgabenwechsel bezeichnet den „Wechsel zwischen Tätigkeiten, die in der Regel verschiedene Zuordnungen von Reizen und Reaktionen verlangen“²³³. Hierbei geht es vor allem um die Organisation und Koordination von Wahrnehmungs- und Handlungsprozessen, sodass „motorische Prozesse im Sinne des Zieles verlaufen und die dafür wesentliche sensorische Information enthalten.“²³⁴ In Experimenten zum Aufgabenwechsel sind meist zwei oder mehrere Aufgaben nacheinander zu bearbeiten: z.B. eine von zwei Aufgaben mehrmals nacheinander (Aufgabenwiederholungen) oder beide Aufgaben in häufigem Wechsel (Aufgabenwechsel).²³⁵ Kluwe ergänzt:

„[Beim Aufgabenwechsel] wird die Bearbeitung von aufeinander folgenden, verschiedenen Aufgaben verlangt, was jeweils einen Wechsel von einer gerade bearbeiteten Aufgabe zu einer neuen Aufgabe erforderlich macht. Im Unterschied zur wiederholten Bearbeitung gleichartiger Aufgaben ist beim Wechsel auf eine neue Aufgabe die Bearbeitungszeit erhöht (sog. „Wechselkosten“).“²³⁶

„[...] Die Bearbeitungszeit der zweiten Aufgabe [ist] umso länger, je dichter sie auf die erste Aufgabe folgt [„Psychologische Refraktärperiode“ (PRP)]. Neueren Positionen zufolge wird der erhöhte Zeitbedarf darauf zurückgeführt, dass zusätzlich zur Aufgabebearbeitung exekutive Prozesse eingesetzt werden, die für die Koordination der Verarbeitungsprozesse bei gleichzeitiger Bearbeitung erforderlich sind. Sie schirmen u.a. die erste Aufgabe ab und stellen die Verarbeitung der zweiten Aufgabe temporär zurück.“²³⁷

Bei „Doppelaufgaben“ hingegen handelt es sich um „Aufgaben, die die zeitlich überlappende Bearbeitung zwei verschiedener, meist durch separate Reiz- und

²³¹ Egger, 2015, S. 44-46

²³² Becker-Carus & Wendt, 2017; Hommel, 2002; Kiesel & Koch, 2018

²³³ Hommel, 2002, S. 847

²³⁴ Hommel, 2002, S. 836

²³⁵ Becker-Carus & Wendt, 2017, S. 281-284

²³⁶ Kluwe, 2006, S. 548

²³⁷ Kluwe, 2006, S. 551

Reaktionssets definierte Teilaufgaben erfordert.“²³⁸ Salvucci unterscheidet bei Doppelaufgaben unterschiedliche Aufgabentypen: diskrete Aufgaben (discrete tasks) und kontinuierliche Aufgaben (continuous tasks).²³⁹ Diskrete und kontinuierliche Bewegungen bzw. Aufgaben unterscheiden sich grundsätzlich in der Länge und Begrenzung ihrer Ausführung.²⁴⁰ So handelt es sich bei diskreten Aufgaben um Aufgaben mit einem erkennbaren Anfang und Ende, wie z.B. einen Ball werfen oder eine Schlagbewegung an der Gitarre ausführen.²⁴¹ Dies bestätigen Schmidt und Lee:

„Discrete movements are those with a recognizable beginning and end. Kicking a ball, throwing, striking a match, and shifting gears in a car are examples. The end of the movement is defined by the skill in question, not arbitrarily by the time at which an observer ceased examining it, as would be the case for swimming or jogging, for example. Discrete skills can be very rapid, requiring only a fraction of a second to complete (e.g., kicking, blinking an eye); but they can also require much more time for completion, as in writing your signature. Discrete skills can also be quite cognitive. For example, one laboratory task is to press one of four buttons when one of four lights comes on [...].“²⁴²

Kontinuierliche Bewegungen oder Aufgaben hingegen, wie z.B. Laufen oder Auto steuern, werden fortgesetzt, bis sie willkürlich gestoppt werden:²⁴³ „[...] with behavior continuing until the movement is arbitrarily stopped [...]. Swimming, running, and steering a car are examples of tasks that have arbitrary ends. Continuous tasks tend to have longer movement times than do discrete tasks [...].“²⁴⁴

Salvucci unterteilt diskrete und kontinuierliche Doppelaufgaben nochmals in jeweils zwei Varianten:²⁴⁵

1. „Models of *discrete successive tasks* examine performance in alternating trials (or series of trials) of simple choice-reaction tasks, accounting for the temporal costs of switching from one task to another.“²⁴⁶

²³⁸ Hommel, 2002, S. 847

²³⁹ Salvucci, 2005, S. 458–459

²⁴⁰ Schmidt & Lee, 2011, S. 21–23

²⁴¹ Lehmann & Oerter, 2008, S. 112

²⁴² Schmidt & Lee, 2011, S. 21–22

²⁴³ Lehmann & Oerter, 2008, S. 112

²⁴⁴ Schmidt & Lee, 2011, S. 22

²⁴⁵ Salvucci, 2005, S. 458–459

²⁴⁶ Salvucci, 2005, S. 458–459

2. „Models of *discrete concurrent tasks* analyze performance in concurrent choice-reaction tasks typically offset by a short delay, accounting for “psychological refractory period” effects of dual-task interference.”²⁴⁷
3. „Models of elementary continuous tasks address behavior when integrating a continuous task with occasional short discrete tasks—for instance, performing a manual tracking task (e.g., keeping a cursor on target) while occasionally responding to a choice-reaction task. These first three categories all include at least one discrete choice-reaction task that lasts at most a few seconds.”²⁴⁸
4. „In contrast, models of compound continuous tasks account for behavior in two or more simultaneous tasks, each of which is an ongoing continuous process or at least takes enough time to require interleaving with other tasks. Compound continuous tasks abound in real-world domains, particularly in the space of complex dynamic tasks that have become a centerpiece of cognitive modeling [...].”²⁴⁹

Die Einteilung von Aufgaben und Bewegungen in *diskret* und *kontinuierlich* bei Salvucci²⁵⁰ und Schmidt und Lee²⁵¹ entspricht den Arten von Bewegung bei Lehmann und Oerter²⁵² aus der Musikpsychologie. Sie unterscheiden ebenso in diskrete und kontinuierliche Bewegungen, ergänzen dies jedoch noch um *serielle* Bewegungen.²⁵³ Serielle Bewegungen bezeichnen nach Lehmann und Oerter „Sequenzen aus diskreten Abläufen, die zusammen ein Ganzes bilden. Zu diesen gehört das Klavierspiel.“²⁵⁴ Kommt es bei der Ausführung einer Aufgabe zu Einbußen oder einem Problem, so werden diese als „Kosten“ bezeichnet.²⁵⁵ Von „Doppelaufgabenkosten“ ist die Rede, wenn nicht mehrere, sondern genau zwei Aufgaben (vgl. Doppelaufgabe) gleichzeitig

²⁴⁷ Salvucci, 2005, S. 458–459

²⁴⁸ Salvucci, 2005, S. 458–459

²⁴⁹ Salvucci, 2005, S. 458–459

²⁵⁰ Salvucci, 2005, S. 458–459

²⁵¹ Schmidt & Lee, 2011, S. 22

²⁵² Lehmann & Oerter, 2008, S. 111–112

²⁵³ Lehmann & Oerter, 2008, S. 111–112

²⁵⁴ Lehmann & Oerter, 2008, S. 112

²⁵⁵ Becker-Carus & Wendt, 2017, S. 275

ausgeführt werden.²⁵⁶ Diese „Doppelaufgabenkosten“ werden „oftmals erst dann spürbar, wenn die Schwierigkeit einer der beiden Aufgaben ein bestimmtes Maß übersteigt, was bedeuten könnte, dass die vorhandene Kapazität für die simultane Bewältigung einfacherer Bearbeitungen ausreicht.“²⁵⁷ So können Doppelaufgabenkosten auch bei unterschiedlichen Kombinationen von Aufgabentypen sogar bei Kombination zweier sehr einfacher Aufgaben beobachtet werden, wenn die Aufgaben auf unterschiedliche Reizaufnahmen und Reaktionsbewegungen zurückgreifen.²⁵⁸ Nach Aschersleben entstehen bei einer „Doppelaufgabe“ immer messbare Kosten, welche die Leistung im Gegensatz zur separaten Ausführung der beiden Handlungen oder Aufgaben negativ beeinträchtigen.²⁵⁹ Ob es sich beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier konkret um Doppelaufgaben handelt, kann in dieser Studie nicht belegt werden.

Im Rahmen dieser Arbeit zum Vom-Blatt-Spiel am Klavier wird von einer „Aufgabe“ gesprochen, wenn die Noten ohne Schwierigkeiten in der vorgegebenen Zeit wahrgenommen und in motorisches Tastendrücker transformiert werden können. Hierbei kann die gestellte Aufgabe direkt vom Ist-Zustand in den Soll-Zustand überführt werden.²⁶⁰

Von einem Problem wird in dieser Arbeit gesprochen, wenn es bei der Wahrnehmung und dem anschließenden motorischen Tastendrücker (Ausführung der Aufgabe) zu Schwierigkeiten (Barriere) bzw. Kosten²⁶¹ kommt. Hierbei entsteht zwischen dem Ist- und dem Soll-Zustand eine Barriere, welche verhindert, dass die gestellte Aufgabe direkt vom Ist-Zustand in den Soll-Zustand überführt werden kann.²⁶² Demzufolge handelt es sich für jede Versuchsperson vor Spielbeginn um eine Aufgabe. Zum Problem wird es erst, wenn die Ausführung der Aufgabe durch Schwierigkeiten (Barriere) beeinträchtigt wird.

Die Aufgabe und das Problem teilen sich den Ist- sowie Soll-Zustand.²⁶³ Daher gilt für diese Arbeit:

²⁵⁶ Becker-Carus & Wendt, 2017, S. 275

²⁵⁷ Becker-Carus & Wendt, 2017, S. 275

²⁵⁸ Becker-Carus & Wendt, 2017, S. 275

²⁵⁹ Aschersleben, 2005, S. 900

²⁶⁰ vgl. Tobinski, 2017

²⁶¹ vgl. Becker-Carus & Wendt, 2017

²⁶² vgl. Betsch, Funke & Plessner, 2011

²⁶³ vgl. Tobinski, 2017

Ist-Zustand beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier: Die Versuchspersonen sitzen am Klavier und bekommen das Notenblatt angezeigt.

Soll-Zustand beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier: Das Musikstück soll möglichst fehlerfrei, verzögerungsfrei und im vorgegebenen Tempo vom Blatt gespielt werden.

Kommt es bei der Transformation vom Ist- in den Soll-Zustand zu Kosten, z.B. Fehlern, Verzögerungen, Tempoänderungen oder vollständigem Scheitern, liegt keine Aufgabe mehr vor, sondern ein Problem.²⁶⁴

Daraus folgt, dass das Vom-Blatt-Spiel am Klavier einmal als Aufgabe (sofern die gelesene Note ohne Barriere in ein motorisches Tastendrücken umgesetzt werden kann) und als Problem (die gelesene Note kann nicht ohne Barriere in ein motorisches Tastendrücken umgesetzt werden) angesehen werden kann. Es ist allerdings anzunehmen, dass dies nicht zwingend trennbar zwischen Novizen und Experten ist, denn selbst Novizen werden Töne ohne Barriere (Aufgabe) in motorisches Tastendrücken umwandeln können und Experten beim Umsetzen eine Barriere (Problem) haben können. Diese Kosten wie auch Einbußen in der Leistung bei Novizen und Experten können in dieser Studie anhand erhobener Eyetrackingdaten bzw. anhand der Bewertung der Leistung untersucht werden.

Daraus ergeben sich für diese Arbeit die folgenden Dimensionen:

Jede Note wird als einzelne Teilaufgabe der Hauptaufgabe (vorliegendes Stück vom Blatt spielen) gesehen, woraus sich beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier eine sehr komplexe Aufgabe ergibt, die sich einmal aus Teilaufgaben für die linke und rechte Hand und zudem in jedem Notensystem wiederum aus vielen Teilaufgaben (einzelne Noten) zusammensetzt (hohe „element interactivity“²⁶⁵). Jede Note muss erfasst werden, in einen Griff am Klavier übersetzt und zwischengespeichert werden. Anschließend erfolgt die motorische Ausführung des Griffes bzw. des Tastendrucks. Gerade die Tatsache, dass Klaviernoten aus getrennten Notensystemen für beide Hände bestehen und oftmals mehrere Noten gleichzeitig gespielt werden müssen, stellt besondere Schwierigkeiten im Gegensatz zu anderen Instrumenten dar.²⁶⁶

²⁶⁴ vgl. Becker-Carus & Wendt, 2017; Betsch, Funke & Plessner, 2011

²⁶⁵ Zander, 2010, S. 8–9

²⁶⁶ Sloboda, 1986, S. 78

Unter Berücksichtigung der Definitionen von diskreten und seriellen Bewegungen nach Schmidt und Lee, Lehmann und Oerter sowie Salvucci ist davon auszugehen, dass das Klavierspiel als serielle Bewegung gilt, da jede Note als eigene diskrete Wahlreaktionsaufgabe mit gleichzeitiger oder aufeinanderfolgender Abfolge zu sehen ist, auf welche eine Bewegung mit sehr kurzer Dauer, mit klarem Anfang und Ende (sobald die Taste bis zum Anschlag gedrückt ist) folgt.²⁶⁷

Die Unterscheidung, ob nun gleichzeitige oder aufeinanderfolgende diskrete (serielle) Aufgaben vorliegen, kann an Notenbeispielen²⁶⁸ veranschaulicht werden. Das erste Beispiel²⁶⁹ zeigt Noten zuerst für die rechte Hand und anschließend für die linke Hand, wodurch niemals zwei Noten gleichzeitig zu spielen sind (diskrete, aufeinanderfolgende Aufgaben). Im zweiten Notenbeispiel²⁷⁰ hingegen sind Noten für beide Hände, in getrennten Notensystemen, gleichzeitig vorgegeben, wodurch ein gleichzeitiges Ausführen/Spielen (diskrete, gleichzeitige Aufgaben) notwendig ist. Weitere musikalische Zeichen wie z.B. Pausen, Dynamikangaben, Fingersätze sind für diese Studie nicht relevant und wurden im Notentext auch nicht bereinigt.

²⁶⁷ Lehmann & Oerter, 2008, S. 111–112; Salvucci, 2005, S. 458–459; Schmidt & Lee, 2011, S. 21–22

²⁶⁸ Aus urheberrechtlichen Gründen wird auf den Abdruck der Notenbeispiele verzichtet. Eine Kontaktaufnahme zur Abdruckgenehmigung mit der ABRSM blieb erfolglos.

²⁶⁹ Associated Board of the Royal Schools of Music (Great Britain), 2008a, S. 2

²⁷⁰ Associated Board of the Royal Schools of Music (Great Britain), 2008b, S. 7

3 Empirie

Dieses Kapitel beleuchtet die methodologischen Grundlagen und das Vorgehen zur Untersuchung und Beantwortung der Forschungsfragen. Die Komplexität der Forschungsfragen, die Heterogenität der erhobenen Daten und die Entwicklung neuer Methoden zur Datenaufbereitung und -analyse erforderten einen hohen Zeitaufwand.

Diese Studie verfolgt einen explorativen Ansatz, welcher angelehnt ist an die explorative Datenanalyse nach John Tukey²⁷¹.

Die explorative Datenanalyse dient unter anderem dazu, auch aus kleinen Datensätzen bzw. Stichproben einen konkreten Modellvorschlag zu formulieren, der dann in einer größer angelegten Studie überprüfbar ist.

Dazu werden in dieser Studie Variablen generiert, aus denen mit Hilfe theoretischer Vorüberlegungen ein vorläufiger Modellvorschlag (siehe Kapitel 3.6) entwickelt wird, der mittels Berechnung der Korrelationen vorab überprüft wird. Aufgrund des sehr kleinen Datensatzes entsteht dadurch kein etabliertes Modell, aber ein Modellvorschlag, welcher in Folge mit einer größeren Stichprobe überprüfbar ist.

Aus den in Kapitel 3.1 formulierten Forschungsfragen lassen sich mehrere ungerichtete Zusammenhangshypothesen ableiten (siehe Kapitel 3.2). Diese Hypothesen stellen vorläufige Annahmen über die Beziehungen zwischen den untersuchten Variablen dar. Die zur Überprüfung der Zusammenhänge entwickelten und verwendeten Erhebungsinstrumente werden in Kapitel 3.3 erläutert. Darauf folgen in den Kapiteln 3.4 bis 3.5 die Datenaufbereitung und die Datenanalyse. In Kapitel 3.6 wird explorativ ein vorläufiges grafisches Modell der Zusammenhänge zwischen den untersuchten Variablen unter Berücksichtigung der theoretischen und der empirischen Befunde hergeleitet. Die Ergebnisse der Datenanalyse werden in Kapitel 4 ausführlich dargestellt.

3.1 Forschungsfragen

Vom-Blatt-Spiel am Klavier stellt eine komplexe kognitive Handlung dar, die für diese Studie als Hauptaufgabe mit zahlreichen Teilaufgaben definiert wurde (vgl. Kapitel 2.3). Anders gesagt: Die Hauptaufgabe dieser Studie besteht aus einer Vielzahl von miteinander in Beziehung stehenden Teilaufgaben (hohe „element interactivity“²⁷²), die

²⁷¹ Tukey, 1962

²⁷² Zander, 2010, S. 8–9

gleichzeitig koordiniert und ausgeführt werden müssen (siehe Kapitel 2.3). Mit zunehmender Schwierigkeit der Vom-Blatt-Spielstücke steigt auch die Anzahl und Komplexität der Teilaufgaben (hier: Anzahl der Noten), die die Versuchsperson bewältigen muss. Damit müssen die Verarbeitung mehrerer Informationsquellen und die Ausführung motorischer Handlungen parallel ablaufen, was die Frage aufwirft, ob dies zu einer erhöhten kognitiven Belastung (siehe Kapitel 2.2) beim Vom Blatt-Spiel am Klavier führt.

Schwierigere Aufgaben stellen im Allgemeinen höhere kognitive Anforderungen an die Versuchspersonen und führen somit zu einer höheren kognitiven Belastung (siehe Kapitel 2.2 und 2.3). Dies wiederum kann zu einer stärkeren Beeinträchtigung der Leistung führen²⁷³, insbesondere bei unerfahrenen Spielern. Daher stellt sich die Frage, ob die Aufgabenschwierigkeit den Zusammenhang zwischen kognitiver Belastung und Leistung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier moderiert (siehe Kapitel 2.2).

Es stellt sich zudem die Frage, ob die Leistung der Versuchspersonen im Vom-Blatt-Spiel am Klavier mit zunehmender kognitiver Belastung tendenziell abnimmt. Eine Begründung für diese Frage ist, dass im Allgemeinen die begrenzten kognitiven Ressourcen der Menschen mit steigender Komplexität der Aufgaben an ihre Kapazitätsgrenzen stoßen können (siehe Kapitel 2.2). Überschreitet die kognitive Belastung die Kapazitätsgrenzen der Versuchsperson, kann es zu einem sogenannten „Overload“ kommen, welcher mit einem abrupten Leistungsabfall oder sogar einem Abbruch der Aufgabenbearbeitung verbunden ist.²⁷⁴ Die kognitive Belastung scheint ein zentraler Faktor zu sein, der die Leistung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier beeinflusst.

Außerdem wäre zu prüfen, ob die Erfahrung der Versuchspersonen (Novizen, Fortgeschrittene, Experten) den Zusammenhang zwischen kognitiver Belastung und Leistung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier moderiert. Spielerfahrene Personen verfügen über ein größeres Repertoire an spieltechnischen Fertigkeiten und über mehr Strategien zur Bewältigung komplexer Vom-Blatt-Spielaufgaben (siehe Kapitel 2.1 und 2.1.1). Daher ist es wahrscheinlich, dass bei ihnen mit steigender Aufgabenschwierigkeit

²⁷³ Zhou, 2016, S. 4

²⁷⁴ vgl. Zhou, 2016, S. 3–12

weniger kognitive Belastung entsteht und damit ihre Leistung weniger stark beeinträchtigt wird als bei unerfahrenen Spielern.

Daraus lässt sich eine primäre Forschungsfrage ableiten:

Inwiefern beeinflusst die kognitive Belastung die Leistung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier?

Vor dem Hintergrund der theoretischen Vorüberlegungen verdienen drei weitere Aspekte besondere Aufmerksamkeit:

- Inwieweit kommt dem Vorauslesen beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier eine vermittelnde Rolle zu (siehe Kapitel 2.1 und 2.1.2)?
- Inwieweit beeinflusst die Erfahrung (Novizen, Fortgeschrittene, Experten) die kognitive Belastung und die resultierende Leistung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier?
- Inwieweit beeinflusst die Aufgabenschwierigkeit die kognitive Belastung und die resultierende Leistung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier?

3.2 Versuchsdesign und Stichprobe

Basierend auf den Forschungsfragen für diese Studie (vgl. Kapitel 3.1) lassen sich vorläufig folgende drei ungerichtete Zusammenhangshypothesen ableiten:

- Zusammenhänge zwischen der kognitiven Belastung und der Spielleistung
- Zusammenhänge zwischen der Erfahrungheit und der Spielleistung
- Zusammenhänge zwischen der Erfahrungheit und der kognitiven Belastung

Aufgrund der Klassifizierung des Vorauslesens als Einflussgröße auf die Leistung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier²⁷⁵ und des Einflusses der „Selbstwirksamkeit“ (hier: „Selbsteinschätzung“; vgl. Kapitel 3.3.1) auf die Leistung und die Motivation²⁷⁶ rücken weitere drei Zusammenhänge in den Fokus:

- Zusammenhänge zwischen der kognitiven Belastung und dem Vorauslesen
- Zusammenhänge zwischen der Erfahrungheit und dem Vorauslesen
- Zusammenhänge zwischen der Selbsteinschätzung und der Spielleistung

Hinsichtlich des Einflusses der Aufgabenschwierigkeit auf die Leistung²⁷⁷ lässt sich ein weiterer relevanter Zusammenhang feststellen:

- Zusammenhänge zwischen der Aufgabenschwierigkeit und der Spielleistung

Im Verlauf ergeben sich theoriegeleitet und empirisch gestützt noch weitere ungerichtete Zusammenhangshypothesen, welche in Kapitel 3.6 und 4.2 dargelegt und überprüft werden.

Um die möglichen Zusammenhänge in dieser Studie überprüfen zu können, wurde folgendes Versuchsdesign entwickelt:

Den Kern dieser Studie bildet ein Eyetracking-Experiment, welches im Medienlabor der Universität Augsburg in einem abgeschlossenen Laborraum mit gleichbleibenden Lichtverhältnissen durchgeführt wurde. In diesem Experiment geht es darum, beobachtbares und messbares Verhalten der Testteilnehmenden im Hinblick auf die

²⁷⁵ Kopiez, 2002, S. 522

²⁷⁶ Egger, 2015, S. 44

²⁷⁷ Zhou, 2016, S. 4

bereits erläuterten Forschungsfragen während des Vom-Blatt-Spiels am Klavier zu dokumentieren. Der Fokus liegt in Bezug auf die kognitive Belastung vor allem auf den physiologischen Daten „Pupillendurchmesser“ und „Fixationsdauer“ (vgl. Kapitel 2.2.1). Weitere Daten zur Bewertung der Leistung und des Vorauslesens werden in Form von Videoaufnahmen sowie Midi- und Tonaufnahmen erhoben.

Neben den im Experiment erhobenen Daten werden mittels eines Fragebogens ergänzende Informationen zu den Versuchspersonen und ihrer Erfahrung im Klavierspiel und Vom-Blatt-Spiel am Klavier gesammelt. Zusätzlich wird um eine Selbsteinschätzung der eigenen Fähigkeiten und der Herausforderungen im Vom-Blatt-Spiel am Klavier gebeten.

Zur Akquise von Testteilnehmenden für die Studie wurden gezielt bestimmte Personengruppen am Lehrstuhl für Musikpädagogik an der Universität Augsburg angesprochen und um freiwillige Teilnahme gebeten. Darunter fielen Teilnehmende von Studienveranstaltungen für das Schulpraktische Klavierspiel im Didaktikfach, Praxis der Populären Musik, Didaktik der Populären Musik sowie Studierende des Hauptfaches mit Hauptinstrument Klavier. Des Weiteren wurden hauptamtliche Dozenten, Lehrbeauftragte und Professoren der Lehrstühle für Musikpädagogik und Musikwissenschaft an der Universität Augsburg um eine Teilnahme gebeten. Zwei der Teilnehmenden gelten als ausgewiesene Experten im Bereich Klavierbegleitung und Korrepetition mit großer Erfahrung im Vom-Blatt-Spiel am Klavier. Insgesamt konnten 15 Versuchspersonen ($N = 15$) mit unterschiedlichster Expertise beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier für die Studie gewonnen werden. Die Expertise der Teilnehmenden verteilt sich sehr homogen von rudimentären Fähigkeiten am Klavier und beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier (Novizen) bis hin zu sehr ausgeprägten Fähigkeiten am Klavier und beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier (Experten) (vgl. Fragebogen). Zehn der Teilnehmenden waren weiblich, fünf männlich und alle im Alter von 21 bis 61 Jahren.

Für mehrere kurze Pretests wurden Studierende vom Lehrstuhl Musikpädagogik an der Universität Augsburg um Mithilfe zur Entwicklung und Erprobung des Versuchsaufbaus gebeten.

3.3 Erhebungsinstrumente

Dieses Kapitel beschreibt die in der Studie verwendeten Datenerhebungsinstrumente (Fragebogen und Experiment) und das entwickelte Bewertungssystem.

3.3.1 Fragebogen

Zur Erfassung demografischer Daten wurde ein quantitativer, vollstandardisierter²⁷⁸ schriftlicher Fragebogen (siehe Anhang A) erstellt. Dieser Fragebogen umfasst eine kurze Einleitung, welche als Information zur Studie und zur Anonymität der erhobenen Daten dient, und anschließend insgesamt 10 Fragen, welche im Folgenden erläutert werden. Der Fragebogen wurde von den Testpersonen vor der Durchführung des Experiments ausgefüllt. Die Ziele des Fragebogens sind es, Informationen über die musikalische und instrumentale Erfahrung vor allem im Bereich des Vom-Blatt-Spiels am Klavier sowie eine Selbsteinschätzung der Versuchspersonen in Bezug auf die eigenen Fähigkeiten und die Herausforderungen beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier zu erhalten, um Rückschlüsse auf die Selbstwirksamkeit ziehen zu können. In Folge wird diese Erfahrung und die daraus resultierende Einteilung der Versuchspersonen in Leistungsgruppen für die Analyse und Bewertung der Leistung von Bedeutung (vgl. Kapitel 3.3.3.1) für diese Arbeit sein.

1. Codierung des Namens der Testperson (Pseudonymisierung)
Der Code besteht aus: letzter Buchstabe des Geburtsmonats, zweiter Buchstabe des Vornamens der Mutter, ersten beiden Buchstaben des Geburtsorts, letzte Ziffer des Geburtsjahres
2. Alter der Testperson in Jahren und Monaten
3. Abfrage, ob die Testperson Instrumentalunterricht am Klavier erhalten hat, zusätzlich die Dauer des Klavierunterrichts in Jahren und Monaten und das Alter, in welchem mit dem Klavierunterricht begonnen wurde
4. Abfrage, ob die Testperson in einem anderen Instrument Unterricht erhalten hat, zusätzlich die Dauer des Unterrichts in Jahren und Monaten und das Alter, in welchem mit dem Unterricht begonnen wurde
5. Durchschnittliche Spielzeit in Stunden an einem Tasteninstrument pro Woche, aufgeteilt in: nach Noten; ohne Noten; vom Blatt

²⁷⁸ vgl. Döring & Bortz, 2016

6. Auswahl einer am besten auf die Testperson zutreffenden Aussage:
 - Beim Klavierspielen spiele ich lieber mit Noten als ohne Noten.
 - Beim Klavierspielen spiele ich lieber ohne Noten als mit Noten.
 - Beim Klavierspielen spiele ich gleich gerne mit und ohne Noten.
7. Auswahl auf einer vierstufigen Skala (sehr gerne, gerne, weniger gerne, überhaupt nicht gerne): Auf dem Klavier vom Blatt zu spielen mag ich ...
8. Abfrage, ob die Testperson ein Musikstudium durchlaufen hat oder derzeit Musik studiert
 Bei Auswahl „Ja“ stehen zur Auswahl: Kirchenmusik, Cembalo, Klavier, Orgel, Instrumental- und Gesangspädagogik, Lehramt Gymnasium (Doppelfach), Lehramt Gymnasium (mit wissenschaftlichem Beifach), Unterrichtsfach Musik (Grund-, Mittel-, Realschule), Didaktikfach Musik. Eine Testperson hat dies noch um den Punkt Komposition/Musiktheorie ergänzt.
 Bei allen zur Auswahl stehenden Studienfächern gilt es, die Semesterzahl sowie den erfolgten Studienabschluss anzugeben.
9. Selbsteinschätzung der Testpersonen nach ihren Fähigkeiten im Vom-Blatt-Spiel am Klavier
 Hierbei steht eine 10-stufige Skala zur Verfügung (1 = keine Fähigkeiten; 10 = sehr ausgeprägte Fähigkeiten).
10. Selbsteinschätzung der Testpersonen nach der Herausforderung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier
 Hierbei steht eine 10-stufige Skala zur Verfügung (1 = keine Herausforderung; 10 = sehr große Herausforderung).

Die Fragen des Fragebogens lassen sich in fünf Kategorien einteilen. Die erste Kategorie umfasst die demografischen Daten der Testperson (Name/Code, Alter: Frage 1-2). Die zweite Kategorie erfragt den erhaltenen Instrumentalunterricht am Klavier und anderen Instrumenten sowie die Spielzeit/Übezeit am Klavier pro Woche (Frage 3-5). Die dritte Kategorie umfasst Aussagen zu Übe- und Spielpräferenzen in Bezug auf Klavierspielen mit Noten, ohne Noten oder Vom-Blatt (Frage 6-7). In der vierten Kategorie geben die Testpersonen Auskunft über ihr etwaig absolviertes Musikstudium (Frage 8). In der fünften Kategorie schätzen sich die Testpersonen selbst nach Fähigkeiten und Herausforderung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier ein (Frage 9-10).

3.3.2 Experiment

Um geeignete Messwerte und Daten zur Beantwortung der in 3.1 und 3.2 vorgestellten Forschungsfragen und Zusammenhänge zu erhalten, wurde ein Experiment geplant und im Medienlabor an der Universität Augsburg durchgeführt. Dies dient im Detail der Erhebung und Dokumentation von Augenbewegungen, Augenmesswerten (physiologischen Daten: Pupillendurchmesser und Fixationsdauer²⁷⁹ vgl. Kapitel 2.2.1) und Leistung der Testteilnehmenden beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier. Hierzu stand Kameraequipment, Tonaufnahmeequipment und ein monitorbasierter Eyetracker der Firma Tobii (Tobii Pro Spectrum) vom Medienlabor der Universität Augsburg zur Verfügung. Des Weiteren konnte dort ein separater Laborraum für die Studie strukturiert und eingerichtet werden, sodass dieser nur für diese Studie genutzt wurde und alle Testteilnehmenden identische Bedingungen vorfinden konnten.

Vom Lehrstuhl für Musikpädagogik Augsburg stand zudem ein E-Piano der Marke Roland (FP-7) mit entsprechender Hardware zur Verfügung. Zur Aufnahme von Ton und Mididaten wurde die Software Logic Pro X auf einem Macbook Pro 2018 in Verbindung mit einem Midi-Audiointerface der Marke Behringer (U-Phoria UMC404HD) genutzt.

Zur Erarbeitung eines stabil funktionierenden Systems wurden im Vorfeld mehrere Pretests mit Studierenden des Lehrstuhls für Musikpädagogik an der Universität Augsburg durchgeführt.

Vor Beginn der Erhebungen (Pretests und Haupttest) wurde, in Absprache und unter Mithilfe des Datenschutzbeauftragten der Universität Augsburg (Prof. Dr. Ulrich M. Gassner), ein Datenschutzkonzept entwickelt. Hierbei gab es zu beachten, dass sowohl demografische Daten im Fragebogen wie auch Eyetracker-, Audio- und Videoaufnahmen (mehrperspektivisch) angefertigt und verarbeitet werden. Des Weiteren wurden die Dauer und die Art der Speicherung der personenbezogenen Daten festgelegt und allen Versuchspersonen mitgeteilt.

Alle Versuchspersonen wurden vor der Datenerhebung genauestens informiert, welche Art von Daten erhoben sowie verarbeitet werden und gebeten, die schriftlich angefertigten Datenschutzhinweise zu lesen und diesen per Unterschrift zuzustimmen.

²⁷⁹ Chitalkina et al., 2021; Hadley et al., 2018; Meghanathan et al., 2015; Pomerleau-Turcotte et al., 2021; Szulewski et al., 2017

3.3.2.1 Notenmaterial

Bei der Suche geeigneter Musikstücke zum Vom-Blatt-Spiel am Klavier fiel das Augenmerk auf das Lehrmaterial der Associated Board of the Royal Schools of Music²⁸⁰ (ABRSM). Im Vom-Blatt-Spiel am Klavier, wird in 8 Levels (Grade 1-8) ein Ausbildungs- und Prüfsystem durchlaufen. Nach Absolvieren eines Levels wird dieses mit einem Test abgeschlossen. Ergänzendes Ausbildungs- und Prüfmaterial zur Vorbereitung und Ergänzung wird von der ABRSM veröffentlicht. So sind auch mögliche Prüfungsstücke für jedes der acht Level zur Vorbereitung im Fach „Piano: *Specimen sight-reading tests*“ (Grade 1-8) erhältlich.

Da es speziell für Forschungszwecke kein Notenmaterial für das Vom-Blatt-Spiel am Klavier mit validierten Schwierigkeitsstufen gibt und es nicht Ziel dieser Studie war, geeignetes Notenmaterial für Forschungszwecke zu generieren, wurde das genannte achtstufige Lehrmaterial ABRSM für Vom-Blatt-Spiel am Klavier für diese Studie herangezogen. Die unterschiedlichen Schwierigkeitsstufen (Levels) der ABRSM werden ohne weitere Überprüfung dieser übernommen.

Aus jeder der acht Schwierigkeitsstufen wurde jeweils ein Stück ausgewählt. Dabei wurde möglichst auf verschiedene Tempi, Taktarten, möglichst umfassende Spielanforderungen bzw. Spielweisen z.B. Alberti-Bass, Mehrklänge, Punktierungen, Triolen und verschiedene Notenwerte geachtet.²⁸¹ Zudem enthalten die gewählten Stücke besondere Schwierigkeiten beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier wie Notenschlüsseländerung und -wechsel in den verschiedenen Notensystemen, kleine Notenwerte und auch Gegenbewegungen (vgl. Kapitel 2.1.2).²⁸² Ein wichtiges Kriterium bei der Auswahl der einzelnen Stücke aus den verschiedenen Schwierigkeitsstufen war vor allem die Tonanzahl und die Länge der Stücke, sodass sich beides mit ansteigender Schwierigkeit erhöht.

Weitere musikalische Zeichen und Spielanweisungen wie Pausen, Dynamik, Artikulation, Agogik sowie Fingersätze sind nicht relevant, da sich diese Studie nur mit der Wahrnehmung und Umsetzung von Noten (definierte Aufgabe für diese Studie; vgl.

²⁸⁰ <https://de.abrsm.org/en/about-us/> zuletzt abgerufen am: 26.06.2024, 10.13 Uhr

²⁸¹ Vier der gewählten Levels stehen in der Tonart G-Moll, wobei drei dieser Levels (2, 3, 4) in der Datenerhebung aufeinanderfolgen. Wie die Bewertungen (Tabelle 20 und digitaler Anhang) gezeigt haben, konnte kein Wiederholungseffekt bzw. Lerneffekt aufgrund der gleichen Tonarten beobachtet werden.

²⁸² Lehmann, 1993, S. 487

Kapitel 2.3) befasst. Diese wurden im Notenmaterial nicht bereinigt und in der anschließenden Auswertung weder positiv noch negativ bewertet.

Für alle gewählten Levels wurden vom Versuchsleiter im Vorfeld die Tempobezeichnungen der ABRSM in exakte Tempi in Bpm (s.u.) übersetzt:

Level 1 – March: 60 Bpm (Viertel)

Level 2 – Andante: 80 Bpm (Viertel)

Level 3 und 4 – Moderato: 120 Bpm (Viertel)

Level 5 – Andantino: 70 Bpm (Viertel)

Level 6 – Moderato, cantabile: 80 Bpm (Viertel)

Level 7 – Moderato ritimico: 120 Bpm (Viertel)

Level 8 – Andante Dolce: 120 Bpm (Achtel)

Im Folgenden werden die ausgewählten Spielstücke der acht Levels kurz vorgestellt.²⁸³ Hierbei handelt es sich keinesfalls um eine vollständige musikalische Analyse, sondern nur um eine Beschreibung der Struktur und der Schwierigkeiten der Stücke und der für die Studie wichtigsten musikalischen Elemente.

- 1) Das Beispiel aus „Level 1“²⁸⁴ steht in der Tonart C-Dur als 4/4-Takt und besteht aus vier Takten. Die geringe Schwierigkeit zeigt sich vor allem im Tonumfang (Fünftonraum) und dem einhändigen Spiel. Dabei muss zuerst die rechte Hand zwei Takte aus halben Noten, Viertel- und Achtelnoten und anschließend die linke Hand zwei Takte im rhythmischen Äquivalent zu den ersten beiden Takten spielen. Somit spielen in diesem Level niemals beide Hände gleichzeitig.

Tonanzahl: L (linke Hand) = 8, R (rechte Hand) = 7

- 2) Ab „Level 2“ spielen beide Hände gleichzeitig. Das gewählte Stück aus „Level 2“²⁸⁵ steht in der Tonart G-Moll im 3/4-Takt. Es beschreibt wiederum vier Takte, welche wie in Level 1 aus halben Noten, Viertel- und Achtelnoten, allerdings auch aus zwei punktierten Notenwerten, bestehen. Auch in diesem

²⁸³ Aus urheberrechtlichen Gründen wird auf den Abdruck der Notenbeispiele verzichtet. Eine Kontaktaufnahme zur Abdruckgenehmigung mit der ABRSM blieb erfolglos.

²⁸⁴ Associated Board of the Royal Schools of Music (Great Britain), 2008a, S. 2

²⁸⁵ Associated Board of the Royal Schools of Music (Great Britain), 2008b, S. 7

Level ist Takt 2 eine rhythmische Imitation des ersten Taktes. Es handelt sich jeweils um Einzelnoten, keine Akkorde.

Auffällig und kritisch zu sehen ist die deutliche Schwierigkeitssteigerung zum ersten Level. Der Tonvorrat besteht zwar wie „Level 1“ aus fünf Tönen, jedoch hat die linke Hand bereits Motive (Takt 2) statt z.B. Grundtönen zu spielen.

Tonanzahl: L=11, R=11

- 3) Das Beispiel aus „Level 3“²⁸⁶, welches in der Tonart G-Moll steht und aus vier Takten im 4/4-Takt besteht, startet und endet jeweils mit einem Zweiklang (Akkord) in der rechten Hand. Es besteht, wie „Level 2“, aus halben Noten, Viertel- und Achtelnoten sowie verschiedenen punktierten Notenwerten. Eine deutliche Steigerung der Schwierigkeit im Vergleich zu den Levels 1 und 2 besteht vor allem darin, dass der Tonvorrat den Fünftonraum verlässt. Weitere Schwierigkeitssteigerungen werden zum einen erreicht durch Versetzungszeichen im Notentext, zum anderen durch zwei Zweiklänge (Takt 1 und 4) in der rechten Hand.

Tonanzahl: L=13, R=15

- 4) Das Beispiel aus „Level 4“²⁸⁷ steht wieder in der Tonart G-Moll (harmonisch: mit erhöhter 7. Stufe) als 3/4 Takt. Im Gegensatz zu den vorherigen Levels ist dieses doppelt so lang (8 statt 4 Takte) und startet mit einem Auftakt aus zwei Achtelnoten in der rechten und einer Viertelnote in der linken Hand. Auch in diesem Level sind Versetzungszeichen im Notentext vorhanden. Es besteht, wie Level 2 und 3, aus halben Noten, Viertel- und Achtelnoten sowie verschiedenen punktierten Notenwerten. Eine Schwierigkeit ist unter anderem eine Überbindung (Takt 5-6) in der linken Hand sowie ein Zweiklang (Takt 8). Auf den ersten Blick ist dieses Level ähnlich zum Beispiel aus „Level 2“, jedoch durch die gesteigerte Anzahl an Takten und Tönen (in beiden Händen) und ein höheres Spieltempo (120 Bpm) deutlich schwieriger zu spielen.

Tonanzahl: L=17, R=17

²⁸⁶ Associated Board of the Royal Schools of Music (Great Britain), 2008c, S. 11

²⁸⁷ Associated Board of the Royal Schools of Music (Great Britain), 2008d, S. 3

5) Das Beispiel aus „Level 5“²⁸⁸ beginnt mit einem Auftakt aus zwei Achtelnoten in der rechten Hand und steht im 3/4 Takt in der Tonart G-Moll (harmonisch: mit erhöhter 7. Stufe). Auch dieses Level besteht aus halben Noten, Viertel- und Achtelnoten sowie verschiedenen punktierten Notenwerten. Besonders die deutlich höhere Tondichte in beiden Händen, der größere Tonumfang in beiden Händen, die höhere Anzahl an Versetzungszeichen (Takte: 2, 6, 7, 8, 10) und Pausen sowie drei Überbindungen (Takte: 3-4, 5-6, 11-12) heben dieses Level in Bezug auf die Schwierigkeit von den vorherigen ab.

Tonanzahl: L=31, R=37

6) Das Beispiel aus „Level 6“²⁸⁹ steht in der Tonart As-Dur und Taktart 4/4. Auch hier erhöht sich zu den vorherigen Levels nochmals die Tondichte in beiden Händen (viele kleine Notenwerte: vgl. Kapitel 2.1.2). Auffallend ist vor allem das Muster der linken Hand in den ersten vier Takten (Alberti Bass), welches sich von Takt zu Takt ändert, wobei die Takte 1 und 3 gleich sind. Auch dieses Level besteht aus halben Noten, Viertel- und Achtelnoten sowie verschiedenen punktierten Notenwerten. Zusätzlich erhöht sich die Schwierigkeit zu den vorherigen Notenbeispielen durch eine Triole in der rechten Hand im letzten Takt, ein Versetzungszeichen in Takt 6, eine Wiederholung des Vorzeichens „b“ in Takt 7 sowie drei aufeinanderfolgende Zweiklänge in der linken Hand (Takt 8).

Tonanzahl: L=50, R=41

7) Das gewählte Beispiel aus „Level 7“²⁹⁰ im 4/4 Takt steht in der Tonart C-Moll (mit Passagen aus harmonisch und melodisch Moll) und mit einem Auftakt aus zwei Achtelnoten in der rechten sowie einer Viertelnote in der linken Hand. Es besteht aus halben Noten, Viertel- und Achtelnoten sowie verschiedenen punktierten Notenwerten. In Bezug auf die Schwierigkeit hebt es sich allerdings durch eine deutlich höhere Taktanzahl (16 Takte) sowie einer, im Vergleich zum Beispiel aus „Level 6“, mehr als verdoppelten Tonanzahl in der rechten Hand nochmals von allen vorangehenden Levels ab. Zusätzlich erhöht sich der

²⁸⁸ Associated Board of the Royal Schools of Music (Great Britain), 2008e, S. 12

²⁸⁹ Associated Board of the Royal Schools of Music (Great Britain), 2008f, S. 21

²⁹⁰ Associated Board of the Royal Schools of Music (Great Britain), 2008g, S. 13

Schwierigkeitsgrad dieses Level durch einige Triolen (Takte: 2, 4, 7, 10, 12, 13, 14, 15), etliche Versetzungszeichen und Zweiklänge (große Sekunde bis große Sexte) über alle Takte sowie vor allem in der linken Hand viele Oktavsprünge mit teilweise bis zu drei Hilfslinien (vgl. Kapitel 2.1.2), wobei im letzten Takt sogar ein C1 (C-8va) zu spielen ist. In den Takten 5 bis 8 spielt die linke Hand eine lineare tonleiterähnliche Sequenz auf- und abwärts.

Tonanzahl: L=63, R=110

- 8) Das Beispiel aus „Level 8“²⁹¹ und von der ABRSM als schwierigstes Level klassifizierte steht in der Tonart D-Dur im 6/8 Takt. Auch bei diesem Beispiel gibt es bei der Anzahl der Töne in der rechten Hand fast eine Verdopplung im Vergleich zu Level 7. Es besteht aus halben Noten, Viertel-, Achtel- und Sechzehntelnoten sowie verschiedenen punktierten Notenwerten. Schwierigkeiten sind vor allem zu finden in den wiederkehrenden Sechzehntel-Sequenzen, welche zuerst von der linken Hand (Takte 1-4) zu spielen sind und danach von der rechten Hand (Takte 5-8) übernommen werden. Hierbei ändert sich die Sequenz jeweils halbtaktig (Takte 1-4), wobei die Takte jeweils tonal gleich aufgebaut sind. Ab Takt 5 ändert sich jedoch dieses Muster und in Takt 7 und 8 verwandelt es sich in eine tonleiterähnliche Linie abwärts. Wie das Beispiel aus „Level 7“ besticht auch dieses Level durch etliche Zweiklänge (große Sekunde bis kleine Septime) und Versetzungszeichen (v.a. Takte: 6-8). Der häufige Wechsel zwischen verschiedenen Notenwerten sowie wechselnde Notenschlüssel in der rechten (Bassschlüssel Takte 9-10) und linken Hand (Violinschlüssel Takt 12) (vgl. Kapitel 2.1.2) ergeben nochmals eine Steigerung der Schwierigkeit zum vorangehenden Level.

Tonanzahl: L=109, R=104

²⁹¹ Associated Board of the Royal Schools of Music (Great Britain), 2008h, S. 8

3.3.2.2 Pretest

Im Vorfeld des Experiments wurden an mehreren Tagen verschiedene Pretests durchgeführt, um einen möglichen Aufbau auf Praktikabilität und Funktionalität prüfen zu können. Hierzu wurden Studierende am Lehrstuhl für Musikpädagogik an der Universität Augsburg um Mithilfe im zeitlichen Rahmen von etwa einer halben Stunde gebeten. Vier Studierende des Lehrstuhls erklärten sich bereit, mehrmals an verschiedenen Pretests zur Verfügung zu stehen.

Pretest 1:

In einem ersten Pretest wurde der Versuch unternommen, die Augenbewegungen mit einer Eyetrackerbrille (Tobii Pro Glasses 2) aufzunehmen. Dazu wurde ein E-Piano (Korg SP-208) im Laborraum aufgebaut. Die Pretest-Teilnehmenden konnten, wie im Haupttest, ihre bevorzugte Sitzhöhe exakt einstellen. Das Notenblatt lag in gedruckter Ausführung auf dem Notenpult des E-Pianos. Die Mididaten und der Ton des E-Pianos wurden, wie im Haupttest, via Audio-/Midi-Interface am Macbook Pro (2018) mit Logic in separaten Spuren aufgenommen. Die Testteilnehmenden erhielten vor jedem Spielversuch ein Spieltempo per Metronom vorgegeben. Die Videoaufnahme der Hände erfolgte durch eine Kamera (Panasonic AW-HE40 Domecam) links oberhalb der Testteilnehmenden.

Es stellte sich schon während der Aufnahmen heraus, dass die Auflösung der Eyetrackerbrille zum Erfassen von einzelnen Noten, wie es für diese Studie notwendig ist, nicht ausreichend war.

Pretest 2:

Im zweiten Versuch der Pretestphase wurde der gleiche Aufbau wie in Pretest 1 übernommen, jedoch wurde bereits der monitorbasierte Eyetracker des Haupttests verwendet, welcher auf einem höhenverstellbaren Tisch platziert wurde und auf welchem die Noten in digitaler Form angezeigt wurden. Zusätzlich wurde den Testteilnehmenden während des Klavierspiels die Eyetrackerbrille aus Pretest 1 aufgesetzt. Es stellte sich nach mehreren Versuchen heraus, dass bei gleichzeitiger Benutzung zweier Eyetracker keines der beiden Geräte funktionierte. Die Vermutung liegt nahe, dass sich die Frequenzen der beiden Geräte gegenseitig stören und somit keine Erfassung möglich ist.

Zudem fiel in diesem zweiten Pretest auf, dass die Videoaufnahme der Hände von schräg oben kein zufriedenstellendes Erkennen der Finger auf den Tasten zulässt. Zusätzlich wäre für die Auswertung eine Frontalaufnahme der Teilnehmenden von Vorteil.

Eine weitere Auffälligkeit war, dass die Bildqualität der gescannten Noten für ein exaktes Erfassen durch die Versuchspersonen noch nicht ausreichend war. Weiterhin müssen im nächsten Pretest bereits jeweils ein Stück jedes Spiellevels der ABRSM ausgewählt werden, sodass diese für den Haupttest getestet werden können.

Um eine Beeinflussung in der Spielleistung der Versuchspersonen durch einen ungewohnten Anschlag zu vermeiden, wird für den dritten Pretest zudem nach einem E-Piano gesucht, welches dem Anschlag eines akustischen Klaviers oder Flügels mit Hammermechanik ähnelt.

Pretest 3:

Im letzten Versuch vor dem Haupttest wurde der Aufbau aus Pretest 1 und 2 erweitert um eine Kamera (Panasonic AW-HE40 Domecam), welche eine Videoaufnahme der Testteilnehmenden frontal zulässt. Des Weiteren wurde die Kamera (Panasonic AW-HE40 Domecam) zur Videoaufnahme der Hände an einem Galgenstativ mit Gegengewicht (Marke Manfrotto) befestigt, wodurch die Kamera senkrecht mittig über den Testteilnehmenden (Vogelperspektive) platziert werden konnte. Das E-Piano (Korg SP-280) wurde gegen ein Roland FP-7 ausgetauscht, da dieses im Anschlag dem eines akustischen Klaviers oder Flügels mit Hammermechanik ähnelt.

Als Eyetracker kam hierbei nur mehr der monitorbasierte Eyetracker auf dem höhenverstellbaren Tisch zum Einsatz. Um die Qualität der gescannten Noten deutlich zu verbessern und Unschärfen zu beseitigen, wurden die ausgewählten Spiellevels (1-8) mit 600 dpi eingescannt und die Bildqualität am Computer nochmals nachbearbeitet. Zudem wurde darauf geachtet, dass weder Titel noch Tempobezeichnung der Stücke sichtbar war, da dies für die Studie unnötige Informationen sind und nur etwaige Ablenkung oder Verfälschung der Augenbewegungen zur Folge haben könnte. Die Präsentation der Stücke erfolgte in randomisierter Reihenfolge mit einer standardisierten verbalen Instruktion vor jedem Level: „Bitte spielen Sie die vorgegebenen Tonhöhen und Tondauern mit beiden Händen vom Blatt. Das ist das Tempo in ... (Notenwert)“; darauf folgt das Spieltempo per Metronomklick in Länge von zwei Takten.

Da eine Strategie zur Beibehaltung des Spieltempos ein Taktklopfen mit dem Fuß sein könnte, kam im Haupttest eine weitere Kamera unter dem Tisch zur Videoaufnahme (Frontal) der Füße zum Einsatz.

3.3.2.3 Versuchsaufbau

Das E-Piano (Roland FP-7) wurde wackelfrei auf einem Klaviertisch der Marke König & Meyer (K&M – 18950) platziert. Als Klavierhocker diente ein klassisches Modell mit leichtgängiger und weiträumiger Verstellmöglichkeit, sodass alle Testteilnehmenden ihre präferierte und gewohnte Sitzposition am Klavier exakt einstellen und einnehmen konnten. Die Montage des Eyetrackers inklusive des Monitors erfolgte direkt hinter dem Klavier auf einem höhenverstellbaren Tisch, wodurch die Höhe und Neigung exakt auf alle Testteilnehmenden einstellbar war. Der Monitor nahm somit genau die Position des Notenpults am E-Piano ein, sodass die Noten für alle Testteilnehmenden an gewohnter Stelle präsentiert wurden.

Zur Dokumentation von möglichen Bewegungen oder Strategien beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier kamen drei Kameras (2x Panasonic AW-HE40 Domecam; 1x Panasonic HC-VXF1 4K Camcorder) mit unterschiedlichen Perspektiven zum Einsatz. Diese umfassten eine Kamera unter dem Tisch des Eyetrackers (Frontalperspektive) zur Aufnahme möglicher Bewegungen oder Strategien der Füße (z.B. Taktklopfen), eine weitere über den Testteilnehmenden (Vogelperspektive) zur Aufnahme aller Finger-, Hand- und Armbewegungen und eine Kamera auf dem Tisch des Eyetrackers (Frontalperspektive) zur Aufnahme des Gesichts und der Augen, um mögliche Abweichungen vom Bild des Eyetrackers (z.B. Blick auf die Finger/Klaviatur) dokumentieren zu können.

Der Raumton sowie verbale Informationen wurden über ein Mikrofon auf dem Tisch des Eyetrackers aufgenommen. Die Ausgabe des Tons des E-Pianos erfolgte über die eingebauten Pianolautsprecher.

Zur idealen, schattenfreien sowie blendfreien Ausleuchtung des Laborraums wurden zwei Studiolichter vor und seitlich neben den Testteilnehmenden installiert. Zur Prävention ungewollter Veränderungen des Pupillendurchmessers infolge von Beleuchtungsmodifikationen blieb die Ausleuchtung des Laborraums über den gesamten Untersuchungszeitraum für alle Versuchspersonen konstant.

Zwei Stellwände trennten den Erhebungsbereich vom Aufnahme- und Technikbereich ab. In Zweitem befand sich bei allen Erhebungsterminen der Studienleiter sowie ein Mitarbeiter des Medienlabors der Universität Augsburg.

Über ein Midikabel am Midiausgang des E-Pianos wurde das Audiointerface angeschlossen, die Verbindung zum Macbook Pro lief über USB-C. Des Weiteren verband ein Klinkenausgang das Audiointerface mit dem E-Piano. Die Aufzeichnung der Mididaten und des Audiosignals in separaten Spuren realisierte die Software Logic Pro X.

Die folgenden Bilder (Abb. 7: Versuchsaufbau gesamt; Abb. 8: Versuchsaufbau Kamera 'Füße') stellen den Aufbau im Laborraum dar.



Abb. 7: Versuchsaufbau gesamt



Abb. 8: Versuchsaufbau Kamera 'Füße'

3.3.2.4 Durchführung der Datenerhebung

Um jeder Versuchsperson einen Zeitslot von 30 Minuten zuzuteilen, wurde vor Beginn der Haupt-Datenerhebung für drei Erhebungstermine ein genauer Zeitplan erstellt. Alle Teilnehmenden erhielten eine Information über die zu erhebenden Daten und anzufertigenden Aufnahmen. Die weiblichen Versuchspersonen wurden zudem darauf hingewiesen, keine Röcke zu tragen, da Videoaufnahmen der Füße unter dem Tisch angefertigt werden.

Nach Akzeptieren der Datenschutzbestimmungen und Beantwortung des Fragebogens (Dauer ca. 10-15 Minuten) bat der Versuchsleiter alle Versuchspersonen, auf dem Klavierhocker Platz zu nehmen und die individuell präferierte Höhe einzustellen. Der Studienleiter richtete mehrfach Fragen an die Versuchspersonen bezüglich ihres Befindens und potenzieller Veränderungswünsche.

Nach Abschluss aller Justierungen startete am Eyetracker der Kalibrierungsvorgang. Hierbei müssen die Augen einen Kreis verfolgen, der sich in die jeweiligen Ecken des Monitors sowie den Mittelpunkt bewegt. Der Kopf ist hierbei möglichst still zu halten. Diese Instruktionen erhielten alle Versuchspersonen im Vorfeld in gleicher Art.

Das Experiment startete nach erfolgreicher Kalibrierung. Die teilweise randomisierte Reihenfolge der Levels im Versuch ergab: 1, 3, 4, 2, 6, 5, 7, 8. Somit war gewährleistet, dass die Versuchspersonen das aktuell zu spielende Level nicht nachvollziehen konnten, um sicherzustellen, dass die Konzentration bis zum Schluss erhalten blieb. Des Weiteren wurden die schwersten Stücke an den Schluss gestellt, sodass keine Frustration bei

schwächeren Versuchspersonen aufkam. Alle Versuchspersonen mussten alle Spiellevel absolvieren, um eine mögliche Spielbarkeit eines schwierigen Levels oder einzelner Passagen in schwierigen Spiellevels feststellen zu können.

Vor jedem Level wurde die standardisierte Instruktion aus Pretest 3 eingespielt und das jeweilige Spieltempo bekanntgegeben: „Bitte spielen Sie die vorgegebenen Tonhöhen und Tondauern mit beiden Händen vom Blatt. Das ist das Tempo in ... (Notenwert)“; darauf folgte das Spieltempo per Metronom in Länge von zwei Takten. Während dieser Instruktion (ca. 19 Sekunden) wurde das jeweilige Stück bereits auf dem Monitor angezeigt, sodass sich die Versuchspersonen mit Tonart, Taktart oder möglichen schwierigen Stellen vertraut machen konnten (vgl. „scanning“²⁹² oder Präkonzepte²⁹³).

Die beiden zusätzlich Anwesenden (Studienleiter und Mitarbeiter des Medienlabors) überwachten während der Erhebung die verschiedenen Aufnahmegерäte. Hierbei wurde die Aufnahme von Ton und Midi vom Studienleiter und die Aufnahme von Eyetracker und Video von einem Mitarbeiter des Medienlabors beaufsichtigt.

Nach erfolgter Teilnahme am Experiment konnten sich alle Testteilnehmenden als kleines Dankeschön des Studienleiters an bereitgestellten Süßigkeiten bedienen.

²⁹² Lannert & Ullmann, 1945, S. 91-99

²⁹³ Wolf, 1976, S. 153

3.3.3 Aufbereitung der Daten zur Bewertung der Spielleistung

Um die erbrachte Leistung der Versuchspersonen im Experiment bewerten zu können und aus diesen Bewertungen Variablen für Berechnungen und Vergleiche generieren zu können, war zuerst eine Aufbereitung der erhobenen Daten und danach die Entwicklung eines Bewertungssystems notwendig. In der Literatur zum Vom-Blatt-Spiel am Klavier gibt es zwar ein Bewertungssystem zur Bewertung der Leistung²⁹⁴, dieses weist jedoch einige Kategorien auf, die sich einer präzisen Messung weitgehend entziehen und zudem für diese Studie irrelevant sind wie z.B. Ausdruck, Artikulation, Pedaleinsatz (siehe Kapitel 2.1.4). Aus diesem Grund wurde für diese Studie ein neues Bewertungssystem entwickelt, das durch die Messung präziser operationalisierter Aspekte eine Bewertung der Leistung im Vom-Blatt-Spiel am Klavier vorgenommen werden kann.

Zur weiteren Bearbeitung wurden zunächst die drei aufgenommenen Videoperspektiven (vgl. Kapitel 3.3.2.3), die exportierte Visualisierungsansicht des Eyetrackers sowie die Audioaufnahmen der Versuchspersonen einzeln gesichtet und auf Vollständigkeit überprüft. Anschließend wurden die vier Videoansichten (drei Videoperspektiven und die Visualisierungsansicht des Eyetrackers) als Vier-Felder-Split-Screen zusammengefügt und synchronisiert. Nach Synchronisation der Vier-Felder-Videoansicht mit der Audiospur entstand von jeder Versuchsperson ein einziges Video mit allen acht Spiellevels.

Im Bild links oben (Abb. 9: Vier-Felder-Splitscreen) ist das exportierte Bild der Eyetrackeraufnahme mit Kreisen zur Verfolgung der zeitlich mit dem Ton synchronen Blickbewegungen. Rechts oben (Abb. 9: Vier-Felder-Splitscreen) ist die Kameraaufnahme der Vogelperspektive auf die Hände der Versuchspersonen. Links unten (Abb. 9: Vier-Felder-Splitscreen) ist die Kameraaufnahme der Frontalperspektive auf das Gesicht der Versuchspersonen und rechts unten die Kameraaufnahme der Frontalperspektive auf die Füße der Versuchspersonen zu sehen (Abb. 9: Vier-Felder-Splitscreen).

²⁹⁴ vgl. Lemay, 2008



Abb. 9: Vier-Felder-Splitscreen

Um einen Überblick über die erhobenen Daten aus dem Fragebogen zu bekommen und mögliche statistische Berechnungen auch im Bereich der Expertise, welche voraussichtlich aber erst in Folgestudien von Relevanz sein werden, zu erstellen, wurden sämtliche Fragebogendaten erfasst.

Im ersten Schritt mussten die per Fragebogen erhobenen Daten codiert werden, sodass ein Datensatz entsteht, welcher zu statistischen Berechnungen eingesetzt werden kann.

Zur Codierung der im Fragebogen erfassten Daten wurde ein Codesystem entwickelt, mit welchem die Antworten aller Testteilnehmenden in einen Zahlenwert überführt werden.

Die gewählte Codierung wird im Folgenden vorgestellt:

- Alle Fragen, welche mit Ja oder Nein zu beantworten waren (Instrumentalunterricht am Klavier, Musikstudium, abgeschlossenes Musikstudium), erhielten den Code 1 für Ja und 2 für Nein.
- Bei der Frage, ob die Testperson weitere Instrumente spielt, wurden die Instrumente mit Zahlenwerten (Tabelle 1: Codierung der Instrumente) versehen.

Tabelle 1: Codierung der Instrumente

Orgel	1
Cembalo	2
Akkordeon	3
Gitarre	4
Violine	5
Violoncello	6
Kontrabass	7
Blockflöte	8
Querflöte	9
Klarinette	10

- Die Spielpräferenz der Testteilnehmenden wurde mit 1 für „ohne Noten“, 2 für „mit Noten“ und 3 für „mit und ohne Noten“ codiert.
- Die Antworten zur Vorliebe für Vom-Blatt-Spiel am Klavier wurden überführt zu 1 für „sehr gerne“, 2 für „gerne“, 3 für „weniger gerne“ und 4 für „überhaupt nicht gerne“.
- Die verschiedenen Musikstudiengänge wurden wie folgt (Tabelle 2: Codierung der Studiengänge) codiert:

Tabelle 2: Codierung der Studiengänge

Kirchenmusik	1
Cembalo	2
Klavier	3
Orgel	4
Instrumental- und Gesangspädagogik	5

Lehramt Gymnasium (Doppelfach)	6
Lehramt Gymnasium (mit wissenschaftlichem Beifach)	7
Unterrichtsfach Musik (Grundschule, Mittelschule, Realschule)	8
Didaktikfach Musik	9
Komposition	10

Alle weiteren Fragen zu Alter, Unterrichtszeit am Klavier, Alter bei Unterrichtsbeginn in Klavier und etwaigen anderen Instrumenten, die Übezeiten pro Woche (nach Noten, ohne Noten, vom Blatt), Semesteranzahl im jeweiligen Studium, Selbsteinschätzung der Fähigkeiten im Vom-Blatt-Spiel am Klavier, Einschätzung der Herausforderung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier waren bereits durch Zahlenwerte zu beantworten, sodass hierfür kein Code mehr erstellt werden musste.

Nach der Codierung der Daten aller Testteilnehmenden wurden diese in einer Exceltabelle als Datensatz zusammengeführt (siehe Anhang).

3.3.3.1 Erfahrungheit der Versuchspersonen

Um eine Variable zur Beantwortung der Forschungsfragen zu generieren und geeignete Fälle für die Entwicklung eines Analyseinstruments zur Bewertung der Leistung im Vom-Blatt-Spiel am Klavier auswählen zu können, war eine Einteilung der Versuchspersonen in Gruppen mit möglichst gleichem Expertisestatus notwendig. Um diese Einteilung der Versuchspersonen zu erreichen und um die Erfahrungheit der Versuchspersonen berechnen zu können, wurden folgende Daten aus dem Fragebogen herangezogen:

1. Die Angabe der Unterrichtszeit im Instrument Klavier: Hierbei handelt es sich zwar nicht um die Unterrichtszeit im Vom-Blatt-Spiel am Klavier, allerdings konnten Rückschlüsse auf die erlernte motorische Expertise am Klavier gezogen werden.
2. Die Angabe der wöchentlichen Übezeit am Klavier vom Blatt: Dies diente der Einschätzung der wöchentlichen Beschäftigungszeit der Versuchspersonen mit der Domäne Vom-Blatt-Spiel am Klavier.
3. Die Selbsteinschätzung der Fähigkeit im Vom-Blatt-Spiel am Klavier
4. Die Selbsteinschätzung der Herausforderung im Vom-Blatt-Spiel am Klavier

Die Punkte 3 und 4 dienten der Überprüfung der eigenen Einschätzung in Fähigkeiten und Herausforderung der Versuchspersonen in Bezug auf die erhaltene Unterrichtszeit im Klavierspiel und der wöchentlichen Übezeit im Vom-Blatt-Spiel am Klavier.

Um die Korrelationen dieser vier Kategorien zu überprüfen, erfolgt eine Überprüfung möglicher Ladungsmuster dieser Daten aus dem Fragebogen mittels einer Hauptkomponentenanalyse in SPSS (siehe Tabelle 3):

Tabelle 3

Komponentenmatrix^a

	Komponente	
	1	2
Unterrichtszeit Klavier	,339	,940
Übezeit vom Blatt	,684	-,729
Fähigkeit	,982	,066
Herausforderung	-,984	-,116

Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse.

a. 2 Komponenten extrahiert

Dabei zeigte sich, dass alle Variablen hohe Ladungen auf zwei Komponenten (siehe Tabelle 3) aufweisen. Damit konnte überprüft werden, dass sich diese vier Variablen zur Berechnung einer individuellen Erfahrung eignen.

Berechnung der Erfahrung

Im ersten Schritt wurden jeweils die Korrelationen zwischen der Unterrichtszeit am Klavier sowie der wöchentlichen Übezeit im Vom-Blatt-Spiel am Klavier mit der Selbsteinschätzung der Fähigkeiten und Herausforderung im Vom-Blatt-Spiel am Klavier aller Versuchspersonen berechnet. Hierbei zeigte sich ein hoher Zusammenhang²⁹⁵ zwischen der Selbsteinschätzung der Fähigkeit im Vom-Blatt-Spiel am Klavier ($r=0,615$, $p=0,015$) und der Selbsteinschätzung der Herausforderung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier ($r=-0,539$, $p=0,038$) mit der Unterrichtszeit im Klavierspiel (Tabelle 4). Durch die sehr kleine Stichprobe zeigte sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Selbsteinschätzung der Fähigkeit im Vom-Blatt-Spiel am Klavier ($r=0,170$, $p=0,544$; r entspricht geringem Zusammenhang, jedoch keine Signifikanz) und der

²⁹⁵ Die Stärke der Zusammenhänge wird für diese Studie nach den Kriterien von Kuckartz et al. interpretiert. Kuckartz, Rädiker, Ebert & Schehl, 2013, S. 213

Selbsteinschätzung der Herausforderung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier ($r=-0,032$, $p=0,910$) mit der wöchentlichen Übezeit im Vom-Blatt-Spiel am Klavier (Tabelle 5).

Es ist zu erwarten, dass bei Vergrößerung der Stichprobe hier signifikante Zusammenhänge berechnet werden können.

Tabelle 4

Korrelationen

		Unterrichtszeit Klavier	Fähigkeit	Herausforderung
Unterrichtszeit Klavier	Pearson-Korrelation	1	,615*	-,539*
	Sig. (2-seitig)		,015	,038
	N	15	15	15
Fähigkeit	Pearson-Korrelation	,615*	1	-,909**
	Sig. (2-seitig)	,015		<,001
	N	15	15	15
Herausforderung	Pearson-Korrelation	-,539*	-,909**	1
	Sig. (2-seitig)	,038	<,001	
	N	15	15	15

*. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Konfidenzintervalle

	Pearson- Korrelation	Sig. (2-seitig)	95% Konfidenzintervalle (2-seitig) ^a	
			Unterer	Oberer
Unterrichtszeit Klavier - Fähigkeit	,615	,015	,150	,857
Unterrichtszeit Klavier - Herausforderung	-,539	,038	-,824	-,036
Fähigkeit - Herausforderung	-,909	<,001	-,970	-,743

^a. Die Schätzung basiert auf der r/z -Transformation nach Fisher.

Tabelle 5

Korrelationen

		Übezeit v. Blatt	Fähigkeit	Herausforderung
Übezeit v. Blatt	Pearson-Korrelation	1	,170	-,032
	Sig. (2-seitig)		,544	,910
	N	15	15	15
Fähigkeit	Pearson-Korrelation	,170	1	-,909**
	Sig. (2-seitig)	,544		<,001
	N	15	15	15
Herausforderung	Pearson-Korrelation	-,032	-,909**	1
	Sig. (2-seitig)	,910	<,001	
	N	15	15	15

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Konfidenzintervalle

	Pearson-Korrelation	Sig. (2-seitig)	95% Konfidenzintervalle (2-seitig) ^a	
			Unterer	Oberer
Übezeit v. Blatt - Fähigkeit	,170	,544	-,375	,628
Übezeit v. Blatt - Herausforderung	-,032	,910	-,536	,488
Fähigkeit - Herausforderung	-,909	<,001	-,970	-,743

^a Die Schätzung basiert auf der r/z -Transformation nach Fisher.

Auf Grundlage der berechneten Korrelationen wurde im nächsten Schritt mittels einer Regressionsanalyse (Tabelle 6 und Tabelle 7) jeweils der Zusammenhang der Unterrichtszeit im Klavierspiel und der wöchentlichen Übezeit im Vom-Blatt-Spiel am Klavier mit den Selbsteinschätzungen der Fähigkeiten und Herausforderung im Vom-Blatt-Spiel am Klavier berechnet.

Dabei zeigte sich, dass der Zusammenhang zwischen der Selbsteinschätzung der Fähigkeiten im Vom-Blatt-Spiel am Klavier und der Unterrichtszeit am Klavier ($p=0,012$) signifikant ist. Der Zusammenhang zwischen der Selbsteinschätzung der Fähigkeiten im Vom-Blatt-Spiel am Klavier und der wöchentlichen Übezeit im Vom-Blatt-Spiel am Klavier zeigt wie erwartet keine Signifikanz ($p=0,270$).

Tabelle 6

Koeffizienten^a

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten		
		Regressionskoeffizient B	Std.-Fehler	Beta	T	Sig.
1	(Konstante)	1,240	1,196		1,037	,320
	Unterrichtszeit Klavier	,285	,096	,647	2,973	,012
	Übezeit v. Blatt	,299	,258	,252	1,157	,270

^a Abhängige Variable: Fähigkeit

Der Zusammenhang zwischen Selbsteinschätzung der Herausforderung im Vom-Blatt-Spiel am Klavier und der Unterrichtszeit am Klavier ($p=0,043$) zeigte ebenso eine Signifikanz. Der Zusammenhang zwischen Selbsteinschätzung der Herausforderung im Vom-Blatt-Spiel am Klavier sowie der wöchentlichen Übezeit im Vom-Blatt-Spiel am Klavier ($p=0,684$) war nicht signifikant.

Tabelle 7

Koeffizienten^a

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten		
		Regressionskoeffizient B	Std.-Fehler	Beta	T	Sig.
1	(Konstante)	9,889	1,467		6,740	<,001
	Unterrichtszeit Klavier	-,267	,118	-,551	-2,265	,043
	Übezeit v. Blatt	-,132	,317	-,102	-,417	,684

^a Abhängige Variable: Herausforderung

Für die Berechnung von „Erfahrenheit“ beim Klavier-Vom-Blatt-Spiel geht diese Studie davon aus, dass die Unterrichtszeit (in Jahren) gewichtiger ist als die Übezeit vom Blatt (in Stunden). Es wird angenommen, dass die Unterrichtszeit einen größeren Einfluss auf diese Fähigkeit hat, da sie fundamentale Grundlagen und Methoden vermittelt, die für das erfolgreiche Vom-Blatt-Spiel entscheidender sind als reine Übezeit. Durch die höheren Zahlenwerte wird die Unterrichtszeit bei der Bestimmung der „Erfahrenheit“ stärker gewichtet (Tabelle 8).

Die Variable „Erfahrenheit“ wird durch die Addition von „Unterrichtszeit Klavier“ und „Übezeit vom Blatt“ gebildet und zeigte bei allen Versuchspersonen Werte zwischen 0,00 und 20,50. Daraus entstanden im nächsten Schritt drei Gruppen mit unterschiedlichem

Expertisestatus (schwache, mittlere und gute Blattspieler). Hierzu wurde der niedrigste Wert (0,00) und der höchste Wert (20,5 – aufgerundet 21) durch 3 geteilt und die genannten Gruppen nach 0-7 (schwache Blattspieler=1), 8-14 (mittlere Blattspieler=2) und 15-21 (gute Blattspieler=3) eingeteilt. Daraus ergibt sich folgende Tabelle:

Tabelle 8

<i>Versuchsperson</i>	<i>Unterrichtszeit Klavier</i>	<i>Übezeit v. Blatt</i>	<i>Fähigkeit</i>	<i>Herausforderung</i>	<i>Erfahrenheit</i>	<i>Expertisestatus</i>
ronö7	0,00	0,00	1,00	9,00	0,00	1,00
reme5	2,00	0,50	2,00	9,00	2,50	1,00
ttdi7	5,00	2,50	5,00	8,00	7,50	1,00
rhmü9	7,50	0,00	4,00	8,00	7,50	1,00
iemo8	9,00	0,00	3,00	8,00	9,00	2,00
laau8	10,00	1,00	3,00	9,00	11,00	2,00
rnul4	11,00	0,00	2,00	9,00	11,00	2,00
rimu7	12,00	0,00	5,00	7,00	12,00	2,00
risc9	11,00	1,50	8,00	4,00	12,50	2,00
resc4	12,00	1,00	5,00	8,00	13,00	2,00
lome3	13,40	0,25	3,00	9,00	13,65	2,00
iomu9	14,00	0,10	8,00	2,00	14,10	2,00
raul9	13,00	3,00	8,00	3,00	16,00	3,00
lrmü9	17,00	1,00	5,00	8,00	18,00	3,00
iobo8	20,00	0,50	7,00	3,00	20,50	3,00

Zur folgenden Analyse der Videos wurden aus jeder der drei Gruppen jeweils zwei Versuchspersonen (Fälle) zufällig gezogen (schwach=ronö7, reme5; mittel=rimu7, risc9; gut=raul9, iobo8).

3.3.3.2 Entwicklung eines Analyseinstruments für die Spielleistung

Einige der dargestellten Faktoren (siehe Kapitel 2.1.4) bei der Durchführung einer Studie zum Vom-Blatt-Spiel am Klavier und die Bewertung der Leistung bei Lemay²⁹⁶ scheinen auch für diese Arbeit von Relevanz zu sein. Vor allem die Verwendung eines E-Pianos zur Aufzeichnung von Midi-Daten, eine auf die Präferenzen der Versuchspersonen einstellbare Klavierbank sowie das Spielen möglichst aller Schwierigkeitslevels bis die Aufgabe zu schwer ist, scheinen sinnvoll zu sein und werden für diese Studie übernommen. Da es beim Vom-Blatt-Spiel vor allem auf die Unbekanntheit des vorgelegten Musikstückes ankommt, sollte die Zeit, in der die Versuchspersonen die vorgelegten Noten einsehen können (vgl. „scanning“²⁹⁷), sehr kurz sein, sodass die Zeit von 30 Sekunden bei Lemay für diese Arbeit reduziert wurde (vgl. Kapitel 3.3.2.4).

²⁹⁶ Lemay, 2008

²⁹⁷ in Kopiez, 2002, S. 519

Des Weiteren scheint die Nicht-Bewertung des Spieltempos sowie eine freie Tempowahl für die einzelnen Stücke wie bei Lemay nicht sinnvoll, denn es ist anzunehmen, dass die Stücke in einem langsameren Tempo mit weniger Fehlern gespielt werden können. Wie bereits erwähnt, weichen Novizen im Vergleich zu Experten beim Vom-Blatt-Spiel eher vom Spieltempo ab.²⁹⁸ Daher wurden den Versuchspersonen in dieser Arbeit sowohl Tempi für die Blattspielstücke vorgegeben als auch eine Bewertung des gespielten Tempos vorgenommen.

In dieser Arbeit erfolgte zudem die Leistungsbewertung im Vom-Blatt-Spiel am Klavier nicht anhand eines Expertenrankings wie bei Lemay, da dieses Verfahren von subjektiven Präferenzen der Experten verfälscht werden könnte, sondern es wurde ein möglichst durchgängig objektiv messbares Verfahren für alle Kategorien entwickelt (siehe Kapitel 3.3).

Zur Entwicklung des Bewertungssystems erfolgte im ersten Schritt eine Sichtung der Videodateien und Dokumentation erster Beobachtungen im Programm MAXQDA 2020²⁹⁹ (z.B. Fehler, Augenbewegungen, Handbewegungen, Fingerbewegungen u.a.) mit entsprechendem Zeitstempel. Um Routinen im Auswerten und Beobachten der Videos entwickeln zu können, lag das Augenmerk zunächst nur auf dem ersten Spiellevel (Level 1).

Beim mehrmaligen Sichten des ersten Levels der Versuchsperson Ronö7 wurden sämtliche wahrgenommenen Beobachtungen als Codes in MAXQDA 2020 angelegt und dabei eine Unterscheidung zwischen Optik (Blickrichtung, punktuelle und globale Blickbewegungen jeweils vor, während und nach der Spielhandlung), Haptik (Änderung/Anpassung der Fingerposition, Positionierung der Hände jeweils vor, während und nach der Spielhandlung), Fehlern (Verzögerung vor Spielbeginn, Tonart, Hand weggelassen, Tonhöhe, Rhythmus, Tempo und Spielabbruch) und Sonstigem (Motiv/Melodiebewegung erkannt, Kopfbewegungen, Mimik, Taktklopfen, Pedaleinsatz, Blick zu Füßen etc.) getroffen.

Dieses Verfahren fand auch Anwendung bei den Versuchspersonen Raul9, Reme5, Iobo8, Rimu7 und Risc9, wobei gleiche Beobachtungen den bereits angelegten Kategorien zugewiesen oder bei neuen Beobachtungen neue Codekategorien angelegt

²⁹⁸ Sloboda, 1974, S. 6

²⁹⁹ <https://www.maxqda.com/de/produkte/maxqda>, zuletzt abgerufen am: 17.06.2024, 09.25 Uhr

wurden. Die Ermittlung der jeweiligen Häufigkeiten aller Codes erfolgte in MAXQDA 2020.

Wie bereits erläutert (siehe Kapitel 2.1.4), werden bei Studien zum Vom-Blatt-Spiel am Instrument (auch Klavier) oder beim Vom-Blatt-Singen als Indikatoren für Probleme oder Schwierigkeiten oftmals die Fehler, welche die Versuchspersonen in Experimenten machen, herangezogen.³⁰⁰ So wurde auch in dieser Studie die absolute (zur Analyse) sowie relative (zur Bewertung) Häufigkeit der in MAXQDA 2020 beobachteten Fehler der Versuchspersonen im Experiment betrachtet und theoriegeleitet sowie empirisch-inhaltsanalytisch zu den Kategorien ‚Tonhöhen linke Hand‘ (vgl. Kapitel 2.1.4), ‚Tonhöhen rechte Hand‘ (vgl. Kapitel 2.1.4), ‚Tempo‘, ‚Verzögerung vor Spielbeginn‘ („scanning“; vgl. Kapitel 2.1 und 2.1.1) und ‚Kontinuität‘ zusammengefasst. Die Kategorie ‚Kontinuität‘ vereint Verzögerungen, Stockungen und Raffungen (vgl. „Time errors for Rhythm“, „Rests“, „Holds and Pauses“³⁰¹ – Kapitel 2.1.4) während des Spiels (Tabelle 9). Bei der Bewertung der einzelnen Kategorien erfolgte eine Vernetzung von quantifizierbaren (messbaren) Größen (Mididaten, Metronomschläge – Bpm) für ‚Tonhöhen‘, ‚Tempo‘ und ‚Verzögerung vor Spielbeginn‘ mit subjektiven Einschätzungen für ‚Kontinuität‘. Die Überprüfung der Validität des Analyseinstruments „Gehör des Versuchsleiters“ zur subjektiven Einschätzung geschah vorab (s.u. - Kontinuität).

Im weiteren Verlauf wurde die Analyse zuerst jeweils um das schwierigste Spiellevel (Level 8) aller Versuchspersonen und dann schrittweise um sämtliche noch nicht analysierten Spiellevels (Level 2-7) ergänzt.

Aufbereitung der Mididaten

Für weitere Analysen, wie z.B. Tonhöhen und Verzögerungen, wurden alle acht Spiellevels in der DAW-Software Logic Pro X im exakt vorgegebenen Tempo mit korrekten Tonhöhen und Tondauern eingespielt und quantisiert. Dies ermöglichte einen

³⁰⁰ z.B. Eaton, 1978; Gilman, 2000; Goolsby, 1994a, 1994b; Gudmundsdottir, 2002; Lannert und Ullmann, 1945; Lemay, 2008; Salis, 1977; Watkins und Farnum, 1954

³⁰¹ Lemay, 2008, S. 49–50

präzisen Vergleich und eine anschließende Auswertung der erbrachten Leistung der Versuchspersonen (IST) mit der Zielform (SOLL).

Zudem mussten die erhobenen Mididaten der Versuchspersonen in Logic Pro X geschnitten, in einzelne Aufnahmen, getrennt nach Tonhöhen der linken und rechten Hand kopiert werden, um ein schnelles und verlustfreies Exportieren der IST-Tonhöhen und -Werte zu gewährleisten.

Für das Exportieren von Tonhöhen als Tonnamen (z.B. G2, A3 etc.) aus den Mididaten (IST und SOLL) diente der Listeneditor von Logic Pro X.

Im Folgenden wird die Entwicklung und die Anwendung der Mess- und Analyseverfahren für die festgelegten Kategorien erläutert:

Tonhöhen

Für die Analyse der fehlerhaften Tonhöhen in allen Spiellevels der Versuchspersonen wurden ebenfalls die SOLL-Tonhöhen aus den in Logic Pro X programmierten Spiellevels exportiert und in einer Exceltabelle aufgeführt. Um nun einen Vergleich zwischen SOLL- und IST-Tonhöhen durchführen zu können, wurden aus den Mididaten der Versuchspersonen ebenfalls die Tonhöhen (IST) exportiert und in der Exceltabelle festgehalten. Es galt alle Stellen zu ermitteln, an denen Akkorde (bzw. mehr als ein Ton gleichzeitig) in einer Hand zu spielen waren. Dies diente der Überprüfung der Reihenfolgen, in welcher Logic Pro X die Tonhöhen aufführt. Wenn beim Drücken zweier Klaviertasten auch nur der geringste, nicht hörbare, zeitliche Unterschied besteht, stellt Logic Pro X die nach den Mididaten „zuerst“ gespielte Note auch als erste Note dar (im Listeneditor als obere Note). Diese Veränderungen wurden manuell farbig (grün) markiert. Um diese Fehlerstellen zu eliminieren erfolgte nach dem Export der Notennamen aus dem Listeneditor in Logic Pro X eine Veränderung der Reihenfolge dieser einzelnen Stellen (aber nur dann, wenn die Tonhöhen korrekt und nur in der Reihenfolge vertauscht waren).

Nun wurden die jeweiligen SOLL- und IST-Tonhöhen aller Spiellevels der einzelnen Versuchspersonen, getrennt in linke und rechte Hand, in Excel als Spalten nebeneinander aufgeführt. Nicht gespielte Tonhöhen der einzelnen Versuchspersonen aller Levels wurden durch Sichtung ermittelt und als leere Zeilen manuell eingefügt, sodass die Spalte der SOLL-Tonhöhen mit der Spalte der IST-Tonhöhen bei der nächsten gespielten Tonhöhe wieder übereinstimmten. Anschließend überprüfte Excel mit der Funktion

„Datenüberprüfung“ die beiden Spalten automatisch auf Unterschiede/Gemeinsamkeiten und markierte die jeweiligen Unterschiede (Abweichung der IST- von den SOLL-Tonhöhen: falsche oder ausgelassene Tonhöhen) farbig (rot). Damit ließ sich die Anzahl der fehlerhaften Tonhöhen der Spiellevels aller Versuchspersonen (Beispielhaft: Tabelle 9: Fehlerhafte Tonhöhen - Risc9 Level 4) exakt ermitteln.

Tabelle 9: Fehlerhafte Tonhöhen - Risc9 Level 4

Tonhöhen	LH	RH		
	16	17		
Legende	Fehler	Logic-Verdreher bei Akkorden (Kein Fehler)		
risc9				
Linke Hand		Rechte Hand		
Ist	Soll	Ist	Soll	
A#2	A#2	G3	G3	
G2	G2	A3	A3	
D3	D3	A#3	A#3	
A#2	A2	A3	A3	
D3	D3	G3	G3	
A#2	A#2	G#3		
D3	D3	F#3	F#3	
C3	C3	A3	A3	
D3		G3	G3	
C3	C3	E4	D#4	
D3	D3	F#3	F#3	
C3	C3	A3	A3	
B2	A#2	D4	D4	
A2	A2	D4	D4	
D3	D3	C4	C4	
G2	G2	A#3	A#3	
A#2	A#2	A3	A3	
		G3	G3	

Falsche TH		Abweichung in %	
LH	RH	LH	RH
	3		2
		18,75	11,76

Tempo

Zur Ermittlung und Bewertung des Spieltempos aller Spiellevels der Versuchspersonen nutzte der Studienleiter das Metronom Korg KDM-2, welches eine sehr genaue Tapping-Funktion zur annähernd exakten Analyse des Spieltempos besitzt. Bei der Analyse wurden die Audiospuren aller Spiellevels der Versuchspersonen mehrmals abgespielt und das gespielte Tempo mehrfach pro Takt per Tapping festgestellt. Ästhetische Tempoänderungen der Versuchspersonen wie z.B. „rubato“, „accelerando“ oder „ritardando“ galten nicht als Abweichung vom vorgegebenen Tempo, solange im Anschluss (rubato und accelerando) eine Wiederaufnahme des anfänglich vorgegebenen

Spieltempos erfolgte. Die ermittelten Werte jeden Taktes wurden in Excel notiert und daraus für jeden Takt jedes Spiellevels ein Mittelwert (T-I: Tempo-IST) berechnet. Aus den Mittelwerten der Tempi jedes Taktes errechnete sich ein Gesamtmittelwert für jedes Spiellevel jeder Versuchsperson. Die Spalte links neben den T-I-Werten zeigt die vorgegebenen Tempi (T-S: Tempo-SOLL) (Tabelle 10: Tempoanalyse - Level 1 und 2).

Tabelle 10: Tempoanalyse - Level 1 und 2

Level 1				Level 2			
Proband	Takt	T-S	T-I	Proband	Takt	T-S	T-I
Ronö7	1	60	57	Ronö7	1	80	57
	2	60	75		2	80	63
	3	60	75		3	80	58
	4	60	71		4	80	58
Raul9	1	60	60	Raul9	1	80	82
	2	60	60		2	80	81
	3	60	64		3	80	81
	4	60	60		4	80	81
Reme5	1	60	65	Reme5	1	80	42
	2	60	65		2	80	37
	3	60	64		3	80	46
	4	60	67		4	80	112
Iobo8	1	60	61	Iobo8	1	80	87
	2	60	68		2	80	87
	3	60	64		3	80	86
	4	60	68		4	80	85
Rimu7	1	60	60	Rimu7	1	80	85
	2	60	66		2	80	84
	3	60	76		3	80	82
	4	60	76		4	80	88
Risc9	1	60	65	Risc9	1	80	75
	2	60	64		2	80	79
	3	60	62		3	80	77
	4	60	65		4	80	72

Verzögerung vor Spielbeginn

Um die Verzögerung, welche die Versuchspersonen nach der Instruktionsansage mit Tempovorgabe und vor Spielbeginn über die zum „scanning“³⁰² bereitgestellte Zeit (ca. 19 Sekunden) machen, messen zu können, wurden die Schläge im jeweilig vorgegebenen Spieltempo (Bpm) gezählt und in einer Exceltabelle festgehalten (Beispielhaft: Tabelle 11: Verzögerungen vor Spielbeginn (in Schlägen) - Ronö7 und Raul9).

³⁰² Lannert & Ullmann, 1945, S. 91-99

Tabelle 11: Verzögerungen vor Spielbeginn (in Schlägen) - Ronö7 und Raul9

Proband*in	Level	Verzögerung vor Spielbeginn (in Schlägen)
Ronö7	1	0
	2	17
	3	8
	4	6
	5	25
	6	33
	7	48
	8	137
Raul9	1	0
	2	0
	3	0
	4	0
	5	0
	6	0
	7	0
	8	0

Kontinuität

Zur Messung und Bewertung von Verzögerungen, Stockungen oder Raffungen erfolgte anhand von Level 1, 4 und 8 für fünf Versuchspersonen eine stichprobenartige Ermittlung zweier auffälliger Stellen per Ohr. Um nun die Validität des Analyseorgans Ohr des Studienleiters zu überprüfen, fand für jede der ermittelten Stellen eine exakte zeitliche Analyse statt. Hierzu wurde die fehlerhafte Stelle als gespielte Tonhöhe in den erhobenen Mididaten analysiert und als „IST“-Tonhöhe in einer Exceltabelle aufgeführt. Anhand der in Logic Pro X programmierten Zielform wurde die an dieser Stelle zu spielende Tonhöhe ermittelt und ebenfalls in der Exceltabelle als „SOLL“ fixiert. Damit ist bereits ersichtlich, ob eine Abweichung des Zeitpunkts der gespielten Tonhöhe vorliegt. Für die gespielte Note konnte anhand der Mididaten für jede fehlerhafte Stelle die exakte Zeit in mm:ss,000 herausgefunden und als weiterer IST-Wert notiert werden. Zum Vergleich wurde ebenfalls der SOLL-Wert der zu spielenden Note aus dem jeweiligen programmierten Level extrahiert und notiert.

Zudem wurden für die Zählzeit 1 des jeweiligen Taktes der fehlerhaften Stellen die zeitlichen SOLL- und IST-Werte aus den Mididaten ermittelt und ebenfalls in der

Exceltabelle festgehalten. Aus diesen Werten lassen sich nun folgende Berechnungen durchführen:

1. Der IST-Abstand der zu spielenden (fehlerhaften) Note zur Zählzeit 1 des jeweiligen Taktes
2. Der SOLL-Abstand der zu spielenden (fehlerhaften) Note zur Zählzeit 1 des jeweiligen Taktes
3. Abweichung des IST-Abstandes zum SOLL-Abstand der einzelnen fehlerhaften Noten

Durch die exakte Messung und Berechnung (Tabelle 12: Validierung des Analyseorgans) der jeweiligen Verzögerungen, Stockungen oder Raffungen konnte dargelegt werden, dass das zur Analyse zu nutzende Ohr selbst sehr kleine zeitliche Abweichungen (00:00,019) wahrnehmen kann, was die Analyse der Anzahl der Verzögerungen, Stockungen oder Raffungen in jedem Level jeder Versuchsperson ermöglicht. Die Anwendung des Verfahrens bei allen Versuchspersonen für alle acht Spiellevels wird in Tabelle 13: Anzahl der Stockungen dargestellt. Bei den beiden Versuchspersonen Ronö7 und Reme5 war in Level 7 und 8 kein durchgängiger Spielfluss mehr erkennbar und somit auch keine Anzahl an Verzögerungen, Stockungen oder Raffungen mehr abzählbar, weshalb in der Tabelle (Tabelle 13: Anzahl der Stockungen) nur mehr ‚>5‘ aufgeführt wird.

Tabelle 12: Validierung des Analyseorgans

Ronö7 Level 1	ZZ 1		Stockung bei		Position		Versatz von Pos. Zu ZZ1		Abweichung von Versatz IST zu SOLL
Takt	IST (mm:ss,000)	Soll (mm:ss,0)	Ist	Soll	Ist (mm:ss,000)	Soll (mm:ss,000)	Ist (mm:ss,000)	Soll (mm:ss,000)	Diff. (mm:ss,000)
2	00:03,799	00:04,000	C3	D3	00:05,826	00:06,000	00:02,027	00:02,000	-00:00,027
4	00:12,274	00:12,000	G2	C2	00:13,164	00:13,000	00:00,890	00:01,000	00:00,110
Reme5 Level 1	ZZ 1		Stockung bei		Position		Versatz von Pos. Zu ZZ1		Abweichung von Versatz IST zu SOLL
Takt	IST (mm:ss,000)	Soll (mm:ss,0)	Ist	Soll	Ist (mm:ss,000)	Soll (mm:ss,000)	Ist (mm:ss,000)	Soll (mm:ss,000)	Diff. (mm:ss,000)
2	00:03,799	00:04,000	E3	E3	00:04,680	00:05,500	00:00,881	00:01,500	00:00,619
3	00:06,149	00:08,000	G2	E2	00:07,563	00:09,000	00:01,414	00:01,000	-00:00,414
Rimu7 Level 4	ZZ 1		Stockung bei		Position		Versatz von Pos. Zu ZZ1		Abweichung von Versatz IST zu SOLL
Takt	IST (mm:ss,000)	Soll (mm:ss,0)	Ist	Soll	Ist (mm:ss,000)	Soll (mm:ss,000)	Ist (mm:ss,000)	Soll (mm:ss,000)	Diff. (mm:ss,000)
5	00:07,402	00:06,500	F#3	F#3	00:08,051	00:07,000	00:00,649	00:00,500	-00:00,149
7	00:10,809	00:09,500	A#3	A#3	00:11,839	00:10,250	00:01,030	00:00,750	-00:00,280
Risc9 Level 4	ZZ 1		Stockung bei		Position		Versatz von Pos. Zu ZZ1		Abweichung von Versatz IST zu SOLL
Takt	IST (mm:ss,000)	Soll (mm:ss,0)	Ist	Soll	Ist (mm:ss,000)	Soll (mm:ss,000)	Ist (mm:ss,000)	Soll (mm:ss,000)	Diff. (mm:ss,000)
2	00:02,362	00:02,000	A3	A3	00:03,343	00:03,000	00:00,981	00:01,000	00:00,019
7	00:10,566	00:09,500	C4	C4	00:10,522	00:09,500	-00:00,044	00:00,000	00:00,044
Raul9 Level 8	ZZ 1		Stockung bei		Position		Versatz von Pos. Zu ZZ1		Abweichung von Versatz IST zu SOLL
Takt	IST (mm:ss,000)	Soll (mm:ss,0)	Ist	Soll	Ist (mm:ss,000)	Soll (mm:ss,000)	Ist (mm:ss,000)	Soll (mm:ss,000)	Diff. (mm:ss,000)
12	00:49,012	00:49,500	D3	D3	00:49,233	00:49,875	00:00,221	00:00,375	00:00,154
12	00:49,012	00:49,500	D4	D4	00:50,341	00:51,000	00:01,329	00:01,500	00:00,171

Tabelle 13: Anzahl der Stockungen

	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	Level 7	Level 8	
Ronö7		2	4	3	6	11	11	>5	>5
Raul9		0	0	0	0	0	1	1	3
Reme5		3	7	7	9	23	19	>5	>5
lobo8		0	0	0	0	0	1	0	1
Rimu7		0	0	5	5	7	2	28	16
Risc9		0	0	1	6	6	16	19	10

3.3.3.3 Entwicklung eines Bewertungssystems für die Spielleistung

Die Entwicklung und Erprobung eines möglichen Bewertungssystems erfolgte in mehreren Schritten. Durch wiederholte Präsentation und Diskussion der einzelnen Zwischenergebnisse im Doktorandenkolloquium am Lehrstuhl für Musikpädagogik an der Universität Augsburg und anschließend praktischer Anwendung am Videomaterial wurde das System fortwährend weiterentwickelt und verfeinert.

Nach Festlegung auf eine vierstufige Bewertungsskala (0-3 Punkte), welche im Anschluss an die Bewertung und Auswertung eine Einteilung in die drei Leistungskategorien (Novizen, Fortgeschrittene, Experten) mit vergrößertem mittlerem

Bereich (Fortgeschrittene: 1-2, sodass mögliche Ausreißerwerte die Einteilung nicht verfälschen) ermöglicht, wurde unter Beachtung der ermittelten Hauptfehler das Bewertungssystem mit folgenden Bewertungskategorien samt Bewertungskriterien erstellt (Tabelle 14: Bewertungskategorien mit Operationalisierung und Bewertungsschlüssel):

Tabelle 14: Bewertungskategorien mit Operationalisierung und Bewertungsschlüssel

Kriterien	Operationalisierung	Bewertung
Tonhöhen	Getrennt für linke und rechte Hand; fehlerhafte oder fehlende Tonhöhen pro Hand (prozentual zur Gesamtmenge der Tonhöhen)	$\leq 5,00\%$ = 3 Punkte; 5,01% - 10,00% = 2 Punkte; 10,01% - 20,00% = 1 Punkt; > 20,01% = 0 Punkte
Tempo	Mittelwert der Abweichungen (zum Metronom) pro Takt des Stückes in Prozent	$\leq 5,00\%$ = 3 Punkte; 5,01% - 10,00% = 2 Punkte; 10,01% - 20,00% = 1 Punkt; > 20,01% = 0 Punkte
Verzögerungen	Vor Spielbeginn; gemessen in Schlägen im Tempo des jeweiligen Stückes (Bpm)	0 Schläge = 3 Punkte; 1-3 Schläge = 2 Punkte; 4-6 Schläge = 1 Punkt; > 7 Schläge = 0 Punkte
Kontinuität	Während des Spiels; Beeinträchtigungen des Spielflusses, Stockungen, Raffungen, Auslassungen, Verkürzungen	Keine Beeinträchtigung = 3 Punkte; 1-2 Beeinträchtigungen = 2 Punkte; 3-4 Beeinträchtigungen = 1 Punkt; ab 5 Beeinträchtigungen oder Spielabbruch = 0 Punkte

Vergleich der Bewertungssysteme

Das für die vorliegende Studie entwickelte Bewertungssystem stimmt in einigen der Bewertungskategorien mit der PSS von Lemay³⁰³ überein. Tabelle 15 zeigt, welche Kategorien aufgrund schlechter oder unmöglicher Messbarkeit sowie Irrelevanz für die

³⁰³ Lemay, 2008

vorliegende Studie keine Beachtung fanden. Andere Kategorien wurden für die vorliegende Studie auch unter einer Kategorie zusammengefasst (Tonhöhen, Kontinuität). Die folgende Tabelle zeigt Überschneidungen und Abweichungen der Definition und Operationalisierung der Bewertungskategorien dieser Studie und der Bewertungskategorien nach Lemay³⁰⁴ zur Übersichtlichkeit stichpunktartig auf (Tabelle 15: Vergleich des Bewertungssystems mit der PSS (Lemay, 2008)).

Tabelle 15: Vergleich des Bewertungssystems mit der PSS (Lemay, 2008)³⁰⁵

Lemay (2008) - PSS	Vorliegende Studie
Pitch Errors	Tonhöhen: per Midi gemessene Abweichung in Prozent der linken und rechten Hand (getrennt betrachtet)
Time Errors for Rhythm	Kontinuität: ermittelte Anzahl an Stockungen und Raffungen in jedem Takt
Change of time errors	Tempo: gemessene Tempoabweichung pro Takt in Prozent
Expression errors	Unbeachtet; nicht messbar oder nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand messbar
Articulation	Unbeachtet; nicht messbar oder nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand messbar
Rests	Kontinuität: ermittelte Anzahl an Stockungen und Raffungen in jedem Takt
Holds and Pauses	Kontinuität: ermittelte Anzahl an Stockungen und Raffungen in jedem Takt
Pedaling	Aufgrund individuell-ästhetischer Präferenz jedes Pianisten unbeachtet
Hand synchronization	Tonhöhen: per Midi gemessene Abweichung in Prozent der linken und rechten Hand (getrennt betrachtet)

³⁰⁴ Lemay, 2008

³⁰⁵ Lemay, 2008

Eine klare Definition der Bewertungskriterien ermöglicht die Bewertung der Leistung der Versuchspersonen dieser Studie. Die Bewertungskriterien samt Operationalisierung sind folgend dargestellt:

Tonhöhen:

Falsche und fehlende Tonhöhen wurden getrennt für jede Hand nach vorgestelltem Analyseverfahren ermittelt und die Abweichung pro Level vom SOLL in Prozent berechnet und angegeben. Die genannten „Verdreher“ in der Reihenfolge, welche Logic bei Mehrklängen verursacht, gelten nicht als Fehler.

Tempo:

Die Abweichung vom vorgegebenen Tempo wurde nach entwickeltem Analyseverfahren mittels Mittelwerten in den Abweichungen (Metronom) pro Takt des Stückes in Prozent berechnet und angegeben.

Verzögerungen vor Spielbeginn:

Verzögerungen, welche bei den Versuchspersonen vor dem Spielbeginn (über das „scanning“³⁰⁶ hinaus) entstanden, wurden nach dem entwickelten Analyseverfahren in Schlägen im Tempo des jeweiligen Stückes gemessen. Die ermittelte Anzahl der Schläge diente zur jeweiligen Bewertung.

Kontinuität:

Die Analyse von hörbaren Stockungen und Raffungen (Beeinträchtigungen des Spielflusses, Stockungen, Raffungen, Auslassungen, Verkürzungen) während des Spiels, welche den Spielfluss hörbar beeinflussten, erfolgte nach dem entwickelten Verfahren. Auch hier diente zur Bewertung die jeweils ermittelte Anzahl der Schläge.

³⁰⁶ in Kopiez, 2002, S. 519

Bewertung der Leistung:

Um die ermittelten und berechneten Werte anhand der Bewertungsskala (0-3 Punkte) bewerten zu können, erfolgte eine Festlegung von Grenzwerten mit entsprechenden Toleranzbereichen für die einzelnen Bewertungspunkte. Auch hierbei wurden mehrfach Versuche und Anwendungen mit unterschiedlichen Grenzwerten und Toleranzbereichen unternommen und anschließend im Doktorandenkolloquium am Lehrstuhl für Musikpädagogik an der Universität Augsburg präsentiert und diskutiert. Die schlussendlich angewandte Version der Punktevergabe sieht wie folgt aus (Tabelle 16: Bewertungsschlüssel - Tonhöhen; Tabelle 17: Bewertungsschlüssel - Tempo; Tabelle 18: Bewertungsschlüssel - Verzögerung vor Spielbeginn; Tabelle 19: Bewertungsschlüssel - Kontinuität):

Tonhöhen:

Tabelle 16: Bewertungsschlüssel - Tonhöhen

≤ 5,00%	3 Punkte
5,01-10,00%	2 Punkte
10,01-20,00%	1 Punkt
>20,01%	0 Punkte

Tempo:

Tabelle 17: Bewertungsschlüssel - Tempo

≤ 5,00%	3 Punkte
5,01-10,00%	2 Punkte
10,01-20,00%	1 Punkt
>20,01%	0 Punkte

Verzögerung vor Spielbeginn:

Tabelle 18: Bewertungsschlüssel - Verzögerung vor Spielbeginn

0 Schläge	3 Punkte
1-3 Schläge	2 Punkte
4-6 Schläge	1 Punkt
ab 7 Schlägen	0 Punkte

Kontinuität:

Tabelle 19: Bewertungsschlüssel - Kontinuität

0 Verzögerungen	3 Punkte
1-2 Verzögerungen	2 Punkte
3-4 Verzögerungen	1 Punkt
ab 5 Verzögerungen	0 Punkte
Gesamtabbruch	0 Punkte

Bewertung der Gesamtleistung der Versuchspersonen

Die Leistungen aller Versuchspersonen in allen acht Spiellevels wurden anschließend nach dem entwickelten Bewertungssystem mit entsprechend dargelegtem Bewertungsschlüssel bewertet. Die Einzelleistungen wurden in einer Übersichtstabelle (Tabelle 20: Median Level und Median gesamt) zusammengeführt und daraus für jede Versuchsperson pro Level der ganzzahlige Median (robust gegen Ausreißer) mit der Excelfunktion ‚=Median‘ berechnet. Aus den Median-Werten der einzelnen Levels errechnete sich dann jeweils für jede Versuchsperson der Gesamtmedian der Leistung im Experiment ebenfalls mit der Excelfunktion ‚=Median‘.

Die Versuchspersonen wurden in der Tabelle (Tabelle 20) auch bereits nach ihrer erbrachten Leistung in Reihenfolge angeordnet. Die erbrachte Gesamtleistung (Median gesamt) der Versuchspersonen konnte die Einteilung der Leistungsgruppen (Novizen,

Fortgeschrittene, Experten) mit der quantitativen Einteilung in die Expertisestatusgruppen nach der Erfahrung (vgl. Kapitel 3.3.3.1) bestätigen.

Tabelle 20: Median Level und Median gesamt

	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	Level 7	Level 8	Median gesamt
Ronö7	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Reme5	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Rimu7	3	2	2	1	2	2	0	1	2
Risc9	3	2	2	1	3	2	2	1	2
Iobo8	3	3	3	3	3	2	3	3	3
Raul9	3	3	3	3	3	3	3	3	3

3.4 Aufbereitung der Eyetrackingdaten

Die folgenden Punkte haben das Ziel, die erhobenen Datenarten zu organisieren, grafisch aufzuarbeiten und zu beschreiben sowie Berechnungsgrundlagen für die Veränderung des Pupillendurchmessers und der Fixationsdauer zu erstellen.

Eine Schwierigkeit bei der Aufbereitung und Analyse der Daten lag in der Zusammenführung der unterschiedlichen Datenarten. Diese setzen sich zusammen aus den erhobenen Daten des Fragebogens, den Beobachtungs- und Bewertungsdaten der erbrachten Leistung der Versuchspersonen, den Messdaten des Eyetrackers und den Video-, Ton- und Midiaufnahmen aus dem Experiment. Da keine vergleichbaren Studien mit derart unterschiedlichen Datenarten vorlagen und aufzufinden waren, musste ein geeignetes neues Verfahren entwickelt werden, um die unterschiedlichen Datenarten miteinander vergleichbar machen zu können, sie im Anschluss miteinander kombinieren (siehe Kapitel 3.4.5) und abschließend in ein Modell integrieren zu können.

Die Berechnung der Erfahrungheit und die Bewertung der Leistung der Versuchspersonen erfolgte, wie bereits in Kapitel 3.3.3 beschrieben, mit Hilfe des entwickelten Bewertungssystems in Zahlenform.

Zusätzlich wurde die durchschnittliche Vorausleseleistung (siehe Kapitel 2.1.1 und 2.1.2) jeder Versuchsperson pro Level anhand der Fokussierungsanzeige des Eyetrackers ermittelt (siehe Kapitel 3.4.1).

Die exportierten Zahlenwerte der erhobenen Daten des Eyetrackers für die Fixationsdauer und den Pupillendurchmesser³⁰⁷ mussten nur mehr organisiert, sortiert und strukturell aufgearbeitet werden. Als Grundlage zur Berechnung von Abweichungen des Pupillendurchmessers und der durchschnittlichen Fixationsdauer errechnet sich für jede Versuchsperson eine individuelle „Baseline“³⁰⁸ (vgl. Kapitel 2.2.1) für den Pupillendurchmesser und die durchschnittliche Fixationsdauer (siehe Kapitel 3.4.3). Diese Baseline dient als Referenzwert für eine geringe kognitive Belastung (Cognitive Load), sodass eine Abweichung berechnet werden kann, welche auf eine erhöhte oder hohe kognitive Belastung schließen lässt. Die Differenz zwischen dem Messwert des

³⁰⁷ Chitalkina et al., 2021; Hadley et al., 2018; Meghanathan et al., 2015; Pomerleau-Turcotte et al., 2021; Szulewski et al., 2017

³⁰⁸ Szulewski et al., 2017, S. 956

Pupillendurchmessers bei erhöhter kognitiver Belastung und der Baseline wird bei Szulewski et al. als „pupillary change index“ (PCI)³⁰⁹ bezeichnet. Nach diesem Verfahren wird in dieser Studie jeweils ein Veränderungsindex für den Pupillendurchmesser als auch für die durchschnittliche Fixationsdauer berechnet (siehe Kapitel 3.4.4). Aus diesen Veränderungsindizes wird ein Mittelwert für jedes Level jeder Versuchsperson für den Pupillendurchmesser wie auch die Fixationsdauer gebildet. Dadurch ergibt sich pro „Fall“ eine Kombination aus Versuchsperson und Aufgabe.

3.4.1 Operationalisierung der Vorausleseleistung

Wie sich gezeigt hat, handelt es sich beim Vorauslesen³¹⁰ um eine Einflussgröße auf die Leistung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier (siehe Kapitel 2.1.1 und 2.1.2). Um diese Größe messen zu können, wurde das Vorauslesen der Versuchspersonen anhand der Ton-, Video- und Eyetrackerdaten analysiert. Als Messgröße für das Vorauslesen wird die Anzahl der Noten zwischen der aktuellen Augenposition und dem Spiel genutzt (vgl. Furneaux und Land³¹¹).

Um diese Notenzahl erfassen zu können, wurden alle Levels der sechs ausgewählten Versuchspersonen mehrmals gesichtet. Durch die Anzeige des Eyetrackers der exakten Augenposition in den Noten als roten Kreis konnte im Zusammenhang mit dem Ton der zum gleichen Zeitpunkt gespielten Note der Abstand zwischen „Auge“ und „Hand/Finger“ in Noten (Vorgabe durch Level) gemessen bzw. gezählt werden. Durch mehrmaliges Stoppen der Aufnahme in jedem Takt konnte ein Mittelwert für das Vorauslesen für jeden Takt in jedem Level für alle Testteilnehmenden festgelegt werden. Die Summe der taktweise ermittelten Mittelwerte eines Levels geteilt durch die Anzahl der Takte des jeweiligen Levels ergibt die individuelle Weite des Vorauslesens im jeweiligen Spiellevel. Durch gewisse Unschärfen oder minimale Latenzen ergeben sich teilweise Vorauslesebereiche von z.B. 2 bis 3 Noten. In diesem Fall wurde wiederum der Mittelwert für diese Takte gewählt (z.B. 2 bis 3 Noten voraus: 2,5). Im Anschluss erfolgte die Erfassung dieser Werte wieder in einer Exceltabelle als Datensatz (Tabelle 21).

³⁰⁹ Szulewski et al., 2017, S. 956

³¹⁰ vgl. Kopiez, 2002

³¹¹ vgl. Furneaux & Land, 1999

Tabelle 21: Berechnung der Vorausleseleistung

Versuchsperson	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	Level 7	Level 8
Ronö7	2,125	1,625	1,333	1,111	1,888	2,071	0	0
Reme5	0,875	0,75	0,75	0,562	0,75	0,5	0	0
Rimu7	2	2,5	1,666	1,071	1,708	1,5	0,625	1,607
Risc9	1,125	2	1	1,25	1,958	1,68	0,941	2,346
lobo8	1,75	3	2,333	2,357	2,5	2,928	1,7	2,538
Raul9	1,375	2,5	3,333	2,5	2,916	3,125	2,4	2,576

3.4.2 Aufbereitung der Eyetrackerdaten

Wie Kapitel 2.2.1 gezeigt hat, sind für die Messbarkeit der kognitiven Belastung der Pupillendurchmesser und die Fixationsdauer einschlägig³¹². Um diese beiden physiologischen Messwerte für die einzelnen Aufgaben (für diese Arbeit jede Note als eigene Aufgabe - vgl. Kapitel 2.3.1) zu selektieren, muss jede Note jedes Spiellevels als eigene Area of Interest (AOI) definiert werden.

Dafür wurden alle Noten in der Software Tobii mit dem AOI-Tool als AOI (Rechtecke) markiert. Um zu verhindern, dass Überschneidungen der Fixationen oder der Sakkaden (vgl. Kapitel 2.1.2) auftreten, wurde darauf geachtet, dass zwischen den Rechtecken keine Überschneidungen auftreten, wodurch sichergestellt wird, dass die Messwerte für die Indikatoren nur für genau die Note im Rechteck gilt und nicht bereits zur Nächsten oder noch zur Vorherigen. Damit der Sehwinkel des Auges (vgl. Kapitel 2.1.2) in Relation zur Entfernung in etwa die gleiche Fläche auf dem Notenblatt erfasst, wurde ebenfalls beachtet, dass die Rechtecke (AOI) die gleiche Größe aufweisen, wofür zwei verschiedene Rechteckgrößen für Notenwerte mit weiterem und engerem Abstand zueinander definiert wurden. Die weiteren Abstände sind z.B. bei Viertelnoten (und die engeren Abstände z.B. bei mehreren Achtelnoten nacheinander zu finden. Die unterschiedlichen Farben der Rechtecke werden von Tobii automatisch zugeteilt.

³¹² Chitalkina et al., 2021; Hadley et al., 2018; Meghanathan et al., 2015; Pomerleau-Turcotte et al., 2021; Szulewski et al., 2017

Im zweiten Schritt musste eine wiedererkennbare eindeutige Benennung der Areas of Interest in der Software Tobii erstellt werden, sodass jederzeit ein Nachvollzug und schnelles Wiederauffinden im Notenmaterial möglich war.

Das entwickelte Benennungssystem setzt sich zusammen aus dem Spiellevel (L1-L8), der Note als fortlaufende Zahl jeder Spielhand, der Hand (LH, RH) und dem exakten Notennamen.

Nach Benennung aller Areas of Interest folgte in einem nächsten Schritt der Export der einzelnen Messwerte „Pupil Diameter“ (Pupillendurchmesser) und „Average Duration Fixation“ (Fixationsdauer) des Eyetrackers.

Die exportierten Daten wurden in Excel importiert und anschließend händisch in senkrechte Spalten transponiert. Für alle Testteilnehmenden wurde ein separates Excelblatt pro Spiellevel und Metrik (Pupil Diameter; Average Fixation Duration) angelegt. Dadurch wurde eine zur Analyse notwendige Übersichtlichkeit geschaffen, welche sich pro Spiellevel und Testperson auf nur mehr zwei Spalten bezog (Name der Area of Interest - Note; jeweilige Metrik) (Beispielhaft: Tabelle 22 und 23; alle weiteren Levels sind aufgrund des Umfangs im digitalen Anhang angefügt).

Tabelle 22: Messwerte Fixationsdauer - Ronö7 Level 1 – in ms

Note	Average_duration_of_fixations
Average_duration_of_fixations.L1-1-LH-g	
Average_duration_of_fixations.L1-1-RH-c1	
Average_duration_of_fixations.L1-2-LH-f	
Average_duration_of_fixations.L1-2-RH-c1	122
Average_duration_of_fixations.L1-3-LH-e	185
Average_duration_of_fixations.L1-3-RH-g1	218
Average_duration_of_fixations.L1-4-LH-d	118
Average_duration_of_fixations.L1-4-RH-e1	309
Average_duration_of_fixations.L1-5-LH-e	558
Average_duration_of_fixations.L1-5-RH-f1	140
Average_duration_of_fixations.L1-6-LH-c	412
Average_duration_of_fixations.L1-6-RH-e1	
Average_duration_of_fixations.L1-7-LH-g	332
Average_duration_of_fixations.L1-7-RH-d1	642
Average_duration_of_fixations.L1-8-LH-c	

Tabelle 23: Messwerte Pupillendurchmesser - Reme5 Level 1 – in mm

Note	Average_pupil_diameter
Average_pupil_diameter.L1-1-LH-g	3,4112
Average_pupil_diameter.L1-1-RH-c1	3,36368
Average_pupil_diameter.L1-2-LH-f	3,32161
Average_pupil_diameter.L1-2-RH-c1	3,3514
Average_pupil_diameter.L1-3-LH-e	
Average_pupil_diameter.L1-3-RH-g1	3,44311
Average_pupil_diameter.L1-4-LH-d	
Average_pupil_diameter.L1-4-RH-e1	3,54607
Average_pupil_diameter.L1-5-LH-e	
Average_pupil_diameter.L1-5-RH-f1	3,47489
Average_pupil_diameter.L1-6-LH-c	3,23605
Average_pupil_diameter.L1-6-RH-e1	3,38079
Average_pupil_diameter.L1-7-LH-g	
Average_pupil_diameter.L1-7-RH-d1	3,40427
Average_pupil_diameter.L1-8-LH-c	

3.4.3 Berechnung der individuellen Baseline

Zur Berechnung der individuellen Baseline (Tabelle 24 und 25) dienten bei dieser Studie die Messwerte beim Spiel des ersten Schwierigkeitsgrades (Level 1), da bei den Versuchspersonen bei diesem Level aufgrund der Angaben im Fragebogen zur Expertise im Klavierspiel und der Selbsteinschätzung bzw. Herausforderung im Vom-Blatt-Spiel keine erhöhte kognitive Belastung zu erwarten war.

Die Messwerte des Pupillendurchmessers (PD) und der durchschnittlichen Fixationsdauer (FD) aller Versuchspersonen für das Level 1 (15 Areas of interest) wurden in je einer Tabelle aufgeführt, fehlende Messwerte wurden freigelassen. So konnte pro Zeile der Tabelle für jede Versuchsperson ein Mittelwert (ohne Wert „0“) in Excel berechnet werden. Zusätzlich wurde in Excel für weitere statistische Berechnungen anhand der Messwerte des Eyetrackers die Standardabweichung und daraus das 95%-Konfidenzintervall jede Versuchsperson berechnet. Ein Ausschnitt dieser Berechnungen ist in den Tabellen 24 und 25 beispielhaft veranschaulicht.

Tabelle 24: Baselineberechnungen – Pupillendurchmesser in mm

	L1-1-LH-g	L1-1-RH-c1	L1-2-LH-f	L1-2-RH-c1	Mittelwert ohne Null	Standartabweichung	Konfidenzintervall 95%
lobo8	2,91817	2,98625	0	3,27055	2,897657143	1,501481024	0,831492476
Rimu7	3,29082	0	3,42456	3,51656	3,362477143	0,87629372	0,485275287
Raul9	2,3756	2,29519	2,37582	2,44483	2,354824667	0,085496301	0,047346274
Ronö7	0	0	0	3,45391	3,537474	1,729828782	0,95794725
Risc9	3,73488	3,91045	3,61569	3,94753	3,735266429	0,982369954	0,544018348
Reme5	3,4112	3,36368	3,32161	3,3514	3,393307	1,657178077	0,91771463

Tabelle 25: Baselineberechnungen – Fixationsdauer in ms

	L1-1-LH-g	L1-1-RH-c1	L1-2-LH-f	L1-2-RH-c1	Mittelwert ohne Null	Standartabweichung	Konfidenzintervall 95%
lobo8	304	193	0	102	222,1428571	126,0797178	69,82062048
Rimu7	197	0	308	378	366,1428571	201,8905172	111,8032419
Raul9	280	542	493	343	360,8	150,1305146	83,13950784
Ronö7	0	0	0	122	303,6	209,5313819	116,0346117
Risc9	209	351	281	271	384,3571429	218,6946556	121,1090635
Reme5	562	759	207	351	510,6	300,937535	166,6536521

Das Konfidenzintervall dient in der Statistik dazu, Genauigkeitsaussagen über Populationsparameter auf Grundlage einer Stichprobe (Mittelwert) zu treffen. Durch Erstellung und Ermittlung der Werte einer Stichprobenverteilung, zwischen welchen die mittleren 90% - 99% der Fälle liegen, kann das Konfidenzintervall mit unterschiedlicher Signifikanz (in der Regel zwischen 90% und 99%) berechnet werden.³¹³ In der Forschung wird häufig das 95%-Konfidenzintervall hinzugezogen, da es „[...] den (unbekannten) Wert des interessierenden Parameters mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% beinhaltet.“³¹⁴

3.4.4 Berechnung von Veränderungsindizes

Um nun für diese Studie einen Veränderungsindex für den Pupillendurchmesser und die durchschnittliche Fixationsdauer (siehe Kapitel 2.2.1) für jede Versuchsperson berechnen zu können (Tabelle 26 und 27), wurde vom exakten Messwert des Eyetrackers die individuelle Baseline (Mittelwert ohne Null) subtrahiert (ABW. Baseline (FD-MW ohne 0) und ABW. Baseline (PD-MW ohne 0)). Von dieser errechneten Abweichung wurde das individuelle 95%-Konfidenzintervall subtrahiert (ABW. B. - Konf.intervall). Wenn das Ergebnis hiervon größer Null ist, liegt eine positiv signifikante Veränderung des Pupillendurchmessers oder der Fixationsdauer vor. Die Abweichung von der Baseline (ABW. Baseline (FD-MW ohne 0) und ABW. Baseline (PD-MW ohne 0)) wurde bei

³¹³ Sedlmeier & Renkewitz, 2018, S. 344–367

³¹⁴ Bender & Lange, 2007, S. 17

positiver Signifikanz quadriert, sodass die quadratische Abweichung des Pupillendurchmesser und der Fixationsdauer bei einer signifikanten Änderung berechnet werden konnte. Aus den quadratischen Abweichungen jeden Levels jeder Versuchsperson wurde der Mittelwert für jedes Spiellevel errechnet (siehe Tabelle 26 und 27).

Tabelle 26: Veränderungsindex - Fixationsdauer - Rimu7 Level 1

Note	Average_duration_of_fixa	ABW. Baseline (FD-MW ohne 0)	Quadratische Abweichung	ABW. B. - Konf.intervall
Average_duration_of_fixations.L1-1-LH-g	197	-169,1428571	0	-271,6601993
Average_duration_of_fixations.L1-1-RH-c1		-366,1428571	0	-468,6601993
Average_duration_of_fixations.L1-2-LH-f	308	-58,1428571	0	-160,6601993
Average_duration_of_fixations.L1-2-RH-c1	378	11,8571429	0	-90,6601993
Average_duration_of_fixations.L1-3-LH-e	339	-27,1428571	0	-129,6601993
Average_duration_of_fixations.L1-3-RH-g1	352	-14,1428571	0	-116,6601993
Average_duration_of_fixations.L1-4-LH-d	247	-119,1428571	0	-221,6601993
Average_duration_of_fixations.L1-4-RH-e1	205	-161,1428571	0	-263,6601993
Average_duration_of_fixations.L1-5-LH-e	543	176,8571429	31278,44899	74,3398007
Average_duration_of_fixations.L1-5-RH-f1	210	-156,1428571	0	-258,6601993
Average_duration_of_fixations.L1-6-LH-c	249	-117,1428571	0	-219,6601993
Average_duration_of_fixations.L1-6-RH-e1	845	478,8571429	229304,1633	376,3398007
Average_duration_of_fixations.L1-7-LH-g	409	42,8571429	0	-59,6601993
Average_duration_of_fixations.L1-7-RH-d1	241	-125,1428571	0	-227,6601993
Average_duration_of_fixations.L1-8-LH-c	603	236,8571429	56101,30614	134,3398007
			Mittelwert	
			105561,3061	

Tabelle 27: Veränderungsindex - Pupillendurchmesser - Reme5 Level 1

Note	Average_pupil_diameter	ABW. Baseline (PD-MW ohne 0)	Quadratische Abweichung	ABW. B. - Konf.intervall
Average_pupil_diameter.L1-1-LH-g	3,4112	0,017893	0	-0,029376673
Average_pupil_diameter.L1-1-RH-c1	3,36368	-0,029627	0	-0,076896673
Average_pupil_diameter.L1-2-LH-f	3,32161	-0,071697	0	-0,118966673
Average_pupil_diameter.L1-2-RH-c1	3,3514	-0,041907	0	-0,089176673
Average_pupil_diameter.L1-3-LH-e		-3,393307	0	-3,440576673
Average_pupil_diameter.L1-3-RH-g1	3,44311	0,049803	0,002480339	0,002533327
Average_pupil_diameter.L1-4-LH-d		-3,393307	0	-3,440576673
Average_pupil_diameter.L1-4-RH-e1	3,54607	0,152763	0,023336534	0,105493327
Average_pupil_diameter.L1-5-LH-e		-3,393307	0	-3,440576673
Average_pupil_diameter.L1-5-RH-f1	3,47489	0,081583	0,006655786	0,034313327
Average_pupil_diameter.L1-6-LH-c	3,23605	-0,157257	0	-0,204526673
Average_pupil_diameter.L1-6-RH-e1	3,38079	-0,012517	0	-0,059786673
Average_pupil_diameter.L1-7-LH-g		-3,393307	0	-3,440576673
Average_pupil_diameter.L1-7-RH-d1	3,40427	0,010963	0	-0,036306673
Average_pupil_diameter.L1-8-LH-c		-3,393307	0	-3,440576673
			Mittelwert	
			0,01082422	

3.5 Datenintegration

Um die unterschiedlichen Datenarten aus Bewertung der Leistungen, Auswertung der verschiedenen Erhebungsinstrumente, Beobachtungen und der Berechnungen der deskriptiven Statistik zusammenzuführen, wurde ein Gesamtdatensatz in Microsoft Excel erstellt. Dieser Gesamtdatensatz dient zum einen der Übersichtlichkeit der enormen Datenmenge und zum anderen dem Import der Daten in die verschiedenen Statistikprogramme zur Berechnung von möglichen Zusammenhängen und Modellen. In diesem sind in Zeilen (6 Versuchspersonen x 8 Spiellevel = 48 Zeilen) sortiert nach Versuchspersonen und Spiellevels zuerst sämtliche Daten aus dem Fragebogen aufgeführt. Anschließend folgen die Bewertungen aus dem Bewertungsschema inklusive der verschiedenen Lagemaße und der verschiedenen berechneten Variablen. Abschließend werden die Bewertungen des Vorauslesens und die Variablen Erfahrung, Expertisegruppen, Indikatoren für kognitive Belastung und Selbsteinschätzung im Gesamtdatensatz aufgeführt. Dieser Gesamtdatensatz aus Excel wurde für statistische Berechnungen in SPSS importiert.

Da aufgrund der Größe des Gesamtdatensatzes eine Lesbarkeit unmöglich wäre, wird dieser nicht als Tabelle hier im Text aufgeführt, sondern in digitaler Form der Arbeit beigelegt.

3.6 Datenanalyse

Um Variablen für statistische Berechnungen zu erhalten, werden die in Kapitel 3.4.4 berechneten quadratischen Abweichungen des Pupillendurchmessers und der Fixationsdauer sowie die Selbsteinschätzungen der Versuchspersonen (Fähigkeiten und Herausforderung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier; siehe Kapitel 3.3.1) im ersten Schritt einer explorativen Hauptkomponentenanalyse unterzogen (siehe Kapitel 4.2). Ziel der explorativen Hauptkomponentenanalyse ist es, ein mögliches Ladungsmuster mehrerer Faktoren erkennen und interpretieren zu können und zudem die Datendimension zu reduzieren, indem mögliche latente Strukturen in den Variablen identifiziert und zusammengefasst werden. Die Analyse ermöglicht es, die Anzahl der zu erklärenden Variablen auf eine geringere Anzahl von Hauptkomponenten zu reduzieren, die den größten Teil der Varianz in den Daten erklären.³¹⁵

Zur Überprüfung der in Kapitel 3.2 formulierten ungerichteten Zusammenhangshypothesen wird im zweiten Schritt eine Korrelationsanalyse zwischen den erhobenen Variablen für jeden der Zusammenhänge durchgeführt (siehe Kapitel 4.2). Die Korrelationsanalyse ermöglicht es, die Stärke und Richtung der linearen Beziehung zwischen zwei Variablen zu bestimmen. Die resultierenden Korrelationskoeffizienten (r) und das Signifikanzniveau (p) geben Aufschluss darüber, inwieweit die Variablen miteinander in Zusammenhang stehen.³¹⁶

Basierend auf den berechneten Korrelationen werden gerichtete Hypothesen über die Zusammenhänge zwischen den Variablen abgeleitet.

³¹⁵ Sedlmeier & Renkewitz, 2018, S. 789 ff.; Wolff & Bacher, 2010, S. 333–349

³¹⁶ Kuckartz, Rädiker, Ebert & Schehl, 2013, S. 226 ff.

3.7 Herleitung eines vorläufigen Modells

Basierend auf den theoretischen Konzepten, den erhobenen Daten und den Ergebnissen der Voranalysen (siehe Kapitel 3.3.3 und 3.4.2) werden folgende Variablen explorativ für die weiteren Analysen operationalisiert:

Indikatoren für kognitive Belastung: Die physiologischen Daten, die im Experiment erhoben wurden (Pupillendurchmesser und Fixationsdauer), dienen als messbare Indikatoren für die kognitive Belastung der Versuchspersonen. Die theoretische Fundierung dieser Operationalisierung liegt in der Annahme, dass intensivere kognitive Prozesse mit einer Erhöhung des Pupillendurchmessers und der Fixationsdauer einhergehen (siehe Kapitel 2.2.1).

Da die beiden physiologischen Messgrößen (Pupillendurchmesser und Fixationsdauer) nach Literatur als Indikatoren für kognitive Belastung gelten³¹⁷ (siehe Kapitel 2.2.1), werden diese Indikatoren (Indikatoren KB) auch im weiteren Verlauf dieser Studie herangezogen, um die kognitive Belastung abzubilden.

Leistung: Die Leistung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier wird anhand des im Kapitel 3.3.3.3 beschriebenen Bewertungssystems gemessen.

Beeinflusst wird die Leistung im Vom-Blatt-Spiel am Klavier durch die folgenden Variablen:

Vorauslesen: Die Fähigkeit zum Vorauslesen beim Vom-Blatt-Spiel wurde anhand der in Kapitel 3.4.1 beschriebenen Methode operationalisiert. Das „Vorauslesen“ stellt eine Einflussgröße auf die Leistung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier dar.³¹⁸ (siehe Kapitel 2.1 und 2.2)

Selbsteinschätzung: Die Selbsteinschätzung der eigenen Fähigkeiten und Herausforderungen beim Vom-Blatt-Spiel wurde mithilfe des Fragebogens (siehe Kapitel

³¹⁷ Chitalkina et al., 2021; Hadley et al., 2018; Meghanathan et al., 2015; Pomerleau-Turcotte et al., 2021; Szulewski et al., 2017

³¹⁸ vgl. Kopiez, 2002

3.3.1) erfasst. Diese Selbsteinschätzung wird in dieser Studie als Indikator für die Selbstwirksamkeit³¹⁹ der Versuchspersonen im Hinblick auf die Leistung interpretiert.

Erfahrenheit: Die Erfahrung im Vom-Blatt-Spiel am Klavier wurde anhand der in Kapitel 3.3.1 erhobenen Daten operationalisiert. Eine große Erfahrung („Expertise“; siehe Kapitel 2.1.1) verhilft zu einer besseren Leistung in einem bestimmten Bereich.³²⁰

Aufgabenschwierigkeit: Die Schwierigkeitsstufen (Level) der Vom-Blatt-Spielstücke für diese Studie wurde von der ABRSM übernommen (siehe Kapitel 3.3.2.1). Steigt die Aufgabenschwierigkeit, steigt auch die kognitive Belastung an, woraus eine Verschlechterung der Leistung resultiert.³²¹ (siehe Kapitel 2.2)

Die theoretischen Annahmen, die den Zusammenhängen zwischen den explorativ operationalisierten Variablen zugrunde liegen, lassen sich damit wie folgt zusammenfassen:

- Leistung und kognitive Belastung: Es wird erwartet, dass die Leistung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier mit der kognitiven Belastung negativ korreliert.³²² Dies liegt darin begründet, dass die Aufgabe des Vom-Blatt-Spiels hohe kognitive Anforderungen an die Versuchspersonen stellt, z. B. in Bezug auf die Verarbeitung visueller Informationen, Ausführung motorischer Bewegungen sowie die simultane Koordination kognitiver Prozesse.³²³
- Leistung und Vorauslesen: Es wird erwartet, dass die Leistung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier mit der Leistung im Vorauslesen positiv korreliert.³²⁴
- Leistung und Selbsteinschätzung: Es wird erwartet, dass die Leistung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier mit der Selbsteinschätzung der eigenen Fähigkeiten positiv korreliert (siehe Kapitel 2.3). Dies liegt darin begründet, dass eine hohe Selbsteinschätzung (hohe Selbstwirksamkeit) mit einem positiven Einfluss auf die Motivation und Leistungsbereitschaft der Versuchspersonen verbunden sein kann.³²⁵

³¹⁹ Egger, 2015, S. 44

³²⁰ Müsseler, 2002, S. 690

³²¹ Zhou, 2016, S. 4

³²² Zhou, 2016, S. 4

³²³ Wolf, 1976, S. 143

³²⁴ Lehmann & Kopiez, 2018, S. 380

³²⁵ Egger, 2015, S. 44-46

- Leistung und Erfahrungheit: Es wird erwartet, dass die Leistung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier mit der Erfahrungheit im Klavierspiel und im Vom-Blatt-Spiel am Klavier positiv korreliert. Dies liegt darin begründet, dass erfahrene Spieler über ein größeres Repertoire an spieltechnischen Fertigkeiten und über mehr Strategien zur Bewältigung komplexer Vom-Blatt-Spielaufgaben verfügen (siehe Kapitel 2.1).
- Leistung und Aufgabenschwierigkeit: Es wird erwartet, dass die Leistung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier mit der Schwierigkeit der Aufgaben negativ korreliert. Dies liegt darin begründet, dass schwierigere Aufgaben höhere kognitive Anforderungen an die Versuchspersonen stellen und somit zu einer geringeren Leistung führen können.³²⁶
- Kognitive Belastung, Vorauslesen und Leistung: Es wird erwartet, dass das Vorauslesen beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier mit der kognitiven Belastung negativ korreliert und das Vorauslesen mit der Leistung im Vom-Blatt-Spiel am Klavier positiv korreliert.
- Vorauslesen und Leistung: In der Literatur gilt das Vorauslesen beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier als Einflussgröße auf die Leistung³²⁷, welche wiederum durch die kognitive Belastung negativ beeinflusst wird, da zu erwarten ist, dass dann die Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses erschöpft ist.³²⁸ Damit ist zu erwarten, dass das Vorauslesen als Mediatorvariable³²⁹ den Zusammenhang zwischen der kognitiven Belastung und der Leistung moderiert.

Basierend auf den theoretischen Annahmen und den operationalisierten Variablen müssten in einem vorläufigen Modell die Indikatoren für die kognitive Belastung³³⁰, die Aufgabenschwierigkeit, die Selbsteinschätzung und die Erfahrungheit vor der latenten Variable „Kognitive Belastung“³³¹ und die Variable „Vorauslesen“ zwischen der „kognitiven Belastung“ und der „Leistung“ angesetzt werden. Die Leistung müsste demnach an letzter Stelle im Modell stehen. Somit gibt es zwischen der

³²⁶ Zhou, 2016, S. 4

³²⁷ Kopiez, 2002, S. 522

³²⁸ Wolf, 1976, S. 160–163

³²⁹ Eine Mediatorvariable ist eine Variable in einem statistischen Modell, die den Zusammenhang zwischen zwei anderen Variablen erklärt und steht damit vermittelnd zwischen der unabhängigen und der abhängigen Variable. (Sedlmeier & Renkewitz, 2018, S. 751 ff.)

³³⁰ vgl. Hadley et al., 2018; in Chitalkina et al., 2021; Szulewski et al., 2017

³³¹ Chitalkina et al., 2021; Hadley et al., 2018; Meghanathan et al., 2015; Pomerleau-Turcotte et al., 2021; Szulewski et al., 2017

„kognitiven Belastung“ und der „Leistung“ einen direkten Zusammenhang und zusätzlich einen indirekten Zusammenhang, welcher über das „Vorauslesen“ vermittelt wird.

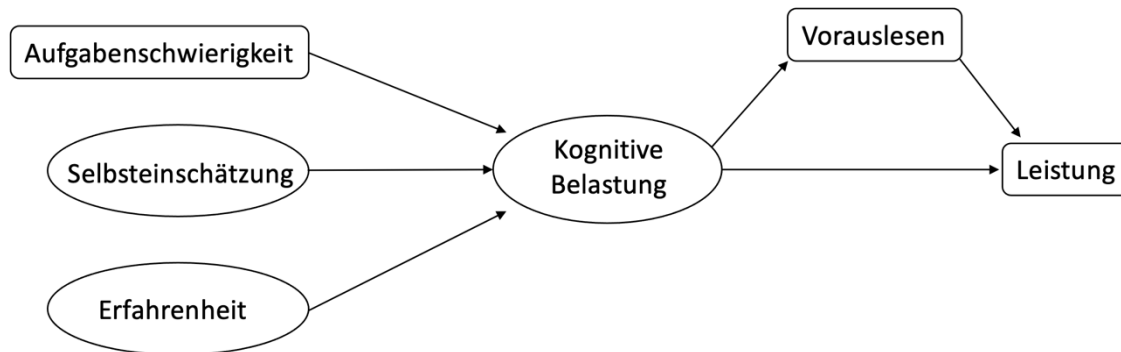


Abb. 10

Um die in dem vorläufigen Modell (Abb. 10) dargestellten verschiedenen Variablentypen voneinander abzugrenzen, werden unterschiedliche Darstellungsformen verwendet. Es wird unterschieden zwischen manifesten Variablen, die direkt beobachtbar bzw. messbar sind und latenten Variablen, die nicht direkt messbar sind. Manifeste Variablen werden als Rechtecke dargestellt. Latente Variablen („Kognitive Belastung“, Selbsteinschätzung und Erfahrungheit: nicht direkt beobachtbar) werden durch Ellipsen repräsentiert.

Im Rahmen der vorliegenden Studie werden die Konstrukte der Selbsteinschätzung und der Erfahrungheit als latente Variablen verstanden. Diese theoretischen Konstrukte sind nicht direkt beobachtbar und werden daher operationalisiert und über manifeste Indikatorvariablen erfasst.³³² Konkret werden die Dimensionen der Selbsteinschätzung durch die Indikatorvariablen „Selbsteinschätzung Fähigkeit“ und „Selbsteinschätzung Herausforderung“ abgebildet, welche aus den Antworten der Fragebögen gewonnen werden. Die Erfahrungheit hingegen wird durch die Indikatorvariablen „Unterrichtszeit am Klavier“ und „Übezeit vom Blatt“, ebenfalls erhoben mittels der Fragebögen, operationalisiert. Die kognitive Belastung kann ebenfalls nicht direkt, sondern nur über die „Indikatoren für kognitive Belastung“ beobachtet werden, weswegen auch diese Variable in dieser Studie als latent verstanden wird.

Die möglichen Wirkungsrichtungen und Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Variablen werden durch Pfeile zwischen den Variablen verdeutlicht.

³³² Sedlmeier & Renkewitz, 2018, S. 47

4 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Leistungsbewertung im Vom-Blatt-Spiel dieser Studie sowie die Ergebnisse der Berechnungen aus den Korrelationsanalysen für die ungerichteten Zusammenhangshypothesen (siehe Kapitel 3.2) und das vorläufige Modell (siehe Kapitel 3.6) aufgeführt.

4.1 Leistung der Versuchspersonen

Die Ergebnisse der Einzelbewertungen, welche im Datensatz (siehe Anhang) detailliert dargestellt sind, können wie folgt zusammengefasst werden:

Tonhöhen:

Novizen

Die Novizen konnten nur in Level 1 und 3 Leistungen in der Kategorie Tonhöhen erbringen. Dabei erreichte Reme5 3 Punkte in Level 1 mit der rechten Hand und Ronö7 1 Punkt in Level 3 mit der rechten Hand.

In allen anderen Levels wurden die Leistungen in der Kategorie Tonhöhen sowohl in der rechten als auch der linken Hand mit 0 Punkten bewertet.

Fortgeschrittene

In den Levels 1 bis 5 zeigten die fortgeschrittenen Versuchspersonen in der Kategorie Tonhöhen hohe bis mittlere Leistungen in beiden Händen.

In den Levels 6 bis 8 hingegen sank die Bewertung in der Kategorie Tonhöhen bei beiden Versuchspersonen auf 1 Punkt bis 0 Punkte ab.

Experten

Alle Levels: Die Experten konnten in allen Levels sowohl in der rechten als auch der linken Hand in der Kategorie Tonhöhen Leistungen von mindestens 2 Punkten erbringen. Im Durchschnitt erzielten die Experten in dieser Kategorie 3 Punkte.

Tempo:

Novizen

Die Novizen konnten nur in Level 1 und Level 6 Leistungen in der Kategorie Tempo erbringen. Dabei erreichte Reme5 2 Punkte in Level 1 und Ronö7 1 Punkt in Level 1 und Level 6.

In allen anderen Levels wurden die Leistungen in der Kategorie Tempo mit 0 Punkten bewertet.

Fortgeschrittene

Die Fortgeschrittenen zeigten in der Kategorie Tempo im Schnitt mittlere Leistungen. Dabei erzielte Rimu7 2 Punkte in den Levels 2, 3, 5, 8. In den Levels 1, 4 und 6 konnte Rimu7 jeweils nur 1 Punkt erzielen, in Level 7 sogar nur 0 Punkte.

Risc9 erreichte 3 Punkte in Level 5 und in allen anderen Levels 2 Punkte.

Experten

Die Experten konnten in allen Levels im Schnitt mittlere bis hohe Leistungen in der Kategorie Tempo erzielen, wobei ein deutlicher Unterschied zwischen den beiden Experten zu sehen ist.

Raul9 konnte in allen Levels 3 Punkte erreichen.

Iobo8 hingegen konnte folgende Punktzahlen erreichen: Level 1, 2, 3 und 6 jeweils 2 Punkte; Level 4, 5 und 7 jeweils 1 Punkt; Level 8 – 0 Punkte

Verzögerung vor Spielbeginn:

Novizen

Die Novizen konnten nur in Level 1 und 3 Leistungen in der Kategorie Verzögerung vor Spielbeginn erbringen.

Reme5 erreichte 2 Punkte in Level 1, und jeweils 1 Punkt in Level 2 und 3.

Ronö7 erreichte 3 Punkte in Level 1 und 1 Punkt in Level 4.

In allen anderen Levels wurden die Leistungen in der Kategorie Verzögerung vor Spielbeginn mit 0 Punkten bewertet.

Fortgeschrittene

Die Fortgeschrittenen zeigten in der Kategorie Verzögerung vor Spielbeginn im Schnitt hohe bis mittlere Leistungen.

Auffallend ist jedoch die Leistung von Rimu7 in dieser Kategorie mit 0 Punkten in Level 4 und 1 Punkt in Level 7.

Experten

Die Experten konnten in dieser Kategorie in allen Levels Leistungen von 3 Punkten erbringen.

Kontinuität:

Novizen

Die Novizen konnten nur in Level 1 bis 3 Leistungen in der Kategorie Kontinuität erbringen. Dabei erreichte Reme5 1 Punkt in Level 1 und Ronö7 2 Punkte in Level 1 und jeweils 1 Punkt in Level 2 und 3.

In allen anderen Levels wurden die Leistungen der Novizen in der Kategorie Kontinuität mit 0 Punkten bewertet.

Fortgeschrittene

Die Fortgeschrittenen zeigten in dieser Kategorie wie die Expertisegruppe 1 nur in den ersten 3 Levels Leistungen in der Kategorie Kontinuität.

Rimu7 erreichte hierbei jeweils 3 Punkte in Level 1 und 2 sowie 2 Punkte in Level 6.

Risc9 erzielte jeweils 3 Punkte in Level 1 und 2 sowie 2 Punkte in Level 3.

In allen anderen Levels wurden die Leistungen in der Kategorie Kontinuität mit 0 Punkten bewertet.

Experten

Die Experten konnten in allen Levels im Schnitt mittlere bis hohe Leistungen in der Kategorie Tempo erzielen.

Raul9 konnte jeweils 3 Punkte in den Levels 1-5, jeweils 2 Punkte in Level 6 und 7 sowie 1 Punkt in Level 8 erreichen.

Iobo8 konnte jeweils 3 Punkte in den Levels 1-5, jeweils 2 Punkte in Level 6 und 8 sowie 3 Punkte in Level 7 erreichen.

Gesamtleistung aus dem Bewertungssystem:

Die Analyse des Datensatzes (siehe Anhang) zeigt eine weitgehende Übereinstimmung zwischen der Einteilung der Versuchspersonen in die Expertisegruppen (vgl. Kapitel 3.3.3.1) und ihrer bewerteten Leistung beim Vom-Blatt-Spiel.

Die beiden Novizen konnten ab Level 2 keine Gesamtleistungen mehr erbringen. Dies deutet darauf hin, dass die Aufgaben in diesen höheren Levels die kognitiven Ressourcen und spieltechnischen Fähigkeiten von Novizen übersteigen.

Innerhalb der Fortgeschrittenen ist ein klarer Zusammenhang zwischen Aufgabenschwierigkeit und bewerteter Leistung erkennbar. Mit zunehmender Schwierigkeit der Aufgaben nimmt die Leistung der Versuchspersonen tendenziell ab. Dies unterstreicht die Bedeutung der spieltechnischen Fertigkeiten und der kognitiven Belastung beim Vom-Blatt-Spiel.

Im Gegensatz zu den beiden anderen Gruppen konnten die Experten auch in den hohen Spiellevels noch sehr gute Leistungen zeigen. Dies verdeutlicht den Einfluss von langjähriger Erfahrung und ausgeprägter Expertise auf die Fähigkeit, komplexe Vom-Blatt-Spielaufgaben erfolgreich zu bewältigen.

Vorauslesen:

Die Analyse der Vorausleseleistung (Tabelle 21: Berechnung der Vorausleseleistung) zeigt, dass alle Versuchspersonen die Fähigkeit zum Vorauslesen beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier besitzen. Diese Fähigkeit ist insbesondere bei den einfachen Schwierigkeitsgraden (Level 1-4) ausgeprägt und nimmt mit steigender Schwierigkeit der Aufgaben ab.

Bei den beiden Novizen (Ronö7 und Reme5) ist die Vorauslesefähigkeit vor allem bei den einfachen Levels (Level 1-2) beobachtbar. Mit zunehmender Schwierigkeit nimmt diese Fähigkeit jedoch deutlich ab und ist bei Level 7 und 8 nicht mehr vorhanden.

Die fortgeschrittenen Blattspieler (Risc9 und Rimu7) zeigen auch in den höheren Levels (Level 5-8) eine ausgeprägte Vorauslesefähigkeit. Im Durchschnitt können sie in Level 7 und 8 noch 0,625 bis 2,346 Noten vorauslesen. Dies verdeutlicht den Einfluss von spieltechnischen Fähigkeiten und Erfahrung auf die Fähigkeit zum Vorauslesen beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier.

Die Versuchspersonen der Gruppe der Experten (Iobo8 und Raul9) heben sich in ihrer Vorauslesefähigkeit nochmals deutlich von den anderen Gruppen ab. Sie können bei den beiden schwersten Levels (Level 7 und 8) im Durchschnitt noch 1,7 bis 2,576 Noten

vorauslesen. Dies verdeutlicht den Einfluss von langjähriger Erfahrung und ausgeprägter Expertise auf die Fähigkeit, komplexe Vom-Blatt-Spielaufgaben erfolgreich zu bewältigen und dabei effektiv vorauslesen zu können.

4.2 Überprüfung der Zusammenhangshypothesen

Explorative Hauptkomponentenanalyse Physiologische Daten:

Das Ergebnis der explorativen Hauptkomponentenanalyse (Tabelle 28) hat gezeigt, dass die beiden Variablen (Pupillendurchmesser und Fixationsdauer) auf eine Hauptkomponente hohe Ladungen aufweisen (0,769 und -0,769). Die hohe positive Ladung der ersten Variable (Pupillendurchmesser) und die hohe negative Ladung der zweiten Variable (Fixationsdauer) indizieren, dass beide Variablen das gleiche zugrundeliegende Konstrukt messen, nämlich die kognitive Belastung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier. Die beobachteten Unterschiede in den Vorzeichen der Ladungen lässt sich auf eine unterschiedliche Skalierung der zugrundeliegenden Messgrößen zurückführen.

Die beiden Variablen können somit unter Berücksichtigung der Faktorladungen für die anschließenden Berechnungen zu einer Variable (Indikatoren für kognitive Belastung) zusammengeführt werden.

Tabelle 28

Komponentenmatrix^a

	Komponente 1
Quadr. Abw. Fix.Dur.	,769
Quadr. Abw. Pup.Dia	-,769

Extraktionsmethode:
Hauptkomponentenanalyse.

a. 1 Komponenten extrahiert

Explorative Hauptkomponentenanalyse Selbsteinschätzung:

Das Ergebnis der explorativen Hauptkomponentenanalyse (Tabelle 29) hat gezeigt, dass die beiden Variablen (Selbsteinschätzung der Herausforderung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier und Selbsteinschätzung der eigenen Fähigkeiten im Vom-Blatt-Spiel am Klavier) auf eine Hauptkomponente hohe Ladungen aufweisen (0,989 und -0,989). Die hohe positive Ladung der ersten Variable (Selbsteinschätzung der Herausforderung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier) und die hohe negative Ladung der zweiten Variable (Selbsteinschätzung der eigenen Fähigkeiten im Vom-Blatt-Spiel am Klavier) indizieren, dass beide Variablen das gleiche Konstrukt messen. Die

beobachteten Unterschiede in den Vorzeichen der Ladungen lässt sich auf eine unterschiedliche Skalierung der zugrundeliegenden Messgrößen zurückführen.

Die beiden Variablen können somit unter Berücksichtigung der Faktorladungen für die anschließenden Berechnungen zu einer Variablen (Selbsteinschätzung) zusammengefasst werden.

Tabelle 29

Komponentenmatrix^a

	Komponente
	1
Herausv.-v.B.	-,989
Fäh.v.B.	,989

Extraktionsmethode:
Hauptkomponentenanalyse.

^a 1 Komponenten extrahiert

Damit ergeben sich zusammengefasst folgende Variablen:

- Indikatoren für kognitive Belastung
- Selbsteinschätzung
- Leistung (siehe Kapitel 3.3.3.3)
- Erfahrungheit (siehe Kapitel 3.3.3.1)
- Aufgabenschwierigkeit (siehe Kapitel 3.3.2.1)
- Vorauslesen (siehe Kapitel 3.4.1)

Anhand der Werte der oben genannten Variablen werden die in Kapitel 3.6 aus den Forschungsfragen abgeleiteten Zusammenhänge mittels Korrelationsanalysen überprüft.

1. Zusammenhänge zwischen der kognitiven Belastung und der Spielleistung

Tabelle 30

Korrelationen

		Spielleistung	IndikatorenKB
Spielleistung	Pearson-Korrelation	1	-,705**
	Sig. (1-seitig)		<,001
	N	48	48
IndikatorenKB	Pearson-Korrelation	-,705**	1
	Sig. (1-seitig)	<,001	
	N	48	48

** . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (1-seitig) signifikant.

Die Berechnung der Korrelation (Tabelle 30) zeigt, dass für diese Studie zwischen der kognitiven Belastung und der Spielleistung ein sehr hoher Zusammenhang ($r=-0,705$, $p<0,001$) besteht.

Hypothese: Je höher die kognitive Belastung, desto schlechter die Spielleistung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier.

2. Zusammenhänge zwischen der Erfahrungheit und der Spielleistung

Tabelle 31

Korrelationen

		Spielleistung	Erfahrungheit
Spielleistung	Pearson-Korrelation	1	,978**
	Sig. (1-seitig)		<,001
	N	48	48
Erfahrungheit	Pearson-Korrelation	,978**	1
	Sig. (1-seitig)	<,001	
	N	48	48

** . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (1-seitig) signifikant.

Die Berechnung der Korrelation (Tabelle 31) zeigt, dass für diese Studie zwischen der Erfahrungheit und der Spielleistung ein sehr hoher Zusammenhang ($r=0,978$, $p<0,001$) besteht.

Hypothese: Je höher die Erfahrungheit, desto besser die Spielleistung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier.

3. Zusammenhänge zwischen der Erfahrungheit und der kognitiven Belastung

Tabelle 32

Korrelationen

		Erfahrungheit	IndikatorenKB
Erfahrungheit	Pearson-Korrelation	1	-,680**
	Sig. (1-seitig)		<,001
	N	48	48
IndikatorenKB	Pearson-Korrelation	-,680**	1
	Sig. (1-seitig)	<,001	
	N	48	48

** . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (1-seitig) signifikant.

Die Berechnung der Korrelation (Tabelle 32) zeigt, dass für diese Studie zwischen der Erfahrungheit und der kognitiven Belastung ein hoher Zusammenhang ($r=-0,680$, $p<0,001$) besteht.

Hypothese: Je höher die Erfahrungheit, desto niedriger die kognitive Belastung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier.

4. Zusammenhänge zwischen der kognitiven Belastung und dem Vorauslesen

Tabelle 33

Korrelationen

		IndikatorenKB	Vorauslesen
IndikatorenKB	Pearson-Korrelation	1	-,587**
	Sig. (1-seitig)		<,001
	N	48	48
Vorauslesen	Pearson-Korrelation	-,587**	1
	Sig. (1-seitig)	<,001	
	N	48	48

** . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (1-seitig) signifikant.

Die Berechnung der Korrelation (Tabelle 33) zeigt, dass für diese Studie zwischen der kognitiven Belastung und dem Vorauslesen ein hoher Zusammenhang ($r=-0,587$, $p<0,001$) besteht.

Hypothese: Je höher die kognitive Belastung, desto geringer das Vorauslesen beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier.

5. Zusammenhänge zwischen der Erfahrungheit und dem Vorauslesen

Tabelle 34

Korrelationen

		Vorauslesen	Erfahrungheit
Vorauslesen	Pearson-Korrelation	1	,665**
	Sig. (1-seitig)		<,001
	N	48	48
Erfahrungheit	Pearson-Korrelation	,665**	1
	Sig. (1-seitig)	<,001	
	N	48	48

** . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (1-seitig) signifikant.

Die Berechnung der Korrelation (Tabelle 34) zeigt, dass für diese Studie zwischen der Erfahrungheit und dem Vorauslesen ein hoher Zusammenhang ($r=0,665$, $p<0,001$) besteht.

Hypothese: Je höher die Erfahrungheit, desto weiter das Vorauslesen beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier.

6. Zusammenhänge zwischen der Selbsteinschätzung und der Spielleistung

Tabelle 35

Korrelationen

		Selbsteinschätzung	Spielleistung
Selbsteinschätzung	Pearson-Korrelation	1	-,942**
	Sig. (1-seitig)		<,001
	N	48	48
Spielleistung	Pearson-Korrelation	-,942**	1
	Sig. (1-seitig)	<,001	
	N	48	48

** . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (1-seitig) signifikant.

Die Berechnung der Korrelation (Tabelle 35) zeigt, dass für diese Studie zwischen der Selbsteinschätzung und der Spielleistung ein sehr hoher Zusammenhang ($r=-0,942$, $p<0,001$) besteht.

Hypothese: Je höher die Selbsteinschätzung, desto besser die Spielleistung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier.

7. Zusammenhänge zwischen der Aufgabenschwierigkeit und der Spielleistung

Tabelle 36

Korrelationen

		Spielleistung	Aufgabenschwierigkeit
Spielleistung	Pearson-Korrelation	1	,000
	Sig. (1-seitig)		,500
	N	48	48
Aufgabenschwierigkeit	Pearson-Korrelation	,000	1
	Sig. (1-seitig)	,500	
	N	48	48

Die Berechnung der Korrelation (Tabelle 36) zeigt, dass für diese Studie zwischen der Aufgabenschwierigkeit und der Spielleistung kein Zusammenhang ($r=0,000$, $p=0,500$) besteht.

Bei der Untersuchung wurde die Aufgabenschwierigkeit bei den Versuchspersonen immer weiter gesteigert, bis kein flüssiges Spiel mehr möglich war, wodurch aussagekräftige Daten für die höheren Levels bei den Novizen und Fortgeschrittenen fehlen. Nur die Experten konnten alle Levels mit ausreichender Leistung bewältigen. Daraus kann für diese Studie gefolgert werden, dass die Aufgabenschwierigkeit nur bei den Experten aussagekräftig für die Spielleistung ist, aber aufgrund der geringen Größe der Stichprobe hier zu wenige Fälle zur Stützung der Hypothese vorliegen. Es ist zu erwarten, dass ein Zusammenhang bei Vergrößerung der Stichprobe beobachtet und berechnet werden kann.

Aus dem theoretisch hergeleiteten vorläufigen Modell (siehe Kapitel 3.6) ergeben sich außerdem noch folgende zu überprüfende Zusammenhänge:

1. Zusammenhänge zwischen der Aufgabenschwierigkeit und der kognitiven Belastung

Tabelle 37

Korrelationen

		Aufgabenschwie- rigkeit	IndikatorenKB
Aufgabenschwierigkeit	Pearson-Korrelation	1	,096
	Sig. (1-seitig)		,258
	N	48	48
IndikatorenKB	Pearson-Korrelation	,096	1
	Sig. (1-seitig)	,258	
	N	48	48

Die Berechnung der Korrelation (Tabelle 37) zeigt, dass für diese Studie zwischen der Aufgabenschwierigkeit und der kognitiven Belastung ein sehr geringer Zusammenhang ($r=0,096$, $p=0,258$) besteht.

Mögliche Hypothese: Je höher die Aufgabenschwierigkeit, desto höher die kognitive Belastung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier.

Bei der Untersuchung wurde die Aufgabenschwierigkeit bei den Versuchspersonen immer weiter gesteigert, bis kein flüssiges Spiel mehr möglich war, wodurch aussagekräftige Daten für die höheren Levels bei den Novizen und Fortgeschrittenen fehlen. Nur die Experten konnten alle Levels mit ausreichender Leistung bewältigen. Daraus kann für diese Studie gefolgert werden, dass die Aufgabenschwierigkeit nur bei den Experten aussagekräftig für die kognitive Belastung ist, aber aufgrund der geringen Größe der Stichprobe hier zu wenige Fälle zur Stützung der Hypothese vorliegen.

Zur Überprüfung dieser Annahme wird als Variable für die kognitive Belastung ein Faktor (KB-Faktor) aus den absoluten Häufigkeiten (Abzählung) von signifikanten

Stellen mit 95%-Konfidenzintervall bei der Fixationsdauer und dem Pupillendurchmesser in allen Levels der sechs analysierten Versuchspersonen gebildet.

Tabelle 38

Korrelationen

		Aufgabenschwierigkeit	KB-Faktor gesamt
Aufgabenschwierigkeit	Pearson-Korrelation	1	,615**
	Sig. (1-seitig)		<,001
	N	48	48
KB-Faktor gesamt	Pearson-Korrelation	,615**	1
	Sig. (1-seitig)	<,001	
	N	48	48

** . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (1-seitig) signifikant.

Die Korrelationsanalyse (Tabelle 38) ergibt folgende vorsichtige Bestätigung der Hypothese in Bezug auf den oben erwähnten KB-Faktor:

Bei höherer Aufgabenschwierigkeit kann ein höherer KB-Faktor beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier mit Signifikanzniveau $p < 0,001$ und Korrelationskoeffizient $r = 0,615$ beobachtet werden.

Um die Generalisierbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten und die statistische Aussagekraft zu erhöhen, ist eine Datenerhebung mit einer größeren Stichprobe zwingend notwendig.

2. Zusammenhänge zwischen der Selbsteinschätzung und der kognitiven Belastung

Tabelle 39

Korrelationen

		IndikatorenKB	Selbsteinschätzung
IndikatorenKB	Pearson-Korrelation	1	,667**
	Sig. (1-seitig)		<,001
	N	48	48
Selbsteinschätzung	Pearson-Korrelation	,667**	1
	Sig. (1-seitig)	<,001	
	N	48	48

** . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (1-seitig) signifikant.

Die Berechnung der Korrelation (Tabelle 39) zeigt, dass für diese Studie zwischen der Selbsteinschätzung und der kognitiven Belastung ein hoher Zusammenhang ($r=0,667$, $p<0,001$) besteht.

Hypothese: Je höher die Selbsteinschätzung, desto niedriger die kognitive Belastung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier.

3. Zusammenhänge zwischen dem Vorauslesen und der Spielleistung

Tabelle 40

Korrelationen

		Vorauslesen	Spielleistung
Vorauslesen	Pearson-Korrelation	1	,713**
	Sig. (1-seitig)		<,001
	N	48	48
Spielleistung	Pearson-Korrelation	,713**	1
	Sig. (1-seitig)	<,001	
	N	48	48

** . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (1-seitig) signifikant.

Die Berechnung der Korrelation (Tabelle 40) zeigt, dass für diese Studie zwischen dem Vorauslesen und der Spielleistung ein sehr hoher Zusammenhang ($r=0,713$, $p<0,001$) besteht.

Hypothese: Je weiter das Vorauslesen, desto besser die Spielleistung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier.

Zusammenfassend ergeben sich für diese Studie damit folgende Hypothesen:

- Je höher die kognitive Belastung, desto schlechter die Spielleistung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier.
- Je höher die Erfahrung, desto besser die Spielleistung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier.
- Je höher die Erfahrung, desto niedriger die kognitive Belastung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier.
- Je höher die kognitive Belastung, desto geringer das Vorauslesen beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier.
- Je höher die Erfahrung, desto weiter das Vorauslesen beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier.
- Je höher die Selbsteinschätzung, desto besser die Spielleistung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier.
- Je höher die Aufgabenschwierigkeit, desto höher der KB-Faktor beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier.
- Je höher die Selbsteinschätzung, desto niedriger die kognitive Belastung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier.
- Je weiter das Vorauslesen, desto besser die Spielleistung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier.

4.3 Modellüberprüfung

Es sei an dieser Stelle nochmals erwähnt, dass es sich bei diesem Modell aufgrund der kleinen Stichprobengröße ($N=6$) mit 48 Fällen nur um ein vorläufiges Modell handelt, welches theoriegeleitet und empirisch unterstützt entwickelt wurde. Eine robuste statistische Überprüfung des Modells ist mit dieser Datengrundlage nicht bzw. nur eingeschränkt möglich. Die Einschränkung der Stichprobengröße wird bei der Interpretation der Ergebnisse und der Generierung von Schlussfolgerungen berücksichtigt. Für das Gesamtmodell ist aufgrund der geringen Stichprobengröße zu erwarten, dass keine signifikanten Einflüsse der unabhängigen Variablen (Aufgabenschwierigkeit, Selbsteinschätzung, Erfahrungheit) auf die abhängige Variable (Kognitive Belastung: Indikatoren KB) beobachtet werden können.

Die Komplexität des Modells, vor allem durch eine Mediatorvariable, übersteigt die Möglichkeiten herkömmlicher Regressionsverfahren, die lediglich die Berechnung direkter Effekte auf die abhängige Variable ermöglichen. Um den komplexen Wirkungszusammenhängen im vorliegenden Modell gerecht zu werden, wird die Pfadanalyse als Strukturgleichungsmodell angewandt. Dieses Verfahren ermöglicht die Identifizierung und Quantifizierung sowohl direkter als auch indirekter Effekte auf eine abhängige Variable, die durch eine oder mehrere Mediatorvariablen vermittelt werden. Im Vergleich zur herkömmlichen Regression ermöglicht die Pfadanalyse die Darstellung komplexerer Modelle mit mehreren Variablen und Wirkungsbeziehungen. Ebenso ermöglicht die Pfadanalyse die Unterscheidung zwischen gerichteten und ungerichteten Zusammenhängen zwischen Variablen. Durch die Modellierung komplexer Wirkungszusammenhänge wird eine detaillierte Prüfung der aufgestellten Hypothesen ermöglicht.³³³

Während die Stichprobengröße dieser Studie ($n>30$)³³⁴ im Allgemeinen für statistische Berechnungen ausreichend groß ist, liegt sie unter dem empfohlenen Schwellenwert für die Strukturgleichungsmodellierung, der von Hu und Bentler mit einer Mindestanzahl von 250 Probanden angegeben wird.³³⁵

³³³ Sedlmeier & Renkewitz, 2018, S. 766–770

³³⁴ Bortz & Schuster, 2010

³³⁵ Hu & Bentler, 2009, S. 26–28

Deshalb wird folgendes Verfahren zur Überprüfung des vorläufigen Modells angewendet:

Die Überprüfung der Modellhypothesen erfolgt in SPSS in zwei Schritten mittels einer multiplen Regression für die Einflussgrößen auf die kognitive Belastung (Indikatoren KB) (Abb. 11) und einer Moderationsanalyse (Plugin: PROCESS Makro³³⁶) für die Moderation zwischen der kognitiven Belastung (Indikatoren KB: X) (Abb. 12), der moderierenden Variablen (Vorauslesen: W) und der Spielleistung (Gesamtleistung: Y). Die Anwendung des Plugins wird nach Anleitung von www.statistikguru.de³³⁷ vorgenommen. Die Moderationsanalyse hat zum Ziel, zu überprüfen, ob die Interaktion zwischen Vorauslesen und kognitiver Belastung (gemessen anhand von Indikatoren) die Leistung beim Vom Blatt-Spiel am Klavier signifikant vorhersagt.

1. Multiple Regression:

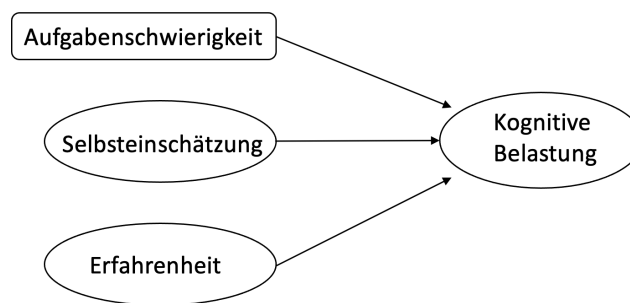


Abb. 11

³³⁶ <http://processmacro.org/index.html>, zuletzt abgerufen am: 28.06.2024, 11.29 Uhr

³³⁷ <https://statistikguru.de/spss/moderation/einfuehrung-in-die-moderationsanalyse.html>, zuletzt abgerufen am: 28.06.2024, 14.23 Uhr

Tabelle 41

Modellzusammenfassung

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	,694 ^a	,482	,446	57324,20045900

a. Einflußvariablen : (Konstante), Erfahrungheit, Aufgabenschwierigkeit, Selbsteinschätzung

ANOVA^a

Modell		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
1	Regression	134409474173,8	3	44803158057,94	13,634	<,001 ^b
	Nicht standardisierte Residuen	144586814163,6	44	3286063958,263		
	Gesamt	278996288337,4	47			

a. Abhängige Variable: IndikatorenKB

b. Einflußvariablen : (Konstante), Erfahrungheit, Aufgabenschwierigkeit, Selbsteinschätzung

Koeffizienten^a

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten		95,0% Konfidenzintervalle für B		
		Regressionskoeffizient B	Std.-Fehler	Beta	T	Sig.	Untergrenze	Obergrenze
1	(Konstante)	107261,823	38578,435		2,780	,008	29512,095	185011,550
	Aufgabenschwierigkeit	3192,825	3611,085	,096	,884	,381	-4084,840	10470,489
	Selbsteinschätzung	3833,656	4054,657	,266	,945	,350	-4337,968	12005,280
	Erfahrungheit	-4604,140	2977,796	-,435	-1,546	,129	-10605,492	1397,213

a. Abhängige Variable: IndikatorenKB

Die ANOVA-Analyse (Tabelle 41) zeigt, dass die Ergebnisse des Modells statistisch signifikant sind ($p < 0,001$). Dies bedeutet, dass die unabhängigen Variablen des Modells (Aufgabenschwierigkeit, Selbsteinschätzung, Erfahrung) einen signifikanten Einfluss auf die abhängige Variable (Kognitive Belastung) haben.

Der Determinationskoeffizient $R^2 = 0,482$ deutet darauf hin, dass das Modell 48,2% der Varianz der kognitiven Belastung erklären kann. Nach Cohens Klassifikation³³⁸ stellt dies eine hohe Effektstärke dar ($R^2 > 0,25$).

Die Analyse der einzelnen Variablen zeigt jedoch, dass beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier der Einfluss von Aufgabenschwierigkeit ($p = 0,381$), Selbsteinschätzung ($p = 0,350$) und Erfahrungheit ($p = 0,129$) auf die kognitive Belastung nicht signifikant ist. Es ist anzunehmen, dass die Stichprobe der Studie zu klein ist, um die Effekte dieser Variablen statistisch robust zu berechnen.

³³⁸ Cohen, 1988, S. 78 ff.

2. Moderationsanalyse:

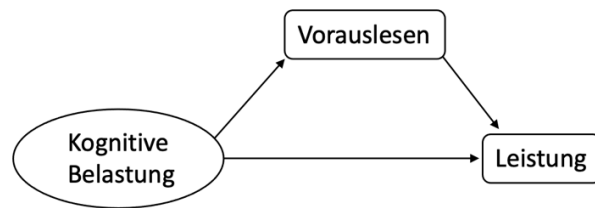


Abb. 12

Um mittels des Plugins „PROCESS Makro“ die Moderationsanalyse durchführen zu können, müssen die Namen der Variablen auf jeweils acht Zeichen reduziert werden.

Daraus ergeben sich folgende Abkürzungen der Variablen:

Spielleistung: G.lstg

Kognitive Belastung: Indik.KB

Vorauslesen: Vorausl

Tabelle 42

```

Model : 1
  Y : G.lstg
  X : Indik.KB
  W : Vorausl

Sample
Size: 48

*****
OUTCOME VARIABLE:
G.lstg

Model Summary
      R      R-sq      MSE      F(HC3)      df1      df2      p
,7996  ,6394  ,6119  52,4251  3,0000  44,0000  ,0000

Model
      coeff      se(HC3)      t      p      LLCI      ULCI
constant  ,9353      ,4367  2,1419  ,0378  ,0552  1,8154
Indik.KB  ,0000      ,0000 -1,9628  ,0560  ,0000  ,0000
Vorausl   ,7651      ,1776  4,3080  ,0001  ,4072  1,1231
Int_1     ,0000      ,0000 -,-8771  ,3852  ,0000  ,0000

Product terms key:
Int_1      :      Indik.KB x      Vorausl

Test(s) of highest order unconditional interaction(s):
      R2-chng      F(HC3)      df1      df2      p
X*W      ,0058      ,7694      1,0000      44,0000      ,3852
-----
      Focal predict: Indik.KB (X)
      Mod var: Vorausl (W)

Data for visualizing the conditional effect of the focal predictor:
Paste text below into a SPSS syntax window and execute to produce plot.

DATA LIST FREE/
  Indik.KB Vorausl G.lstg .
BEGIN DATA.
  ,0000      ,7607  1,5174
75430,0437  ,7607  1,0318
152476,077  ,7607  ,5359
  ,0000      1,6492  2,1972
75430,0437  1,6492  1,6027
152476,077  1,6492  ,9954
  ,0000      2,5378  2,8770
75430,0437  2,5378  2,1735
152476,077  2,5378  1,4549
END DATA.
GRAPH/SCATTERPLOT=
  Indik.KB WITH      G.lstg BY      Vorausl .

***** ANALYSIS NOTES AND ERRORS *****

Level of confidence for all confidence intervals in output:
95,0000

NOTE: A heteroscedasticity consistent standard error and covariance matrix estimator was used.

```

Die Moderationsanalyse (Tabelle 42) ergibt, dass das Modell signifikant ist mit $F(3, 44) = 52,4$, $p = 0.000$ ($p < 0.001$), d.h. die unabhängigen Variablen (Vorauslesen, Kognitive Belastung) erklären zusammen einen signifikanten Anteil der Varianz der abhängigen Variable (Spielleistung).

Die Varianzaufklärung des Modells betrug 63.94%, d.h. 63.94% der Varianz der Spielleistung können durch die unabhängigen Variablen erklärt werden.

Die Interaktion zwischen Vorauslesen und kognitiver Belastung war signifikant ($p < 0.05$), d.h. der Einfluss des Vorauslesens auf die Leistung ist abhängig von der kognitiven Belastung.

5 Diskussion

Spielleistung der Versuchspersonen (vgl. Kapitel 4.1)

Tonhöhen:

Die Ergebnisse zeigen einen deutlichen Unterschied in der Treffsicherheit der Tonhöhen bei den drei Expertisegruppen. Während die Novizen nur in den ersten Levels vereinzelt korrekte Tonhöhen treffen konnten, zeigten die Fortgeschrittenen in den ersten Levels zwar hohe Leistungen, diese ließen jedoch in den höheren Levels stark nach. Die Experten hingegen waren in der Lage, ihre Leistung in der Kategorie Tonhöhen über alle Levels hinweg konstant auf einem hohen Niveau zu halten.

Damit verdeutlichen die Ergebnisse einen starken Zusammenhang zwischen der Expertise und der Leistung in der Kategorie Tonhöhen.

Tempo:

Die Ergebnisse zeigen einen deutlichen Zusammenhang zwischen der Expertise und der Leistung in der Kategorie Tempo. Die Novizen konnten nur in den einfachsten Levels bewertbare Leistungen erbringen, während die Fortgeschrittenen in allen Levels außer Level 7 mindestens 1 Punkt erreichten. Die Experten hingegen konnten in allen Levels außer Level 8 konstant 2 oder 3 Punkte erzielen.

Die Ergebnisse legen nahe, dass das Tempohalten eine wichtige Fähigkeit beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier darstellt, die mit zunehmender Erfahrung verbessert wird.

Verzögerung vor Spielbeginn:

Die Ergebnisse zeigen einen deutlichen Zusammenhang zwischen der Erfahrung und der Leistung in der Kategorie „Verzögerung vor Spielbeginn“. Die Novizen konnten nur in den einfachsten Levels bewertbare Leistungen erbringen, während die Fortgeschrittenen in allen Levels außer Level 4 und 7 mindestens 1 Punkt erreichten. Die Experten hingegen konnten in allen Levels konstant 3 Punkte erzielen.

Kontinuität:

Die Ergebnisse zeigen, dass die Kontinuität mit zunehmender Expertise zunimmt. Während Novizen und Fortgeschrittene nur in den ersten Levels konstante Leistungen erbringen konnten, zeigten die Experten durchgängig mittlere bis hohe

Punktzahlen. Dies deutet darauf hin, dass die Fähigkeit, einen kontinuierlichen Spielfluss zu erbringen, eine wichtige Kompetenz für Experten beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier ist.

Auffallend ist, dass die Experten in den höheren Levels (6-8) tendenziell niedrigere Punktzahlen erreichten als in den Levels 1-5. Dies könnte an der höheren Schwierigkeit der Aufgaben in den höheren Levels liegen, die es den Experten erschwert, die Kontinuität im Spielfluss aufrechtzuerhalten.

Vorauslesen:

Die Ergebnisse im Vorauslesen zeigen, dass die Fähigkeit zum Vorauslesen beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier von verschiedenen Faktoren abhängt, insbesondere von der kognitiven Belastung und der Erfahrung. Mit zunehmender Schwierigkeit der Aufgaben nimmt die Vorauslesefähigkeit ab, was auf begrenzte kognitive Ressourcen der Versuchspersonen hindeutet. Fortgeschrittene Blattspieler und Experten verfügen über ausgeprägtere Vorauslesefähigkeiten, da sie ihre Erfahrung effektiv nutzen können, um die Noten im Voraus zu antizipieren.

Die Ergebnisse aus den Kategorien des Bewertungssystems sowie aus der Bewertung des Vorauslesens lassen sich durch die Annahme erklären, dass die Erfahrung im Vom-Blatt-Spiel eine wichtige Rolle in allen Kategorien spielt, um hohe Leistungen dabei zu erreichen und ein flüssiges Spiel darbieten zu können.

Die Novizen verfügen noch nicht über die notwendigen Ressourcen, um komplexe Tonhöhenverläufe zu erfassen und zu reproduzieren sowie in einem vorgegebenen Tempo zu spielen. Die Kontinuität während des Spielverlaufs aufrechtzuerhalten sowie die Fähigkeit, Verzögerungen vor Spielbeginn so gering wie möglich zu halten, sind in dieser Expertisegruppe nicht vorhanden oder nur in sehr geringem Maße möglich.

Die Fortgeschrittenen haben die Ressourcen in den Bewertungskategorien bereits entwickelt, können aber noch nicht in allen Levels konstant hohe Leistungen erbringen.

Die Experten hingegen verfügen über Fähigkeiten, welche es ihnen ermöglichen, in allen Bewertungskategorien über alle Levels mindestens mittlere, meist aber konstant hohe Leistungen zu erzielen.

Vorläufiges Modell (siehe Kapitel 3.6)

Die Studie zeigt, dass das Modell die kognitive Belastung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier vorhersagen kann. Es konnte jedoch noch kein individueller signifikanter Einfluss der untersuchten Variablen Aufgabenschwierigkeit, Selbsteinschätzung und Erfahrung auf die kognitive Belastung beobachtet werden. Erste Hinweise über den Einfluss der Variablen Selbsteinschätzung, Erfahrung und Aufgabenschwierigkeit konnte jedoch die Korrelationsanalyse (siehe Kapitel 4.2) der Einzelzusammenhänge liefern. Zukünftige Forschung in diesem Bereich sollte mit einer größeren Stichprobe durchgeführt werden, um die vorliegenden Ergebnisse zu replizieren und die komplexen Zusammenhänge zwischen den untersuchten Variablen weiter aufzuklären. Bei einer höheren Datendichte ließe sich das ganze Modell auch voraussichtlich als Strukturgleichungsmodell z.B. in SPSS Amos konstruieren und berechnen.

Die Ergebnisse zeigen jedoch, dass die Spielleistung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier durch das Zusammenspiel von Vorauslesen und kognitiver Belastung vorhergesagt werden kann. Je weiter die Blattspieler vorauslesen, desto besser ist ihre Spielleistung, solange die kognitive Belastung nicht zu hoch ist. Ist die kognitive Belastung jedoch zu hoch, kann Vorauslesen sogar die Leistung beeinträchtigen.

Der positive Effekt des Vorauslesens für ein flüssiges Spiel³³⁹ (siehe Kapitel 2.1.2) wird, wie das Modell zeigt (siehe Kapitel 4.3), durch die kognitive Belastung beeinflusst.

Wie die Korrelationsanalyse Aufgabenschwierigkeit→KB-Faktor (siehe Kapitel 4.2) vorläufig bestätigt, steigt die kognitive Belastung (hier als KB-Faktor: siehe Kapitel 4.2) bei Ansteigen der Aufgabenschwierigkeit.

In Abhängigkeit von der Expertise und Spielfertigkeit der Versuchspersonen reicht die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses³⁴⁰ entweder aus, sodass die Gesamtleistung nicht beeinträchtigt wird oder aber sie reicht nicht aus, was über die Reduzierung des Vorauslesens zu einem schlechten Abschneiden in der Gesamtleistung führt. Somit wird die Aufgabe zu einem Problem, da die Transformation von der Ausgangssituation zur gewünschten Zielsituation durch eine Barriere verhindert wird.³⁴¹

³³⁹ Lehmann & Kopiez, 2018, S. 380

³⁴⁰ Zander, 2010, S. 8–9

³⁴¹ vgl. Tobinski, 2017, S. 6–7

Die Einschränkungen beim Vorauslesen und die daraus resultierende Verschlechterung der Gesamtleistung bei Steigerung der Aufgabenschwierigkeit decken sich mit den Erkenntnissen von Zhou zur kognitiven Belastung, dass sich bei ansteigender Schwierigkeit der Aufgabe die Anstrengung der Versuchsperson bei der Ausführung der Aufgabe erhöht und folglich die kognitive Belastung ansteigt, wodurch sich die Leistung verschlechtert. Übersteigt die kognitive Belastung die maximal zur Verfügung stehende Kapazität, so kommt es zu einem Overload, wodurch die Leistung weiter absinkt, möglicherweise sogar abrupt schlechter wird oder gar die Ausführung der Aufgabe abgebrochen wird.³⁴²

Beantwortung der Forschungsfragen und ihrer Teilaspekte (siehe Kapitel 3.1):

Inwiefern beeinflusst die kognitive Belastung die Leistung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier?

Anhand der Moderationsanalyse des Modells konnte gezeigt werden, dass die kognitive Belastung eine wichtige Rolle spielt für das Erreichen einer hohen Spielleistung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier. Eine hohe kognitive Belastung kann die Spielleistung erheblich negativ beeinflussen.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen, dass die Spielleistung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier durch die komplexe Interaktion zwischen Vorauslesen und kognitiver Belastung vorhergesagt werden kann.

Inwieweit kommt dem Vorauslesen beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier eine vermittelnde Rolle zu (siehe Kapitel 2.1 und 2.1.2)?

- und-

Inwieweit beeinflusst die Erfahrung (Novizen, Fortgeschrittene, Experten) die kognitive Belastung und die resultierende Leistung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier?

Die Analyse der Spielleistung und die Korrelationsanalysen (Kapitel 4.2) zeigen einen deutlichen Zusammenhang zwischen Erfahrung, kognitiver Belastung und Spielleistung beim Vom-Blatt-Klavierspiel.

³⁴² vgl. Zhou, 2016

Erfahrene Spieler erreichen im Durchschnitt eine deutlich bessere Spielleistung als weniger erfahrene Spieler. Dies deutet darauf hin, dass langjährige Erfahrung einen positiven Einfluss auf die Fähigkeiten beim Vom-Blatt-Spiel hat.

Hohe kognitive Belastung hingegen führt zu einer Verschlechterung der Spielleistung. Dies bedeutet, dass Blattspieler bei hoher kognitiver Belastung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier unter anderem mehr Fehler machen, langsamer spielen und den kontinuierlichen Spielfluss nicht aufrechterhalten können.

Der Zusammenhang zwischen kognitiver Belastung und Spielleistung wird durch die Fähigkeit im Vorauslesen des Blattspielers moderiert. Erfahrene Spieler, die weiter vorauslesen können, sind weniger anfällig für negative Auswirkungen der kognitiven Belastung auf die Spielleistung.

Es ist anzunehmen, dass sie über bessere Strategien zur Bewältigung der Aufgabe und zur Reduzierung von kognitiver Belastung verfügen, wodurch sie auch bei hoher kognitiver Belastung eine gute Spielleistung erzielen können. Unerfahrene Spieler hingegen haben Schwierigkeiten, die kognitiven und spieltechnischen Anforderungen des Vom-Blatt-Spiels am Klavier zu bewältigen, wodurch sie deutlich anfälliger für die negativen Auswirkungen der kognitiven Belastung auf ihre Spielleistung sind.

Die Ergebnisse der Studie verdeutlichen, dass sowohl die Erfahrung als auch die kognitive Belastung wichtige Faktoren für das Erzielen einer hohen Spielleistung beim Vom-Blatt-Klavierspiel sind.

Inwieweit beeinflusst die Aufgabenschwierigkeit die kognitive Belastung und die resultierende Leistung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier?

Die Bewertung der Leistung anhand des entwickelten Bewertungssystems in dieser Studie (Kapitel 3.3.3.3) zeigt einen deutlichen Zusammenhang zwischen der Aufgabenschwierigkeit und der Spielleistung im Vom-Blatt-Spiel am Klavier.

Im Durchschnitt führen einfache Aufgaben zu einer höheren Spielleistung, während mittlere Aufgaben zu einer moderaten Spielleistung und schwierige Aufgaben zu einer geringeren Spielleistung führen. Um auch in höheren Spiellevels (Anstieg der Aufgabenschwierigkeit) hohe Spielleistungen erzielen zu können ist hohe Erfahrung im Vom-Blatt-Spiel am Klavier notwendig (siehe Forschungsfrage 1.1).

Leider konnten diese Ergebnisse aufgrund fehlender aussagekräftiger Daten für die Expertisegruppen Novizen und Fortgeschrittene in den höheren Spiellevels (siehe Kapitel 4.2) nicht statistisch validiert werden.

Trotz fehlender statistischer Validierung deuten alle Ergebnisse auf einen klaren Zusammenhang zwischen Aufgabenschwierigkeit und Spilleistung hin.

Zusammenfassend zeigt diese Studie einen methodischen Weg, wie die Leistung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier bewertet werden kann und wie sich die kognitive Belastung dabei messen lässt. Weiterhin liefert diese Studie einen wichtigen Beitrag zur Datenerhebung, Datenaufbereitung und der Datenanalyse zur Untersuchung der kognitiven Belastung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier.

Es kann belegt werden, dass die kognitive Belastung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier einen direkten Einfluss auf das Vorauslesen der Versuchspersonen hat. Die Variable „Vorauslesen“ hat einen direkten Einfluss auf die Gesamtleistung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier. Somit hat die kognitive Belastung einen indirekten Einfluss auf die Gesamtleistung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier über die Mediatorvariable „Vorauslesen“.

Es sei an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen, dass es sich bei dem in dieser Studie entwickelten Modell (siehe Kapitel 3.6) lediglich um ein vorläufiges Modell handelt, welches sich auf Grundlage der geringen Datenmenge und der kleinen Stichprobe nicht in Gänze bestätigen lässt, jedoch einen ersten Hinweis auf die Rolle und die Wirkung der kognitiven Belastung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier liefert.

Für das Fach Musikpädagogik bedeuten diese Erkenntnisse einen ersten grundlegenden Anhaltspunkt, dass daraus, nach Vergrößerung der Datenmenge (Stichprobe), für Lehr- und Lernprozesse beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier geeignete Methoden entwickelt werden könnten. Dabei sollte der Fokus vor allem auf die Reduzierung der kognitiven Belastung gelegt werden, wodurch dann die Leistung im „Vorauslesen“ gesteigert werden kann, da das „Vorauslesen“ nach den Erkenntnissen dieser Studie die Gesamtleistung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier maßgeblich beeinflusst.

6 Limitationen und Ausblick

Die Durchführung dieser Studie war mit erheblichen zeitlichen und methodischen Herausforderungen verbunden, die im Folgenden näher erläutert werden sollen:

Zeitintensiver Datenaufbereitungsprozess

Die schiere Menge und Komplexität der Daten trotz Reduzierung der Auswertung auf sechs Versuchspersonen, die aus verschiedenen Quellen wie Video- und Audioaufnahmen, MIDI-Daten und Eyetracking-Daten gewonnen wurden, erforderte einen hohen Zeitaufwand, um alle relevanten Informationen zu extrahieren und zu verarbeiten.

Die Entwicklung und Anwendung eines geeigneten Bewertungssystems zur Beurteilung der musikalischen Leistungen der Probanden stellte eine weitere methodische wie auch zeitliche Herausforderung dar. Es war für diese Studie notwendig, ein System zu erstellen, das sowohl objektive als auch subjektive Kriterien berücksichtigt und gleichzeitig reliabel und valide war.

Komplexität der Datenintegration

Die Daten aus den verschiedenen Quellen lagen in unterschiedlichen Arten vor, was die Integration und Zusammenführung zu einer kohärenten Datengrundlage erschwerte. Da keine vergleichbaren Studien oder Forschungsarbeiten zur Verfügung standen, mussten eigene methodische Strategien zur Integration der heterogenen Daten entwickelt werden. Dies erforderte ein hohes Maß an Kreativität und Expertise im Bereich der Datenaufbereitung und der Datenanalyse.

Stichprobengröße:

Die Stichprobengröße in dieser Studie war relativ klein, was die Generalisierbarkeit der Ergebnisse einschränkt. Zukünftige Studien sollten mit größeren Stichproben durchgeführt werden, um die Ergebnisse zu replizieren und zu vertiefen.

Trotz dieser Limitationen konnte die Studie wertvolle Erkenntnisse zur Rolle der kognitiven Belastung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier liefern.

Die gewonnenen Erkenntnisse dieser Studie können als Grundlage für weiterführende Forschung in diesem Bereich dienen.

Die Ergebnisse eröffnen vielfältige Möglichkeiten für Anschlussforschungen, die sowohl die theoretische Fundierung als auch die praktische Anwendung in der Musikpädagogik weiterentwickeln können:

Weitere Auswertung erhobener Daten

Ein erster Schritt wäre die weitere Auswertung erhobener Daten der verbleibenden neun Versuchspersonen unter Anwendung des entwickelten methodischen Vorgehens. Dies könnte zusätzliche Erkenntnisse über die individuellen Unterschiede in der kognitiven Belastung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier liefern.

Vergrößerung der Stichprobe

Zur Steigerung der statistischen Aussagekraft und Generalisierbarkeit der Ergebnisse ist eine Vergrößerung der Stichprobe durch Wiederholung des Experiments mit weiteren Versuchspersonen erforderlich. Dies würde die Identifizierung und Validierung signifikanter Zusammenhänge zwischen den erhobenen Variablen ermöglichen.

Ermittlung von Schnittmengen von Fehlern

Die Ermittlung von Schnittmengen von Fehlern in den drei unterschiedlichen Expertisegruppen stellt ein Desiderat dar. Dies erfordert jedoch eine deutlich größere Stichprobe, um statistisch robuste Ergebnisse zu erzielen. Die Analyse von Fehlermustern könnte Aufschlüsse über die kognitiven und spieltechnischen Herausforderungen in den verschiedenen Expertisegruppen liefern.

Individueller Kognitiver-Belastungs-Faktor

Die Bestimmung individueller „Kognitiver-Belastungs-Faktoren“ für die drei Expertisegruppen oder für jede einzelne Versuchsperson könnte mithilfe einer größeren Stichprobe möglich werden. Diese Faktoren könnten die Vorhersehbarkeit von Fehlern und Problemstellen im Vom-Blatt-Spiel am Klavier nach individueller Leistungseinstufung ermöglichen. Solche Erkenntnisse wären im Fach Musikpädagogik von hohem Wert, da sie die Entwicklung individualisierter Unterrichtsmethoden für das Vom-Blatt-Spiel am Klavier fördern könnten.

Strategien zur Reduzierung der kognitiven Belastung

Mögliche Strategien zur Reduzierung der kognitiven Belastung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier, wie beispielsweise die Generierung und Anwendung von „Schemata“³⁴³, sind nicht auszuschließen und bedürfen eines explorativen Blicks in zukünftigen Forschungsarbeiten. Diese könnten bei Vergrößerung der Stichprobe und Datenmenge genauer untersucht werden. Die Identifizierung und Validierung möglicher Strategien zur Reduzierung der kognitiven Belastung könnten zur Entwicklung effektiver Unterrichtsmethoden für das Vom-Blatt-Spiel am Klavier beitragen und somit das Vom-Blatt-Spiel am Klavier für Lernende aller Expertisegruppen noch effizienter und erfolgreicher gestalten.

Die vorliegende Studie liefert erste Erkenntnisse über die kognitive Belastung beim Vom-Blatt-Spiel am Klavier. Weitere Forschungsarbeiten mit größeren Stichproben und unter Anwendung verschiedener methodischer Ansätze sind erforderlich, um die Ergebnisse zu vertiefen und die praktische Anwendung in der Musikpädagogik zu fördern.

³⁴³ vgl. Paas & Van Merriënboer, 1994; Sweller, 1994

7 Literaturverzeichnis

Aschersleben, G. (2005). Handlung und Wahrnehmung (Spektrum-Lehrbuch). *Allgemeine Psychologie* (1. Aufl., [Nachdr.], S. 895–929). Heidelberg: Spektrum, Akad. Verl.

Associated Board of the Royal Schools of Music (Great Britain). (2008a). *Piano: specimen sight-reading tests. Grade 1* (Band 1). London [England]: ABRSM Publishing, The Associated Board of the Royal Schools of Music.

Associated Board of the Royal Schools of Music (Great Britain). (2008b). *Piano: specimen sight-reading tests. Grade 2* (Band 2). London [England]: ABRSM Publishing, The Associated Board of the Royal Schools of Music.

Associated Board of the Royal Schools of Music (Great Britain). (2008c). *Piano: specimen sight-reading tests. Grade 3* (Band 3). London [England]: ABRSM Publishing, The Associated Board of the Royal Schools of Music.

Associated Board of the Royal Schools of Music (Great Britain). (2008d). *Piano: specimen sight-reading tests. Grade 4* (Band 4). London [England]: ABRSM Publishing, The Associated Board of the Royal Schools of Music.

Associated Board of the Royal Schools of Music (Great Britain). (2008e). *Piano: specimen sight-reading tests. Grade 5* (Band 5). London [England]: ABRSM Publishing, The Associated Board of the Royal Schools of Music.

Associated Board of the Royal Schools of Music (Great Britain). (2008f). *Piano: specimen sight-reading tests. Grade 6* (Band 6). London [England]: ABRSM Publishing, The Associated Board of the Royal Schools of Music.

Associated Board of the Royal Schools of Music (Great Britain). (2008g). *Piano: specimen sight-reading tests. Grade 7* (Band 7). London [England]: ABRSM Publishing, The Associated Board of the Royal Schools of Music.

Associated Board of the Royal Schools of Music (Great Britain). (2008h). *Piano: specimen sight-reading tests. Grade 8* (Band 8). London [England]: ABRSM Publishing, The Associated Board of the Royal Schools of Music.

Becker, F. (2019). *Mitarbeiter wirksam motivieren: Mitarbeitermotivation mit der Macht der Psychologie*. Berlin: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-57838-4>

Becker-Carus, C. & Wendt, M. (2017). *Allgemeine Psychologie: Eine Einführung* (2., vollständig überarbeitete und erweiterte Neuauflage.). Berlin: Springer.

Bender, R. & Lange, S. (2007). Was ist ein Konfidenzintervall? *DMW - Deutsche Medizinische Wochenschrift*, 132(S 01), e17–e18. <https://doi.org/10.1055/s-2007-959031>

Betsch, T., Funke, J. & Plessner, H. (2011). *Denken - Urteilen, Entscheiden, Problemlösen: mit 14 Tabellen* (Springer-Lehrbuch Allgemeine Psychologie für Bachelor). Berlin Heidelberg: Springer.

Bortz, J. & Schuster, C. (2010). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler* (Springer-Lehrbuch) (7., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage.). Berlin Heidelberg New York: Springer.

Bruhn, H. (1993). Begabung und Lernen (Rowohlt's Enzyklopädie). *Musikpsychologie: ein Handbuch* (Originalausgab., S. 539–546). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.

Chitalkina, N., Puurtinen, M., Gruber, H. & Bednarik, R. (2021). Handling of incongruences in music notation during singing or playing. *International Journal of Music Education*, 39(1), 18–38. <https://doi.org/10.1177/0255761420944036>

Choi, H.-H., van Merriënboer, J. J. G. & Paas, F. (2014). Effects of the Physical Environment on Cognitive Load and Learning: Towards a New Model of Cognitive Load. *Educational Psychology Review*, 26(2), 225–244. <https://doi.org/10.1007/s10648-014-9262-6>

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2. ed., reprint.). New York, NY: Psychology Press.

Delogu, F., Brunetti, R., Inuggi, A., Campus, C., Del Gatto, C. & D'Ausilio, A. (2019). That does not sound right: Sounds affect visual ERPs during a piano sight-reading task. *Behavioural Brain Research*, 367, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2019.03.037>

Döring, N. & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (Springer-Lehrbuch) (5. vollst. überarb. Aufl.). Berlin: Springer.

Eaton, J. L. (1978). *A correlation study of keyboard sight-reading facility with previous training, note-reading, psychomotor, and memorization skills*. University of Indiana.

Egger, J. W. (2015). Selbstwirksamkeit: Ein kognitives Konstrukt für gesundheitliches Verhalten. *Integrative Verhaltenstherapie und psychotherapeutische Medizin* (S. 283–311). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-06803-5_12

Furneaux, S. & Land, M. F. (1999). The effects of skill on the eye–hand span during musical sight–reading. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 266(1436), 2435–2440. <https://doi.org/10.1098/rspb.1999.0943>

Gilman, E. R. (2000). *Towards an eye-movement model of music sight-reading*. Nottingham: University of Nottingham.

Gudmundsdottir, H. R. (2002). *Music reading errors of young piano students*. Ottawa: National Library of Canada = Bibliothèque nationale du Canada.

Hadley, L. V., Sturt, P., Eerola, T. & Pickering, M. J. (2018). Incremental comprehension of pitch relationships in written music: Evidence from eye movements. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 71(1), 211–219. <https://doi.org/10.1080/17470218.2017.1307861>

- Hommel, B. (2002). Planung und exekutive Kontrolle (Spektrum-Lehrbuch). *Allgemeine Psychologie* (1. Aufl., [Nachdr.], S. 797–863). Heidelberg: Spektrum, Akad. Verl.
- Hu, L. & Bentler, P. M. (2009). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 6(1), 1–55. <https://doi.org/10.1080/10705519909540118>
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort* (Prentice-Hall series in experimental psychology). Englewood Cliffs, N.J: Prentice-Hall.
- Kiesel, A. & Koch, I. (2018). Wahrnehmung und Aufmerksamkeit. In A. Kiesel & H. Spada (Hrsg.), *Lehrbuch Allgemeine Psychologie* (S. 35–120). Bern: Hogrefe.
- Kluwe, R. H. (2006). Exekutive Funktionen (Handbuch der Psychologie). *Handbuch der allgemeinen Psychologie: Kognition* (S. 547–555). Göttingen: Hogrefe.
- Koch, I., Poljac, E., Müller, H. & Kiesel, A. (2018). Cognitive structure, flexibility, and plasticity in human multitasking—An integrative review of dual-task and task-switching research. *Psychological Bulletin*, 144(6), 557–583. <https://doi.org/10.1037/bul0000144>
- Kopiez, R. (2002). Aspekte der Performanceforschung. In H. de La Motte-Haber, R. Kopiez & G. Rötter (Hrsg.), *Handbuch der Musikpsychologie* (S. 505–587). Laaber: Laaber.
- Kopiez, R. (2005). Experimentelle Interpretationsforschung (Handbuch der systematischen Musikwissenschaft). *Musikpsychologie* (S. 459–514). Laaber: Laaber.
- Kuckartz, U., Rädiker, S., Ebert, T. & Schehl, J. (2013). *Statistik: eine verständliche Einführung* (Lehrbuch) (2., überarbeitete Auflage.). Wiesbaden: Springer VS.
- Künzell, S., Broeker, L., Dignath, D., Ewolds, H., Raab, M. & Thomaschke, R. (2018). What is a task? An ideomotor perspective. *Psychological Research*, 82(1), 4–11. <https://doi.org/10.1007/s00426-017-0942-y>
- Lannert, V. & Ullman, M. (1945). Factors in the Reading of Piano Music. *The American Journal of Psychology*, 58(1), 91. <https://doi.org/10.2307/1417577>
- Lehmann, A. C. (1993). Vomblattspiel und Erkennen musikalischer Formen (Rowohlts Enzyklopädie). *Musikpsychologie: ein Handbuch* (Originalausgabe., S. 486–491). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.
- Lehmann, A. C. & Ericsson, K. A. (1997). Research on expert performance and deliberate practice: Implications for the education of amateur musicians and music students. *Psychomusicology: A Journal of Research in Music Cognition*, 16(1–2), 40–58. <https://doi.org/10.1037/h0094068>
- Lehmann, A. C. & Kopiez, R. (2018). Auswendig, nach Gehör und vom Blatt spielen. *Handbuch Musikpsychologie* (1. Auflage., S. 367–388). Bern: Hogrefe.

- Lehmann, A. C. & Oerter, R. (2008). Lernen, Übung und Expertisierung. In H. Bruhn, R. Kopiez & A.C. Lehmann (Hrsg.), *Musikpsychologie* (S. 105–128). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.
- Lemay, C. (2008). Sight-reading for Piano Students: Comparing Three Methods of Assessment. Bibliotheque et Archives Canada, Ottawa.
- Meghanathan, R. N., Van Leeuwen, C. & Nikolaev, A. R. (2015). Fixation duration surpasses pupil size as a measure of memory load in free viewing. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.01063>
- Müller, H. J. & Krummenacher, J. (2002). Aufmerksamkeit (Spektrum-Lehrbuch). *Allgemeine Psychologie* (1. Aufl., [Nachdr.], S. 119–177). Heidelberg: Spektrum, Akad. Verl.
- Müsseler, J. (Hrsg.). (2002). *Allgemeine Psychologie* (Spektrum-Lehrbuch) (1. Aufl., [Nachdr.]). Heidelberg: Spektrum, Akad. Verl.
- de Oliveira, R. F., Raab, M., Hegele, M. & Schorer, J. (2017). Task Integration Facilitates Multitasking. *Frontiers in Psychology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00398>
- Paas, F. G. W. C. & Van Merriënboer, J. J. G. (1994). Instructional control of cognitive load in the training of complex cognitive tasks. *Educational Psychology Review*, 6(4), 351–371. <https://doi.org/10.1007/BF02213420>
- Pomerleau-Turcotte, J., Moreno Sala, M. T., Dubé, F. & Vachon, F. (2021). Does cognitive load differ among sight-singers? An exploratory study using pupillometry and interviews. *Future Directions of Music Cognition*. Gehalten auf der Future Directions of Music Cognition, The Ohio State University Libraries. <https://doi.org/10.18061/FDMC.2021.0030>
- Riemann, H., Ruf, W. & van Dyck-Hemming, A. (Hrsg.). (2012). *Riemann-Musik-Lexikon: In fünf Bänden* (13., aktualisierte Neuaufl., Band 4). Mainz: Schott.
- Salis, D. L. (1977). *The identification and assessment of cognitive variables associated with reading of advanced music at the piano*. University of Pittsburgh.
- Salvucci, D. D. (2005). A multitasking general executive for compound continuous tasks. *Cognitive science*, 29(3), 457–492. https://doi.org/10.1207/s15516709cog0000_19
- Schmidt, R. A. & Lee, T. D. (2011). *Motor control and learning: a behavioral emphasis* (5th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Schwalm, M. (2009). Pupillometrie als Methode zur Erfassung mentaler Beanspruchungen im automotiven Kontext. Leibniz Institut für Psychologie (ZPID). <https://doi.org/10.23668/PSYCHARCHIVES.9336>
- Sedlmeier, P. & Renkewitz, F. (2018). *Forschungsmethoden und Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler* (3., aktualisierte und erweiterte Auflage). Hallbergmoos: Pearson.

- Sloboda, J. A. (1974). The Eye-Hand Span-An Approach to the Study of Sight Reading. *Psychology of Music*, 2(2), 4–10. <https://doi.org/10.1177/030573567422001>
- Sloboda, J. A. (1976). Visual Perception of Musical Notation: Registering Pitch Symbols in Memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 28(1), 1–16. <https://doi.org/10.1080/14640747608400532>
- Sloboda, J. A. (1986). *The musical Mind: the cognitive psychology of music* (Oxford Psychology Series) (1. publ., reprint. in paperback.). Oxford: Oxford University Press.
- Sloboda, J. A. (2005). *Exploring the musical mind: cognition, emotion, ability, function*. Oxford ; New York: Oxford University Press.
- Sommer, B. (2002). *Zur Methodik des elementaren Prima-Vista-Spiels: Ein Trainingsmodell zur mühelosen Umsetzung von Tonhöhen- und Rhythmikinformation der traditionellen Notenschrift in Handlungen am Klavier im Ausgang von Bachs zweistimmigen Inventionen: Zugl.: Saarbrücken, Univ., Diss., 2001 (Premium) (Als Ms. gedr., Band 527)*. Berlin: dissertation.de.
- Sweller, J. (1988). Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257–285. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4
- Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction*, 4(4), 295–312. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90003-5](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90003-5)
- Sweller, J. (2010). Element Interactivity and Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. *Educational Psychology Review*, 22(2), 123–138. <https://doi.org/10.1007/s10648-010-9128-5>
- Sweller, J., Van Merriënboer, J. J. G. & Paas, F. (2019). Cognitive Architecture and Instructional Design: 20 Years Later. *Educational Psychology Review*, 31(2), 261–292. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5>
- Szulewski, A., Gegenfurtner, A., Howes, D. W., Sivilotti, M. L. A. & Van Merriënboer, J. J. G. (2017). Measuring physician cognitive load: validity evidence for a physiologic and a psychometric tool. *Advances in Health Sciences Education*, 22(4), 951–968. <https://doi.org/10.1007/s10459-016-9725-2>
- Tobinski, D. (2017). *Kognitive Psychologie: Problemlösen, Komplexität und Gedächtnis* (Springer-Lehrbuch). Berlin [Heidelberg]: Springer.
- Tukey, J. W. (1962). The Future of Data Analysis. *The Annals of Mathematical Statistics*, 33(1), 1–67. <https://doi.org/10.1214/aoms/1177704711>
- Watkins, J. G. & Farnum, S. E. (1954). *The Watkins-Farnum performance scale: form A: a standardized achievement test for all band instruments*. Winona, Minn.: Hal Leonard Music.

Wolf, T. (1976). A cognitive model of musical sight-reading (*Journal of Psycholinguistic Research*), 5, 143–171.

Wolff, H.-G. & Bacher, J. (2010). Hauptkomponentenanalyse und explorative Faktorenanalyse. In C. Wolf & H. Best (Hrsg.), *Handbuch der sozialwissenschaftlichen Datenanalyse* (S. 333–365). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-92038-2_15

Zander, S. (2010). *Motivationale Lernervoraussetzungen in der Cognitive Load Theory: zwei Studien zum Einfluss motivationaler Lernervoraussetzungen auf die kognitive Belastung beim Lernen mit unterschiedlichen Instruktionsdesigns* (Wissensprozesse und digitale Medien). Berlin: Logos.

Zhou, J. (2016). *Robust multimodal cognitive load measurement*. New York, NY: Springer Berlin Heidelberg.

8 Anhang

A Fragebogen

1. Persönlicher Code:

- **Erste Stelle:** Letzter Buchstabe Ihres Geburtsmonats _____
- **Zweite Stelle:** Zweiter Buchstabe des Vornamens Ihrer Mutter _____
- **Dritte und vierte Stelle:** Die ersten beiden Buchstaben Ihres Geburtsorts _____
- **Fünfte Stelle:** letzte Ziffer Ihres Geburtsjahres _____

2. Ihr Alter:

_____ Jahre und _____ Monate

3. Hatten Sie Instrumentalunterricht in Klavier?

- Ja Nein

→ **Wenn ja**, wie lange? _____ Jahre und _____ Monate

→ **Wenn ja**, wie alt waren Sie, als dieser Unterricht begonnen hat? _____ Jahre

War diese Frage für Sie verständlich formuliert?

- sehr verständlich gut verständlich weniger verständlich nicht verständlich

4. Hatten Sie Instrumentalunterricht in einem anderen Instrument?

Ja, Instrument: _____

Nein

→ **Wenn ja**, wie lange? _____ Jahre und _____ Monate

→ **Wenn ja**, wie alt waren Sie, als dieser Unterricht begonnen hat? _____ Jahre

War diese Frage für Sie verständlich formuliert?

- sehr verständlich gut verständlich weniger verständlich nicht verständlich

5. Wie viele Stunden pro Woche spielen Sie durchschnittlich an einem Tasteninstrument?

Insgesamt: _____ Stunden

Davon: nach Noten: _____ Stunden

ohne Noten: _____ Stunden

vom Blatt: _____ Stunden

War diese Frage für Sie verständlich formuliert?

- sehr verständlich gut verständlich weniger verständlich nicht verständlich

6. Welche der folgenden Aussagen trifft auf Sie zu?

Beim Klavierspielen spiele ich lieber mit Noten als ohne Noten.

Beim Klavierspielen spiele ich lieber ohne Noten als mit Noten.

Beim Klavierspielen spiele ich gleich gerne mit und ohne Noten.

War diese Frage für Sie verständlich formuliert?

- sehr verständlich gut verständlich weniger verständlich nicht verständlich

7. Auf dem Klavier vom Blatt zu spielen, mag ich ...

- sehr gerne gerne weniger gerne überhaupt nicht gerne

War diese Frage für Sie verständlich formuliert?

- sehr verständlich gut verständlich weniger verständlich nicht verständlich

8. Haben Sie ein Musikstudium durchlaufen oder studieren Sie derzeit Musik?

- Ja Nein

Wenn ja: Bitte kreuzen Sie an, in welchem Studiengang/in welchen Studiengängen Sie studiert haben bzw. studieren. Nennen Sie bitte die Zahl der Semester, in denen Sie in diesem Studiengang/in diesen Studiengängen Klavierunterricht erhalten (haben). Kreuzen Sie bitte an, wenn Sie in diesem Studiengang/diesen Studiengängen einen Abschluss erworben haben.

<input type="checkbox"/> Kirchenmusik	_____ Semester	<input type="checkbox"/> Abschluss
<input type="checkbox"/> Cembalo	_____ Semester	<input type="checkbox"/> Abschluss
<input type="checkbox"/> Klavier	_____ Semester	<input type="checkbox"/> Abschluss
<input type="checkbox"/> Orgel	_____ Semester	<input type="checkbox"/> Abschluss
<input type="checkbox"/> Instrumental- und Gesangspädagogik	_____ Semester	<input type="checkbox"/> Abschluss
<input type="checkbox"/> Lehramt Gymnasium (Doppelfach)	_____ Semester	<input type="checkbox"/> Abschluss
<input type="checkbox"/> Lehramt Gymnasium (mit wiss. Beifach)	_____ Semester	<input type="checkbox"/> Abschluss
<input type="checkbox"/> Unterrichtsfach Musik (Grund-, Mittel-, Realschule)	_____ Semester	<input type="checkbox"/> Abschluss
<input type="checkbox"/> Didaktikfach Musik	_____ Semester	<input type="checkbox"/> Abschluss
<input type="checkbox"/> Komposition	_____ Semester	<input type="checkbox"/> Abschluss

War diese Frage für Sie verständlich formuliert?

- sehr verständlich gut verständlich weniger verständlich nicht verständlich

9. Bitte schätzen Sie Ihre Fähigkeiten im Vom-Blatt-Spielen am Klavier ein (1 = keine Fähigkeiten, 10 = sehr ausgeprägte Fähigkeiten).

- | | |
|------------------------------|-------------------------------|
| <input type="checkbox"/> =1 | <input type="checkbox"/> = 6 |
| <input type="checkbox"/> = 2 | <input type="checkbox"/> = 7 |
| <input type="checkbox"/> = 3 | <input type="checkbox"/> = 8 |
| <input type="checkbox"/> = 4 | <input type="checkbox"/> = 9 |
| <input type="checkbox"/> = 5 | <input type="checkbox"/> = 10 |

War diese Frage für Sie verständlich formuliert?

- sehr verständlich gut verständlich weniger verständlich nicht verständlich

10. Bitte schätzen Sie ein, in wie weit Sie Vom-Blatt-Spielen am Klavier als Herausforderung empfinden (1 = keine Herausforderung, 10 = sehr große Herausforderung).

- | | |
|------------------------------|-------------------------------|
| <input type="checkbox"/> =1 | <input type="checkbox"/> = 6 |
| <input type="checkbox"/> = 2 | <input type="checkbox"/> = 7 |
| <input type="checkbox"/> = 3 | <input type="checkbox"/> = 8 |
| <input type="checkbox"/> = 4 | <input type="checkbox"/> = 9 |
| <input type="checkbox"/> = 5 | <input type="checkbox"/> = 10 |

War diese Frage für Sie verständlich formuliert?

- sehr verständlich gut verständlich weniger verständlich nicht verständlich

Vielen Dank für Ihre Mühe!

B Digitaler Anhang

Auf Anfrage (per Mail an: johannes.meyer@uni-a.de) kann vom Autor Einsicht in die verschiedenen Datensätze, Videos und Notenbeispiele gegeben werden.