

*Die Musik der Sprache*  
*Empirische Untersuchungen zum Zusammenhang von*  
*basal-auditiver Verarbeitung, prosodischer Sensitivität und Lesen*

INAUGURALDISSERTATION



Zur Erlangung des Doktorgrades  
der Humanwissenschaftlichen Fakultät  
der Universität zu Köln  
nach der Promotionsordnung vom 18.12.2018

vorgelegt von

**Anja Larissa Obergfell**  
aus Villingen-Schwenningen

Köln, im Februar 2022

Erstbetreuer der Arbeit: Prof. Dr. Alfred Schabmann (Universität zu Köln)

Zweitbetreuerin der Arbeit: Dr. Barbara Maria Schmidt (Universität zu Köln)

Tag der mündlichen Prüfung: 12. Juli 2022

Diese Dissertation wurde von der Humanwissenschaftlichen Fakultät der Universität zu Köln  
im Juli 2022 angenommen.



### Liste der Publikationen

Die vorliegende kumulative Dissertation basiert auf folgenden Veröffentlichungen mit *Peer-Review-Verfahren*:

#### Studie 1:

**Obergfell, A. L.,** Schmidt, B. M., Stenneken, P., Wittemann S. K., & Schabmann, A. (2021).

Prosodic sensitivity and reading fluency of musicians and non-musicians. *Reading and Writing*, 34, 887–909. <https://doi.org/10.1007/s11145-020-10096-4>

#### Studie 2:

**Obergfell, A. L.,** Schabmann, A., & Schmidt, B. M. (2022). The relationship between basic

auditory processing, prosodic sensitivity and reading in German adults. *Journal of Research in Reading*, 45(1), 119–136. <https://doi.org/10.1111/1467-9817.12387>

## **Erklärung zu den Publikationen**

Die kumulative Dissertation umfasst zwei gemeinschaftliche Publikationen, die von mir als Erstautorin verfasst wurden: Obergfell et al. (2021, 2022).

Die Planung der Studie 1 erfolgte auf Basis meines Ideenentwurfs unter Anleitung von und in Absprache mit Alfred Schabmann und Barbara M. Schmidt. Die Datenerhebung wurde von mir gemeinsam mit Sonja K. Wittemann durchgeführt. Erste Ergebnisse wurden im Rahmen der Bachelorarbeit in Kooperation mit Sonja K. Wittemann dargestellt. Darüber hinausgehende Datenauswertungen und statistische Analysen für den Artikel (Obergfell et al., 2021) wurden von mir in Zusammenarbeit mit Alfred Schabmann durchgeführt. Dabei reicht die von mir gemeinschaftlich mit Alfred Schabmann entwickelte Konzeption des Artikels weit über die in der Bachelorarbeit angerissene Thematik hinaus. Der Artikel wurde von mir unter Anleitung von und in Absprache mit Alfred Schabmann eigenständig verfasst. Frühere Manuskriptversionen wurden von Alfred Schabmann und mir gemeinsam diskutiert und verändert, wobei davon ausgehend von mir die finale Version erstellt wurde. Diese wurde vor Einreichung zusätzlich von Barbara M. Schmidt und Prisca Stenneken geprüft.

Die Planung der Studie 2 erfolgte in Absprache mit Alfred Schabmann und Barbara M. Schmidt eigenständig durch mich. Neues Testmaterial wurde eigenständig von mir erstellt. Die Pilotierung und Durchführung der Studie erfolgten eigenverantwortlich durch mich. Die Datenauswertungen und statistischen Analysen wurden eigenständig von mir durchgeführt und in regelmäßigen Gesprächen mit Alfred Schabmann diskutiert und angepasst. Der Artikel (Obergfell et al., 2022) wurde eigenständig von mir verfasst und in Absprache mit Alfred Schabmann und Barbara M. Schmidt für die Einreichung finalisiert.

Die Revision beider Manuskripte erfolgte in Absprache und in Zusammenarbeit mit Alfred Schabmann.

### **Danksagung**

Mein Dank gilt insbesondere Alfred, meinem Doktorvater, der mir die Möglichkeit gegeben hat, mein wissenschaftliches Herzensthema zu erforschen und mir beigebracht hat, eigenständig jede wissenschaftliche Herausforderung anzugehen. Danke für die gleichzeitig zuverlässige Unterstützung. Gleichfalls geht mein Dank an Barbara für die unkomplizierte und zuverlässige Übernahme der Zweitbetreuung. Danke an Prisca Stenneken, die schon früh in meinem Studium erkannt hat, dass ich „mein Thema“ gefunden habe und an Stefan Baumann für das Mut machen, meine eigenen Ideen umzusetzen, als ich noch ganz am Anfang der Promotion war.

Danke Lisa für deine vielen positiven Worte und die großartige Unterstützung als Freundin und Doktorschwester. Danke Jenni für dein offenes Ohr und deinen Blick von außen bei linguistischen Fragen. Danke Doris für unser “PS-Tandem“ und danke Kira und Doris für die Unterstützung bei der Datenerhebung der Studie 2. Danke Gunnar für die hilfreichen Diskussionen über meine Forschung und die grandiose Einführung in die Software R. Danke Martin für die Finalisierung meiner Tondateien und die Beantwortung sämtlicher tontechnischer Fragen. Danke Sonja für das Dabeisein als der Grundstein dieser Arbeit gelegt wurde und für deine wertvolle Unterstützung als Freundin.

Mein Dank geht an alle Freund\*innen, die für den Ausgleich neben der Arbeit gesorgt haben, aber auch Verständnis hatten, wenn es mal stressiger wurde. Danke an meine Eltern und meine Schwester Julia, die immer an mich glauben. Danke für die heimatliche „Schreiboase“. Ein großer Dank gilt Aaron, der immer für neue Energie gesorgt hat, wenn ich sie brauchte, und die computerbasierte Durchführung einer Aufgabe ermöglicht hat. Danke für deine liebevolle und humorvolle Unterstützung in jeder Phase meiner Promotion.

Danke an alle Proband\*innen, die mit so viel Engagement und Geduld an meinen Datenerhebungen teilgenommen haben. Ohne Euch gäbe es keine neuen Forschungsergebnisse.

Danke an die Firma PAJ GPS in Windeck sowie das Department Heilpädagogik und Rehabilitation der Universität zu Köln für die materielle bzw. finanzielle Unterstützung der Studie 2.





Inhalt

LISTE DER PUBLIKATIONEN .....	I
ERKLÄRUNG ZU DEN PUBLIKATIONEN .....	II
DANKSAGUNG .....	III
ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....	VII
TABELLENVERZEICHNIS .....	VIII
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....	IX
1 EINLEITUNG .....	11
2 BEGRIFFSDEFINITIONEN .....	13
2.1 Prosodie und prosodische Sensitivität .....	13
2.2 Basal-auditive Verarbeitung.....	15
2.3 Phonologische Bewusstheit.....	16
2.4 Lesen.....	16
3 PROSODISCHE SENSITIVITÄT UND LESEN .....	18
3.1 Empirische Evidenz durch Korrelationsstudien.....	18
3.2 Empirische Evidenz durch Gruppenvergleiche.....	22
4 STUDIE 1: FORSCHUNGSFRAGEN UND UNTERSUCHUNGSaufbau .....	24
5 PROSODIC SENSITIVITY AND READING FLUENCY OF MUSICIANS AND NON- MUSICIANS .....	26
Method .....	34
Results .....	38
Discussion .....	43
6 STUDIE 1: ZWISCHENFAZIT .....	49
7 DAS THEORETISCHE WIRKMODELL.....	50
7.1 Die Theorie eines Zwei-Wege-Modells .....	50
7.1.1 Die direkte Route.....	50
7.1.2 Die indirekte Route über die phonologische Bewusstheit .....	56

7.2 Die Rolle der basal-auditiven Verarbeitung.....	56
8 STUDIE 2: FORSCHUNGSFRAGEN UND UNTERSUCHUNGSaufbau .....	60
9 THE RELATIONSHIP BETWEEN BASIC AUDITORY PROCESSING, PROSODIC SENSITIVITY AND READING IN GERMAN ADULTS.....	62
Method .....	70
Results .....	76
Discussion .....	79
10 DISKUSSION .....	83
11 FAZIT UND AUSBLICK.....	89
11.1 Implikationen für die Praxis .....	89
11.2 Weitere Forschungsvorhaben .....	90
ANHANG .....	93
LITERATURVERZEICHNIS .....	107

**Abbildungsverzeichnis**

ABBILDUNG 1: Schematische Einordnung von Prosodie, ihrer Komponenten, Merkmale und akustischen Einflussfaktoren..... 14

FIGURE 1<sup>1</sup>: The Sauter et al. (2012) Piano Task ..... 36

ABBILDUNG 2: Theoretisches Wirkmodell (Studie 2) ..... 50

ABBILDUNG 3: Modellvorstellung für die Wortverarbeitung im Leseprozess..... 52

ABBILDUNG 4: Speicher- und Regel-Theorie bei regulär und irregulär betonten Wörtern..... 55

FIGURE 2<sup>2</sup>: Direct and Indirect Effects of Prosodic Sensitivity on Reading ..... 69

FIGURE 2<sup>2</sup>: Direct and Indirect Effects of Basic Auditory Processing on Reading ..... 70

FIGURE 3<sup>2</sup>: One- and Two-Factor Model ..... 75

FIGURE 4<sup>2</sup>: Structural Equation Model for Prosodic Sensitivity, Phonological Awareness, and Reading ..... 77

FIGURE 5<sup>2</sup>: Extended Structural Equation Model Including Basic Auditory Processing..... 78

---

<sup>1</sup> Abbildung aus Studie 1 (Obergefell et al., 2021)

<sup>2</sup> Abbildung aus Studie 2 (Obergefell et al., 2022)

**Tabellenverzeichnis**

TABELLE 1: Beispielaufgaben zur Erfassung der prosodischen Komponenten.....	15
TABELLE 2: Übersicht über die Anzahl der berichteten Studien, die einen direkten, indirekten oder keinen PS-Lesen-Effekt zeigen.....	22
TABELLE 3: Übersicht über Studien, die die PS-Leistungen von unterdurchschnittlichen und durchschnittlichen Leser*innen verglichen.....	23
TABLE 1 <sup>3</sup> : Correlations of Age, Prosodic Sensitivity, Reading, and Phonological Awareness Measures.....	39
TABLE 2 <sup>3</sup> : Descriptive Results of the Matching Criteria in the Subsamples .....	40
TABLE 3 <sup>3</sup> : Hierarchical Regression Analysis Predicting Reading.....	40
TABLE 4 <sup>3</sup> : Means, Standard Deviations, Minimums, and Maximums of Prosodic Sensitivity, Reading, and Phonological Awareness Measures.....	42
APPENDIX A <sup>3</sup> : Examples for the Prosodic Sensitivity Measures.....	47
APPENDIX B <sup>3</sup> : List of Nonword Sentences and Sentences .....	48
TABELLE 4: Übersicht über Studien, die den alleinigen Einfluss unterschiedlicher basal-auditiver Fähigkeiten auf die prosodische Sensitivität und/oder die phonologische Bewusstheit untersuchten .....	57
TABLE 1 <sup>4</sup> : Highest Educational Level .....	71
TABLE 2 <sup>4</sup> : Results of Confirmatory Factor Analysis.....	75
TABLE 3 <sup>4</sup> : Descriptive Statistics for Prosodic Sensitivity, Phonological Awareness, Reading, and Basic Auditory Processing .....	76
TABLE 4 <sup>4</sup> : Correlations .....	77
TABELLE 5: Mittelwerte und Standardabweichungen der untersuchten Gruppen .....	85
TABELLE A.1: Übersicht über Studien zum PS-Lesen-Effekt .....	94
TABELLE A.2: Neue deutsche Studien zum PS-Lesen-Effekt.....	101
TABELLE B.1: Items der ins Deutsche adaptierten „Spoonerisms“-Aufgabe .....	102
TABELLE C.1: Eigenschaften des Wortmaterials des Lesetests „Long word reading“ .....	103
TABELLE D.1: Aufbau des „TDL-ProsT“ .....	104
TABELLE D.2: Anteil richtiger Bewertungen pro Untertest und pro Level.....	105
TABELLE E.1: Beispielhafte Darlegung einiger Testitems des DST-D.....	106

<sup>3</sup> Tabelle bzw. Anhang aus Studie 1 (Oberfell et al., 2021)

<sup>4</sup> Tabelle aus Studie 2 (Oberfell et al., 2022)

## Abkürzungsverzeichnis

AIC	Akaike Information Criterion
ANOVA	Analysis of Variance
ART	Amplitudenanstiegszeit (Amplitude Rise Time)
BAP	Basal-auditive Verarbeitung (Basic Auditory Processing)
CDP++	Connectionist Dual Process
CELEX	Datenbank mit lexikalischen Informationen
CFI	Comparative Fit Index
CI	Confidence Interval
CMT	Kognitives Musiktraining (Cognitive-Musical Training)
DST(-D)	Derivational Suffix Task (– Deutsch)
LRS	Lese-Rechtschreibstörung
MANOVA	Multivariate Analysis of Variance
NFI	Normed Fit Index
PA	Phonologische Bewusstheit (Phonological Awareness)
ProsA	Prosodie-Analyse
PS	Prosodische Sensitivität (Prosodic Sensitivity)
PW	Pseudowort/-wörter
RMSEA	Root Mean Square Error of Approximation
SLRT-II	Salzburger Lese- und Rechtschreibtest II
SPL	Schalldruckpegel (Sound Pressure Level)
SRMR	Standardized Root Mean Square Residual
TDL-ProsT	Tonhöhe-Dauer-Lautstärke-Prosodie-Test
YAA-R	York Adult Assessment Battery-Revised



Rhythm is something you either have or don't have, but when you have it, you have it all over.

—Elvis Presley, *inspirations*

## 1 Einleitung

Die Wahrnehmung und Produktion rhythmischer Strukturen gehören zum Alltag jeder Musikerin und jedes Musikers. Ebenso nehmen Menschen beim alltäglichen Musikhören rhythmische Muster wahr. Auch in der Sprache spielt Rhythmus eine wichtige Rolle: Bei der Wahrnehmung gesprochener Sprache müssen rhythmische Strukturen verarbeitet werden, die sich aus den Betonungsmustern der Silben innerhalb von Wörtern, Phrasen und Sätzen sowie aus Pausensetzungen und -längen ergeben (Godde et al., 2020; Holliman, Williams, et al., 2014). So hilft die Wahrnehmung von betonten Silben, welche eine Komponente der sogenannten prosodischen Sensitivität darstellt (siehe Kapitel 2), bereits Säuglingen, den Sprachstrom in einzelne Wörter zu segmentieren (Cutler & Mehler, 1993; Cutler & Norris, 1988).

Prosodie wird als die Musik der Sprache bezeichnet (Wennerstrom, 2001). Prosodische Sensitivität beschreibt die Feinfühligkeit für die Musik der Sprache, d. h. für die prosodischen Eigenschaften der Sprache (siehe Kapitel 2). Auch hinsichtlich des Schriftspracherwerbs spielt die prosodische Sensitivität eine wichtige Rolle: Die Fähigkeit, prosodische Eigenschaften in der Sprache wahrzunehmen, wirkt sich dem Großteil aktueller Studien zufolge direkt und/oder indirekt auf die Leseleistung aus (Critten et al., 2021; Holliman, Gutiérrez-Palma, et al., 2017). Studien konnten zeigen, dass Menschen mit einer Lese-Rechtschreibstörung (LRS) schwächere Leistungen in Aufgaben zur Erfassung der prosodischen Sensitivität erbringen als Personen ohne LRS (z. B. Leong et al., 2011; siehe Kapitel 3.2). Der genaue Wirkzusammenhang zwischen der prosodischen Sensitivität und dem Lesen ist noch nicht abschließend geklärt (siehe Wade-Woolley et al., 2022), insbesondere für den deutschsprachigen Raum liegen kaum Untersuchungen vor.

Die vorliegende Arbeit hat das Ziel, den Zusammenhang zwischen prosodischer Sensitivität und Lesen für den deutschsprachigen Raum weiter aufzuklären. Hierzu wurden zwei empirische Studien durchgeführt. Studie 1 (Kapitel 4–5) folgt einem neuen Ansatz, nach welchem Personen mit potentiell herausragender prosodischer Sensitivität (im Gegensatz zu bisherigen Erhebungen mit leseschwachen Personen) untersucht wurden. Studie 2 (Kapitel 8–9) kann als Folgestudie von Studie 1 betrachtet werden und greift offengebliebene Forschungsfragen aus Studie 1 auf (Kapitel 6). Studie 2 verbindet die Untersuchung der

Beziehung zwischen prosodischer Sensitivität und Lesen mit der Untersuchung der basal-auditiven Verarbeitung, die einen weiteren möglichen Prädiktor des Lesens bzw. der Leseprädiktoren darstellt (Goswami et al., 2010; Hämäläinen et al., 2012). Ein mögliches Wirkmodell der Beziehungen zwischen prosodischer Sensitivität, basal-auditiver Verarbeitung, phonologischer Bewusstheit und Lesen wird vorgeschlagen. Das Modell wird theoretisch begründet (Kapitel 7) und anhand der Daten aus Studie 2 überprüft.

Beide Studien widmen sich der Untersuchung geübter erwachsener Leser\*innen. Während im englischsprachigen Raum der Großteil der Korrelationsstudien mit Kindern zu Beginn des Leseerwerbs oder bei laufender Leseentwicklung durchgeführt wurde (siehe Kapitel 3.1), haben die vorliegenden Untersuchungen das Ziel, unter Ausschluss von entwicklungsbedingten Einflüssen Informationen zur Relevanz der prosodischen Sensitivität im Erwachsenenalter bei vollentwickelten Lesefertigkeiten zu erhalten. Sollten die prosodische Sensitivität und gegebenenfalls weitere untersuchte Fähigkeiten selbst bei abgeschlossener Leseentwicklung einen positiven Effekt auf das Lesen zeigen, würden die Befunde eine Förderung dieser Fähigkeiten bereits im Kindesalter untermauern. Neben der Notwendigkeit weiterer Grundlagenforschung wäre damit eine erste Ausgangsbasis für die Entwicklung deutschsprachiger Förderprogramme zur prosodischen Sensitivität inklusive weiterführender Interventions- und Evaluationsforschung zur Prävention von insbesondere Leseschwierigkeiten geschaffen (Kapitel 10–11).



## 2 Begriffsdefinitionen

Im Folgenden werden die vier Konstrukte, prosodische Sensitivität, basal-auditive Verarbeitung, phonologische Bewusstheit und Lesen, die Gegenstand der durchgeführten Studien sind, genauer definiert.

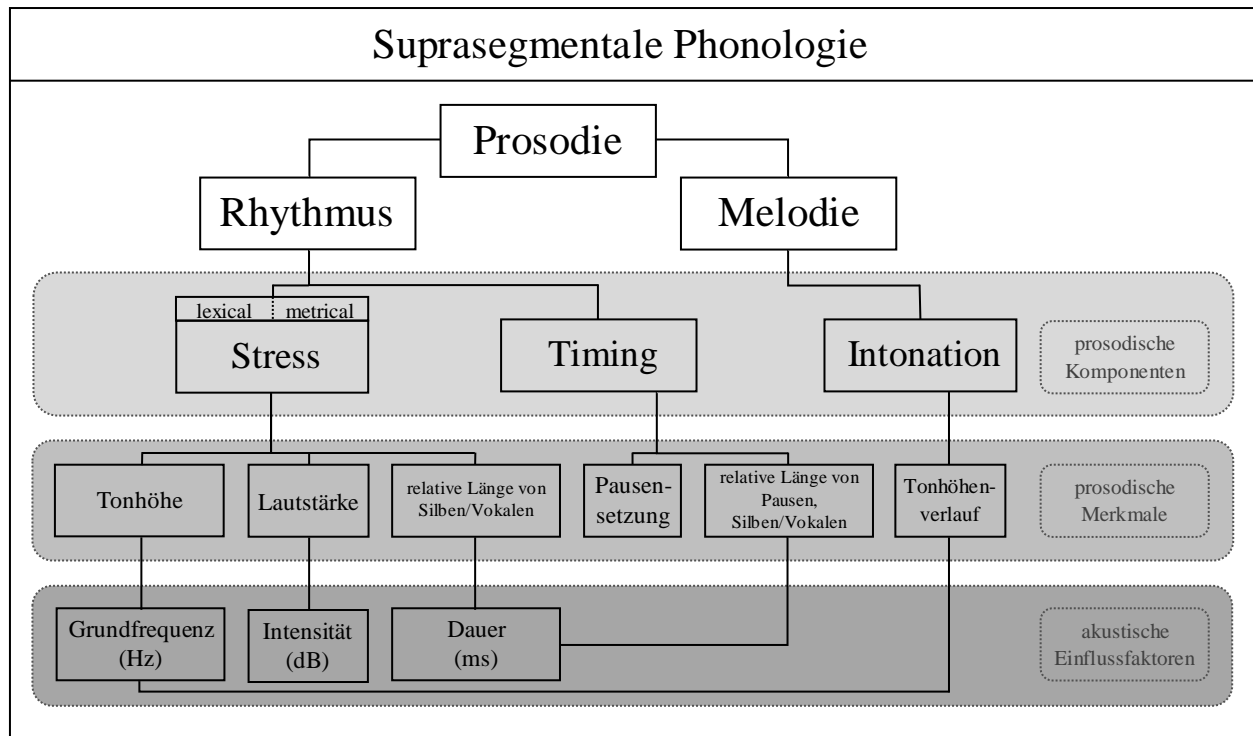
### 2.1 Prosodie und prosodische Sensitivität

Der Begriff *Prosodie* stammt aus dem Griechischen (*prosodía*) und bedeutet „Zu- oder Nebengesang“ (Spreer, 2012, S. 36). Prosodie wird im Kontext verschiedener Disziplinen unterschiedlich definiert (siehe Gutiérrez-Palma, Defior, et al., 2016): In der Linguistik wird Prosodie als ein phonologisches Subsystem verstanden, in welchem sprachliche Einheiten hierarchisch angeordnet sind. Diese prosodische Hierarchie umfasst z. B. Silbe, Versfuß, Wort und Phrase (Nespor & Vogel, 2007). Aus sprachwissenschaftlicher Sicht umfasst der Begriff *Prosodie* eine Reihe sprachlicher Eigenschaften wie Betonung, Intonation, Timing, Lautstärke, Tonhöhe, Länge und Pausensetzung (Dowhower, 1991). Beiden Definitionen ist gemein, dass die Realisierung der Prosodie durch die akustischen Einflussfaktoren Grundfrequenz, Intensität und Dauer erfolgt (Thomson & Jarmulowicz, 2016). Prosodische Eigenschaften der Sprache lassen sich oberhalb der Phonemebene einordnen, da sie sich über mehr als ein Phonem erstrecken. Folglich wird die Prosodie auch als *Suprasegmentale Phonologie* bezeichnet, dem wohl am weitesten gefassten Begriff von Prosodie (Thomson & Jarmulowicz, 2016). Darüber hinaus nutzen beispielsweise Holliman et al. (2008) den Begriff *Speech Rhythm* und Wells und Peppé (2003) den Begriff *Intonation* synonym zu *Prosodie*.

Da die genannten Begriffe in der Literatur uneinheitlich verwendet werden, ist es erforderlich zu klären, welches Begriffsverständnis der vorliegenden Arbeit zugrunde liegt. Hierzu wurde eine schematische Einordnung der Begrifflichkeiten, die in der Literatur häufig im Zusammenhang mit Prosodie auftreten, erstellt (Abbildung 1). Dabei wird zwischen prosodischen Komponenten, prosodischen Merkmalen und akustischen Einflussfaktoren differenziert. Die hierarchische Sortierung der Begriffe dient als Grundlage für das Verständnis von Prosodie und prosodischer Sensitivität in der vorliegenden Arbeit.

**Abbildung 1**

Schematische Einordnung von Prosodie, ihrer Komponenten, Merkmale und akustischen Einflussfaktoren



Prosodie beschreibt den Rhythmus und die Melodie gesprochener Sprache (Speer & Ito, 2009), welche aus unterschiedlichen prosodischen Komponenten gebildet werden (siehe Abbildung 1). Der Sprachrhythmus ergibt sich aus dem Betonungsmuster der Silben in Wörtern, Phrasen und Sätzen (Holliman, Williams, et al., 2014). Die Betonung (*stress*) wiederum basiert auf mehreren akustischen Einflussfaktoren: der Grundfrequenz, wahrzunehmen als das prosodische Merkmal Tonhöhe, der Intensität, wahrzunehmen als Lautstärke, und der Dauer, wahrzunehmen als relative Länge von Silben bzw. Vokalen (Harrison & Wood, 2016; Richards & Goswami, 2015; Thomson & Jarmulowicz, 2016; Wade-Woolley & Heggie, 2016). Betonte Silben werden in der Regel höher, lauter und länger artikuliert (Wade-Woolley & Heggie, 2016). Einige Autor\*innen unterscheiden bei der Betonung zwischen *lexical stress*, welcher sich auf die Silbeprominenz innerhalb einzelner Wörter bezieht, und *metrical stress*, welcher sich aus der Abfolge von starken und schwachen Silben auf Phrasen- oder Satzebene ergibt, wobei sich beide Formen überschneiden können (de Bree & Wijnen, 2016; Goodman et al., 2010; Gutiérrez-Palma, Defior, & Calet, 2016; Holliman, 2016b). Neben der Betonung beeinflusst das *Timing* den Sprachrhythmus (Holliman, Williams, et al., 2014), welches auf Pausensetzungen und der relativen Länge von Pausen und Silben bzw. Vokalen basiert. Eine weitere prosodische Komponente ist die *Intonation*, die hier

im Sinne Grasseggers (2016) als „Verlauf der Sprechmelodie innerhalb einer lautsprachlichen Äußerung“ (S.76) definiert wird und demnach über Tonhöhenverläufe einzelner Silben, Wörter, Phrasen oder Sätze wahrnehmbar ist. Als weitere prosodische Merkmale werden in der Literatur z. B. Sprechtempo und Stimmqualität genannt (Thomson & Jarmulowicz, 2016).

Unter prosodischer Sensitivität (PS) wird die Feinfühligkeit oder Sensitivität für die genannten prosodischen Eigenschaften verstanden. Sie kann als eine Art *umbrella term* bezeichnet werden (Enderby et al., 2021; Lochrin et al., 2015), da sie nicht für ein einheitliches Konstrukt, sondern für die Wahrnehmung unterschiedlicher prosodischer Komponenten wie Betonung, Timing und Intonation auf unterschiedlichen linguistischen Ebenen (Wort-, Phrasen-, Satzebene) steht (Holliman, Williams, et al., 2014). Wade-Woolley et al. (2022) fassen zusammen, dass in der englischsprachigen Literatur diverse Begrifflichkeiten wie *prosodic sensitivity*, *prosodic awareness*, *stress sensitivity* und *speech rhythm sensitivity* existieren, die jedoch keine Rückschlüsse auf die erhobenen PS-Komponenten zulassen. Die Autorinnen schlagen als umfassenden Begriff *prosodic competence* vor. Eine beispielhafte Darstellung von Aufgaben, die die PS anhand der drei prosodischen Komponenten erheben, findet sich in Tabelle 1. Dabei ist die Erfassung des *Timings* meist auch abhängig von Betonung und Intonation (Bußmann, 2008).

**Tabelle 1**

*Beispielaufgaben zur Erfassung der prosodischen Komponenten*

KOMPONENTE	AUFGABENSTELLUNG	BEISPIEL
Betonung/Stress	Hör genau hin. Welche Silbe ist betont?	/ˈumfahren/ vs. /umˈfahren/
Timing	Hörst du ein Wort oder zwei Wörter?	/Haustür/ vs. /Haus, Tür/
Intonation	Hörst du eine Frage oder eine Aussage?	/ʔEis/ vs. /↘Eis/

## 2.2 Basal-auditive Verarbeitung

Der in dieser Arbeit verwendete Begriff der basal-auditiven Verarbeitung (*basic auditory processing* [BAP]) bezieht sich im Gegensatz zur PS auf auditive Reize, die nicht im Zusammenhang mit gesprochener Sprache realisiert werden, sondern durch einfache Tonpräsentationen. Zur BAP zählen die Wahrnehmung und Diskriminierung unterschiedlicher Tonhöhen, -lautstärken und -längen, welchen, wie auch den prosodischen Merkmalen, die akustischen Einflussfaktoren, Grundfrequenz, Intensität und Dauer, zugrunde liegen. Eine weitere der BAP zugehörige Fähigkeit ist die Diskriminierung unterschiedlicher Amplitudenanstiegszeiten (*amplitude rise time* [ART]). Die ART beschreibt die Zeit, die ein Ton bis zum Erreichen seiner Ziellautstärke benötigt (Goswami, Mead, et al., 2013).

### 2.3 Phonologische Bewusstheit

In Anlehnung an Tunmer und Hoover (1992) definiert Schnitzler (2008) die phonologische Bewusstheit (*phonological awareness* [PA]) als “die metalinguistische Fähigkeit, die lautliche Struktur der gesprochenen Sprache zu analysieren und zu manipulieren, ohne auf die Bedeutung des zu analysierenden sprachlichen Materials einzugehen“ (S. 5). Traditionell wird im deutschsprachigen Raum zwischen der PA im weiteren Sinne, welche sich auf größere sprachliche Einheiten bezieht (z. B. Silbensegmentierung, Reimerkennung) und der PA im engeren Sinne, bei welcher „explizit mit lautlichen Strukturen operiert werden muß“ unterschieden (Skowronek & Marx, 1989, S. 42). Eine Weiterentwicklung dieser Einteilung durch Schnitzler (2008; angelehnt an Stackhouse & Wells, 1997) differenziert nicht nur zwischen der Dimension der phonologischen Einheit (Silbe, Onset-Rime, Phonem), sondern auch zwischen der Komplexität der Operation (Identifizieren, Segmentieren, Synthetisieren, Manipulieren). In den Studien im Rahmen dieser Arbeit wurden ausschließlich explizite, die Phonemebene betreffende PA-Aufgaben eingesetzt, die Segmentieren, Synthetisieren und/oder Manipulieren beinhalten, wobei Letzteres die höchste Schwierigkeitsstufe darstellt (Schnitzler, 2008). Im englischsprachigen Raum wird die PA auch als *Segmentale Phonologie* bezeichnet (im Gegensatz zur PS als *Suprasegmentale Phonologie*; Wade-Woolley & Heggie, 2016). PA wird hier hauptsächlich auf die phonologischen Segmente innerhalb einer einzelnen Silbe bezogen, da PA-Aufgaben auf Silbenebene meist Deckeneffekte zeigen (Wade-Woolley & Heggie, 2016): Es wird zwischen Onset-Rime-Ebene (*rime awareness*) und Phonemebene (*phoneme awareness*) unterschieden.

### 2.4 Lesen

Mit dem Begriff *Lesen* ist in der vorliegenden Arbeit die basale Wortlesefertigkeit, d. h. die direkte und indirekte Worterkennung gemeint. In Zwei-Wege-Modellen wie z. B. dem *Dual-Route Cascaded Model* (Coltheart, 2005; Jackson & Coltheart, 2001) wird die Worterkennung im Leseprozess anhand zweier paralleler Leserouten beschrieben (für einen Überblick zur Zwei-Wege-Theorie siehe Klicpera et al., 2020). Wörter, welche nicht im mentalen Lexikon der lesenden Person repräsentiert sind (z. B. unbekannte Wörter oder Pseudowörter [PW]), müssen über die nicht-lexikalische Route (auch indirekte Worterkennung) erfasst werden: Die Grapheme des Wortes werden in Phoneme konvertiert und zusammengelaute (Jackson & Coltheart, 2001). Bekannte Wörter, die im mentalen Lexikon einen orthographischen und phonologischen Eintrag aufweisen, werden über die lexikalische Route (auch direkte Worterkennung) erfasst: Sie können ganzheitlich abgerufen werden

(Jackson & Coltheart, 2001). Die beiden Leserouten sind nicht als unabhängig voneinander zu verstehen, da beispielsweise beim Lesen eines PW orthographisch ähnliche Realwörter im mentalen Lexikon mit aktiviert werden, was die nicht-lexikalische Verarbeitung des PW beschleunigen kann (Coltheart, 2005). In den Studien der vorliegenden Arbeit wurde sowohl Real- als auch Pseudowortmaterial verwendet.

Zur Erfassung der basalen Wortlesefertigkeit wird in Studien mit englischsprachigen Proband\*innen meist die *Lesegenauigkeit*, d. h. die Anzahl korrekt gelesener Wörter, herangezogen (siehe Anhang A, Tabelle A.1). Für Orthographien mit einer konsistenteren Graphem-Phonem-Korrespondenz (wie z. B. dem Deutschen) ist die alleinige Erfassung der Lesegenauigkeit weniger aussagekräftig (siehe Moll & Landerl, 2014). So produzieren beispielsweise deutschsprachige Schüler\*innen schon nach etwas mehr als einem Jahr Leseunterricht fast keine Lesefehler mehr (< 5%) und selbst sehr schwache Leser\*innen zeigen zu diesem Zeitpunkt weniger als 20% Lesefehler (Klicpera & Schabmann, 1993). Eine angemessenere Leistungsdifferenzierung für transparente Orthographien bietet die Erfassung der Lesegeschwindigkeit oder -flüssigkeit (Landerl et al., 2019; siehe auch Moll & Landerl, 2014). Die *Leseflüssigkeit* wird typischerweise als kombinierter Wert aus Lesegeschwindigkeit (Anzahl gelesener Wörter in einer festgelegten Zeit) und Lesegenauigkeit definiert (Chard et al., 2002). In den Studien im Rahmen dieser Arbeit wurde die basale Wortlesefertigkeit anhand dieses Kriteriums erfasst. Aufgaben zur Leseflüssigkeit können auch die Erfassung prosodischer Produktivität beinhalten (Kuhn & Stahl, 2003). Die Realisierung prosodischer Merkmale beim lauten Lesen (z. B. Ausdruck, Sprechlautstärke, Sprechtempo und Phrasierung<sup>5</sup>) fließt dann mit in die Bewertung der Leseflüssigkeit ein. Dies trifft jedoch nicht auf die Studien im Rahmen dieser Arbeit zu.

---

<sup>5</sup> siehe *Multidimensional Fluency Scale* (Zutell & Rasinski, 1991)

### 3 Prosodische Sensitivität und Lesen

Cutler und Mehler (1993) legten mit ihrer Annahme eines *periodicity bias* einen Grundstein für Forschungsarbeiten zur PS. Gemäß des *periodicity bias* kommen Kinder mit einer angeborenen Präferenz für den Sprachrhythmus ihrer Muttersprache auf die Welt, der ihnen hilft, einen kontinuierlichen Sprachstrom zu segmentieren (Cutler & Mehler, 1993). Wood et al. (2009) argumentieren in Anlehnung an Cutler und Mehler (1993), dass in betonungszählenden Sprachen wie dem Englischen und dem Deutschen die Sprachrhythmuswahrnehmung bei der Segmentierung des Sprachstroms hilft. Sie begründen diese Annahme damit, dass in Sprachen wie dem Englischen und dem Deutschen, der Großteil aller Inhaltswörter (85%; Cutler & Carter, 1987) bzw. zweisilbiger Nomen (86%; Beyermann, 2013) mit einer betonten Silbe beginnt und betonte Silben als Indikatoren für mögliche Wortgrenzen dienen (Cutler & Norris, 1988; Wood et al., 2009). Wood und Terrell (1998) integrierten diese „rhythmic awareness“ (S. 397) in Untersuchungen zur phonologischen Entwicklung und zum Schriftspracherwerb. In ihrer Studie mit englischsprachigen Grundschüler\*innen im Alter von ca. 9 Jahren zeigte die Gruppe schwacher Leser\*innen signifikant schlechtere Leistungen in der rezeptiven Sprachrhythmusaufgabe (PS wurde über die Komponente *Betonung* auf Satzebene erhoben) als die altersangepasste Kontrollgruppe. In den folgenden Jahren (z. B. Kitzen, 2001; Whalley & Hansen, 2006; Wood et al., 2009) erfuhr die PS als möglicher Prädiktor u. a. des Lesens wachsendes Forschungsinteresse. Wood et al. veröffentlichten 2009 ein mögliches theoretisches Modell zum Einfluss der PS auf die Lese- und Rechtschreibentwicklung, wobei unterschiedliche Routen und Mediatorvariablen (auditive Worterkennung, Wortschatz, PA auf Reimebene, PA auf Phonemebene und morphologische Bewusstheit) integriert wurden. Eine direkte Route wurde nicht in Betracht gezogen. Die Skepsis einiger Forschenden daran, ob die PS neben der PA überhaupt als ein eigenes Konstrukt zu verstehen ist oder vielmehr eine Teilkomponente der PA darstellt, scheint aufgrund des engen phonologischen Bezugs der PS nachvollziehbar (Wade-Woolley & Heggie, 2016). Studienergebnisse, die einen von der PA unabhängigen Einfluss der PS auf das Lesen berichteten (z. B. Holliman et al., 2008), sprechen jedoch zum einen dafür, dass die PS als ein eigenes Konstrukt (wenn auch eng mit der PA verknüpft) betrachtet werden kann (Wade-Woolley & Heggie, 2016) und zum anderen für den Einbezug einer direkten PS-Lesen-Route in ein theoretisches Modell.

#### 3.1 Empirische Evidenz durch Korrelationsstudien

Trotz teils inkonsistenter Ergebnisse vorliegender Studien zum Einfluss der PS auf die

(Pseudo-)Wortlesefertigkeit zeigt ein Großteil der Studien einen signifikanten direkten oder zumindest indirekten Einfluss der PS auf das Lesen. Eine mögliche Erklärung für die teilweise widersprüchlichen Ergebnisse mag die geringe Vergleichbarkeit der Studien hinsichtlich verschiedener Punkte sein (Oberfell et al., 2022; Schmidt et al., 2022; Wade-Woolley & Heggie, 2016):

- Transparenz der untersuchten Orthographie
- untersuchte Altersgruppe
- Erhebung der PS (einzelne prosodische Komponente vs. globales Maß aus unterschiedlichen Komponenten; linguistische Ebene: Wort-, Phrasen-, Satzebene)
- Erhebung der Lesefertigkeit (Lesegenauigkeit, Lesegeschwindigkeit, Leseflüssigkeit, kombinierter Score, z. B. mit Leseverständnis; linguistische Ebene: Wort-, Satz-, Textebene; Eigenschaften des [Pseudo-]Wortmaterials)
- Einbezug von Kontrollvariablen und möglicher Mediatorvariablen

Diese fünf Punkte bilden die Basis für die folgende Übersicht über insgesamt 27 Studien zur PS-Lesen-Beziehung, die in den letzten 16 Jahren veröffentlicht wurden (für eine Zusammenfassung der hier aufgeführten Studien, welche vor dem Jahr 2014 veröffentlicht wurden, siehe Wade-Woolley & Heggie, 2016). Es wird keinesfalls ein Anspruch auf Vollständigkeit der in den letzten 16 Jahren veröffentlichten Studien erhoben. Eine zusätzliche ausführliche tabellarische Übersicht findet sich in Anhang A, Tabelle A.1.

Es können Ergebnisse von 22 Studien mit einer englischsprachigen Stichprobe berichtet werden. Die Studien werden je nach PS-Messung zusammengefasst. Dabei wird differenziert zwischen der Erhebung der PS a) auf Wortebene über die prosodische Komponente *Betonung*, b) auf Phrasen- oder Satzebene über die prosodische Komponente *Betonung* und c) über ein globales Maß der prosodischen Komponenten *Betonung*, *Intonation* und *Timing*. Des Weiteren liegen Studienergebnisse zu transparenteren Orthographien als dem Englischen vor: vier Studien mit spanischsprachigen und eine Studie mit deutschsprachigen Teilnehmer\*innen (siehe Anhang A, Tabelle A.1).

In 11 Studien mit englischsprachigen Probanden wurde PS auf Wortebene über die prosodische Komponente *Betonung* erhoben (meist via *Mispronunciation task* oder *Stress Assignment task*<sup>6</sup>). In allen 11 Studien wurde der Einfluss auf die Lesegenauigkeit auf Wortebene (teilweise in Kombination mit Leseflüssigkeit oder Buchstabenkenntnis) untersucht.

---

<sup>6</sup> Eine kurze Erläuterung der in den Studien jeweils durchgeführten PS-Messung findet sich in Anhang A, Tabelle A.1. Für eine Übersicht über die gängigsten PS-Erhebungsinstrumente inklusive Kurzbeschreibungen siehe Wade-Woolley et al. (2022).

Chan und Wade-Woolley (2018) führten ihre Studie mit Erwachsenen durch, während ansonsten ausschließlich Kinder zwischen 5,4 und 10,4 Jahren untersucht wurden (siehe Anhang A, Tabelle A.1). Acht der 11 Studien berichteten einen alleinigen Effekt der PS auf das Lesen mit Regressionskoeffizienten zwischen .09 und .49 (Chan & Wade-Woolley, 2018; Chan et al., 2020; Holliman et al., 2008, 2010a, 2010b), wobei in drei der acht Studien der Effekt nur teilweise (z. B. nur in einer bestimmten Altersgruppe oder nur beim Lesen von Realwörtern) auftrat (Arciuli, 2017; Lin et al., 2018; Wade-Woolley, 2016). In drei der 11 Studien konnte kein alleiniger Effekt der PS auf das Lesen gezeigt werden. Mögliche Gründe könnten die Untersuchung an einer sehr kleinen Stichprobe (Wood, 2006) oder die Verwendung eines Scores, der die Lesegenauigkeit mit der Buchstabenkenntnis kombiniert (Goodman et al., 2010), sein. Kim und Petscher (2016) berichteten einen indirekten Effekt der PS über die PA und die morphologische Bewusstheit auf das Lesen.

In fünf Studien mit englischsprachigen Kindern zwischen 8,7 und 12,5 Jahren wurde die PS ebenso über die prosodische Komponente *Betonung*, jedoch auf Phrasen- oder Satzebene, erhoben (via *DEEdee task* oder *Stress Contour Discrimination task*; siehe Anhang A, Tabelle A.1). Vier der fünf Studien erfassten das Lesen über die Lesegenauigkeit auf Wortebene. Clin et al. (2009) erhoben einen Score aus unterschiedlichsten Leseaufgaben (siehe Anhang A, Tabelle A.1). Vier der Studien berichteten einen direkten Effekt der PS auf das Lesen mit Regressionskoeffizienten zwischen .15 und .45 (Clin et al., 2009; Enderby et al., 2021; Goswami et al., 2010; Holliman, Mundy, et al., 2017). Whalley und Hansen (2006) untersuchten, ob die PS auf Phrasenebene über die PS auf Wortebene hinaus einen Einfluss auf das Lesen hat, was nicht bestätigt werden konnte.

Weitere sieben englischsprachige Studien untersuchten die PS über ein globales Maß der prosodischen Komponenten *Betonung*, *Intonation* und *Timing* zumeist mit einer Kombination aus Aufgaben auf Wort-, Phrasen- und Satzebene (*Compound Noun task*, *Dina the Diver task* oder *Brenda's Animal Park task*). In allen Studien wurde das Lesen über die Lesegenauigkeit erfasst (bei Goodman et al., 2010, in Verbindung mit der Buchstabenkenntnis). Die untersuchten Kinder waren zwischen 4 und 9,3 Jahre alt. Nur zwei der sieben Studien berichteten einen alleinigen direkten Effekt der PS auf das Lesen (nur bei Realwörtern) mit Regressionskoeffizienten von .19 bis .42 (Holliman, Gutiérrez-Palma, et al., 2017; Whalley & Hansen, 2006; nicht bei: Deacon et al., 2018; Goodman et al., 2010). Drei der sieben Studien zeigten einen indirekten Effekt über (Interkorrelationen von) PA und teilweise morphologische Bewusstheit und Wortschatz (Critten et al., 2021; Holliman, Critten, et al., 2014; Holliman, 2016a). In einer nach den drei Komponenten differenzierten Untersuchung (Holliman, 2016b)



zeigte die PS bei Erfassung via *Betonung* einen alleinigen Effekt auf das Lesen, wenn die Lesegenauigkeit mit Wörtern, nicht aber mit PW oder Wörtern auf Textebene erfasst wurde. Bei einer Erfassung der PS via *Intonation* konnte für alle Leseuntersuchungen ein signifikanter Effekt festgestellt werden, via *Timing* jedoch für keine.

Die in Anhang A, Tabelle A.1 aufgeführten vier spanischen Studien wurden ausschließlich mit Kindern durchgeführt, wobei PS auf Wortebene über die prosodische Komponente *Betonung* erhoben wurde. In Studien mit Kindern zwischen 8,6 und 11,5 Jahren zeigte sich bis zu einem Alter von 10 Jahren ein alleiniger kleiner bis mittlerer Effekt der PS auf die Lesegenauigkeit auf Wortebene (Defior et al., 2012; Gutiérrez-Palma, Defior, et al., 2016), nicht jedoch bei jüngeren Kindern (7,7 Jahre; Gutiérrez-Palma et al., 2009). Bei diesen konnte ein alleiniger mittlerer Effekt der PS auf die Leseschwindigkeit auf Textebene festgestellt werden. Eine Längsschnittstudie vom Kindergarten bis zum Ende der 2. Klasse (mittleres Alter = 7,7 Jahre) berichtete einen alleinigen kleinen Effekt der PS Anfang der 1. Klasse auf die Leseflüssigkeit auf Wortebene Ende der 1. Klasse (Calet et al., 2015).

Zu Beginn der vorliegenden Arbeit lag nur eine Studie aus dem deutschsprachigen Raum vor (Schmidt et al., 2016). PS wurde auf Satzebene über die prosodische Komponente *Betonung* bei erwachsenen Proband\*innen erhoben. Es zeigte sich kein alleiniger direkter Effekt der PS auf die Leseflüssigkeit auf Wortebene, jedoch ein kleiner indirekter Effekt vermittelt über die PA auf die Leseflüssigkeit von PW.

Zusammenfassend lässt sich beobachten, dass Studien mit englischsprachigen Proband\*innen, die die PS über die prosodische Komponente *Betonung* erhoben, eine klare Tendenz für einen alleinigen Einfluss der PS auf das Lesen zeigen (siehe Tabelle 2). Wird die PS dagegen über ein globales Maß unterschiedlicher PS-Komponenten gemessen, kommen die Studien zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen. Bisherige Studien wurden überwiegend mit Kindern durchgeführt. Auch hier zeigt sich eine Tendenz für einen alleinigen Effekt der PS auf das Lesen. Anzumerken ist, dass durchaus auch Evidenz für einen indirekten Effekt der PS auf das Lesen mediiert durch weitere Leseprädiktoren vorliegt. Über einen möglichen direkten oder indirekten Effekt der PS auf das Lesen bei erwachsenen geübten Leser\*innen lässt sich anhand der geringen Datenlage (eine englische und eine deutsche Studie mit gegensätzlichen Ergebnissen; siehe Tabelle 2 sowie Anhang A, Tabelle A.1) kaum eine Aussage treffen. Betrachtet man zudem die Anzahl der vorliegenden deutschen Studien, wird eine Notwendigkeit zur Grundlagenforschung sichtbar, um auf langfristige Sicht eine mögliche Ausgangsbasis für Interventionsforschung und die Entwicklung deutschsprachiger PS-

Diagnostikverfahren<sup>7</sup> und PS-Förderprogramme zur Prävention von Leserechtschreibschwierigkeiten zu schaffen.

**Tabelle 2**

*Übersicht über die Anzahl der berichteten Studien, die einen direkten, indirekten oder keinen PS-Lesen-Effekt zeigen, differenziert nach unterschiedlichen Kriterien*

KRITERIUM (ANZAHL DER BERICHTETEN STUDIEN)	DIREKTER PS- LESEN-EFFEKT	INDIREKTER PS-LESEN- EFFEKT	KEIN PS- LESEN- EFFEKT
PS: Betonung auf Wortebene, E (11)	5 + 3*	1	2
PS: Betonung auf Phrasen-/ Satzebene, E (5)	4		1
PS: globales Maß, E (7)	2	3	2
Kinder, E + S (25)	10 + 8*	4	3
Erwachsene, E + D (2)	1	1	
Englisch (22)	10 + 5*	4	3
Spanisch (4)	1 + 3*		
Deutsch (1)		1	

*Anmerkung.* \*Der direkte Effekt ist nur teilweise nachweisbar (z. B. nur in einer bestimmten Altersgruppe). PS = Prosodische Sensitivität; E = Englischsprachige Stichprobe; D = Deutschsprachige Stichprobe; S = Spanischsprachige Stichprobe.

### 3.2 Empirische Evidenz durch Gruppenvergleiche

Neben Korrelationsstudien zeigen auch Gruppenvergleichs-Studien einen Zusammenhang zwischen der Fähigkeit, suprasegmentale Merkmale in der gesprochenen Sprache wahrzunehmen und dem Leseniveau. Tabelle 3 gibt einen Überblick über Studien, die die PS von Personen mit einer LRS bzw. schwachen Leseleistungen mit der PS von Personen ohne Leseschwierigkeiten verglichen. Alle Studien berichteten signifikant schwächere PS-Leistungen in der Gruppe der leseschwachen Proband\*innen (siehe Tabelle 3).

<sup>7</sup> Bisher steht für die Praxis im deutschsprachigen Raum das Diagnostikverfahren *ProsA* (Walther & Otten, 2016) für Kinder im Alter von 4;0 bis 8;11 Jahren zur Verfügung.

**Tabelle 3**

Übersicht über Studien, die die PS-Leistungen von unterdurchschnittlichen und durchschnittlichen Leser\*innen verglichen

STUDIE	ORTHO- GRAPHIE	STICHPROBE	GRUPPE A	GRUPPE B	ZEIGT GRUPPE A SCHWÄCHERE PS-LEISTUNGEN ALS GRUPPE B?
Kitzen, 2001	Englisch	Erwachsene	frühere oder aktuelle Lese- schwierigkeiten	CA KG ohne Leseschwierigkeiten	ja
Goswami et al., 2010	Englisch	Kinder	LRS oder schwache Leseleistung	- CA KG ohne LRS - RL KG ohne LRS	ja (bzgl. CA KG)
Leong et al., 2011	Englisch	Erwachsene	LRS	CA KG ohne LRS	ja
Barry et al., 2012	Deutsch	Erwachsene	frühere oder aktuelle Lese- schwierigkeiten	CA KG ohne Leseschwierigkeiten	ja
Holliman et al., 2012	Englisch	Kinder	schwache Leseleistung	- CA - RL KG mit durchschnittlicher Leseleistung	ja (bzgl. CA KG in zwei von vier Untertests)
Mundy & Carroll, 2012	Englisch	Erwachsene	LRS	CA KG ohne LRS	ja <sup>a</sup>
Goswami, Mead et al., 2013	Englisch	Kinder	LRS oder schwache Leseleistung	- CA KG ohne LRS - RL KG ohne LRS	ja <sup>b</sup>
Jiménez- Fernández et al., 2015	Spanisch	Kinder	LRS	CA KG ohne LRS	ja
Schmidt et al., 2016	Deutsch	Erwachsene	schwache Leseleistung	durchschnittliche/ gute Leseleistung	ja (in zwei von drei Untertests)
Cuetos et al., 2018	Spanisch	Kinder	LRS	- CA KG ohne LRS - RL KG ohne LRS	ja <sup>c</sup>
Calet et al., 2019	Spanisch	Kinder	LRS	CA KG ohne LRS	ja

Anmerkung. PS = Prosodische Sensitivität; CA = altersangepasst (*chronological age-matched*); KG = Kontrollgruppe(n); LRS = Lese-Rechtschreibstörung; RL = leseleistungsangepasst (*reading level matched*).

<sup>a</sup> nur bei Aufgaben, die einen bewussten Einsatz der PS erfordern. <sup>b</sup> bzgl. der RL KG nur im Gruppenalter A von 9 Jahren, 4 Jahre später nicht mehr. <sup>c</sup> bzgl. der RL KG nur in zwei von drei Untertests.

Die Tabelle verdeutlicht, dass die PS als ein (weiteres) Defizit bei Personen mit einer LRS bezeichnet werden kann. Es stellt sich die Frage, ob umgekehrt eine besonders gute PS einen positiven Einfluss auf die Lesefertigkeit haben kann. Dies würde die Relevanz einer PS-Förderung zur Prävention von Lese-Rechtschreibschwierigkeiten untermauern. Studie 1 folgt diesem neuen Ansatz und untersucht eine Gruppe von Personen mit herausragend guter PS.

#### 4 Studie 1: Forschungsfragen und Untersuchungsaufbau

Bisherige Korrelationsstudien zum Zusammenhang von PS und Lesen zeigen teils inkonsistente Ergebnisse, wohingegen Studien, die eine Extremgruppe untersuchten, d. h. eine Gruppe von Personen mit einer LRS, für einen Zusammenhang zwischen PS und Lesen sprechen. Diese unklare Studienlage und kaum vorhandene Studienergebnisse für den deutschsprachigen Raum zeigen die Notwendigkeit weiterer Grundlagenforschung. Studie 1 folgt einem neuen Ansatz, nämlich der Untersuchung einer anderen Extremgruppe, d. h. einer Gruppe von Personen, die potentiell eine herausragend gute PS aufweisen (im Gegensatz zur Untersuchung von Personen mit unterdurchschnittlichen Lesefertigkeiten).

Goswami et al. (2010), Goswami, Mead, et al., (2013) und Richards und Goswami (2015) konnten zeigen, dass die nichtsprachliche BAP einen Einfluss auf die PS hat. Da die BAP, d. h. zum Beispiel die Wahrnehmung und Verarbeitung unterschiedlicher Tonhöhen oder der ART, auch beim Musizieren eine fundamentale Rolle spielt (Kraus & Chandrasekaran, 2010), wird angenommen, dass Musiker\*innen im Gegensatz zu Nichtmusiker\*innen eine herausragend gute PS aufweisen und damit potentiell eine passende Extremgruppe darstellen. Die erste Forschungsfrage der Studie 1 lautet demnach:

##### *1. Unterscheiden sich Musiker\*innen und Nichtmusiker\*innen hinsichtlich PS und Lesen?*

Untersucht wurde eine Gruppe von 30 erfahrenen Musiker\*innen (15 Frauen), die seit ihrer frühen Kindheit regelmäßig ein klassisches Instrument spielen. Als Vergleichsgruppe wurden 30 Nichtmusiker\*innen (15 Frauen) herangezogen. Um auszuschließen, dass mögliche Unterschiede in der PS und dem Lesen zwischen den Gruppen auf einen reziproken Effekt zurückzuführen sind, d. h. dass die Lesefertigkeit der Probanden (mittleres Alter = 24,8 bzw. 23,0 Jahre) einen Effekt auf ihre PS ausübt, wurde eine Subgruppen-Analyse durchgeführt. Hierzu wurde die Gruppe der Musiker\*innen sowie der Nichtmusiker\*innen hinsichtlich ihrer Lesefertigkeiten parallelisiert, sodass zwei Subgruppen mit jeweils  $n = 10$  entstanden. Gleichsam wurden die beiden Gruppen hinsichtlich ihrer PS parallelisiert, wodurch zwei Subgruppen mit jeweils  $n = 12$  gebildet werden konnten. Sollte die Lesefertigkeit keinen Einfluss auf die PS haben, wird angenommen, dass Unterschiede in der PS zwischen den hinsichtlich des Lesens parallelisierten Subgruppen bestehen bleiben. Auf der anderen Seite sollten die Unterschiede bei einem Einfluss des Lesens auf die PS verschwinden. Umgekehrt wird für einen Effekt der PS auf das Lesen angenommen, dass in den hinsichtlich der PS parallelisierten Subgruppen keine Unterschiede im Lesen vorliegen. Die zweite Forschungsfrage der Studie 1 lautet demnach:

### 2. Können mögliche Unterschiede in der PS und dem Lesen auf einen reziproken Effekt des Lesens auf die PS zurückgeführt werden?

Ziel der Studie 1 ist, den Zusammenhang zwischen PS und Lesen für den deutschsprachigen Raum anhand eines neuen Ansatzes, der Untersuchung von Proband\*innen mit herausragender PS, weiter aufzuklären sowie die Frage nach einem möglichen reziproken Effekt zwischen PS und Lesen zu beantworten.

Wie in den meisten vorherigen Studien wurde PS über die Komponente *Betonung* erhoben. Im Deutschen werden 86% der zweisilbigen Nomen trochäisch betont (Beyermann, 2013). Zudem existieren weitere prosodische Regelmäßigkeiten (z. B. sind trennbare Verbpräfixe im Gegensatz zu untrennbaren immer betont; Féry, 1996). Eine Erfassung der PS auf Wortebene wie in vielen Studien mit englisch- oder spanischsprachigen Proband\*innen (siehe Anhang A, Tabelle A.1) ist daher bei einer deutschsprachigen erwachsenen Stichprobe als zu einfach einzuordnen. Folglich wurde die PS wie auch in der deutschen Studie von Schmidt et al. (2016) auf Satzebene erhoben. Da Schmidt et al. (2016) zeigen konnten, dass die PS nur indirekt über die PA auf das Lesen von PW wirkt, wurde als weiterer möglicher Prädiktor die PA erfasst. Als abhängige Variable wurde die Leseflüssigkeit von Wörtern sowie PW erhoben. Aufgrund der konsistenten Graphem-Phonem-Korrespondenz des Deutschen (Seymour et al., 2003) wird angenommen, dass die PA einen geringeren Einfluss auf das Lesen hat als in intransparenteren Orthographien wie dem Englischen (Landerl et al., 2019). Bei einem indirekten Einfluss der PS über die PA auf das Lesen wäre dies folglich auch für den Einfluss der PS auf das Lesen zu erwarten. Anhand einer hierarchischen Regressionsanalyse wird überprüft, ob ein möglicher PS-Lesen-Effekt bei Kontrolle der PA bestehen bleibt. Studie 1 wird im folgenden Kapitel dargestellt.

## 5 Prosodic Sensitivity and Reading Fluency of Musicians and Non-Musicians

**Source:** Obergfell, A. L., Schmidt, B. M., Stenneken, P., Wittmann S. K., & Schabmann, A. (2021). Prosodic sensitivity and reading fluency of musicians and non-musicians. *Reading and Writing*, 34, 887–909. <https://doi.org/10.1007/s11145-020-10096-4>

**Disclosures and Acknowledgements:** We have no conflicts of interest to disclose. We received no financial support for the research.

**Publication Link:** <https://link.springer.com/article/10.1007/s11145-020-10096-4>

**Licence:** <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

**Changes:** References named in this article were updated, adjusted and inserted in the reference list at the end of the doctoral thesis. Formatting was adjusted.

### **Abstract**

This study investigates the effects of prosodic sensitivity on reading. Highly capable adult musicians (i.e., persons with potentially excellent prosodic skills) and non-musicians were compared in terms of prosodic sensitivity and reading. Furthermore, the study examines possible reciprocal effects of prosodic sensitivity and reading. Sixty native German-speaking university students, musicians ( $n = 30$ ) and non-musicians ( $n = 30$ ), completed three measures of prosodic sensitivity on the sentence level. In addition, word and nonword reading were tested. To check for possible reciprocal effects of prosodic sensitivity and reading, groups of musicians and non-musicians matched on the reading level as well as the prosodic sensitivity level were compared. The results showed that musicians outperformed non-musicians in two of the three prosodic sensitivity measures and both reading measures. Considering subgroup analysis this seems to indicate a non-reciprocal effect of prosodic sensitivity on reading. Moreover, when controlling for phonological awareness, prosodic sensitivity showed a unique effect on reading in the whole sample. Based on the results, we argue that good prosodic sensitivity can facilitate reading performance.

*Keywords:* basic auditory processing, musicians, prosodic sensitivity, reading

### **Prosodic Sensitivity and Reading Fluency of Musicians and Non-Musicians**

There is increasing interest in the relationship between prosodic sensitivity (PS) and reading. Empirical evidence for the influence of PS on reading comes from studies comparing persons with and without dyslexia (Cuetos et al., 2018; Goswami et al., 2010; Goswami, Mead, et al., 2013; Leong et al., 2011) as well as correlational studies (Arciuli, 2017; Clin et al., 2009; Defior et al., 2012; Goswami et al., 2010; Holliman, Gutiérrez-Palma, et al., 2017; Holliman et al., 2008, 2010a, 2010b; Jarmulowicz et al., 2007). However, some studies report an effect only for a subsample of a certain age (Gutiérrez-Palma, Defior, et al., 2016; Lin et al., 2018) or a certain type of reading outcome (Wade-Woolley, 2016; Whalley & Hansen, 2006). Furthermore, several correlational studies could not confirm the influence of PS on reading (Deacon et al., 2018; Kim & Petscher, 2016; Schmidt et al., 2016). As the results of correlational studies are inconsistent, the present study aims to examine the PS–reading relationship with a novel approach. Alongside existing correlational studies and examinations of an extreme group (dyslexics), a third way to examine the PS–reading relationship involves another extreme group, namely subjects with potentially excellent prosodic skills. As PS is affected by music-related, non-linguistic auditory processing skills (Goswami et al., 2010; Goswami, Mead, et al., 2013; Richards & Goswami, 2015), comparing a sample of musicians to non-musicians is a good way to further clarify the effects of PS on reading. In this paper, we compare PS and reading in a sample of adult musicians and non-musicians and try to clarify the possibility of a reciprocal influence of PS and reading.

#### **The Effect of Prosodic Sensitivity on Reading**

PS refers to sensitivity to the prosodic components of speech. According to Harrison and Wood (2016), three different components of prosody must be distinguished: variation in tone amplitude (stress; i.e., variations in loudness between syllables and words), variation in tone frequency (intonation; rising and falling pitch in speech), and the timing of words and syllables (“relative duration of syllables and vowel length”; Harrison & Wood, 2016, p. 91).

Efficient reading relies on a system enabling quick and stable access to words (Brown & Loosemore, 1994; Jackson & Coltheart, 2001). Although the exact mechanism is still not clear, it is conceivable that prosodic information might (combined with other information) serve as an additional hint for the reader when retrieving words. In the literature, several possible causal chains are discussed:

1. PS facilitates phoneme identification: This explanation refers to the fact that it is



easier to identify phonemes (particularly vowels) in stressed than in unstressed syllables, which often consist of vocals with reduced quality, i.e., schwa (Chiat, 1983; cf. Holliman et al., 2012; Wood et al., 2009).

2. PS facilitates onset-rime boundary detection: Amplitude peak in spoken language is connected to the position and quality of the vowel sound in the word (Goswami, 2003; Scott, 1998). Therefore, persons with better sensitivity for amplitude changes in spoken language might find it easier to recognize onset-rime boundaries, which is crucial for reading (Goswami et al., 2002; cf. Holliman et al., 2012; Wood et al., 2009).
3. PS facilitates the development of vocabulary: PS might facilitate the identification of word boundaries. This might particularly be the case for stress-timed languages, in which most stress is on the first syllable (Cutler & Norris, 1988). This in turn affects both rhyme sensitivity and morphological awareness, which facilitates word reading (cf. Holliman et al., 2012; Holliman, Critten, et al., 2014; Holliman, 2016b).
4. PS supports morphological clarity: PS might avoid conflicts in retrieving the mental lexicon as it gives additional information about the meaning of the word. Poor PS might hamper the differentiation of compound words, e.g., *HIGHchair* vs. *high CHAIR*, in German *FÜRsorge* (welfare) vs. *für SORge* (for concern; cf. Holliman, 2016b; Kitzen, 2001; Wood et al., 2009). Furthermore, homophones can only be identified correctly via the correct assignment of stress, e.g., in German *MOdern* (molder) vs. *moDERN* (modern), *Übersetzen* (cross over) vs. *überSETzen* (translate). In these cases, problems in assigning stress correctly might lead to a conflict in the stored lexical representation of morphemes and thus slow reading and enhance reading errors (Sauter et al., 2012).

### **Empirical Evidence**

Empirical evidence for the influence of PS on reading comes from studies comparing persons with and without dyslexia as well as from correlational studies.

*Group comparisons:* Several studies have found limited prosodic skills in subjects with dyslexia (Cuetos et al., 2018; Goswami et al., 2010; Goswami, Mead, et al., 2013; Leong et al., 2011). For instance, Leong et al. (2011) tested the perception of syllable stress in English-speaking adults with dyslexia. The task was to decide whether two four-syllable words had the same stress. The results showed that adults with dyslexia performed significantly worse than adults without dyslexia. Goswami et al. (2010) analysed the PS of 56 children between 8 and

15 years old with and without dyslexia. They used an adapted version of the DEEdee task, originally developed by Kitzen (2001) to measure PS on the supra-word level. In this task, children saw a picture of a familiar celebrity or a famous movie or book character. They then heard two sequences consisting of stressed and unstressed dee-syllables with the same number of total syllables. The children had to decide which DEEdee sequence matched the target phrase in terms of stress pattern, e.g., *SUPERMAN* corresponds to *DEEdeeDEE*. The performance of the children with dyslexia was significantly lower than the performance of age-matched children without dyslexia. Similar results in the DEEdee task were reported for nine-year-old children with dyslexia when compared to non-dyslexic children with the same reading level (Goswami, Mead, et al., 2013). Moreover, studies examining more transparent orthographies have come to similar findings. For example, Cuetos et al. (2018) compared 32 11-year-old Spanish children with dyslexia with a group of age-matched and a group of reading-matched children. Children with dyslexia exhibited lower abilities in phonological awareness (PA), rapid automatized naming and PS than age-matched children. They also showed lower abilities than the reading-matched children in one each of the PA and PS subtests.

*Correlational studies:* Correlational studies in languages of different orthographic depths have compared the unique impact of PS when controlling for PA. Wade-Woolley and Heggie (2016) synthesized the findings of several studies concerning the contributions of PS and PA to word and nonword reading. In five out of seven studies, PS uniquely predicted word reading above and beyond PA in regression models (Defior et al., 2012; Goswami et al., 2010; Holliman et al., 2010a, 2010b; Whalley & Hansen, 2006). With respect to nonword reading, one out of three studies found a significant outcome for PS after controlling for PA (Jarmulowicz et al., 2007). Two studies explored the effect of PS above and beyond PA on reading composite scores, both of which reported PS to be a unique predictor (Clin et al., 2009; Holliman et al., 2008). More recent studies have delivered a similar picture. In five out of eight studies, PS uniquely predicted word reading after controlling for PA (Arciuli, 2017; Gutiérrez-Palma, Defior, et al., 2016 (only for children in 3<sup>rd</sup>–5<sup>th</sup> grades); Holliman, Gutiérrez-Palma, et al., 2017; Lin et al., 2018 (only for 6-year-old children); Wade-Woolley, 2016). However, Kim and Petscher (2016) could not confirm these results. In their study, PS contributed to word reading only via PA and morphological awareness. Likewise, Deacon et al. (2018) found no significant unique effects of PS on word reading. In a German study, PS had no unique effect on word and nonword reading over and above the effect of PA (Schmidt et al., 2016). Wade-Woolley (2016) also analysed nonword reading, once again finding no significant effect of PS after controlling for PA. Moreover, for the time being, the differences in the results cannot be

conclusively attributed to the participants' age (at least among children) or the PS measures used (cf. Wade-Woolley & Heggie, 2016). To exclude a possible effect of developmental aspects (e.g., different effects of PS on reading at different stages of children's development), the present study examines adult participants. While previous studies have applied different PS measures, the present study uses a PS measure on the sentence level, which has rarely been examined in German-speaking countries (Schmidt et al., 2016).

### **The Case of Musicians**

An additional approach to testing the influence of PS on reading is to examine persons with extraordinary prosodic skills, i.e., musicians (e.g., Goswami, 2011). Specifically, one can test whether a particularly pronounced PS goes hand in hand with good reading (in contrast to comparisons of poor and average readers, which at best tells us whether there is some kind of PS deficit in dyslexic children and adults). This point is also important because it sheds light on the possible benefits of prosodic and/or musical training to prevent reading difficulties.

Although directly measured information about the PS of musicians in the German-speaking world is not available to our best knowledge (see below), it is conceivable to assume good PS because of their strong non-linguistic basic auditory processing (BAP) skills like pitch sensitivity and rhythm discrimination (e.g., Banai & Ahissar, 2013; Deguchi et al., 2012; Micheyl et al., 2006; Tsang & Conrad, 2011). In fact, musicians have been shown to outperform non-musicians in BAP tasks on a behavioural, electrophysiological and psychoacoustic basis (Banai & Ahissar, 2013; Deguchi et al., 2012; Kraus & Chandrasekaran, 2010; Magne et al., 2006; Micheyl et al., 2006; Nikjeh et al., 2009; Tsang & Conrad, 2011). Even dyslexic musicians (dyslexics generally seem to have poorer BAP skills) show better performance in rise time (which reflects the "sharpness" of a rising tone), frequency, intensity and rhythm tasks than dyslexic non-musicians and equivalent BAP skills to musicians without dyslexia (Bishop-Liebler et al., 2014). The study by Weiss et al. (2014) also revealed that dyslexic musicians showed comparable frequency and temporal-interval discrimination skills to musicians without dyslexia, in contrast to dyslexic non-musicians. Furthermore, BAP skills such as intensity, duration and frequency discrimination and amplitude rise time perception might be possible precursors of PS (Goswami et al., 2010; Goswami, Mead, et al., 2013; Richards & Goswami, 2015).

Generally, BAP skills are relevant for reading. Regression analyses have shown that the perception of note duration changes in repeating rhythms predicts text reading accuracy and word reading speed (Flaugnacco et al., 2014). Furthermore, dyslexic children exhibit low

performance on BAP tasks, such as tapping in time with a metronome (Thomson & Goswami, 2008), rise time perception, pitch perception, and rhythm discrimination (Goswami, Huss, et al., 2013; Huss et al., 2011), as well as loudness perception (Huss et al., 2011). Thomson et al. (2006) reported similar results for adults with dyslexia. Likewise, Leong et al. (2011) also showed poorer rise time perception and pitch perception in adults with dyslexia.

However, studies comparing musicians and non-musicians in terms of reading have uncovered contradictory results. Moreno et al. (2009) assigned 32 8-year-old Portuguese non-musicians to either a musical training group or a painting training group. After six months, the music group but not the painting group exhibited significant improvements in word decoding and small pitch perception in speech. Similar results were found by Habib et al. (2016). They analysed the effect of a 6-week cognitive-musical training (CMT) on French dyslexic children. The results showed a significant improvement in word decoding after the CMT period, no difference after an untrained period before the CMT, and no significant decrease after an untrained period after the CMT. In addition, Bishop-Liebler et al. (2014) reported significantly higher word and nonword reading skills among dyslexic musicians compared to dyslexic non-musicians. Weiss et al. (2014) also found significantly higher pseudoword reading skills in dyslexic musicians than in dyslexic non-musicians. Furthermore, regression analyses have shown that music perception ability explains unique variance in early reading ability in 4- and 5-year old pre-schoolers (Anvari et al., 2002). In contrast, Corrigall and Trainor (2011) reported that the length of musical training among 6–9-year-old normal readers predicted reading comprehension, whereas there was no association with word decoding. No significant improvements in word or nonword decoding (but significant improvements in PA) after music instruction were found by Overy (2003) with dyslexic children (mean age 8.8 years) and Gromko (2005) with kindergarten children. These contradictory results might be explained by the type of music training, the length of training and the participants' age and reading level (Corrigall & Trainor, 2011). Nevertheless, in her metaanalysis, Standley (2008) found a small effect size of  $d = .32$  for the benefits of music instruction on reading skills. In more recent metaanalyses, Sala and Gobet (2017) reported no significant effect of music training on literacy skills (combining reading and writing), but Cooper (2020) found a small to medium effect for musical training in schoolchildren on verbal and non-verbal cognitive skills. However, when examining only studies with high methodological quality, i.e., studies that took place in a lab setting, the effects become non-significant. The author concluded that “music training was ultimately a beneficial intervention but not conclusively better than other types of trainings” (Cooper, 2020, p. 14).

## Research Questions

Existing studies that directly emphasize the importance of musical skills for reading are limited in several respects (Anvari et al., 2002; Bishop-Liebler et al., 2014; Habib et al., 2016; Moreno et al., 2009). Corrigan and Trainor (2011) pointed out that in numerous studies, music training was close to (or combined with) reading interventions, e.g., such as teaching reading skills using song texts (Copans-Astrand, 2000, as cited in Standley, 2008; Dominguez, 1991). Standley (2008) showed that the effect of a music intervention on reading was stronger for programs that comprised direct reading interventions than for those which did not. This close connection between musical training and reading activities might impede the identification of which part of the intervention had an effect on reading: the musical training or the reading part of the training.

Furthermore, to the best of our knowledge, no previous studies have compared musicians and non-musicians on more language-related PS tasks in German. German is a shallow orthography in which grapheme-phoneme correspondences are quite transparent (e.g., Seymour et al., 2003). Due to the easiness of grapheme-phoneme mapping, it has been argued that PA might play a minor role in reading acquisition (Landerl et al., 2019; Landerl & Wimmer, 2008; Schabmann et al., 2009; Verhagen et al., 2008). As PS might be a predictor for PA (or at least for certain components of PA) and possibly only contributes to reading via PA (Kim & Petscher, 2016; Schmidt et al., 2016; Wade-Woolley, 2016), PS might be of only minor influence in a shallow orthography like German. Therefore, we measured PA as a control variable in our study to see if a possible effect of PS on reading remains after controlling for PA.

In this study, we expand knowledge about the effect of PS on reading by comparing a sample of musicians to a sample of non-musicians. As stated by Wade-Woolley and Heggie (2016) “the acoustic correlates of stress are duration, amplitude and frequency” (p. 6). To analyse sensitivity to stress in spoken language, the present study uses a language-related PS measure involving real sentences and nonword sentences in German played orally. Participants had to extract the stress pattern of the sentence by perceiving syllables of different stress size (e.g., different frequency, amplitude and duration). Then, they had to select a written sentence with the same stress pattern (a detailed description of the tasks is provided below). From a theoretical perspective, a high sensitivity to these prosodic components (which we expect in the musician group) should enhance the representation of words’ stress assignments in the mental lexicon, which should in turn enhance reading fluency, as prosodic information serves as an additional hint for the reader when retrieving words from the mental lexicon. Furthermore,

subjects with high PS skills might find it easier to identify vowels (linked to amplitude peaks) in words (Goswami, 2003). Likewise, recognition of onset-rime boundaries in words and even non-words might be improved. This could facilitate the identification of phonological similarities to stored words and syllables and therefore enhance reading fluency. Hence, we expect higher reading fluency in the musician group.

We have two research questions:

1. Do musicians and non-musicians differ regarding PS and reading? We expect a difference in the two groups' performance on both PS and reading. As musicians show higher (pre-existing) BAP skills (e.g., Bishop-Liebler et al., 2014; Deguchi et al., 2012; Schellenberg, 2020) than non-musicians and BAP skills might be possible precursors of PS (e.g., Richards & Goswami, 2015), we expect the musicians to be more sensitive in perceiving prosodic information than the non-musicians.
2. Can these possible differences in PS and reading performance be attributed to a reciprocal effect of reading on PS, in the sense that long experience with fluent reading improves PS? If this is the case, we assume that the differences in PS would disappear when comparing musician and non-musician subgroups with matched reading levels.

## Method

### Participants

The sample comprised 60 native German-speaking university students, 30 (50% males) who played a classical instrument (musicians) and 30 (50% males) who did not play an instrument (non-musicians). Twenty-three of the musicians were recruited from the University of Cologne Symphony Orchestra, the others from different orchestras or ensembles. According to the participants' self-reported testimonies, all of the musicians showed especially strong musical abilities that were already apparent in early childhood. 23 had already passed the audition for the university orchestra at the time of the study. The musicians' ages ranged from 20-32 years ( $M = 24.83$ ,  $SD = 3.36$ ), the non-musicians' ages from 18-31 years ( $M = 23.00$ ,  $SD = 2.64$ ). This difference was significant,  $t(58) = 2.35$ ,  $p < .05$ . The participants had no known diagnosis of any kind of psychological problems or learning disability. All participants fell within the boundaries of "normal readers" according to the norms of the Salzburger Lese- und Rechtschreibtest II (Salzburg Reading and Spelling Test II, SLRT-II; Moll & Landerl, 2014;

see below for a description), with the exception of four persons in the non-musician group: one person for the word reading test, two persons for the nonword reading test, and one person for both reading tests. These persons would be classified as poor readers.

## Measures

### *Prosodic Sensitivity*

According to Beyermann (2013), most German disyllabic nouns are stressed on the first syllable. In the CELEX German lemma corpus, 86% of the disyllabic nouns are trochaic and only 14% have final stress. Furthermore, German has certain rules that determine whether a syllable is stressed or unstressed. With respect to prefixes, detachable verbal particles, e.g., *auf-* in *AUFdrehen* (to turn on) are always stressed, whereas nondetachable verbal particles, e.g., *ver-* in *verKAUfen* (to sell) are unstressed (Féry, 1996). In addition, the compound stress rule (primary stress is on the first constituent element, e.g., *STRAßenbahn*; tram; Féry, 1996) leads to an accurate pattern in 99.5% of the disyllabic German noun compounds in CELEX (Beyermann, 2013). These regularities in the German language mean that measuring of PS on the word level would be too simple for our sample.

Since German is a stress-timed language, there is higher variability in the syllable structure (Sauter et al., 2012). Some syllables in a sentence are longer and louder in almost identical intervals, which are filled in with a variable number of unstressed syllables. Consequently, measuring PS on the sentence level requires perceiving not only stress syllables but also the entire rhythm of a sentence (Schmidt et al., 2016). Therefore, we measured PS on the sentence level rather than on the word level.

PS was measured with three tasks: The first task (piano task) was taken from Sauter et al. (2012). Participants had to match written sentences to a given sequence of piano tones of constant frequency but different length and loudness. The piano sequence was played three times from a PC, then the participants had to identify the prosodically compatible sentence out of three possible written solutions. For instance, the sentence *Ich RENne und HÜPfe* (I run and jump) would fit the sequence given in Figure 1. Twelve piano sequences were presented (Cronbach's alpha = .68).

**Figure 1**

*The Sauter et al. (2012) Piano Task for the Sentence Ich renne und hüpfе (I run and jump)*



The second task was similar, but the participants had to match a real sentence to a sentence consisting of nonwords. The nonword sentence was played orally three times from a PC, then the participants had to identify the prosodically equivalent sentence out of three possible written solutions, e.g., *MAIako TRAmelo* matches *FAHren wir ACHterbahn* (Let's ride a roller coaster). Twelve nonword sentences were presented (Cronbach's alpha = .87).

In the third task, participants had to match a heard real sentence to another prosodically equivalent real written sentence, e.g., *Ich RENne und HÜPfe* (I run and jump) would match *Der APfel hat WÜRmer* (The apple has worms). The procedure was the same as in the second task. Twelve real sentences were presented (Cronbach's alpha = .77).

The orally presented stress pattern of the piano sequence and (nonword) sentence, respectively, had to be compared to all three written sentences to identify which could be stressed with the same pattern. For each task, the target sentences and distractors had the same number of syllables. Therefore, it was not possible to identify the solution simply by counting the syllables. In the distractor sentences, at least one unstressed syllable fell on a stressed syllable from the presented pattern, therefore allowing the distractor sentence to be excluded. Examples are provided in Appendix A. All three tasks loaded on one factor, with Cronbach's alpha = .76 (for the total scale; Schmidt et al., 2016).

The orally played nonword sentences (second task) and real sentences (third task) did not differ in number of syllables, sum syllable frequency, or sum biphoneme frequency, which indicates the total number of words that contain the occurred biphonemes. However, there was a difference in the number of phonemes,  $t(19.37) = 3.22, p < .01$ , and number of biphonemes,  $t(22) = 2.89, p < .01$ . This calculation is based on the sublexical measures by Hofmann et al. (2007), which were derived from the German phonological word forms in CELEX. The stimuli list is shown in Appendix B.

**Reading**

Reading was measured with the reading section of the Salzburger Lese- und Rechtschreibtest II (Salzburg Reading and Spelling Test II, SLRT-II) by Moll and Landerl (2014). One list of words and one list of nonwords had to be read aloud as quickly and correctly



as possible within one minute. The score was the number of correctly read words, i.e., a composite score of reading speed and accuracy. Retest reliability for this test ranges from .90 to .98 (Moll & Landerl, 2014).

### ***Phonological Awareness***

PA was measured as a control variable to see if a possible effect of PS on reading still exists after controlling for PA. We used the following tasks from the German translation (Schmidt et al., 2014) of the Prueba de Conciencia Fonológica (Test of Phonological Awareness) by Jiménez (1995). Segmentation: Participants had to name the phonemes of an orally given nonword (e.g., pok = /p/, /o/, /k/). Deletion: Participants had to pronounce an orally presented nonword by leaving out a target phoneme (e.g., [k]lame = lame). Blending: The phonemes of a nonword were orally presented and the participants had to pronounce the nonword (e.g., /d/, /u/, /l/ = dul). Each subtest consisted of ten items.

All tests were administered in a quiet room at the University of Cologne. All baseline items for the PS measures were presented over the PC loudspeakers. Each subject participated in an individual session, which was conducted by one of two of the authors.

### **Data Analysis**

Data analysis was undertaken using SPSS ®, version 24. As participants' age was correlated with reading and the piano task (Table 1), we controlled for this variable when comparing reading and PS for musicians and non-musicians.

To answer our first research question, we chose a sample of musicians who play at least one instrument on a high level. These persons should have good non-linguistic BAP skills (e.g., Banai & Ahissar, 2013; Deguchi et al., 2012). We assumed that these can hardly be attributed to a reciprocal effect of reading on PS. However, to empirically prove this last point, we additionally conducted a subgroup analysis (second research question). If reading has no (reciprocal) influence on PS, possible differences in PS should remain when comparing groups of musicians and non-musicians with the same reading level. Otherwise, they should vanish. Conversely, PS-matched groups of musicians and non-musicians should exhibit no difference in reading skills. To check whether possible differences in PS remained when reading was held constant, we matched participants according to their reading level using the following procedure: We matched participants whose reading sum scores differed by no more than one point. If more than one match was possible, we chose the persons who were best matched according to age and gender. Twenty persons were matched. These ten musicians did not differ from the ten non-musicians in terms of reading, sex or age (Table 2). The same procedure was

followed to check whether significant reading differences could be found while holding PS constant. Here, 24 persons could be matched. The 12 musicians did not differ from the 12 non-musicians in terms of PS, sex or age (Table 2).

## Results

### Correlation of Measures

Age was correlated with all reading measures and the piano task. Sentence and nonword sentence PS tasks, PS sum score, segmentation PA task, and PA sum score were significantly correlated with all reading measures (Table 1). In particular, a significant correlation between PS sum score and reading sum score as well as PA sum score and reading sum score were uncovered (linear regression equation:  $-169 + 2.21 \times PS + 10.78 \times PA = \text{reading}$ ). Hierarchical regression analysis showed a unique effect of PS on reading after controlling for age and PA (Table 3). No significant correlations with reading were found for the piano task and the deletion and blending PA tasks, except for a correlation between blending and the nonword reading task (Table 1). The piano task was also insignificantly correlated with the nonword sentence PS task. There were no significant correlations between segmentation and deletion, segmentation and blending, and deletion and blending. No significant correlations with PS were found for any of the PA tasks.

**Table 1***Correlations of Age, Prosodic Sensitivity (PS), Reading (READ), and Phonological Awareness (PA) Measures*

		Age	PS				READ			PA		
			Piano	Sentence	NW sentence	Sum score	Words	NW	Sum score	SEG	DEL	BLN
PS	Piano	.29*										
	Sentence	.20	.39**									
	NW sentence	.17	.22	.71**								
	Sum score	.25	.56**	.93**	.87**							
READ	Words	.33*	.16	.31*	.36**	.36**						
	NW	.26*	.01	.36**	.46**	.37**	.88**					
	Sum score	.30*	.06	.35**	.40**	.38**	.97**	.97**				
PA	SEG	-.02	-.12	.18	.18	.15	.37**	.45**	.42**			
	DEL	-.19	-.00	.21	.15	.17	.11	.19	.16	.10		
	BLN	.19	-.16	.04	.16	.05	.23	.26*	.25	.15	.25	
	Sum score	-.02	-.13	.21	.25	.18	.34**	.44**	.40**	.58**	.70**	.71**

*Note.* NW = nonword(s); SEG = segmentation; DEL = deletion; BLN = blending.

\*  $p < .05$ . \*\*  $p < .01$ .

**Table 2***Descriptive Results of the Matching Criteria in the Subsamples*

	Reading level-matched subsample		PS level-matched subsample	
	Non-musicians	Musicians	Non-musicians	Musicians
<i>n</i>	10	10	12	12
Reading sum score ( <i>SD</i> )	211.50 (28.28)	211.50 (28.38)		
PS sum score ( <i>SD</i> )			32.5 (2.35)	32.5 (2.35)
Sex (male:female)	5:5	5:5	4:8	4:8
Age ( <i>SD</i> )	23.5 (3.06)	24.7 (3.65)	23.17 (2.37)	23.33 (2.67)
	$t(18) = 0.80, p = .44$		$t(22) = 0.16, p = .87$	

Note. PS = prosodic sensitivity.

**Table 3***Hierarchical Regression Analysis Predicting Reading ( $N = 60$ )*

Variable	$R^2$	$\Delta R^2$	$B$	$\beta$
Step 1	.09	.09*		
Age			3.35	.30*
Step 2	.26	.17**		
Age			3.43	.31**
PA sum score			12.75	.41**
Step 3	.31	.06*		
Age			2.73	.25*
PA sum score			11.29	.36**
PS sum score			1.75	.25*

Note. PA = phonological awareness; PS = prosodic sensitivity.

\*  $p < .05$ . \*\*  $p < .01$ .

### Differences Between Musicians and Non-Musicians

*Full sample:* On average, musicians performed better on all PS tasks, reading tasks, and PA tasks than non-musicians (Table 4). To test for differences between musicians and non-musicians, we conducted MANOVAS for PS and reading scores with age as a covariate, and for PA scores without a covariate. Multivariate tests revealed that musicians outperformed non-musicians on the PS tasks,  $F(3, 55) = 12.25, p < .001, \eta_p^2 = .40$ , the reading tasks,  $F(2, 56) = 5.19, p < .01, \eta_p^2 = .16$ , and the PA tasks,  $F(3, 56) = 3.96, p < .05, \eta_p^2 = .18$ . Univariate tests showed significant differences for all PS, reading, and PA measures except for the piano task and the deletion PA task (Table 4). When omitting poor readers from the dataset (leading to a sample of non-musicians:  $n = 26$ ; musicians:  $n = 30$ ), the same pattern of results emerged (except for the segmentation PA task), piano task:  $F(1, 53) = 1.70, p = .20, \eta_p^2 = .03$ ; sentence task:  $F(1, 53) = 22.78, p < .001, \eta_p^2 = .30$ ; nonword sentence task:  $F(1, 53) = 29.20, p < .001, \eta_p^2 = .36$ ; PS sum score:  $F(1, 53) = 28.56, p < .001, \eta_p^2 = .35$ ; word reading:  $F(1, 53) = 4.40, p < .05, \eta_p^2 = .08$ ; nonword reading:  $F(1, 53) = 6.15, p < .05, \eta_p^2 = .10$ ; reading sum score:  $F(1, 53) = 5.71, p < .05, \eta_p^2 = .10$ ; segmentation:  $F(1, 54) = 2.20, p = .14, \eta_p^2 = .04$ ; deletion:  $F(1, 54) = 3.06, p = .09, \eta_p^2 = .05$ ; blending:  $F(1, 54) = 6.33, p < .05, \eta_p^2 = .11$ ; PA sum score:  $F(1, 54) = 9.93, p < .01, \eta_p^2 = .16$ .

*Reading level-matched sample:* The effect was less strong in this sample. When all three PS tasks were included in the equations, the multivariate test only showed a strong tendency,  $F(3, 15) = 5.19, p = .05, \eta_p^2 = .39$ . However, the univariate differences between musicians and non-musicians remained significant for the sentence and nonword sentence tasks as well as the sum score (Table 4).

*PS level-matched sample:* All differences in reading which were found for the total sample did not remain significant among persons with the same level of PS (Table 4).

**Table 4**

*Means, Standard Deviations, Minimums, and Maximums of Prosodic Sensitivity (PS), Reading, and Phonological Awareness (PA) Measures for Musicians and Non-Musicians*

Full sample		Non-musicians				Musicians				$F(1, 57)$	$\eta_p^2$
		$M$	$SD$	Min	Max	$M$	$SD$	Min	Max		
PS	Piano	11.00	1.49	5.00	12.00	11.57	.97	8.00	12.00	1.32	.02
	Sentence	8.00	2.56	3.00	12.00	10.77	1.45	7.00	12.00	22.83	** .29
	NW sentence	8.40	2.25	5.00	12.00	11.13	.90	9.00	12.00	34.84	** .38
	Sum score	27.40	4.97	19.00	35.00	33.47	2.29	29.00	36.00	31.00	** .35
Reading	Words	122.87	16.81	89.00	156.00	137.23	14.74	101.00	156.00	8.36	** .13
	NW	75.67	17.76	41.00	110.00	91.80	15.56	64.00	117.00	10.48	** .16
	Sum score	198.53	33.05	135.00	266.00	229.03	29.40	165.00	271.00	10.20	** .15
$F(1, 58)$											
PA	Segmentation	9.63	0.61	8.00	10.00	9.90	0.31	9.00	10.00	4.53	* .07
	Deletion	9.70	0.79	6.00	10.00	9.97	0.18	9.00	10.00	3.21	.05
	Blending	9.50	0.68	8.00	10.00	9.87	0.35	9.00	10.00	6.89	* .11
	Sum score	28.83	1.37	25.00	30.00	29.73	0.45	29.00	30.00	11.74	** .17
Reading level-matched subsample		$M$	$SD$	Min	Max	$M$	$SD$	Min	Max	$F(1, 17)$	$\eta_p^2$
PS	Piano	10.70	2.21	5.00	12.00	11.30	1.06	9.00	12.00	.31	.02
	Sentence	7.90	3.14	3.00	12.00	11.00	1.49	8.00	12.00	7.11	* .30
	NW sentence	9.10	1.85	6.00	12.00	11.30	.95	10.00	12.00	9.69	** .36
	Sum score	27.70	5.68	21.00	35.00	33.60	2.37	29.00	36.00	7.88	* .32
PS level-matched subsample		$M$	$SD$	Min	Max	$M$	$SD$	Min	Max	$F(1, 21)$	$\eta_p^2$
Reading	Words	122.50	21.22	89.00	155.00	129.33	14.37	101.00	155.00	.80	.04
	NW	76.67	18.34	46.00	109.00	83.42	10.71	64.00	96.00	1.13	.05
	Sum score	199.17	38.44	135.00	255.00	212.75	24.53	165.00	251.00	1.00	.05

*Note.* Comparisons ( $F, \eta_p^2$ ) are age-corrected for PS and reading scores. NW = nonword(s).

\*  $p < .05$ . \*\*  $p < .01$ .

## Discussion

As previous correlational studies report inconsistent results regarding the relation between PS and reading, the present study aims to further clarify this relationship by examining subjects with excellent PS skills instead of subjects with poor reading skills (dyslexics), as has been done in previous studies (see above). As the existing literature indicates that musicians exhibit higher (pre-existing) BAP skills (e.g., Deguchi et al., 2012; Schellenberg, 2020) than non-musicians, and BAP skills could be possible precursors to PS (Goswami et al., 2010; Goswami, Mead, et al., 2013; Richards & Goswami, 2015), we expected the musicians to be more sensitive in perceiving prosodic information than the non-musicians. Hence, the goal of this study was to test whether the German PS of adult musicians is higher than among people with no musical experience, and if this is the case, whether this is associated with reading performance. Furthermore, we tried to find evidence for whether this potential effect could be attributed to a reciprocal effect of reading on PS. As most previous studies focused on English-speaking participants, the present study aims to further clarify the PS–reading relationship in a more transparent orthography.

Our results showed that, in line with our hypothesis, musicians achieved better results in reading words and nonwords as well as two of three prosodic tasks, namely the sentence and nonword sentence tasks. The mean of the musician group was only slightly higher for the piano task. An explanation might be that the piano task was too easy for our sample (Table 4), making ceiling effects likely. In contrast to the sentence and nonword sentence tasks, the played pattern in the piano task only requires (very low) BAP skills. It is possible that this stress pattern can be analysed and stored in working memory more easily than the stress pattern of a linguistic sequence. Thus, even the poorer PS skills of the non-musicians might suffice for this task, while differences between the two groups arise in the two linguistic PS tasks.

To check for possible reciprocal effects in our adult sample (i.e., that better word reading leads to better prosodic components on the long run, which should predominantly be the case for PS tasks that are close to reading), we compared reading level-matched groups of musicians and non-musicians. Differences found in the whole sample remained stable for the reading level-matched groups, which makes it hardly probable that differences in PS can be attributed to differences in reading. Furthermore, comparing musician and non-musician groups with the same levels of PS did not reveal any difference in reading. Therefore, subgroup analysis seems to support our assumption that better PS (and BAP skills) can hardly be attributed to a reciprocal effect of reading on PS.

In summary, our data indicate that high PS likely facilitates reading achievement and thus that PS is not only an (additional) deficit found in dyslexics. However, it is not clear whether the high level of musical experience and high PS skills in our sample of musicians exist due to their musical training or rather due to good PS prerequisites (such as BAP skills) that existed prior to reading and prior to playing an instrument. Genetic predispositions (including, potentially, BAP skills) might influence whether or not a person learns to play an instrument (Schellenberg, 2020). An interaction of both reasons is also plausible. Hence, our results might not be attributable to the musicians' musical training *per se*.

The reported unique effect of PS on reading after controlling for PA (even in a shallow orthography like German) is in line with the results of previous studies conducted with children in languages of different orthographic depths (e.g., Defior et al., 2012; Holliman, Gutiérrez-Palma, et al., 2017), whereas it contrasts the results by Schmidt et al. (2016) in German adult participants. However, as half the sample examined in our study is part of an extreme group, considering PS as a continuous variable might risk a biased outcome. Therefore, this result should be treated with caution. Furthermore, our results showed no significant correlation between PS and PA, arguing against a strong connection between these skills in German adults. In terms of group comparisons, musicians outperformed non-musicians in two of three PA tasks. One explanation might be the higher BAP skills assumed to be present in our musician group, which are important for the development of good PA skills (Thomson & Goswami, 2010). However, the PA measures used in this study appeared to be way too easy for our adult sample. Therefore, the PA results should be treated with caution due to possible ceiling effects.

We measured PS using a test on the sentence level, which is seldom the case in German-speaking countries (Schmidt et al., 2016). Firstly, this was necessary because measuring PS on the word level would be too simple for our sample due to the regularities in the German language (see above; Beyermann, 2013; Féry, 1996). Secondly, results based on a PS measure on the sentence level might help clarify the PS–reading relationship (for German). Previous correlational studies have predominantly used PS measures on the word level. However, the results based on measures above the word level, e.g., at the phrase or sentence level (Clin et al., 2009; Goswami et al., 2010; Holliman, Gutiérrez-Palma, et al., 2017; Schmidt et al., 2016; Whalley & Hansen, 2006), are likewise contradictory. Holliman, Williams, et al. (2014) considered different components of PS (stress, intonation, and timing) on different linguistic levels (word, phrase, and sentence). Their results support the assumption that PS on the word level and PS on the phrase/sentence level have different relations to reading. In the sentence-level PS measures used in this study, participants had to manage two processes. Firstly, the



stress pattern of the orally presented sentence had to be analysed and stored in working memory. Unstressed and stressed syllables had to be perceived regardless of the stress produced by longer or louder articulation or pitch modulation. Secondly, the stress patterns of the written sentences had to be analysed. Stored lexical stress assignments of the printed words had to be retrieved from the mental lexicon. Additionally, in contrast to word-level measures, the relation between the words had to be considered. A lexically stressed syllable (word level) might be articulated as unstressed or less stressed in a sentence due to a certain sentence accent, whereas a lexically unstressed syllable always<sup>8</sup> remains unstressed on the sentence level. For example, the German sentence *Sie vergisst ihren Hut* (She forgets her hat) may have the following stress patterns: *sie verGISST ihren HUT* or *SIE vergisst IHren hut*. The monosyllable words and lexically stressed syllables (sie, -gisst, ih-, hut) can be unstressed or less stressed on the sentence level, whereas the lexically unstressed syllables (ver-, -ren) stay unstressed in all cases. The written sentences must be compared to the orally presented stress pattern in order to determine which can be stressed identically. Thus, sentence-level PS might involve a higher process than simply retrieving lexical stress assignments.

### **Limitations and Desiderata for Future Research**

Since our sample of musicians exhibited a high level of musical experience, we assumed good BAP skills (and PS) prior to reading acquisition. However, adding a direct measure of BAP to this research would have been helpful to confirm the presence of good BAP skills in our musician sample. Moreover, our subgroup analysis indicated no reciprocal effect of reading on PS in the sense that long experience with fluent reading improves PS. However, it would be worthwhile to explore early BAP skills and PS prior to reading acquisition and (later) reading skills in a longitudinal design.

In terms of subgroup analysis, the sample sizes are quite small, which can result in a low test power (Cohen, 1988). Hence, the possibility cannot be completely excluded that the lack of significant difference in reading in the PS level-matched subsamples is a result of low test power.

### **Conclusion**

A novel finding is that PS seems to be not only a deficit in dyslexics but an advantage

---

<sup>8</sup> Some lexically unstressed particles can be stressed on the sentence level when bearing a corrective focus, e.g., *Der Laster wird BELaden und nicht ENLaden* (The truck is being loaded and not unloaded, see Féry, 2011). However, this is not relevant for the type of PS measures used in this study.

for reading fluency among people with high PS, as shown in a sample of musicians compared to non-musicians. Overall, when examining German-speaking adults with a language-related PS task on the sentence level, we can conclude the following: Firstly, our results support the assumption that being a musician (and thus probably having good pre-existing BAP skills) is associated with extraordinary PS skills. Secondly, our results are aligned with those of previous studies indicating a possible positive effect of PS skills on reading. These are important points due to the possible benefits of prosodic and/or musical or rather non-linguistic BAP training to prevent reading difficulties.

## Appendix A

## Examples for the Prosodic Sensitivity Measures

Piano task (distractors follow the principle of Sauter et al., 2012)							
Orally played piano pattern	•	x	•	•	x	•	
Fitting sentence	Ich	REN	ne	und	HÜP	fe	(I run and jump)
Distractor 1	Sie	pro	biert	ei	nen	Keks	(She tastes a cookie)
Distractor 2	Pflü	•	wir	Brom	•	ren	(Let's pick blackberries)
		•			•		
Nonword sentence task							
Orally played item	MA	la	ko	TRA	me	lo	
Fitting sentence	x	•	•	x	•	•	(Let's ride a roller coaster)
	FAH	ren	wir	ACH	ter	bahn	
Distractor 1	x	•	•	x	•	•	(Don't forget the suitcase)
	Ver	giss	nicht	den	Kof	fer	
Distractor 2	•						
	Wir	ha	ben	ge	ba	cken	(We baked)
				•			
Sentence task							
Orally played item	Ich	REN	ne	und	HÜP	fe	(I run and jump)
Fitting sentence	•	x	•	•	x	•	
	Der	AP	fel	hat	WÜR	mer	(The apple has worms)
Distractor 1	•	x	•	•	x	•	
	Sie	ver	gisst	ih	ren	Hut	(She forgets her hat)
Distractor 2		•			•		
	Gra	ben	wir	nach	dem	Schatz	(Let's dig for the treasure)
		•					

Note. • = unstressed syllable; x = stressed syllable.

## Appendix B

## List of Nonword Sentences and Sentences, with International Phonetic Alphabet (IPA)

## Transcriptions

Nonword sentences		Sentences		
Menri scho katschikro		Oma kocht Blumenkohl		
[ˈmɛnri ʃoː kaˈtʃikro]		[ˈoːma kɔxt ˈbluːmənkoːl]		
Terino la menta		Sie haben gegessen		
[tɛˈriːno la ˈmɛntə]		[ziː ˈhaːbŋ gəˈɡɛsŋ]		
Rida suke rubidan		Herr Schröder isst ein Brötchen		
[ˈriːdə ˈzuːkə ˈruːbidaːn]		[hɛɐ̯ ˈʃrøːdə ɪst aɪn ˈbrøːtçɛn]		
Datschikro lane rema		Trafen sich die Reisenden		
[daˈtʃikro ˈlaːnə ˈreːmə]		[ˈtraːfŋ zɪç diː ˈraɪzŋdŋ]		
Wade tale wide tede		Du siehst mich wieder mal nicht an		
[ˈvaːdə ˈtaːlə ˈviːdə ˈtɛːdə]		[duː ziːst miç ˈviːdə maːl niçt an]		
Newada tilade		Schokolade schmeckt gut		
[neˈvaːdə tiˈlaːdə]		[ʃokɔˈlaːdə ʃmɛkt guːt]		
Tare rume lo		Kathrin, komm mal her		
[ˈtaːrə ˈruːmə loː]		[ˈkatriːn kɔm maːl hɛːɐ̯]		
Denirele dara troll		Tante Frieda mag Kuchen		
[dɛˈniːrələ ˈdaːrə troːl]		[ˈtantə ˈfriːdə maːk ˈkuːxŋ]		
Dewanare til		Trink deine Limo		
[dɛˈvaːnarə tiːl]		[trɪŋk ˈdajnə ˈlimo]		
Tedola rewe tschiko		Schneckenhäuser sind gedreht		
[tɛˈdɔːlə ˈrɛːvə ˈtʃiko]		[ˈʃnɛkŋhɔyze zɪnt gəˈdreːt]		
Rame dane wila		Bewache deinen Hund		
[ˈraːmə ˈdaːnə ˈviːlə]		[bəˈvaxə ˈdajnən hʊnt]		
Dadele diri wane		Schnapp dir den Fahrradmantel		
[ˈdaːdələ ˈdiːri ˈvaːnə]		[ʃnap diːɐ̯ deːn ˈfaːɐ̯ratmantl̩]		
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
<i>n</i> phonemes <sup>a</sup>	14.33	2.27	18.08	3.34
<i>n</i> biphonemes <sup>a</sup>	11.42	2.07	14.25	2.70
<i>n</i> syllables	6.42	.90	6.42	.90
MSBF <sup>a</sup>	15,575	24,831	21,114	31,272
MSSF <sup>a</sup>	3073	2925	3119	6200

Note. MSBF = mean sum biphoneme frequency; MSSF = mean sum syllable frequency.

<sup>a</sup> canonical word forms are considered (e.g., [haːbən] instead of [haːbŋ]); [ɐ] is treated as [ər]

## 6 Studie 1: Zwischenfazit

Die Ergebnisse von Studie 1 zeigen signifikant bessere Leistungen der Musiker\*innen in zwei von drei PS-Aufgaben und in beiden Lesetests im Vergleich zu den Nichtmusiker\*innen (Studie 1, Forschungsfrage 1). Die Subgruppenanalyse spricht zudem für einen nicht-reziproken Effekt der PS auf das Lesen bei Erwachsenen (Studie 1, Forschungsfrage 2). Des Weiteren konnte auf Basis der gesamten Stichprobe ( $N = 60$ ) gezeigt werden, dass die PS über die PA hinaus einen alleinigen Effekt auf das Lesen aufweist ( $\Delta R^2 = .06$ ,  $\beta = .25$ ,  $p < .05$ ). Die Studienergebnisse unterstützen die Annahme, dass eine gute PS zu einer höheren Lesegeschwindigkeit und weniger Lesefehlern führen kann.

Da Studien von einem direkten Einfluss der PS auf das Lesen (Holliman, Gutiérrez-Palma, et al., 2017) als auch von einem indirekten Effekt über die PA (Schmidt et al., 2016) berichten, wurde in Studie 1 neben der PS und der Leseflüssigkeit auch die PA erfasst. Die verwendeten Aufgaben zur PA im engeren Sinne zeigen in der erwachsenen Stichprobe Deckeneffekte (bei einem Maximum von 30 Punkten liegen die Mittelwerte bei 28.83 bzw. 29.73), sodass die Ergebnisse bezüglich der PA mit Vorsicht zu interpretieren sind. Der berichtete alleinige Effekt der PS auf das Lesen über die PA hinaus könnte zudem aufgrund der zur Hälfte aus einer Extremgruppe stammenden Stichprobe verzerrt sein. Studie 2 (Kapitel 8–9) tritt dieser Limitation in Form einer Korrelationsstudie entgegen, in der auf Basis einer einzigen größeren Stichprobe ( $N = 138$ ) ohne spezielle Extremgruppenauswahl ein theoretisches Modell überprüft wird. Hierbei wird neben einem direkten Effekt der PS auf das Lesen auch ein indirekter Effekt über die PA angenommen. Die PA wird zudem mit einer neuen, aus dem Englischen in das Deutsche adaptierten PA-Aufgabe erhoben, welche die PA im Gegensatz zu Studie 1 über die Reaktionsgeschwindigkeit misst, was für transparente Orthographien empfohlen wird (Gutiérrez-Palma et al., 2009).

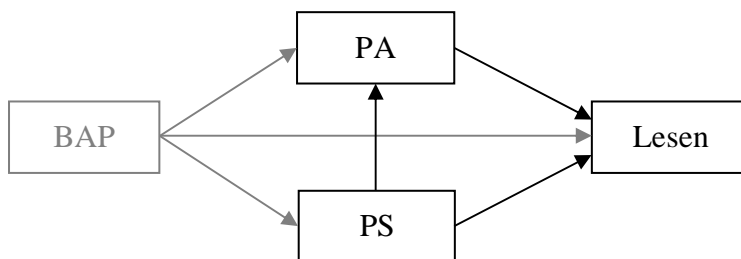
Anhand der Ergebnisse aus Studie 1 kann keine definitive Aussage darüber getroffen werden, warum Musiker\*innen eine signifikant bessere PS aufweisen als Nichtmusiker\*innen. Sowohl das regelmäßige musikalische Training als auch gute basal-auditive Fähigkeiten, die bereits vor dem Musik- und Leseunterricht existiert haben könnten, und auch eine Interaktion beider Aspekte, sind mögliche Gründe. So könnten genetische Prädispositionen, wie eventuell die basal-auditiven Fähigkeiten, beeinflussen, ob eine Person ein Instrument lernt oder nicht (Schellenberg, 2020). Studie 1 beruht auf der Annahme, dass Musiker\*innen besonders gute basal-auditive Fähigkeiten vorweisen. Eine Überprüfung erfolgte jedoch nicht. Studie 2 tritt auch dieser Limitation entgegen und integriert die Untersuchung des Einflusses der BAP auf die PS in ein Wirkmodell.

## 7 Das theoretische Wirkmodell

Der Aufbau von Studie 2 (Kapitel 8–9) folgt einem theoretischen Wirkmodell, welches zwei Ansätze verbindet. Zum einen kann auf Basis der existierenden Literatur (siehe Kapitel 3.1) sowohl ein direkter Effekt der PS auf das Lesen als auch ein indirekter Effekt über die PA angenommen werden (Kapitel 7.1: Die Theorie eines Zwei-Wege-Modells). Zum anderen berichten Studien, dass die BAP ein Prädiktor für die PS (Goswami et al., 2010), für die PA (Goswami et al., 2021) und/oder für das Lesen (Hämäläinen et al., 2012) sein könnte (Kapitel 7.2: Die Rolle der basal-auditiven Verarbeitung). Daraus ergibt sich folgende theoretische Annahme eines Wirkmodells (Abbildung 2):

### Abbildung 2

*Theoretisches Wirkmodell (Studie 2)*



*Anmerkung.* PA = Phonologische Bewusstheit; BAP = Basal-auditiv Verarbeitung; PS = Prosodische Sensitivität.

### 7.1 Die Theorie eines Zwei-Wege-Modells

Der Effekt der PS auf das Lesen kann entlang zweier Wege, einer direkten Route von der PS zum Lesen sowie einer indirekten Route von der PS über die PA zum Lesen, erklärt werden.

#### 7.1.1 Die direkte Route

Wie in Obergfell et al. (2022) beschrieben, nennen Sauter et al. (2012) eine Erklärung für einen direkten Effekt der PS auf das Lesen: Demnach sorgt eine hohe Sensitivität für prosodische Informationen für eine besonders stabile und zuverlässige Wortrepräsentation im mentalen Lexikon, da segmentale Informationen (z. B. Silben) mit suprasegmentalen Informationen (z. B. Silbe ist betont vs. Silbe ist unbetont) und dem orthographischen Worteintrag verknüpft werden. Diese zusätzlichen prosodischen Informationen sorgen für einen schnelleren und effizienteren Wortabruf (Sauter et al., 2012) und verbessern somit die Leseflüssigkeit von Realwörtern und auch indirekt von PW.

Das Lesen von Realwörtern erfolgt im Leseerwerb zunehmend ganzheitlich (Coltheart et al., 2001) und auch PW oder längere und niedrigfrequente Realwörter können von geübten Leser\*innen sublexikalisch, d. h. zum Beispiel auf Silbenebene abgerufen werden (Loidl et al., 2012). Eine erfolgreiche Speicherung des lexikalischen Betonungsmusters im mentalen Lexikon durch eine gute PS erleichtert den Silben- bzw. Wortabruf (Sauter et al., 2012). Da auch beim Lesen von PW davon ausgegangen wird, dass die entsprechenden Silben oder orthographisch ähnliche Wörter im mentalen Lexikon aktiviert werden (Coltheart et al., 2001), kann angenommen werden, dass das Betonungsmuster von einem orthographisch ähnlichen abgespeicherten Realwort für die Betonung eines PW „ausgeliehen“ werden kann. So könnte durch die zuverlässige Speicherung von Realwortbetonungen auch indirekt die Leseflüssigkeit von PW beschleunigt werden. Daelemans et al. stellten bereits 1994 die Vermutung auf, dass die Bestimmung des Betonungsmusters eines PW analog zum Betonungsmuster des dazu ähnlichsten Realwortes erfolgt (siehe auch Monaghan et al., 2016).

Wie genau die durch gute PS abgespeicherten zusätzlichen prosodischen Informationen für einen schnelleren und effizienteren Wortabruf im mentalen Lexikon sorgen, ist noch unklar. Im Folgenden werden zwei sich ergänzende Theorien zum möglichen Wirkmechanismus der direkten Route vorgestellt (siehe auch Monaghan et al., 2016):

Die erste bezieht sich auf die Beschleunigung des Wortabrufs durch prosodische Informationen *nach* erfolgter Aktivierung des orthographischen Worteintrags im mentalen Lexikon (Abbildung 3; [a], [A]). Sie basiert auf der Annahme, dass die lexikalische Wortbetonung im mentalen Lexikon mit abgespeichert (für eine Übersicht siehe Mundy & Carroll, 2016) und mit dem orthographischen Worteintrag verknüpft ist (Sauter et al., 2012). Die Theorie wird in der vorliegenden Arbeit als *Speicher-Theorie* bezeichnet.

Die zweite Theorie bezieht sich auf die Beschleunigung des Wortabrufs durch prosodische Vorannahmen (Abbildung 3; [B], [b]). Nach dieser Theorie führen prosodische Vorannahmen zu einer Aktivierung eines wahrscheinlichen Betonungsmusters (Monaghan et al., 2016; Rastle & Coltheart, 2000) *zeitgleich* zur Aktivierung des orthographischen Worteintrags. Die Theorie wird in dieser Arbeit als *Regel-Theorie* bezeichnet.

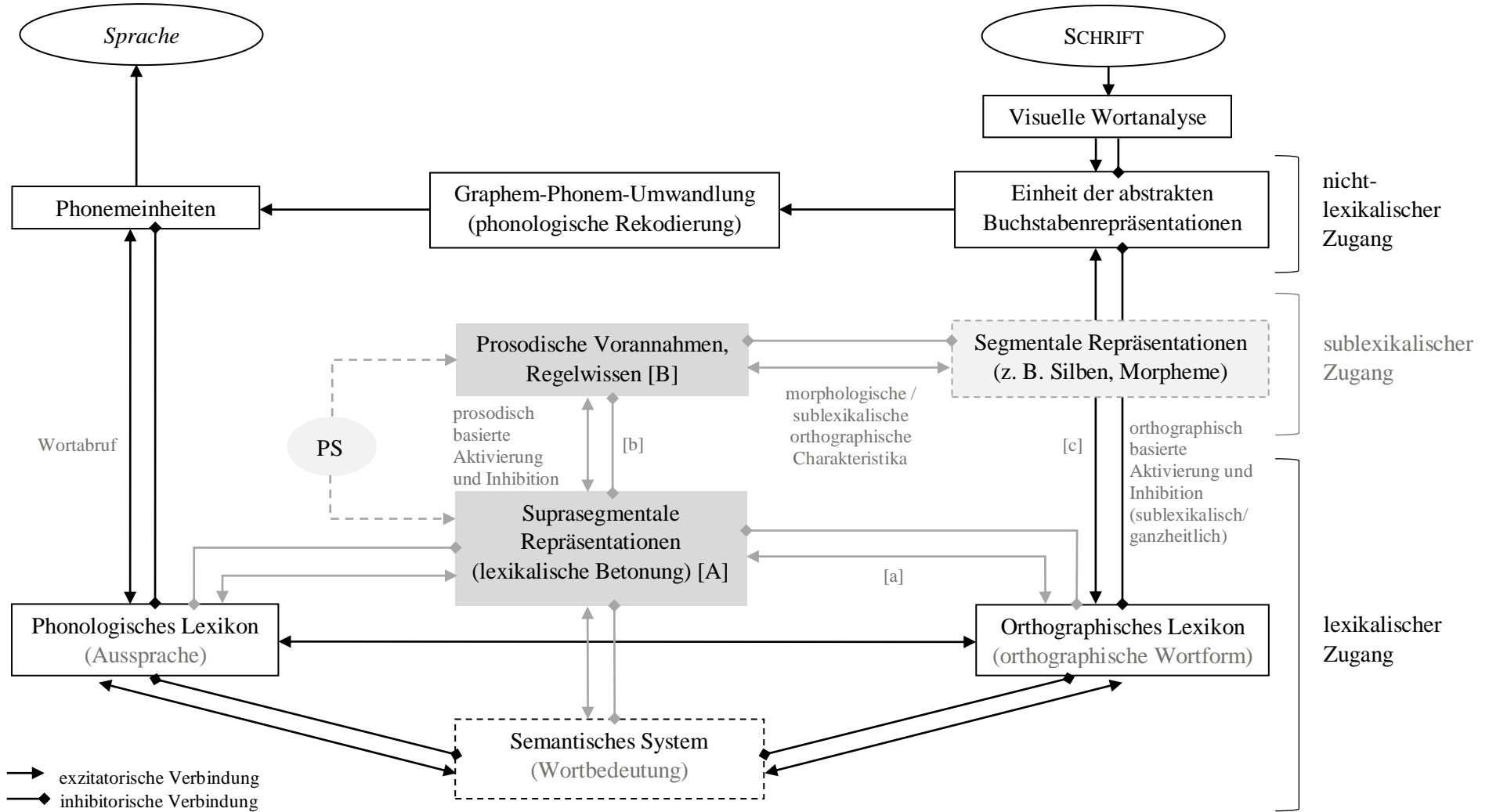
Abbildung 3 zeigt einen Vorschlag<sup>9</sup> für die modelltheoretische Verortung der beiden Theorien in Colthearts *Dual-Route Cascaded Model* (2005).

---

<sup>9</sup> Der Vorschlag beinhaltet auch die Integration segmentaler Repräsentationen in das Modell, welche nicht Teil des ursprünglich auf monosilbische Wörter bezogenen Modells sind (Jackson & Coltheart, 2001). Die Integration scheint jedoch notwendig, um die prosodischen Vorannahmen im Modell verorten zu können (siehe auch Rastle & Coltheart, 2000). Für ein konnektionistisches Modell (CDP++), welches die Betonungszuordnung zweisilbiger Wörter anhand lexikalischer sowie sublexikalischer Prozesse beschreibt, siehe Perry et al. (2010).

**Abbildung 3**

Modellvorstellung für die Wortverarbeitung im Leseprozess



52

Anmerkung. Das Modell stellt eine um die prosodischen Informationen ergänzte Erweiterung des *Dual-Route Cascaded Model* (Coltheart, 2005) dar. Die Grafik basiert auf der aus Coltheart (2005) adaptierten Version von Klicpera et al. (2020). Grau markierte Inhalte wurden ergänzt. PS = Prosodische Sensitivität.



***Speicher-Theorie – Abspeicherung prosodischer Informationen im mentalen Lexikon***

Die Theorie basiert auf der Annahme, dass das Betonungsmuster eines Wortes Teil der Wortrepräsentation im mentalen Lexikon ist [A]<sup>10</sup> (siehe Mundy & Carroll, 2016). Bei der Worterkennung in der *gesprochenen* Sprache (z. B. Zielwort: KLAge) können Wörter mit gleicher Anfangssilbe, aber einem anderen Betonungsmuster (z. B. klaVIER, klaMOTten) aufgrund der unterschiedlichen Betonung der ersten Silbe sehr schnell inhibiert werden, noch bevor die weiteren Silben des Zielwortes verarbeitet werden, was die *auditive* Worterkennung beschleunigt (Protopapas, 2016). Im Gegensatz zur *gesprochenen* Sprache existieren in der deutschen *Schriftsprache* keine klaren prosodischen Hinweise<sup>11</sup> (siehe aber untenstehenden Absatz zur *Regel-Theorie*). Somit scheint es wenig plausibel, dass bei der visuellen Worterkennung zunächst das Betonungsmuster aus dem mentalen Lexikon abgerufen wird und dadurch Wörter mit anderen Betonungsmustern inhibiert werden, noch bevor der Zugriff auf den orthographischen Worteintrag erfolgt. Mit der ganzheitlichen oder sublexikalischen Verarbeitung von Graphemketten werden automatisch orthographische Worteinträge im mentalen Lexikon aktiviert bzw. inhibiert (Coltheart, 2005). Die Aktivierung und Inhibition orthographischer Worteinträge [c] ist dieser Theorie zufolge dem Zugriff auf suprasegmentale Informationen vorgeschaltet [a]. Das Betonungsmuster beim Lesen eines Wortes wird erst abgerufen, wenn das Wort bereits auf Basis der Grapheme identifiziert wurde, d. h. die orthographische Wortform aktiviert wurde (siehe auch Protopapas, 2016). Im Sonderfall von Homographen (z. B. UMFahren vs. umFAHren) bestimmen die im mentalen Lexikon mit abgespeicherten semantischen Informationen das abzurufende Betonungsmuster. Kann aufgrund guter PS zuverlässig auf das abgespeicherte Betonungsmuster eines Wortes zugegriffen werden, entsteht keine Verzögerung aufgrund eines dem/der Leser\*in unbekanntem Betonungsmusters und es werden keine Betonungsfehler produziert, die zu phonologischen Fehlern führen könnten. Stimmen die zum orthographischen Worteintrag mit abgespeicherten phonologischen, semantischen und prosodischen Information überein, kann das Wort erfolgreich abgerufen werden. Bei fehlenden, falschen oder ungenauen Informationen zur Betonung kann es zu einem Widerspruch mit dem semantischen und/oder phonologischen Eintrag kommen und folglich zu Lesefehlern und einer verlangsamten Lesegeschwindigkeit. Existiert z. B. bei einem/r Leser\*in noch kein differenzierter und stabiler suprasegmentaler

---

<sup>10</sup> Die in den folgenden Textabschnitten eingefügten Buchstaben in eckigen Klammern beziehen sich auf die entsprechenden Markierungen in Abbildung 3.

<sup>11</sup> Prosodische Hinweise, die das lexikalische Betonungsmuster eines Wortes schriftsprachlich kennzeichnen, finden sich jedoch in anderen Schriftsprachen wie z. B. die diakritischen Zeichen im Griechischen oder die Akzentzeichen im Spanischen (Gutiérrez-Palma, Defior, & Calet, 2016; Protopapas, 2016).

Eintrag für das Wort *Tenor*, wird das Wort möglicherweise mit dem im Deutschen häufig vorkommenden Trochäus (Beyermann, 2013) realisiert (TEnor = Grundstimmung). Je nach Kontext kann dies zu einem semantischen Widerspruch führen, wenn z. B. die Singstimme (= teNOR) gemeint ist. Bezogen auf den phonologischen Eintrag kann beispielsweise bei der Aktivierung des orthographischen Worteintrags „Gesetz“ und eines fehlenden suprasegmentalen Eintrags (Ziel: geSETZ) das Wort falsch betont werden (GEsetz = [gezɛts]), was im Widerspruch zum phonologischen Eintrag [gəzɛts] steht. Dieser beinhaltet in der ersten Silbe einen Schwa-Laut [ə], welcher ausschließlich in unbetonten Silben vorkommt (Eisenberg, 2020). Es kann angenommen werden, dass die Zugriffsmöglichkeit auf einen suprasegmentalen Worteintrag, d. h. auf die lexikalische Wortbetonung, die Lesegenauigkeit und -geschwindigkeit eines Wortes erhöht.

### ***Regel-Theorie – Prosodische Vorannahmen auf Basis von Regelwissen***

Wie oben beschrieben, scheint es wenig plausibel, dass bei der visuellen Worterkennung das Betonungsmuster noch vor der Aktivierung des orthographischen Eintrags aus dem mentalen Lexikon abgerufen wird. Allerdings ist es möglich, dass beim Sichten eines Wortes bestimmte orthographische Charakteristika zu einer vorzeitigen Betonungsmusteraktivierung führen: Aufgrund von prosodischem Regelwissen (durch gute PS) könnte basierend auf morphologischen bzw. sublexikalischen orthographischen Charakteristika eine Vorannahme [B] zum Betonungsmusters des gesichteten Wortes getroffen werden (Monaghan et al., 2016; Rastle & Coltheart, 2000).

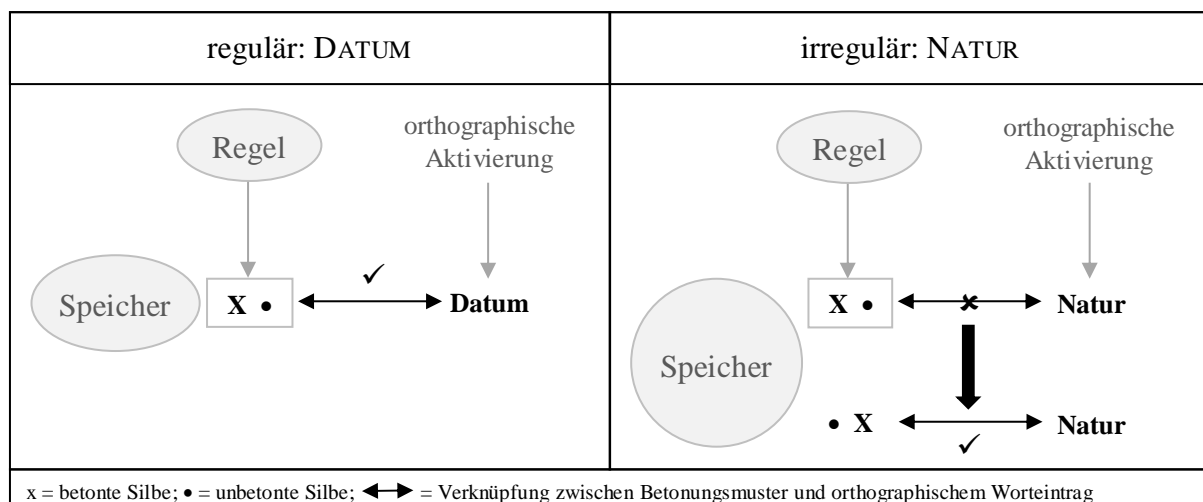
Rastle und Coltheart (2000) konnten anhand eines Computeralgorithmus zeigen, dass der Großteil der zweisilbigen englischen Wörter eine korrekte Betonung erhält, wenn beim Auftreten bestimmter Morpheme (Präfixe wie z. B. *re-* oder Suffixe wie z. B. *-ing*) ein Speicher konsultiert wird, der angibt, ob das jeweilige Morphem betont oder unbetont wird, und bei Wörtern ohne die definierten Morpheme die trochäische Standardbetonung von Zweisilbern realisiert wird (siehe auch Monaghan et al., 2016). Auch im Deutschen wird ein Großteil der zweisilbigen Nomen trochäisch betont (in CELEX 86%; Beyermann, 2013), dreisilbige Wörter werden zu 59% auf der ersten Silbe betont (Monaghan et al, 2016), untrennbare Verbpräfixe (z. B. *ver-*) werden nicht betont, während trennbare Verbpräfixe (z. B. *auf-*) betont werden und bei Nomenkomposita wird meistens die erste Silbe der ersten Konstituente betont (Féry, 1996). Vorannahmen für ein Betonungsmuster können aber auch auf Basis von Wahrscheinlichkeiten zwischen bestimmten sublexikalischen Buchstaben(gruppierungen) und Betonungsmustern gebildet werden (Monaghan et al., 2016). Beyermann (2013) konnte für das Deutsche z. B.

zeigen, dass bezogen auf zweisilbige Simplexnommen Endsilben mit mehreren Konsonanten mit einer höheren Wahrscheinlichkeit betont sind. Monaghan et al. (2016) konnten u. a. für das Deutsche zeigen, dass orthographische Merkmale in zwei- und dreisilbigen Wörtern (z. B. der erste oder letzte Konsonant im Wort oder die ersten oder letzten zwei Buchstaben im Wort, usw.) signifikante Hinweise für die Position der lexikalischen Betonung sein können.

Folgender Prozess wird vermutet: Die Aktivierung der orthographischen Wortrepräsentation im mentalen Lexikon [c] erfolgt zeitgleich mit der Aktivierung des vorangenen Betonungsmusters im mentalen Lexikon [b]. Bei regelhaft betonten Wörtern ist das angenommene Betonungsmuster mit dem orthographischen Worteintrag verknüpft [a]. Das Wort kann (bei zusätzlicher Übereinstimmung mit dem semantischen und phonologischen Eintrag) erfolgreich abgerufen werden. Die Aktivierung des Betonungsmusters *nach* Aktivierung der orthographischen Wortrepräsentation fällt weg. Bei irregulär betonten Wörtern ist das vorangene Betonungsmuster nicht mit dem aktivierten orthographischen Worteintrag verknüpft. Es kommt zu einer „Fehlermeldung“. Das korrekte Betonungsmuster muss gemäß der *Speicher-Theorie* nachträglich abgerufen werden (Abbildung 4). Wortmaterial, welches nicht den prosodischen Vorannahmen entspricht, stellt eine größere Herausforderung für den Leser bzw. die Leserin dar: So zeigten Beyermann und Penke (2014) anhand einer lexikalischen Entscheidungsaufgabe, dass irregulär betonte zweisilbige Wörter (wie z. B. *Natur*) im Gegensatz zu regulär betonten Wörtern (wie z. B. *Datum*) von Kindern (3. und 5. Klasse) langsamer und mit einer höheren Fehlerrate als deutsche Realwörter erkannt werden.

#### Abbildung 4

*Speicher- und Regel-Theorie bei regulär und irregulär betonten Wörtern*



Das Betonungsmuster von Wörtern, die auf keinem Regelwissen beruhen oder zu welchen noch kein Regelwissen aufgebaut wurde, wird ebenso erst nach der Aktivierung der

orthographischen Wortform abgerufen. Voraussetzung ist natürlich, dass der orthographische Worteintrag bereits mit dem entsprechenden Betonungsmuster (durch gute PS) im mentalen Lexikon verknüpft wurde, d. h. dass ein suprasegmentaler Worteintrag vorhanden ist.

Basierend auf den theoretischen Überlegungen kann angenommen werden, dass die PS über die Ausbildung suprasegmentaler Worteinträge und prosodischer Vorannahmen die Geschwindigkeit und Effizienz des Wortabrufs im Leseprozess direkt beeinflusst.

### **7.1.2 Die indirekte Route über die phonologische Bewusstheit**

Einige Studien zeigen ausschließlich einen indirekten Effekt der PS über die PA auf das Lesen (z. B. Schmidt et al., 2016), der über folgende Kausalkette erklärt werden könnte (siehe auch Oberfell et al., 2022): Die Wahrnehmung betonter Silben ist Teil der PS. Da die Wahrnehmung einzelner Phoneme in betonten Silben einfacher ist als in unbetonten Silben (Chiat, 1983; Wood et al., 2009), kann davon ausgegangen werden, dass Personen mit einer guten PS auch eine gute Phonembewusstheit entwickeln (Holliman et al., 2012). Die PA als Grundlage für die Entwicklung einer erfolgreichen Graphem-Phonem-Korrespondenz und somit der nicht-lexikalischen Leseroute erleichtert die Leseentwicklung zu Beginn des Leseerwerbs (Ennemoser et al., 2012), auch wenn sie im deutschsprachigen Raum aufgrund der konsistenten Graphem-Phonem-Korrespondenz eine kleinere Rolle einnimmt als im angloamerikanischen Raum (Landerl et al., 2019). Zudem kann angenommen werden, dass die durch gute PA gewonnenen segmentalen Informationen (z. B. zu Phonemen, Silben, Onset-Rime-Grenzen) auch zur Ausbildung stabiler Wortrepräsentation im mentalen Lexikon beitragen (Elhassan et al., 2017) und damit zu einem erfolgreichen Wortabruf über die lexikalische Route.

## **7.2 Die Rolle der basal-auditiven Verarbeitung**

In der Theorie des anfangs vorgestellten Wirkmodells ist die BAP der PS sowie der PA vorgeschaltet (Kapitel 7, Abbildung 2). Diese Annahmen beruhen auf Studienergebnissen, die hauptsächlich von der Arbeitsgruppe um Usha Goswami aus dem englischsprachigen Raum berichtet wurden (Tabelle 4), sowie theoretischen Überlegungen, die in den nächsten Abschnitten erläutert werden. Die Studien in Tabelle 4 zeigen, dass insbesondere für die Diskriminierung der ART ein alleiniger Einfluss auf die PS berichtet werden konnte, für die Diskriminierung von Tonhöhen, -lautstärken, und -längen (in der Tabelle als *Dauer* bezeichnet) sind die Ergebnisse weniger eindeutig. Auch hinsichtlich eines alleinigen Einflusses auf die PA scheint die ART-Diskriminierung gefolgt von der Diskriminierung von Tonlängen und -höhen

zur Varianzaufklärung beitragen zu können, während die Diskriminierung von Tonlautstärken wenig bis keinen alleinigen Einfluss auf die PA ausübt. Bei der Betrachtung der in der Tabelle berichteten Studien muss beachtet werden, dass sich diese hinsichtlich ihrer PS- und PA-Erhebungsinstrumente, der kontrollierten Variablen sowie der Stichprobengröße und -merkmale unterscheiden, sodass die Tabelle lediglich eine verallgemeinernde Übersicht über den alleinigen Einfluss einzelner BAP-Fähigkeiten auf die PS bzw. PA darstellt.

**Tabelle 4**

*Übersicht über Studien, die den alleinigen Einfluss unterschiedlicher basal-auditiver Fähigkeiten auf die prosodische Sensitivität (PS) und/oder die phonologische Bewusstheit (PA) untersuchten*

STUDIE	BAP-FÄHIGKEIT	ALLEINIGE VARIANZ-AUFKLÄRUNG IN DER PS <sup>a</sup>	ALLEINIGE VARIANZ-AUFKLÄRUNG IN DER PA <sup>a</sup>
Goswami et al. (2010)	ART (drei Tests)	12%, <i>ns</i> , 14%	<i>ns</i> , 8% <sup>b</sup> , 19%
	Tonhöhe	10% <sup>b</sup>	10%
	Lautstärke	18%	<i>ns</i>
	Dauer	<i>ns</i>	15%
Goswami, Mead, et al. (2013)	ART	9%	6%
	Tonhöhe	11%	8%
	Lautstärke	<i>ns</i>	<i>ns</i>
	Dauer	15%	7%
Richards & Goswami (2015)	ART	37%	
	Tonhöhe	<i>ns</i>	
	Lautstärke	<i>ns</i>	
	Dauer	<i>ns</i>	
Corriveau et al. (2007)	ART (zwei Tests)		<i>ns</i> , 30%
	Lautstärke		<i>ns</i>
	Dauer (zwei Tests)		22%, 31%
Corriveau et al. (2010)	ART		6–16%
	Tonhöhe		7%
	Lautstärke		3%
Vanvooren et al. (2017)	ART		8–10%
	Lautstärke		<i>ns</i>
Steinbrink et al. (2019)	Tonhöhe		9%
Goswami et al. (2021)	ART (drei Tests)		6%, 6%, 7%
	Lautstärke		5%
	Dauer		3%

*Anmerkung.* BAP = Basal-auditive Verarbeitung; ART = Amplitudenanstiegszeit. *ns* = statistisch nicht signifikant.

<sup>a</sup> Angaben auf Basis von  $\Delta R^2$ . <sup>b</sup>  $p = .05$ .

**Basal-auditive Fähigkeiten und prosodische Sensitivität<sup>12</sup>**

Die Wahrnehmung der Betonung in der gesprochenen Sprache stellt eine Kernkomponente der PS und eine Voraussetzung für die Identifikation des Sprachrhythmus dar (Holliman, Williams, et al., 2014). Da betonte Silben meist höher, lauter und länger artikuliert werden als unbetonte Silben (Wade-Woolley & Heggie, 2016), kommt den basal-auditiven Fähigkeiten, die auf den akustischen Einflussfaktoren Frequenz, Intensität und Dauer basieren, eine grundlegende Bedeutung für die Wahrnehmung von Betonung zu. Dazu zählen z. B. die Diskriminierung unterschiedlicher Tonhöhen und die Diskriminierung unterschiedlicher Tonlautstärken. Aber auch die ART scheint eine wichtige Rolle hinsichtlich Betonungs- und Rhythmuswahrnehmung zu spielen (Richards & Goswami, 2015). Das sogenannte *perceptual centre* (*P-centre*) beschreibt den Moment, indem das Auftreten eines akustischen Stimulus, z. B. einer Silbe, im zeitlichen Verlauf subjektiv wahrgenommen wird (Scott, 1998). Dieser Moment ist ungefähr zu Beginn des Silbennukleus, d. h. parallel zum Auftreten des Vokals, lokalisiert (Morton et al., 1976; Scott, 1998). Die *P-Centres*, sozusagen “the beats of a sound” (Scott, 1998, S. 10), stehen in enger Verbindung zur Betonungs- und Rhythmuswahrnehmung (Scott, 1998). Da das *P-centre* eines Vokals von dessen ART bestimmt wird (Scott, 1998), wird angenommen, dass diese einen Einfluss auf die Betonungs- und Rhythmuswahrnehmung in der gesprochenen Sprache hat (Goswami et al., 2010; Richards & Goswami, 2015). Goswami (2015) beschreibt zudem, dass aufgrund schwacher ART-Wahrnehmung Amplitudenmodulationen schlechter wahrgenommen werden, was sich auf die Identifizierung von betonten Silben, aber auch allgemein auf die Identifizierung segmentaler Einheiten (Silben, Onset-Rime-Grenzen, Phoneme) im Sprachstrom auswirkt. Die ART scheint somit ein wichtiger Prädiktor für den Ausbau des mentalen Lexikons hinsichtlich suprasegmentaler, aber auch segmentaler Informationen zu sein.

**Basal-auditive Fähigkeiten und phonologische Bewusstheit<sup>12</sup>**

Da der Silbennukleus mit dem Punkt der höchsten Lautstärke innerhalb der Silbe zusammenfällt (Wood et al., 2009), kann eine gute Lautstärke- und ART-Wahrnehmung für eine erfolgreiche Identifizierung der Onset-Rime-Grenze im Wort sorgen (Goswami, 2003). Eine Abspeicherung dieser segmentalen Information im mentalen Lexikon wiederum könnte den Wortabruf phonologisch bzw. orthographisch ähnlicher Wörter beschleunigen (Wood et al., 2009). Eine gute Wahrnehmung der ART kann zudem die Phonembewusstheit in Silbenonsets erleichtern, da die Konsonanten unterschiedlich schnelle ART aufweisen

---

<sup>12</sup> siehe auch Obergfell et al. (2022)

(Goswami et al., 2002, 2010). Aber auch die Wahrnehmung von Tonhöhenunterschieden zeigt einen Einfluss auf die PA (Steinbrink et al., 2019): Bei der Diskriminierung von Phonemen (PA auf Phonemebene) müssen unterschiedliche Tonhöhen (Frequenzen) wahrgenommen werden (Loui et al., 2011) und für die Verarbeitung größerer phonologischer Einheiten (PA auf Silben- oder Reimebene) ist die Segmentierung des Sprachstroms notwendig, welche z. B. durch die Wahrnehmung unterschiedlicher Tonhöhen ermöglicht wird (Ziegler et al., 2012), aber auch grundsätzlich durch die Wahrnehmung von Betonungen im Sprachstrom (Cutler & Norris, 1988).

Bei einer Überprüfung eines möglichen Einflusses der BAP auf die PS und/oder die PA sollte auch die Möglichkeit eines direkten Einflusses der BAP auf das Lesen mitberücksichtigt werden (siehe Forschungsfrage 2 der Studie 2 im folgenden Kapitel). In einer systematischen Übersichtsarbeit von Hämäläinen et al. (2012) konnte gezeigt werden, dass schwächere Leistungen in der BAP von Tonhöhen, Tonlängen und ART sprachübergreifend meist bei Kindern und Erwachsenen mit einer LRS bzw. schwachen Lese-Rechtschreibleistungen auftreten.

## 8 Studie 2: Forschungsfragen und Untersuchungsaufbau

Studie 2 verfolgt das Ziel, zwei Forschungsansätze, die Untersuchung der PS-Lesen-Beziehung (Kapitel 7.1) sowie den Einfluss der BAP (Kapitel 7.2) in einem möglichen Wirkmodell zu vereinen und zu untersuchen (Kapitel 7, Abbildung 2).

Die Frage nach der genauen Wirkbeziehung zwischen PS und Lesen ist für den deutschsprachigen Raum aufgrund der limitierten Datenlage noch weniger geklärt als im englischsprachigen Raum. Denkbar ist sowohl ein direkter (Holliman, Gutiérrez-Palma, et al., 2017; Obergfell et al., 2021) als auch ein indirekter Effekt über die PA (Critten et al., 2021; Schmidt et al., 2016). Angenommen wird ein Zwei-Wege-Modell mit einer direkten Route von der PS zum Lesen und einer indirekten Route via PA. Für Studie 2 ergibt sich folgende erste Forschungsfrage:

*1. Zeigt die PS einen direkten Effekt auf das Lesen und/oder einen indirekten Effekt über die PA auf das Lesen?*

Die Forschung aus dem englischsprachigen Raum zeigt einen Einfluss der BAP auf die beiden Leseprädiktoren, PS (Goswami et al., 2010) und PA (Goswami et al., 2021). Hämäläinen et al. (2012) berichteten zudem einen Zusammenhang zwischen BAP und Lesen. Folglich wird sowohl von einem direkten Effekt der BAP auf die PS als auch auf die PA ausgegangen. Aufgrund des zu erwartenden direkten Einflusses der PS und der PA auf das Lesen (siehe Forschungsfrage 1) wird ein indirekter Effekt der BAP auf das Lesen über a) die PS, b) die PA sowie c) die PS und die PA angenommen. Des Weiteren wird ein möglicher direkter Effekt der BAP auf das Lesen geprüft. Die zweite Forschungsfrage lautet:

*2. Zeigen BAP-Fähigkeiten einen Effekt auf die PS, die PA und das Lesen?*

Schmidt et al. (2016) sowie Obergfell et al. (2021) untersuchten erwachsene deutschsprachige Teilnehmer\*innen in einem Gruppenvergleichs-Design (schwache vs. durchschnittliche Leser\*innen bzw. Musiker\*innen vs. Nicht-Musiker\*innen). In Studie 2 wurden ebenso deutschsprachige Erwachsene ( $N = 138^{13}$ ; mittleres Alter = 26,0 Jahre; 44 Männer) untersucht. Die Studie wurde als Korrelationsstudie ohne spezielle Extremgruppenauswahl angelegt. Die Untersuchung einer leseerfahrenen Stichprobe mit abgeschlossener Leseentwicklung ermöglicht den Ausschluss von entwicklungsbedingten

---

<sup>13</sup> Aufgrund der Corona-Pandemie musste die geplante Erhebung von insgesamt  $N = 200$  Teilnehmer\*innen im März 2020 vorzeitig abgebrochen werden.



Einflüssen auf das Wirkmodell während des Lesererwerbs und somit den Gewinn von Informationen über die Relevanz der PS im Erwachsenenalter bei vollentwickelter Lesefertigkeit. Bereits Wood et al. (2009) thematisierten diese Notwendigkeit, da sich im englischsprachigen Raum die Erwachsenenforschung in diesem Forschungsgebiet fast ausschließlich auf Menschen mit einer LRS bezieht (z. B. Kitzen, 2001; Thomson et al., 2006). Sollten die untersuchten Fähigkeiten auch bei Menschen mit vollentwickelten Lesefertigkeiten einen Effekt zeigen, würde dies die Relevanz einer Förderung dieser Fähigkeiten bereits im Kindesalter untermauern und einen Beitrag zur Forschungsgrundlage für die Entwicklung neuer Interventionsprogramme leisten.

Wie schon in Studie 1 und aufgrund der dort erläuterten Argumente wurde die PS über die Komponente *Betonung* auf Satzebene anhand zweier Aufgaben erhoben. Da in der dritten Aufgabe (*Piano task*) in Studie 1 (Oberfell et al., 2021) Deckeneffekte auftraten, wurde diese in Studie 2 nicht mehr eingesetzt. Für die Erfassung der PA wurde eine englischsprachige *Spoonerisms*-Aufgabe in das Deutsche adaptiert, welche die Reaktionszeit mitberücksichtigt (siehe Anhang B, Tabelle B.1). Dies ist für transparente Orthographien zu empfehlen (Gutiérrez-Palma et al., 2009). Das Lesen wurde wie in Studie 1 anhand der Leseflüssigkeit von Wörtern und PW erhoben. Zusätzlich wurde ein selbstentwickelter Leseflüssigkeitsuntertest mit längeren und niedrigfrequenten Realwörtern eingesetzt. Diese Erweiterung beruht auf der Annahme, dass sich die PS insbesondere auf das Lesen mehrsilbiger Wörter auswirken könnte (Holliman, Mundy, et al., 2017). Der Wortabruf aus dem mentalen Lexikon könnte bei dem neuen Wortmaterial auch für geübte Leser\*innen herausfordernder sein und die Varianz im Lesen könnte möglicherweise deutlicher durch PS-Fähigkeiten bedingt sein. BAP wurde anhand dreier Untertests zur Diskriminierung von Tonhöhen-, Lautstärke- und ART-Unterschieden erhoben. Studie 2 wird im folgenden Kapitel dargestellt.

## 9 The Relationship Between Basic Auditory Processing, Prosodic Sensitivity and Reading in German Adults

**Source:** Obergfell, A. L., Schabmann, A., & Schmidt, B. M. (2022). The relationship between basic auditory processing, prosodic sensitivity and reading in German adults. *Journal of Research in Reading*, 45(1), 119–136. <https://doi.org/10.1111/1467-9817.12387>

**Disclosures and Acknowledgements:** The data for this study are available upon request from the corresponding author. We have no conflicts of interest to disclose.

The participants' allowances were funded by a grant from the Department of Special Education and Rehabilitation, University of Cologne. The participants' material incentives were funded by the company PAJ GPS, Windeck, Germany. The authors are grateful to the study participants and also thank Gunnar Bruns for his support in reading out the digital data, and Doris Vahlhaus-Aretz and Kira Nimz for their help in data collection.

**Publication Link:** <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1467-9817.12387>

**Licence:** <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

**Changes:** References named in this article were adjusted and inserted in the reference list at the end of the doctoral thesis. Formatting was adjusted.

### **Abstract**

Prosodic sensitivity (PS) and phonological awareness (PA) are reading-related predictors in children, which themselves might be affected by basic auditory processing (BAP). This study proposes a new model that considers possible relations between all three variables and reading. Skilled adult reading is examined to exclude possible developmental influences and obtain more information about mature reading. One hundred thirty-eight German-speaking adults (mean age: 26 years) completed three measures of BAP (frequency, intensity and amplitude rise time discrimination), two sentence-based PS tasks, a PA task, and three word and nonword reading tasks. Structural equation modelling revealed a significant direct effect of PS on reading, a significant direct effect of BAP on PS and an indirect effect of BAP on reading via PS. The results strengthen the relevance of BAP skills and PS for reading in adults.

*Keywords:* adults, basic auditory processing, phonological awareness, prosodic sensitivity, reading

### **Highlights**

#### *What is already known about this topic*

- PA is less important for predicting reading in more experienced readers and in transparent orthographies.
- PS contributes directly and/or indirectly to reading in children. Little is known how PS contributes to reading in skilled adult readers.
- BAP skills are associated with PS, PA and reading.

#### *What this paper adds*

- A new model including the relations between BAP, PS, PA and reading in skilled adult readers is proposed.
- Sentence-based stress sensitivity contributes directly to word-level reading in skilled adult readers.
- BAP skills contribute directly to PS and indirectly via PS to reading.

#### *Implications for theory, policy or practice*

- PS should be considered as an important factor in adult reading.
- PS is influenced by BAP.
- PA no longer has informative value for skilled reading.

## **The Relationship Between Basic Auditory Processing, Prosodic Sensitivity and Reading in German Adults**

Previous research concerning PS has focused on its role as a predictor of reading attainment. This influence might be direct (Holliman, Gutiérrez-Palma, et al., 2017) and/or indirect via PA (Critten et al., 2021). Other studies have focused on BAP skills, which might be predictors of PS (Goswami et al., 2010), PA (Goswami et al., 2021) and/or reading (Hämäläinen et al., 2012). The current study aims to bring together these two approaches by proposing a model that considers the relations between BAP, PS, PA, and reading.

Most research in this field has been conducted with children. Studies examining English-speaking adults report poorer BAP skills (amplitude rise time, intensity and duration discrimination), poorer PA (Thomson et al., 2006) and poorer PS (Kitzen, 2001, as cited in Wood et al., 2009) in adults with dyslexia than in adults without. These results suggest that the aforementioned variables are likely to still be relevant for adults' reading performance. However, as Wood et al. (2009) state, studies that examine PS and reading (exclusively) in skilled adult readers are needed to clarify the relevance of PS for literacy in adulthood. The current study aims to integrate PS into the relationship between BAP, PA and reading in skilled adult readers; particularly, whether a possible PS-reading effect arises directly or indirectly via PA. Furthermore, we investigate whether BAP skills influence these reading-related predictors (PS, PA) and/or reading itself in adult readers. If BAP, PS and/or PA continue to exhibit an effect on reading, the results would further emphasise the importance of these skills even at a stage in which reading skills are already mature. This would have implications for beginning to train these skills already in infancy.

### **The Effect of Prosodic Sensitivity on Reading**

#### ***Empirical Evidence***

PS describes the sensitivity to suprasegmental phonological processes such as stress, rhythm, timing and intonation in speech. Numerous studies with different orthographies and age groups have demonstrated that PS makes a unique contribution to word-level reading after controlling for PA and/or several reading-related precursors (English: Chan et al., 2020; Holliman, Gutiérrez-Palma, et al., 2017; Holliman, Mundy, et al., 2017; Lin et al., 2018; Wade-Woolley, 2016; Spanish: Calet et al., 2015; Gutiérrez-Palma, Defior, et al., 2016; English adults: Chan & Wade-Woolley, 2018; German adults: Obergfell et al., 2021). However, some studies did not find a unique effect of PS on word-level reading when controlling for PA (Wade-

Woolley, 2016, for nonword reading) and morphological awareness (Deacon et al., 2018, for word reading) in English-speaking children. Several studies report PA as a mediator between PS and (non)word reading (English: Goodman et al., 2010; Kim & Petscher, 2016; German adults: Schmidt et al., 2016). Holliman, Critten, et al. (2014) and Critten et al. (2021) also report an indirect effect of PS on word reading via interrelationships with vocabulary, morphological awareness and rime and phoneme awareness in English-speaking first to second graders as well as prereaders.

These inconsistent results might be due to different measures of PS (components) as well as different reading measures and differing control variables, age groups and orthographies. To exclude possible developmental influences on the PS–reading relationship and focus on mature reading, we examined a sample of adult readers without dyslexia. There are two explanations for the PS–reading relationship:

#### ***Direct Route: Prosodic Sensitivity – Reading***

One explanation for a direct effect of PS on reading comes from Sauter et al. (2012): A high sensitivity to prosodic information (basic auditory information and stress) might lead to a robust, steady connection between syllable and stress information and the orthographic representation of the word in the mental lexicon. This might in turn result in faster and more efficient retrieval because prosodic (stress) information serves as an additional cue for decoding and because stored syllables are also activated in the case of nonwords. Thus, reading fluency for nonwords might also be enhanced due to the phonological similarity to stored real words and their stored stress patterns. There is no right or wrong stress pattern for nonwords; however, being able to ‘borrow’ the stress pattern from a real word might lead to faster decoding of the nonword. Thus, superior stress sensitivity leading to enhanced lexical stress storage might facilitate syllable/word retrieval and ultimately reading fluency.

#### ***Indirect Route: Prosodic Sensitivity – Phonological Awareness – Reading***

PS might also have an indirect effect on reading, mediated via PA. As phonemes in stressed syllables are easier to perceive than in unstressed syllables with vowels of reduced quality, a high sensitivity to stressed syllables might enhance phoneme awareness (Chiat, 1983; Wood et al., 2009). This might lead to stronger word representations in the mental lexicon carrying both segmental and suprasegmental information. PA, in turn, facilitates reading development (Ennemoser et al., 2012). Thus, persons with high stress sensitivity might also exhibit a high phoneme awareness and strong word representations, leading to faster word

retrieval. However, as German is an orthography with quite transparent grapheme-phoneme mapping, PA might be of minor importance (Landerl et al., 2019).

### **The Contribution of Basic Auditory Processing**

#### ***Basic Auditory Processing – Prosodic Sensitivity***

BAP skills like the ability to discriminate frequency, intensity and amplitude rise time (i.e., the duration of amplitude modulation with a rising tone until its maximum; ART) might be precursors of PS. Goswami et al. (2010) examined the contribution of different auditory processing skills like ART, frequency, intensity and duration discrimination in English-speaking children. Two of the three ART tasks explained 12% and 14%, respectively, of the unique variance in PS after controlling for age and intelligence. Moreover, intensity discrimination accounted for 18% of the unique variance in PS. However, frequency ( $p = .054$ ) and duration tasks were not significant predictors for PS. Nevertheless, Goswami, Mead, et al. (2013) showed that earlier frequency, duration and ART sensitivity in English-speaking children (9-year-old dyslexics, age-matched controls and 7-year-old reading-level-matched controls) explained 14–21% of the unique variance in syllable stress perception 4 years later. The results remained significant when controlling for earlier PS and PA. See also Richards and Goswami (2015) for a significant unique effect of ART discrimination on lexical stress perception.

Stress perception (as a component of PS) is based on multiple acoustic factors, such as ART, frequency, duration and intensity (Richards & Goswami, 2015). In a stress-based PS task (as in the current study), participants have to perceive stressed and unstressed syllables in order to identify the rhythm of an orally played (non)word sentence. As ‘stressed syllables tend to be longer, louder and pitched higher than [...] unstressed syllables’ (Wade-Woolley & Heggie, 2016, p. 6), it seems self-evident that BAP skills such as frequency and intensity perception are necessary to identify stress. Furthermore, Scott (1998) reports perceptual centres (p-centres), that is, the moments ‘when subjects hear a sound to happen’ (p. 5), which are associated with rhythm and stress perception. The p-centre of a vowel is determined by its ART (Scott, 1998). Therefore, rhythm and stress perception in speech might be affected by the perception of ART (Goswami et al., 2010; Richards & Goswami, 2015). In the context of temporal-sampling theory, Goswami (2015) states that difficulties perceiving amplitude modulations (due to poor ART skills) may influence the extraction of stressed syllables as well as syllables, onset-rime boundaries and phonemes in speech. Thus, ART discrimination could be considered a predictor

for both PS and PA, as it affects the storage and linking of segmental and suprasegmental phonological information with syllable/word representations in the mental lexicon.

### ***Basic Auditory Processing – Phonological Awareness***

As mentioned earlier, BAP skills may be important not only for PS, but also for PA. As the position of a vowel within a word coincides with the amplitude peak in spoken language (Scott, 1998), sensitivity to intensity and ART can help one identify the onset-rime boundary in a word (Goswami, 2003) and store it in the mental lexicon. Phonological similarities to a stored word can be identified quickly, enhancing word retrieval. Furthermore, syllables differ in their consonant onsets, which exhibit slower or faster rise times. Therefore, ART discrimination is likely to facilitate phoneme awareness in syllable onsets (Goswami et al., 2002, 2010).

Several studies report BAP skills as predictors for PA. ART, frequency and duration discrimination accounted for 10–19% of unique variance in rime awareness after controlling for age and IQ in English-speaking children (Goswami et al., 2010). Moreover, Goswami, Mead, et al. (2013) showed that early frequency, duration and ART sensitivity in English-speaking children (9-year-old dyslexics, age-matched controls and 7-year-old reading-level-matched controls) explained 6–9% of unique variance in phoneme awareness 4 years later. The results remained significant when controlling for early PS and rime sensitivity. Goswami et al. (2021) examined the predictive relation between different BAP skills in 8-year-old English-speaking children and PA skills 3 years later. ART, intensity and rhythm discrimination were significant longitudinal predictors of later rime and phoneme awareness when controlling for age, IQ and earlier PA. In a study with German-speaking children, frequency discrimination significantly predicted PA in preschoolers and third-graders above and beyond rhythm reproduction (Steinbrink et al., 2019). The authors explained that different frequencies must be perceived for both tone and phoneme discrimination (Loui et al., 2011) and that pitch modulation divides the speech stream, which is important for processing larger phonological units (Ziegler et al., 2012).

### ***Basic Auditory Processing – Reading***

BAP skills are also associated with reading skills. Huss et al. (2011) uncovered low ART, frequency and intensity discrimination in English-speaking dyslexic children. Hämäläinen et al. (2012) reviewed 61 studies on auditory processing among dyslexics (or poor readers/spellers). The results indicated that children and adults with dyslexia exhibited lower



performance in frequency discrimination (also see Gokula et al., 2019), ART and duration, as well as in detecting amplitude and frequency modulation than normal readers across languages. One possible explanation for a BAP–reading relation might be that processing basic auditory information in speech contributes to the development of a suprasegmentally equipped mental lexicon (possibly via stress perception), facilitating word retrieval and thus enhancing reading fluency.

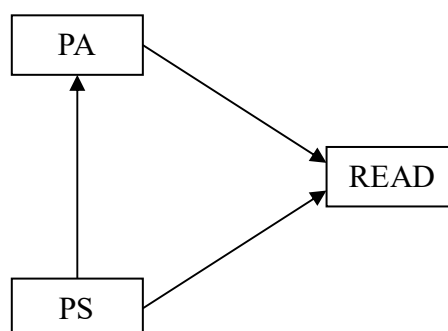
### Research Questions

The aim of this study is to examine the possible PS–reading relationship in skilled adult readers when simultaneously considering the role of BAP. Two research questions are identified:

1. Does sentence-level PS exhibit a direct effect on reading and/or an indirect effect via PA in German-speaking adults? As previous studies report a unique effect of PS on reading after controlling for PA (Holliman, Gutiérrez-Palma, et al., 2017), we expect a direct effect of PS on reading. However, previous studies also report PS as a predictor for PA that contributes to reading only via PA (Schmidt et al., 2016). Hence, we expect two co-occurring routes from PS to reading, one directly and one indirectly through PA (Figure 1).

#### Figure 1

*Direct and Indirect Effects of Prosodic Sensitivity (PS) on Reading (READ)*



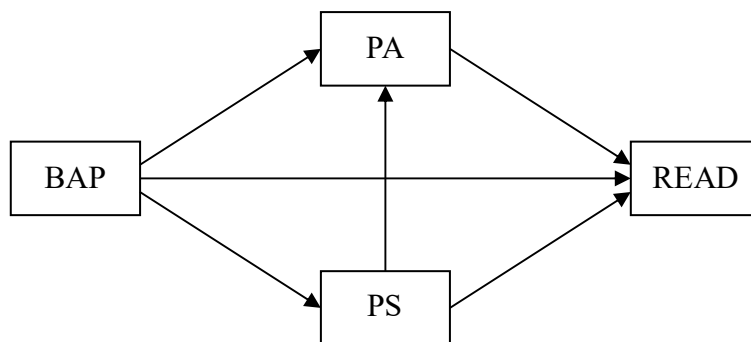
*Note.* PA = phonological awareness.

2. Do BAP skills exhibit an effect on PS, PA and reading in German-speaking adults? As previous literature reports that good BAP skills might be important prerequisites for good PS skills (Goswami, Mead, et al., 2013) and also essential for the development of PA (Goswami et al., 2021), we expect direct effects of BAP on PS

and PA. Because PS and PA might influence reading performance directly (see research question 1), we expect an indirect effect of BAP on reading via PS, via PA and via PS-PA. However, as BAP skills are related to reading performance (Hämäläinen et al., 2012), we also investigate a possible direct effect of BAP on reading (Figure 2).

**Figure 2**

*Direct and Indirect Effects of Basic Auditory Processing (BAP) on Reading (READ)*



*Note.* PA = phonological awareness; PS = prosodic sensitivity.

## Method

### Participants

The sample comprised 138 native German-speaking participants (31.9% men) between 17 and 36 years of age ( $M = 26.01$ ,  $SD = 3.63$ ). All participants had no known diagnosis of attention deficit (hyperactivity) disorder, hearing impairment or dyslexia. Table 1 presents the sample characteristics with respect to highest educational level attained. All participants completed a short hearing screening (HTTS audiometry program; SAX GmbH, 2001) with sine waves from 250 to 10,000 Hz. All subjects had ‘normal hearing’, sensitive to sounds within a 20 dB level. Although no participants had been diagnosed with dyslexia, 10 persons exhibited poor reading skills according to the norms of the Salzburger Lese- und Rechtschreibtest II (Salzburg Reading and Spelling Test II, SLRT-II; Moll & Landerl, 2014). Structural equation modelling was replicated without these participants. Each participant received a monetary allowance for their participation.

**Table 1**

*Highest Educational Level (N = 138)*

	<i>n</i>	%
PhD	3	2.2
Master's degree/state examination	33	23.9
Bachelor's degree	51	37.0
Vocational training	8	5.8
General qualification for university entrance/advanced technical college entrance qualification	38	27.5
General certificate of secondary education	5	3.6

## Measures

All tests were administered in a quiet room at the University of Cologne between August 2019 and March 2020. Each subject participated in an individual session after giving informed consent. We used noise-cancelling headphones for all tasks involving auditory stimuli and a laptop with touchscreen for all computer-based tasks.

### *Prosodic Sensitivity*

PS was measured on the sentence level with two tasks (Schmidt et al., 2016) based on the piano task by Sauter et al. (2012), but with linguistic stimuli instead of piano tones. Most German disyllabic nouns have primary stress (Beyermann, 2013), 59% of trisyllabic words are trochaic (Monaghan et al., 2016), and certain rules for prefixes and compound nouns determine stress patterns (Féry, 1996). Therefore, measuring PS on the word level would be too simple for a German adult sample. Furthermore, we assume that PS on the sentence level might involve a more complex process than simply analysing stress. On the sentence level, a lexically stressed syllable (or monosyllable word) can be pronounced as stressed or unstressed/less stressed when emphasising a certain aspect of a sentence, for example, *er ver-LIERT sei-nen SCHUH* (he – surprisingly – loses his shoe) in contrast to *ER ver-liert SEI-nen schuh* (He – not someone else – loses his – not someone else's – shoe). However, a lexically unstressed syllable (*ver-*, *-nen*) generally stays unstressed (cf. Obergfell et al., 2021). Thus, sentence-level PS might require robust but simultaneously flexible suprasegmental information.

**Nonword Sentence Task.** The participants heard an orally presented nonword sentence via headphones (e.g., *MA-la-ko TRA-me-lo*) up to three times. Three written real-word sentences (the target and two distractor sentences), all with the same number of syllables as the

orally presented stimulus, were introduced. Participants were asked to identify which written sentence carries the same stress pattern as the orally presented nonword sentence. In the example earlier, it is *FAH-ren wir ACH-ter-bahn* (Let us ride a roller coaster). The distractor sentences had at least one unstressed syllable that should have been a stressed syllable to match the target stress pattern: ‘*ver*’ in *Ver-giss nicht den Kof-fer* (Do not forget the suitcase) and ‘*ge*’ in *Wir ha-ben ge-ba-cken* (We baked). Following two practice items, 12 test items were presented. Cronbach’s alpha for the scale was .72.

**Sentence Task.** This task was the same as the nonword sentence task, but participants heard an orally presented real-word sentence (e.g., *Ich REN-ne und HÜP-fe*, I run and jump) up to three times. Cronbach’s alpha for the scale was .70. Both PS tasks loaded on one factor that explained 79% of variance, resulting in Cronbach’s alpha = .81 for the total scale.

### *Phonological Awareness*

PA was measured with a German adaption of the *Spoonerisms* subtest of the York Adult Assessment Battery-Revised (YAA-R; Warmington et al., 2012). Participants heard two orally presented practice items and nine test items, each consisting of the first and last name of a famous person (e.g., *Marlene Dietrich*). Items were presented randomly via headphones using the program OpenSesame (Mathôt et al., 2012). Participants were asked to repeat the first and last name as quickly as possible, but with the first phonemes switched, that is, */M/arlene /D/ietrich* becomes */D/arlene /M/ietrich*. Three test items had to be excluded from the scale after item analysis, probably due to the presence of consonant clusters. In transparent orthographies such as German, measuring PA via accuracy (especially in adults) might result in ceiling effects. Gutiérrez-Palma et al. (2009) suggested that measuring PA via reaction time might be more appropriate for transparent orthographies. Therefore, we report both standard PA accuracy (Cronbach’s alpha = .60) and a composite factor score for response time per correct response.

### *Reading*

Reading was measured with three reading tasks: the reading section (words and nonwords) of the Salzburger Lese- und Rechtschreibtest II (Salzburg Reading and Spelling Test II, SLRT-II) by Moll and Landerl (2014; retest-reliability between .90 and .98) and a new word reading task (*long word reading task*) following the principles of the SLRT-II, but consisting of longer and lower-frequency words. The mean number of letters and syllables increases from

the first column (9.82 letters; 3.18 syllables) to the last column (14.65 letters; 6.06 syllables), the mean orthographical word frequency decreases from 13.38 to .98 per one million words (Heister et al., 2011). It was added because PS might particularly have an influence on challenging multisyllabic word reading (Holliman, Mundy, et al., 2017). In each task, participants had one minute to read aloud as many items with as few errors as possible from a list of words or nonwords, respectively. The number of correctly read items within one minute was calculated. All three tasks loaded on one factor, which explained 88% of variance.

### ***Basic Auditory Processing***

Frequency, intensity and ART discrimination were measured with the Dinosaur computer program developed by Dorothy Bishop (Sutcliffe & Bishop, 2005). All stimuli were presented in a two-alternative forced choice method:

**Frequency Discrimination.** Two sequences of five tones were presented. Each tone had a duration of 25 ms, with a 10-ms rise time and a 10-ms fall time, and was presented with an inter-tone interval of 100 ms at 75 db SPL (sound pressure level). The standard stimulus consisted of five 600 Hz pure standard tones (AAAAA). The target stimulus consisted of three standard tones and two tones with a higher fundamental frequency (ABABA). The target stimuli were adaptively drawn from a set of 39 tone sequences, in which the frequencies of the second and fourth tones (B) ranged from 701.4 Hz (= easiest level) to 602.6 Hz (= hardest level) in 2.6 Hz steps from the standard tone. Participants were shown two dinosaurs on the screen and to decide which of the dinosaurs made sounds with a different pitch.

**Intensity Discrimination.** This task was presented in the same way as the frequency discrimination task. Two sequences of five tones were presented. Each 500 Hz tone had a duration of 200 ms, with a 50-ms rise time and a 50-ms fall time, and was presented with an inter-tone interval of 100 ms. The standard stimulus consisted of five standard tones at constant 80 dB SPL (AAAAA). The target stimuli comprised three standard tones and two tones with decreased intensity (ABABA). The target stimuli were adaptively drawn from a set of 39 tone sequences, with the intensity of the second and fourth tones (B) ranging from 33.7% of the amplitude of the standard tone (= easiest level) to 98.3% of the amplitude of the standard tone (= hardest level) in 1.7 percentage point steps. Participants had to choose the dinosaur whose sounds had a different intensity.

**Amplitude Rise Time Discrimination.** In this task, each trial consisted of two 500 Hz

tones. Each tone was presented with 80 db SPL (target intensity), with a duration of 800 ms and a 50-ms fall time. The standard tone had a consistent linear rise time of 15 ms, while the target tone was adaptively drawn from a set of 39 tones varying in rise time between 210 ms (= easiest level) and 20 ms (= hardest level) in 5 ms steps from the rise time of the standard tone. Participants were told to choose the dinosaur whose tone was softer at the beginning and took longer to become loud.

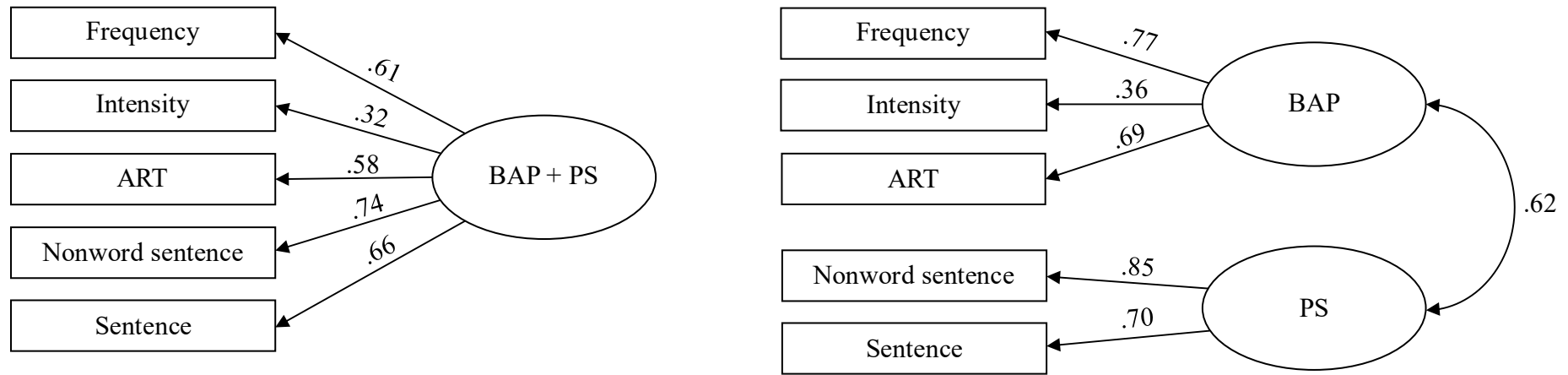
Standard and target stimuli were played in random order with a 500 ms interstimulus interval. Computer feedback was given for each response. A maximum of 40 trials took place in a paced testing version with an inter-trial interval of 1,000 ms. Stimuli were presented adaptively, starting with the easiest level, followed by the more virulent form of PEST (Parameter Estimation by Sequential Testing) by Findlay (1978), with a starting step size of 10 levels and a target accuracy of 75%. The reported scores represent the mean level presented just after the fourth step direction reversal. All three tasks loaded on one factor (with 57% explained variance).

### **Data Analysis**

Data analysis was undertaken using IBM SPSS Statistics (Version 27). We calculated sum scores for PS and reading and a mean level score for BAP, which were used for the correlation analyses. As BAP and PS skills are both prosodic facets that might account for a robust and steady mental lexicon, we conducted a confirmatory factor analysis, confirming two separate factors (Figure 3, Table 2). For the structural equation modelling, SPSS-AMOS was used to compute direct and indirect effects of the variables via maximum likelihood estimation. Standard errors and *p*-values of the reported indirect effects as well as all two-sided 95% bias-corrected confidence intervals were estimated via bootstrapping using 500 resamples. Due to missing data in one BAP subtest, two participants had to be excluded when adding BAP to the model, leaving *n* = 136 complete cases in the extended model. The following fit indices are reported: the absolute fit index of minimum discrepancy  $\chi^2$ , the standardised root mean square residual (SRMR), the root mean square error of approximation (RMSEA), and the incremental normed fit index (NFI) and comparative fit index (CFI). According to Hu and Bentler (1999), SRMR is considered as acceptable with a value <.08, RMSEA with a value <.06 (or reasonable with a value <.08 and preferred with a value <.05, according to Browne & Cudeck, 1993), and NFI and CFI are considered indicative of a relatively good fit with a value  $\geq$ .95 (Hu & Bentler, 1999).

**Figure 3**

*One- and Two-Factor Model*



*Note.* ART = amplitude rise time; BAP = basic auditory processing; PS = prosodic sensitivity.

75

**Table 2**

*Results of Confirmatory Factor Analysis*

Model	$\chi^2$	df	p	SRMR	RMSEA	NFI	CFI	AIC
One-factor model	25.98	5	.00	.07	.18	.83	.85	45.98
Two-factor model	2.80	4	.59	.02	.00	.98	.99	24.80

## Results

### Descriptive Statistics and Correlations

Descriptive statistics for all tasks are presented in Table 3. Due to ceiling effects in PA accuracy, we used the time to correct PA score for the following analyses (but see below for additional PA accuracy results). Correlations between PS measures (nonword sentence and sentence,  $r = .58, p < .001$ ) and reading measures (words, nonwords, long words,  $r = .80$  to  $.83$ , all  $p < .001$ ) were in the high range, and correlations among BAP measures (frequency, intensity, ART,  $r = .20$  to  $.53$ , all  $p < .05$ ) were in the low to moderately high range.

All variables exhibited significant correlations with each other except for PA and reading. Age was significantly correlated with reading and BAP, but not with PS and PA. The partial correlations controlling for age showed the same pattern of results (Table 4).

**Table 3**

*Descriptive Statistics (Raw Scores) for Prosodic Sensitivity (PS), Phonological Awareness (PA), Reading (READ), and Basic Auditory Processing (BAP)*

Variables		<i>M</i>	<i>SD</i>	Min	Max
PS	Nonword sentence	8.41	2.60	1	12
	Sentence	8.46	2.46	3	12
PA	Time per correct (ms)	1,133	1,389	277	14,727
	Accuracy	11.66	.82	5	12
READ	Words	128.02	14.36	84	156
	Nonwords	81.87	17.07	40	122
	Long words	77.79	11.03	47	108
BAP	Frequency	34.19	6.89	3.12	39.00
	Intensity	17.82	5.56	3.00	34.67
	Amplitude rise time	32.24	7.98	2.57	39.00



**Table 4**

*Correlations*

Variables	PS	PA	READ	BAP
PS	-	-.33**	.29**	.45**
PA	-.34**	-	-.14	-.25**
READ	.30**	-.15	-	.24**
BAP	.45**	-.26**	.21*	-

*Note.* Bivariate Pearson correlations are reported above the diagonal and partial correlations controlling for age are reported below the diagonal. PS = prosodic sensitivity; PA = phonological awareness; READ = reading; BAP = basic auditory processing.

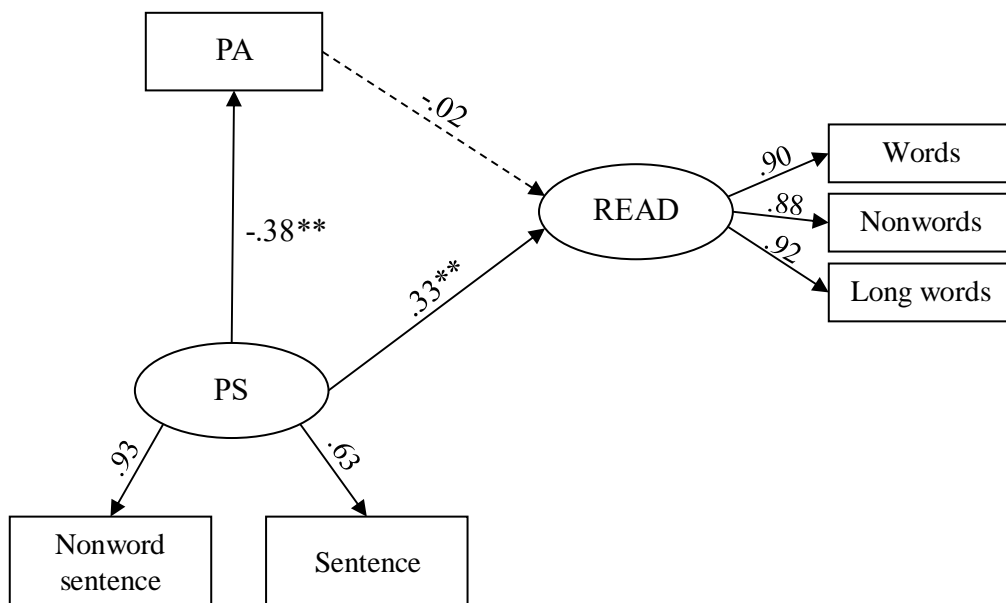
\*  $p < .05$ . \*\*  $p < .01$ .

**Prosodic Sensitivity, Phonological Awareness and Reading (Research Question 1)**

To address our first research question, we conducted a structural equation model to analyse indirect and direct effects of PS on reading (Figure 4). PS exhibited a significant direct effect on reading,  $B = 2.21$ ,  $SE = .70$ , 95% CI [.81, 3.88],  $p < .01$ , but no significant indirect effect via PA,  $B = .04$ ,  $SE = .65$ , [-.81, 1.43],  $p > .05$ .

**Figure 4**

*Structural Equation Model for Prosodic Sensitivity (PS), Phonological Awareness (PA), and Reading (READ)*



*Note.* Statistics are standardised regression coefficients. Fit indices:  $\chi^2 = 4.55$ ,  $df = 7$ ,  $p = .72$ , SRMR = .02, RMSEA = .00, NFI = .99, CFI = .99.

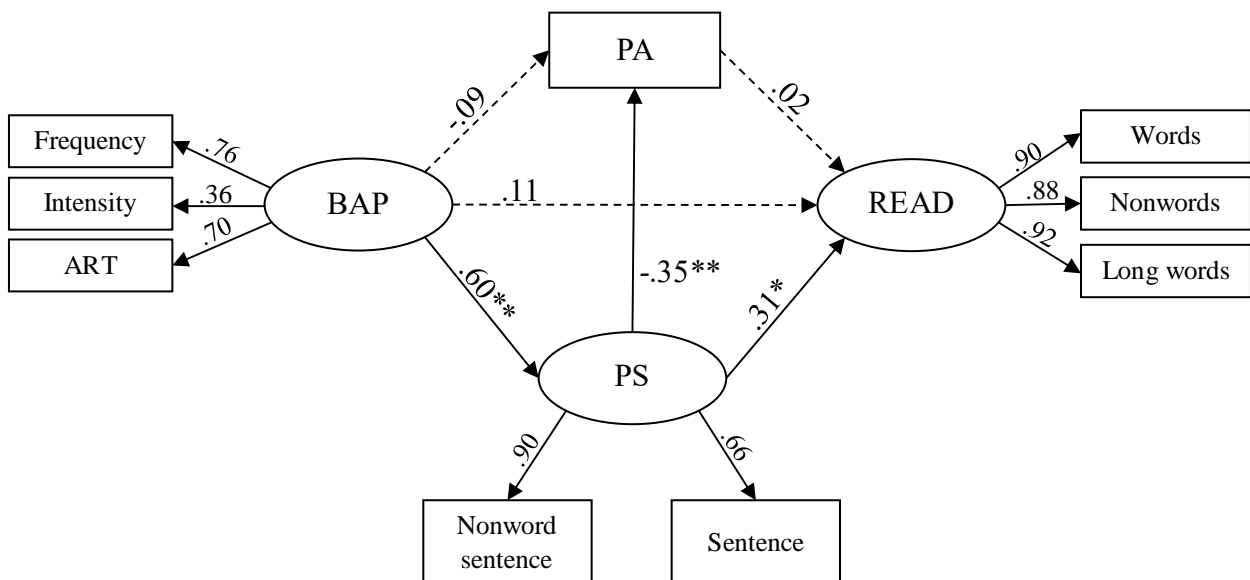
\*  $p < .05$ . \*\*  $p < .01$ .

### Adding Basic Auditory Processing (Research Question 2)

To answer research question 2, we expanded the model to include the BAP variable (Figure 5). The extended model yielded a significant direct effect of BAP on PS,  $B = .18$ ,  $SE = .04$ , 95% CI [.10, .35],  $p < .001$ , but not on PA,  $B = -22.38$ ,  $SE = 34.45$ , [-108.79, 132.48],  $p > .05$ , and not on reading,  $B = .21$ ,  $SE = .26$ , [-.40, 1.39],  $p > .05$ . However, a significant indirect effect of BAP on reading was found via the mediator PS,  $B = .34$ ,  $SE = .47$ , [.05, 1.02],  $p < .05$ , but not via PA,  $B = -.00$ ,  $SE = .25$ , [.00, .05],  $p > .05$ , or via both PS and PA,  $B = -.01$ ,  $SE = .23$ , [-.20, .21],  $p > .05$ .

**Figure 5**

*Extended Structural Equation Model Including Basic Auditory Processing (BAP)*



*Note.* The model shows standardised regression coefficients between BAP, prosodic sensitivity (PS), phonological awareness (PA), and reading (READ). ART = Amplitude rise time. Fit indices:  $\chi^2 = 21.89$ ,  $df = 22$ ,  $p = .47$ , SRMR = .04, RMSEA = .00, NFI = .96, CFI = .99. \*  $p < .05$ . \*\*  $p < .01$ .

Comparing this model with a nested model setting the three non-significant paths to zero, the nested model can be accepted as well (chi-square difference test:  $\chi^2 = .96$ ,  $df = 3$ ,  $p = .81$ ). The pattern of results stayed essentially the same (BAP-PS:  $\beta = .62$ ,  $p < .001$ ; PS-PA:  $\beta = -.41$ ,  $p < .001$ ; PS-reading:  $\beta = .38$ ,  $p < .001$ ).

When eliminating the 10 poor readers from the dataset, the model yielded essentially the same results (BAP-PS:  $\beta = .65$ ,  $p < .001$ ; BAP-PA:  $\beta = .15$ ,  $p > .05$ ; BAP-reading:  $\beta = -.03$ ,  $p > .05$ ; PS-PA:  $\beta = -.50$ ,  $p < .01$ ; PA-reading:  $\beta = .15$ ,  $p > .05$ ; PS-reading:  $\beta = .42$ ,  $p < .05$ ).

When including PA accuracy instead of time to correct PA score, the results stayed essentially the same: BAP-PS:  $\beta = .62, p < .001$ ; BAP-PA:  $\beta = -.06, p > .05$ ; BAP-reading:  $\beta = .09, p > .05$ ; PS-PA:  $\beta = .34, p < .05$ ; PA-reading:  $\beta = -.05, p > .05$ ; PS-reading:  $\beta = .33, p < .05$ . This was also the case when both PA accuracy and time to correct PA score were included in the model.

### Discussion

The aim of this study was to clarify the relations between two reading-related predictors (PS and PA) and reading among proficient German adult readers, while also including BAP as a possible predictor of these reading-related predictors.

Concerning research question 1, we found a significant direct effect of PS on reading but no significant indirect effect via PA in our adult sample. One explanation for this direct route might be as follows: Having extracted the stress pattern of the spoken (nonword) sentence (possibly with the help of BAP skills), participants had to decide which written sentence exhibits the same stress pattern. For this purpose, the lexical stress of each word in the written sentences has to be retrieved from the mental lexicon. A generally superior lexical stress sensitivity might enhance lexical stress storage and retrieval. A bundling of syllables/words with stress information in the mental lexicon among persons with a high sensitivity to stress in speech might lead to well-stored word representations, which might in turn speed up word retrieval and therefore enhance reading fluency (Sauter et al., 2012) even among proficient readers. Based on the results, we conclude that PS is still important for reading among German adult readers at least to some degree, because we only found a medium effect.

In contrast, PA does not seem to contribute to adult reading fluency (Schmidt et al., 2014). Participants with higher phoneme awareness did not automatically exhibit higher reading fluency. There might be a certain threshold for phoneme awareness in terms of a segmentally mature mental lexicon. Above this threshold (which we can assume to be reached in experienced adult readers), word representations in the mental lexicon might be fully developed in terms of segmental phonology and thus do not further contribute to reading fluency. Word/syllable representations among skilled adult readers might therefore be further trainable regarding suprasegmental but not segmental phonology.

Furthermore, PS exhibited a significant direct effect on PA. A high stress sensitivity might have enhanced phoneme awareness (probably already in childhood), because it facilitates the identification of phonemes in stressed syllables, at least (Chiat, 1983; Wood et al., 2009).

Despite exhibiting no further effect on reading, segmental information in adult mental lexica might differ in their efficiency on a high level (which might in turn depend on the available suprasegmental information, working memory capacity and/or processing speed). However, this is only speculative.

When adding BAP to the model, the relations between PS, PA and reading stayed the same. Concerning research question 2, we found a significant direct effect of BAP on PS. BAP was measured with three subtests for frequency, intensity and ART discrimination, which formed a single factor. All three components are acoustic features of stress (Richards & Goswami, 2015). Thus, identifying stress in speech and establishing a mental lexicon that includes prosodic cues might be facilitated by a high basic auditory sensitivity (Goswami et al., 2010, Goswami, Mead, et al., 2013; Richards & Goswami, 2015). Such a prosodically well-equipped mental lexicon might in turn facilitate word retrieval, thus explaining the significant indirect effect of BAP on reading found via the mediator PS. Therefore, we assume that BAP contributes via PS to a robust mental lexicon.

Contrary to our expectations, BAP did not exhibit a significant direct effect on PA. Theoretically, ART perception facilitates the identification of onset-rime boundaries (Goswami, 2003) and phoneme awareness in syllable onsets (Goswami et al., 2002, 2010), and frequency perception is important for phoneme discrimination (Loui et al., 2011). However, one explanation for the lack of effect might be that the mental lexicon is already mature regarding segmental information; thus, the effect of BAP found in childhood (Goswami et al., 2021) no longer exists in adulthood.

In contrast to BAP, PS predicted PA directly: Good PS (potentially due to good BAP) seems to support PA even in skilled adult readers. However, for adult readers, the path to PA exhibits no (indirect) effect on reading, as might be the case for beginning readers (but see Landerl et al., 2019, for limitations of the PA effect in regular orthographies). Just as for the finding of a direct effect of PS on skilled adult reading, one might speculate that PS becomes more important as reading skills become increasingly automatic (and PA decreases in importance). The current model stems from an orthography with consistent grapheme-phoneme mapping and therefore a minor importance of PA, resulting in a direct PS-reading effect. For less transparent orthographies (e.g., English), where PA plays a major role in reading acquisition, an indirect route via PA might be more distinct (e.g., Kim & Petscher, 2016).

Notably, in our data, sentence-level PS made a significant, direct contribution of  $\beta = .31$  ( $p < .05$ ) to word-level reading. In studies examining phrase-level PS, regression coefficients on word-level reading ranged between .38 and .45 for English-speaking children (Goswami et

al., 2010; Holliman, Mundy, et al., 2017) when controlling for PA and in some cases also for age, IQ, ART, morphological awareness, vocabulary and short-term memory. For adults, Chan and Wade-Woolley (2018) found a regression coefficient of .20 for word-level PS on reading in English-speaking adults when controlling for receptive vocabulary, rapid automatized naming, phonological short-term memory and inhibitory control. Concerning sentence-level PS, Obergfell et al. (2021) reported a regression coefficient of .25 on word-level reading in German-speaking adults when controlling for age and PA. The significant, direct contribution of PS on reading in the current study seems to be of moderate size, in line with previous studies.

A novel finding of our study is that sensitivity to sentence-level PS is influenced by BAP and independently contributes to word-level reading among experienced German adult readers, whereas phoneme awareness makes no contribution. Regarding PS, this is in line with the results for English-speaking adults by Chan and Wade-Woolley (2018), who additionally focused on executive functions, whereas the current study focussed on BAP. Further research with adult participants is needed to extend the proposed model by including additional reading-related variables (e.g., executive functions, vocabulary, rapid automatized naming, phonological short-term memory and morphological awareness) in order to more fully explain reading achievement in adults.

The present study represents a step towards validating a model of skilled reading in a transparent orthography that includes PS. As PS was measured through stress perception, the integration of further PS components like intonation and timing in the model is a question for future research. Because there is no evidence to date of equivalent relations between reading and PS on the word, phrase and sentence level, respectively (Wade-Woolley et al., 2022), PS measures on different linguistic levels should be considered.

### **Limitations and Desiderata for Future Research**

We note a few limitations regarding the explanatory power of this study. Because we examined an adult sample in a cross-sectional study, we cannot draw conclusions about the causal direction of the found effects. The directions proposed in the model are based on previous findings and theoretical assumptions. However, we cannot exclude an effect of reading on PS and/or PS on BAP with the current data. The silver bullet would be a longitudinal study examining the relationship between PS and literacy under consideration of further reading-related variables from preschool to adulthood. As mentioned earlier, there are several more reading-related variables that were not included in the current study. Critten et al. (2021) report vocabulary and morphology as mediators between PS and phoneme awareness in English-

speaking children. PS helps identify word boundaries (Cutler & Norris, 1988) and might enhance the identification of morphemes, both of which accelerate reading. Due to the minor role of PA in adult reading and transparent orthographies, vocabulary and morphological awareness might exhibit direct effects on reading. Future research should integrate these factors in the model to investigate whether the found direct effect of PS on reading remains, is replaced by an indirect effect via vocabulary and morphological awareness, or if multiple routes arise. These missing variables and the moderate sample size and demographic homogeneity of the participants (63% with a university degree) might limit the generalizability and validity of the proposed model.

### **Conclusion**

The present study strengthens the assumption that suprasegmental stress sensitivity remains important for word reading in experienced adult readers (at least to some degree), whereas PA no longer contributes to word reading. Consequently, these results highlight the importance of training PS already in infancy. Accordingly, a digital game-based training for German dyslexic children known as ‘Prosodiya’ has recently been developed to improve children’s syllable stress awareness and spelling abilities (Holz et al., 2017). A first evaluation study found this training to be effective, and it might be extended to focus on reading abilities in addition to spelling abilities (Holz et al., 2020). Moreover, the current study strengthens the assumption that BAP skills remain important for German adult readers, because they show an indirect positive effect on reading fluency via stress perception. Thus, a training targeting a prior step within this chain, that is, a training focusing on BAP skills, might be promising for enhancing later PS and reading performance.

## 10 Diskussion

Die Ergebnisse der Studie 2 zeigen einen mittleren direkten Effekt der PS auf das Lesen ( $\beta = .33, p < .01$ ), jedoch keinen indirekten Effekt über die PA auf das Lesen (Studie 2, Forschungsfrage 1). Während die PS auch bei vollentwickelten Lesefertigkeiten einen positiven Effekt auf die Leseflüssigkeit aufweist, scheint die PA in diesem Lesestadium keinen Einfluss auf die Leseflüssigkeit zu nehmen. Dieses Ergebnis deckt sich mit bisherigen Befunden, die zeigten, dass die PA bei zunehmender Lesefertigkeit keine Auswirkungen mehr auf das Lesen hat (Ennemoser et al., 2012) und sich zudem in transparenten Orthographien als weniger relevant im Leseerwerb erweist (Landerl et al., 2019).

Des Weiteren zeigt Studie 2 einen direkten Effekt der BAP auf die PS ( $\beta = .60, p < .01$ ). Während die BAP weder direkt auf das Lesen wirkt noch einen über die PA vermittelten Effekt auf das Lesen hat, kann ein von der PS mediiertes signifikanter Effekt der BAP auf das Lesen berichtet werden (Studie 2, Forschungsfrage 2). Es wird angenommen, dass gute basal-auditive Fähigkeiten (Diskriminierung von Tonhöhe, Lautstärke, ART) die Betonungswahrnehmung in der Sprache erleichtern, da Betonungen durch Variation der akustischen Korrelate der BAP-Fähigkeiten (Frequenz, Intensität, Dauer) gebildet werden (Wade-Woolley & Heggie, 2016). Eine gute Sensitivität für Betonungen in der Sprache, d. h. eine gute PS, sorgt für stabile Wortrepräsentationen im mentalen Lexikon, da suprasegmentale Informationen mit abgespeichert werden (Sauter et al., 2012). Zudem kann durch eine gute PS auf prosodisches Regelwissen zurückgegriffen werden, d. h. dass möglicherweise bereits bei der Wortsichtung prosodische Vorannahmen zum Betonungsmuster des Wortes getroffen werden können (Monaghan et al., 2016; Rastle & Coltheart, 2000). Beides führt zu einem zuverlässigen und schnellen Wortabruf beim Lesen und somit zu einer hohen Leseflüssigkeit.

### Gemeinsame Betrachtung von Studie 1 und 2

Beide Studien zeigen eine eindeutige Tendenz zur Relevanz der PS bei erwachsenen deutschsprachigen Leser\*innen. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Befunden von Chan und Wade-Woolley (2018), die ebenso einen alleinigen Einfluss der PS auf das Lesen bei englischsprachigen Erwachsenen berichteten. Dagegen war in der Studie von Schmidt et al. (2016) mit deutschsprachigen Erwachsenen lediglich ein indirekter Effekt der PS über die PA auf das Pseudowortlesen festzustellen. Ein möglicher Grund für die divergierenden Ergebnisse könnte die unterschiedliche Stichprobenszusammensetzung in den Studien sein: Während in Studie 1 und 2 sowie bei Chan und Wade-Woolley (2018) Proband\*innen ohne Leseschwierigkeiten getestet wurden (bzw. die Ergebnisse repliziert werden konnten, wenn

wenige schwache Leser\*innen aus der Stichprobe genommen wurden), bestand die Stichprobe von Schmidt et al. (2016) zu etwa 16% aus schwachen Leser\*innen (Prozentrang < 20). Möglicherweise wird ein alleiniger Effekt der PS auf das Lesen insbesondere bei überdurchschnittlich guten Leser\*innen sichtbar: In Studie 1 zeigen 43% aller Proband\*innen in mindestens einem Lesetest überdurchschnittliche Leistungen gemäß der Normtabellen des SLRT-II (Prozentrang  $\geq 85$ ), in Studie 2 sind es 40% und Chan und Wade-Woolley (2018) berichteten signifikant bessere Mittelwerte ihrer Stichprobe in fast allen eingesetzten Lesetests verglichen mit der jeweiligen Normstichprobe der Tests. Damit könnte eine gute PS als eine Art „Bonus“, „Booster“ oder „Joker“ betrachtet werden, der für einen Vorteil beim Wortabruf bei bereits vollentwickelten Lesefertigkeiten sorgt (ungeachtet der Annahme, dass die PS bei noch laufendem Leseerwerb eine wichtige Rolle spielt; z. B. Holliman et al., 2008).

Sowohl Studie 1 als auch Studie 2 berichten von einem positiven Effekt der PS auf die Leseflüssigkeit bei geübten deutschsprachigen Leser\*innen unabhängig der PA. Gute BAP-Fähigkeiten wiederum (ob genetisch bedingt und/oder durch regelmäßiges Musizieren gefördert) scheinen für eine gute PS zu sorgen (siehe Studie 2). Folglich wird die Annahme, welche dem Design der Studie 1 vorausging, nämlich dass Musiker\*innen aufgrund guter BAP-Fähigkeiten eine herausragende PS aufweisen könnten, von den Ergebnissen der Studie 2 unterstützt. Es kann angenommen werden, dass die signifikant besseren Leistungen der Musiker\*innen in der PS und der Leseflüssigkeit im Vergleich zu den Nicht-Musiker\*innen auf besonders guten BAP-Fähigkeiten beruhen. Die BAP-Fähigkeiten wurden in Studie 1 jedoch nicht erhoben. Um zu überprüfen, ob Musiker\*innen tatsächlich signifikant bessere BAP-Fähigkeiten aufweisen als Nicht-Musiker\*innen, wurden die Proband\*innen der Studie 2 nach ihren musikalischen Aktivitäten befragt. Personen, die zum Befragungszeitpunkt mindestens einmal pro Woche ein Instrument spielten oder im Chor sangen, wurden der Gruppe der Musiker\*innen zugeordnet ( $n = 58$ ). Durchschnittlich musizierten die Musiker\*innen regelmäßig seit 18,4 Jahren ( $SD = 5.5$ , Min = 3, Max = 30) und zum Zeitpunkt der Befragung durchschnittlich an 3,6 Tagen ( $SD = 2.1$ ) pro Woche (Min = 1, Max = 7). Die Ergebnisse zeigen, dass die Gruppe der Musiker\*innen in allen drei BAP-Untertests besser abschnitt als die Gruppe der Nicht-Musiker\*innen, wobei der Gruppenunterschied für die Diskriminierung von Tonhöhen und ART signifikant ist. Des Weiteren konnten die in Studie 1 festgestellten signifikant besseren Leistungen in der PS und der Leseflüssigkeit der Musiker\*innen im Vergleich zu den Nichtmusiker\*innen auch in Studie 2 repliziert werden (Tabelle 5).



**Tabelle 5**

*Mittelwerte und Standardabweichungen der untersuchten Gruppen mit ANOVA und Effektstärke*

	Musiker*innen <i>n</i> = 58		Nicht-Musiker*innen <i>n</i> = 80		<i>F</i> (1, 136)		$\eta_p^2$
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>			
Alter (Jahre)	26.15	3.49	25.90	3.74	.17		.00
BAP							
Tonhöhe	36.39	3.64	32.60	8.17	10.86	**	.07
Lautstärke	18.85	5.53	17.08	5.53	3.50		.03
ART	34.65	6.19	30.45	8.69	9.84 <sup>a</sup>	**	.07
PS							
Pseudowortsatz	9.52	2.27	7.60	2.54	20.91	**	.13
Realwortsatz	9.50	2.18	7.70	2.39	20.54	**	.13
Lesen							
Wörter	131.43	13.71	125.55	14.40	5.84	*	.04
Pseudowörter	85.52	16.21	79.23	17.29	4.69	*	.03
Lange Wörter	82.10	11.05	74.66	9.97	17.09	**	.11

*Anmerkung.* BAP = Basal-auditive Verarbeitung; ART = Amplitudenanstiegszeit; PS = Prosodische Sensitivität.

<sup>a</sup> *F*(1, 134).

\* *p* < .05. \*\* *p* < .01.

Studie 1 wie auch Studie 2 messen die Lesefertigkeit anhand der Leseflüssigkeit auf Wortebene. Dabei setzt sich der Großteil des verwendeten Wort- bzw. Pseudowortmaterials aus tendenziell hochfrequenten ein- bis zweisilbigen Wörtern<sup>14</sup> zusammen. Es könnte angenommen werden, dass die Varianz in der Leseflüssigkeit (bedingt durch unterschiedlich gute PS-Fähigkeiten) bei diesem Wortmaterial weniger sichtbar wird als bei längeren und niedrigfrequenten Wörtern. Ein Grund für diese Annahme ist, dass bei geübten Leser\*innen prosodische Vorannahmen und suprasegmentale Wortrepräsentationen beim Wortabruf von kurzen hochfrequenten Wörtern tendenziell eine kleinere Rolle spielen dürften als beim Wortabruf längerer niedrigfrequentere Wörter (siehe Theorien zum konkreten Wirkmechanismus der direkten Route, Kapitel 7.1.1). Längere mehrsilbige Wörter erfordern für die Vorhersage eines Betonungsmusters die Kenntnis verschiedener prosodischer Regeln, während einsilbige Wörter innerhalb von Wortlisten stets betont und zweisilbige Nomen im Deutschen überwiegend trochäisch betont werden (Beyermann, 2013). Bei hochfrequentem Wortmaterial kann davon ausgegangen werden, dass eine stabile Wortrepräsentation im mentalen Lexikon aller geübten erwachsenen Leser\*innen vorhanden ist, während niedrigfrequentere Wörter gegebenenfalls noch keine stabile Verknüpfung zur lexikalischen

<sup>14</sup> Die ersten 128 Wörter (= Anzahl der durchschnittlich in Studie 2 gelesenen Wörter) der SLRT-II Wortliste sind zu 91% Ein- oder Zweisilber. Die ersten 82 PW (= Anzahl der durchschnittlich in Studie 2 gelesenen PW) der SLRT-II Pseudowortliste sind zu 100% Zweisilber.

Wortbetonung aufweisen. Dadurch könnte bei niedrigfrequenterem Wortmaterial mehr (u. a. durch die PS bedingte) Varianz in den Leseleistungen der Proband\*innen messbar werden. Auch Holliman, Mundy, et al. (2017) nehmen an, dass die PS insbesondere einen Einfluss auf das Lesen mehrsilbiger Wörter hat. Daher wurde für die Studie 2 ein weiterer Lesetest (*Long word reading*) eigenständig entwickelt. Dieser beinhaltet zwei- bis siebensilbige<sup>15</sup> niedrigfrequenterer Wörter (siehe Anhang C, Tabelle C.1) und korreliert hoch mit den beiden anderen Leselisten aus dem SLRT-II ( $r = .83$  bzw.  $r = .81$ , beide  $p < .001$ ). Korrelationsergebnisse zwischen dem Gesamtscore der PS und den einzelnen Leseuntertests zeigen jedoch lediglich marginale Unterschiede (Wörter:  $r = .23$ ; PW:  $r = .28$ ; Lange Wörter:  $r = .32$ , alle  $p < .01$ ). Sie legen nahe, dass geübte erwachsene Leser\*innen möglicherweise bei jedem Wortmaterial auf prosodische Informationen zurückgreifen. Es bedarf weiterer Forschung mit linguistisch gut kontrolliertem Wortmaterial zur Prüfung der vorgestellten Theorien zum Wirkmechanismus zwischen PS und Lesen. Grundsätzlich sollte hierbei auch eine Erfassung der PS auf Wortebene (im Gegensatz zu der hier eingesetzten Diagnostik auf Satzebene) in Betracht gezogen werden, da bis jetzt noch keine empirische Evidenz vorliegt, die belegt, dass von einem identischen Zusammenhang zwischen Lesen und PS auf Wortbeziehungsweise Satzebene auszugehen ist (Wade-Woolley et al., 2022).

### **Gemeinsame Betrachtung deutschsprachiger PS-Studien-Ergebnisse**

In einer aktuellen Studie von Schmidt et al. (2022) wurden deutschsprachige Drittklässler\*innen hinsichtlich PS, PA und Lesen untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass die PS insbesondere für Leseaufgaben mit semantischem Bezug (Lesegeschwindigkeit auf Satzebene) relevant ist. Der alleinige Einfluss der PS auf das Lesen der Wort- und Pseudowortliste bei Kontrolle von PA ist dagegen nicht signifikant (Anhang A, Tabelle A.2). Schmidt et al. (2022) nehmen an, dass eine gute PS den Zugriff auf semantische Wortrepräsentationen im mentalen Lexikon beschleunigt. In den Daten erwachsener Proband\*innen (Studie 2; Obergfell et al., 2022) lässt sich hingegen zeigen, dass PS bei Kontrolle von PA einen signifikanten alleinigen Einfluss sowohl auf das Lesen der Wortliste ( $\beta = .21$ ,  $p < .05$ ) und der Pseudowortliste ( $\beta = .26$ ,  $p < .01$ ) als auch auf das Lesen niedrigfrequenterer und längerer Wörter ( $\beta = .31$ ,  $p < .01$ ) aufweist. Es lässt sich spekulieren, dass mit zunehmender Automatisierung des Lesens die direkte Relevanz der PS für das Lesen zunimmt: Bei Leseanfänger\*innen (und möglicherweise auch tendenziell schwächeren

---

<sup>15</sup> Die ersten 78 Wörter (= Anzahl der durchschnittlich in Studie 2 gelesenen Wörter) der *Long word reading* Wortliste sind im Durchschnitt 4,2 Silben lang.

erwachsenen Leser\*innen wie in der Studie von Schmidt et al., 2016) mit weniger automatisierten Leseprozessen wird nicht bzw. weniger auf prosodische Vorannahmen und suprasegmentale Repräsentationen im mentalen Lexikon zurückgegriffen. Prosodisches Regelwissen und die Verknüpfungen zwischen orthographischen und suprasegmentalen Worteinträgen werden mit zunehmender Automatisierung des Lesens ausgebaut. Der Zugriff auf abgespeicherte prosodische Informationen erfolgt möglicherweise (zunächst) nur bei gleichzeitiger Aktivierung des semantischen Worteintrags (siehe Ergebnisse der Studie von Schmidt et al., 2022). Dahingegen greifen geübte (überdurchschnittliche) Leser\*innen mit hochautomatisierten Leseprozessen durchgehend auf prosodische Vorannahmen und suprasegmentale Repräsentationen im mentalen Lexikon zurück (Obergfell et al., 2022; siehe auch Beyermann & Penke, 2014). In der Folge kann ein direkter Effekt der PS auf das Lesen berichtet werden (Chan & Wade-Woolley, 2018; Obergfell et al., 2021, 2022). Betrachtet man die Modellvorstellung in Abbildung 3 (Kapitel 7.1.1) wird auch hier deutlich, dass die Anknüpfungspunkte der PS an den Leseprozess dem lexikalischen und sublexikalischen Zugang zuzuordnen sind und nicht dem nicht-automatisierten nicht-lexikalischen Zugang.

### **Morphologische Bewusstheit**

Abschließend sei angemerkt, dass die Nutzung prosodischer Vorannahmen zur Beschleunigung des Wortabrufs (*Regel-Theorie*, Kapitel 7.1.1) nicht nur eine theoretische Begründung für die *direkte* PS-Lesen-Route darstellen könnte, sondern auch miterklären könnte, warum die PS möglicherweise indirekt über die morphologische Bewusstheit auf das Lesen wirkt. Dies konnte beispielweise von Kim und Petscher (2016) gezeigt werden. Durch die Sensitivität für Betonungen, Timing und Intonation könnte die Identifikation von Morphemen (morphologische Bewusstheit) und damit der Wortabruf erleichtert werden (Wood et al., 2009). Außerdem könnten Informationen darüber, ob ein bestimmtes Morphem betont oder unbetont ist, als prosodische Vorannahmen abgespeichert werden (Jarmulowicz, 2002), was ebenso den Wortabruf beschleunigt (Rastle & Coltheart, 2000). Die Erhebung der morphologischen Bewusstheit im Kontext der Erforschung des PS-Lesen-Zusammenhangs sollte zukünftig mitberücksichtigt und modelltheoretisch ergänzt werden.

### **Limitationen der vorliegenden Untersuchungen<sup>16</sup>**

Die vorliegende Arbeit fokussiert hinsichtlich des PS-Lesen-Effekts die vorgestellte Zwei-Wege-Theorie, wobei sich für geübte deutschsprachige Leser\*innen die direkte Route

---

<sup>16</sup> siehe auch Obergfell et al. (2022)

anhand der erhobenen Daten zeigen ließ. Zusätzlich wurde der Einfluss der BAP-Fähigkeiten berücksichtigt. Dabei wurde die Diskriminierung der ART und die Diskriminierung von Tonhöhen und -lautstärken erfasst, jedoch nicht die Diskriminierung von Tonlängen.

Um umfassenderes Wissen zu den Einflussfaktoren bereits vollständig entwickelter Lesefertigkeiten zu generieren, ist es notwendig, weitere, zum Teil bereits in der Forschung mit Kindern berücksichtigte Variablen, zu erfassen und in das Modell zu integrieren. Dazu gehören die morphologische Bewusstheit, Wortschatz, Benennungsgeschwindigkeit, Exekutivfunktionen und das phonologische Arbeitsgedächtnis.

Die vorliegenden deutschen Studien erfassen die PS ausschließlich über die Komponente *Betonung* auf Satzebene. Die PS als „Regenschirmbegriff“ umfasst jedoch weitere Komponenten wie *Timing* und *Intonation*. Um ein differenziertes Bild vom Einfluss prosodischer Fähigkeiten auf die Lesefertigkeit zu erhalten, müssen alle prosodischen Komponenten auf allen linguistischen Ebenen untersucht werden.

Insbesondere aus Studie 2 lassen sich keine Rückschlüsse auf die Wirkrichtung der gefundenen Effekte ziehen. Ein Effekt des Lesens auf die PS und/oder BAP kann nicht ausgeschlossen werden. Die Modellvorstellung beruht auf bisherigen Befunden (u. a. des nicht-reziproken Effekts der PS auf das Lesen in Studie 1) sowie theoretischen Annahmen. Eine Längsschnittstudie vom Vorschul- bis ins Erwachsenenalter unter Berücksichtigung sämtlicher leserelevanter Einflussfaktoren ist erstrebenswert.

## 11 Fazit und Ausblick

Die vorliegende Arbeit liefert für den deutschsprachigen Raum erste Evidenz für einen direkten Einfluss der PS auf das Lesen und für die Relevanz der BAP hinsichtlich PS und Lesen. Sowohl die Gruppenvergleichs-Studie (Studie 1) als auch die Korrelationsstudie (Studie 2) zeigen, dass eine gute PS einen positiven Einfluss auf die Leseflüssigkeit bei deutschsprachigen geübten Leser\*innen hat. Die PS scheint somit nicht nur ein Defizit bei Menschen mit LRS zu sein, sondern auch eine Art „Booster“ der Leseflüssigkeit bei vollentwickelten Lesefertigkeiten. Die vorliegende Arbeit verknüpft bisherige (hauptsächlich englischsprachige) Forschung zur PS-Lesen-Beziehung (siehe z. B. die Studien der Arbeitsgruppe um Andrew J. Holliman) mit der Forschung zum Einfluss der BAP auf Leseprädiktoren (siehe die Studien der Arbeitsgruppe um Usha Goswami). Daraus resultiert ein neues Wirkmodell, welches basierend auf theoretischen Annahmen und empirischen Daten neue Informationen zu den Einflussfaktoren der Leseflüssigkeit geübter deutschsprachiger Leser\*innen liefert. Auch wenn das Modell in zukünftiger Forschung um weitere mögliche Einflussfaktoren ergänzt und dann erneut geprüft werden sollte, zeigt es in dieser ersten Version klar die Relevanz der BAP und der PS für das Lesen auf.

### 11.1 Implikationen für die Praxis

Die vorliegende Arbeit ist der Grundlagenforschung zuzuordnen und somit eine erste Ausgangsbasis für weiterführende und praxisnähere Forschung. Die Ergebnisse zeigen einen möglichen Nutzen der Förderung von BAP und PS für die Leseentwicklung, da die BAP und die PS selbst bei vollentwickelten Lesefertigkeiten noch einen positiven Effekt (direkt bzw. indirekt über die PS) auf das Lesen zeigen. Eine Förderung der BAP und der PS könnte möglicherweise zur Prävention von Leseschwierigkeiten nutzbar sein. Jedoch ist weitere Grundlagenforschung (siehe Kapitel 10, Limitationen), auch im deutschsprachigen Kinderbereich, für eine fundierte Basis zur Entwicklung entsprechender deutschsprachiger Förderprogramme notwendig. Auf Grundlage weiterer den vorliegenden Ergebnissen entsprechender Befunde kann Interventions- und Evaluationsforschung im Bereich PS zur Prävention von Leseschwierigkeiten angestrebt werden. Die Wirksamkeit eines deutschsprachigen digitalen Förderprogramms für Kinder mit LRS zur Verbesserung der Betonungswahrnehmung und Rechtschreibung (*Prosodiya*; Holz et al., 2017) konnte vor kurzem in einer ersten Evaluationsstudie belegt werden (Holz et al., 2020): Eine Ausweitung bzw. Adaption des Programms speziell auf das Lesen wäre bei entsprechender Forschungsgrundlage denkbar.

## 11.2 Weitere Forschungsvorhaben

Wie bereits erwähnt, fehlt es im deutschsprachigen Raum an weiterer PS-Grundlagenforschung. Dies betrifft auch die Untersuchung der Relevanz der PS zu Beginn des Leseerwerbs und bei laufender Leseentwicklung (bisheriges Forschungsergebnis: Schmidt et al., 2022). Im Anschluss an die vorliegende Arbeit werden primär drei zukünftige Forschungsvorhaben formuliert. Forschungsvorhaben 1 und 2 schließen direkt an die vorliegende Arbeit an und können als Fortführung von Studie 1 und 2 im Bereich der Erwachsenenforschung bezeichnet werden, während das dritte Forschungsvorhaben insbesondere im Kinderbereich anzusiedeln ist:

1. Eine differenziertere Untersuchung der PS wird angestrebt. In den vorliegenden deutschen Studien wurde PS ausschließlich über die Komponente *Betonung* (auf Satzebene) erhoben. Ergebnisse einer explorativen Faktorenanalyse (Holliman, Williams, et al., 2014) sprechen dafür, dass mit Aufgaben, die unterschiedliche PS-Komponenten erfassen sollen (*Betonung*, *Intonation* oder *Timing*), auch unterschiedliche zugrundeliegende PS-Fähigkeiten gemessen werden, die möglicherweise auch unterschiedliche Beziehungen zum Lesen aufweisen. Dies könnte eine Erklärung sein für die inkonsistenten Ergebnisse hinsichtlich eines PS-Lesen-Effekts in den Studien, die PS über ein globales Maß unterschiedlicher PS-Komponenten erfasst haben (siehe Kapitel 3.1). Um ein genaueres Bild der PS-Lesen-Beziehung zu erhalten, sollten alle PS-Komponenten und ihre Beziehungen zum Lesen differenziert (auch auf unterschiedlichen linguistischen Ebenen) untersucht werden. Denkbar ist eine noch basalere Erfassung der Fähigkeiten, d. h. die Differenzierung auf Ebene der prosodischen Merkmale der Komponente *Betonung*. Dazu gehört die Wahrnehmung von Tonhöhen, Lautstärken und relativen Längen von Silben bzw. Vokalen in der gesprochenen Sprache. Deren akustische Einflussfaktoren (Grundfrequenz und Dauer) stellen ebenso Korrelate der prosodischen Komponenten *Intonation* und *Timing* dar (siehe Kapitel 2.1, Abbildung 1). Eine erste Konstruktion eines entsprechenden Testverfahrens auf Ebene der prosodischen Merkmale wurde von der Autorin dieser Arbeit entwickelt (für eine nähere Beschreibung siehe Anhang D) und pilotiert. Der nächste Schritt ist die Analyse, Überarbeitung und gegebenenfalls Ergänzung der Testitems sowie eine erneute Pilotierung.
2. Insbesondere die morphologische Bewusstheit als weiterer Leseprädiktor scheint im

PS-Lesen-Gefüge eine Rolle zu spielen (Chan et al., 2020; Deacon et al., 2018; Enderby et al., 2021) und sollte im vorgeschlagenen Wirkmodell ergänzt werden. Zur Erhebung der morphologischen Bewusstheit gesunder deutschsprachiger Erwachsener liegt gemäß aktuellem Wissen kein Testverfahren vor. Eine erste Konstruktion eines entsprechenden Testverfahrens wurde von der Autorin dieser Arbeit entwickelt (für eine nähere Beschreibung siehe Anhang E) und pilotiert. Der nächste Schritt ist die Analyse, Überarbeitung und gegebenenfalls Ergänzung der Testitems sowie eine erneute Pilotierung.

3. Experimentelle Interventionsstudien haben das Potential, Evidenzen für einen kausalen Zusammenhang zwischen PS und schriftsprachlichen Leistungen zu generieren (Wade-Woolley et al., 2022). Harrison et al. (2018) berichteten signifikante Verbesserungen im Wortlesen bei englischsprachigen 4–5-Jährigen, welche ein 10-wöchiges PS-Training absolviert hatten, im Vergleich zu einer Kontrollgruppe, welche ein Mathematik-Training erhielt. Neben zukünftigen hinsichtlich der Variablenmessung differenzierten Korrelationsstudien zu PS und Lesen mit deutschsprachigen Proband\*innen (insbesondere auch mit Kindern vor und während des Schriftspracherwerbs) stellt die Entwicklung und Evaluation eines deutschsprachigen PS-Trainings zur Förderung (insbesondere, aber nicht ausschließlich) des Lesens ein langfristiges Forschungsvorhaben dar.





**Anhang**

Anhang A	Tabellarische Zusammenstellung der Studien, die den Einfluss der PS auf das Lesen untersuchten
Anhang B	Spoonerisms
Anhang C	Long Word Reading
Anhang D	TDL-ProsT
Anhang E	DST-D

## Anhang A

### Tabellarische Zusammenstellung der Studien, die den Einfluss der PS auf das Lesen untersuchten

**Tabelle A.1**

Übersicht über Studien zum PS-Lesen-Effekt

STUDIE	ORTHO- GRAPHIE	MITTLERES ALTER IN JAHREN (STICHPROBEN- GRÖßE)	PS-MESSUNG	LESE-MESSUNG	KONTROLLIERTE VARIABLEN	β-KOEFFIZIENT FÜR DIREKTEN PS-LESEN- EFFEKT
Whalley & Hansen (2006)	Englisch	9,3 (N = 81)	1. Wortebene: globales Maß aus <b>Betonung, Intonation, Timing:</b> a) <sup>a</sup> Unterscheidung zwischen Komposita und Aufzählung einzelner Nomen b) Unterscheidung zwischen Komposita und zwei Wörtern eingebettet in Sätze ohne kontextuelle Hinweise 2. <sup>b</sup> Phrasenebene: Wahrnehmung des <b>Betonungsmusters</b> einer Phrase und Zuordnung zu einem von zwei <i>DEEdee-Betonungsmustern</i>	Lesegenauigkeit von a) Wörtern b) PW	- nonverbale Rhythmus-sensitivität - PA <sup>TP</sup>	<b>.19*</b> [.11] (PS-Wortebene auf Wortlesen [PW-Lesen] bei Kontrolle von PS-Phrasenebene)  .13 [.07] (PS-Phrasenebene auf Wortlesen [PW-Lesen] bei Kontrolle von PS-Wortebene)
Wood (2006)	Englisch (n = 2 = bilingual)	5,4 (n = 14), 6,3 (n = 8), 7,2 (n = 9)	<sup>c</sup> Wortebene, Wahrnehmung und Korrektur von jambisch <b>betonten</b> zweisilbigen ursprünglich trochäisch betonten Wörtern	Lesegenauigkeit von a) Wörtern b) PW	Alter	gesamte Stichprobe: <i>ns</i> (Wörter), .23 mit <i>p</i> = .06 (PW)
Holliman et al. (2008)	Englisch	6,1 (N = 44)	<sup>c</sup> Wortebene, Wahrnehmung und Korrektur von jambisch <b>betonten</b> zweisilbigen ursprünglich trochäisch betonten Wörtern	Score aus Lesegenauigkeit von Wörtern und PW	- Alter - rezeptiver Wortschatz - PA <sup>r</sup> - PA <sup>P</sup>	<b>.30*</b>

Tabelle A.1 (Fortsetzung)

STUDIE	ORTHO- GRAPHIE	MITTLERES ALTER IN JAHREN (STICHPROBEN- GRÖßE)	PS-MESSUNG	LESE-MESSUNG	KONTROLLIERTE VARIABLEN	β-KOEFFIZIENT FÜR DIREKTEN PS-LESEN- EFFEKT
Clin et al. (2009)	Englisch	8,7 ( $n = 45$ ), 10,6 ( $n = 26$ ), 12,5 ( $n = 34$ )	Phrasen-/Satzebene, Score aus - <sup>d</sup> Wahrnehmung des <b>Betonungsmusters</b> eines Satzes und eines Satzes mit Tiefpassfilter <sup>17</sup> - <sup>b</sup> Wahrnehmung des <b>Betonungsmusters</b> einer Phrase und Zuordnung zu einem von zwei <i>DEEdee</i> - <b>Betonungsmustern</b>	Score aus - Lesegeschwindigkeit - Lesegenauigkeit - Leseverständnis (alle Textebene) - Lesegenauigkeit (Wörter) - Leseflüssigkeit (Wörter und PW)	- Alter - nonverbale Intelligenz - Grammatik- verständnis - AG <sup>ze</sup> - PA <sup>m</sup> - MA	gesamte Stichprobe: <b>.15*</b>
Gutiérrez- Palma et al. (2009)	Spanisch	7,7 ( $N = 33$ )	<sup>f</sup> Wortebene, Wahrnehmung der <b>betonten</b> Silbe bei zweisilbigen PW	a) Leseflüssigkeit und Leseverständnis (Satzebene) b) Lesegenauigkeit (PW) c) Lesegeschwindigkeit (Textebene)	- Score aus AG <sup>ph</sup> und AG <sup>ze</sup> - PA <sup>p</sup>	.22 (a), -.36 (b), <b>-.43*</b> (c)
Goodman et al. (2010)	Englisch	5,6 ( $N = 45$ )	1. <sup>e</sup> Wortebene, Wahrnehmung und Korrektur von jambisch <b>betonten</b> zweisilbigen ursprünglich trochäisch betonten Wörtern und umgekehrt 2. <sup>a</sup> Wortebene, globales Maß aus <b>Betonung, Intonation,</b> <b>Timing:</b> Unterscheidung zwischen Komposita und Aufzählung einzelner Nomen	Score aus - Buchstabenkenntnis - Lesegenauigkeit (Wörter) - Buchstabenkenntnis und Lesegenauigkeit (Wörter)	- nonverbale Intelligenz - rezeptiver Wortschatz - PA <sup>p</sup>	-.04 (1. PS-Task, inkl. Kontrolle von PA <sup>p</sup> ) .09 (2. PS-Task, ohne Kontrolle von PA <sup>p</sup> )
Goswami et al. (2010)	Englisch	- schwache Leser*innen: 12,1 ( $n = 20$ ) - altersangepasste KG: 12,0 ( $n = 21$ ) - leseleistungs- angepasste KG: 9,3 ( $n = 15$ )	Phrasenebene, Wahrnehmung des <b>Betonungsmusters</b> von 1. <sup>b</sup> Vor- und Nachnamen einer berühmten Persönlichkeit und Zuordnung zu einem von zwei natürlich eingesprochenen <i>DEEdee</i> -Betonungsmustern ( <i>Famous names</i> ) 2. <sup>b</sup> einem Film- oder Buchtitel und Zuordnung zu einem von zwei synthetisch produzierten <i>DEEdee</i> -Betonungsmustern ( <i>Film and book titles</i> )	a) Lesegenauigkeit von Wörtern b) Leseflüssigkeit von PW	- Alter - Intelligenz - ART - PA <sup>r</sup>	nur 12-Jährige ( $n = 40$ ): Famous names: <b>.38<sup>2</sup></b> (a), <b>.41<sup>2</sup></b> (b)  Film and book titles: keine Angaben

<sup>17</sup> Sprachliche Äußerungen mit Tiefpassfilter enthalten nur die unteren Frequenzbereiche, wodurch phonemische Informationen nicht mehr wahrnehmbar sind, prosodische Merkmale aber erkennbar bleiben (Clin et al., 2009).

Tabelle A.1 (Fortsetzung)

STUDIE	ORTHO- GRAPHIE	MITTLERES ALTER IN JAHREN (STICHPROBEN- GRÖßE)	PS-MESSUNG	LESE-MESSUNG	KONTROLLIERTE VARIABLEN	$\beta$ -KOEFFIZIENT FÜR DIREKTEN PS-LESEN- EFFEKT
Holliman et al. (2010a)		T1: 6,6 (N = 102)		T1: Lesegenauigkeit (Wörter)	T1: - Alter - rezeptiver Wortschatz - PA <sup>rp</sup> - AG <sup>ph</sup> - nonverbale produktive und rezeptive Rhythmus- fähigkeiten	<b>.19*</b>
Holliman et al. (2010b)	Englisch	Längsschnitt- erhebung 1 Jahr später (T2): 7,6 (n = 69)	T1: <sup>c</sup> Wortebene, Wahrnehmung und Korrektur von jambisch <b>betonten</b> zweisilbigen ursprünglich trochäisch betonten Wörtern	T2: a) Lesegenauigkeit (Wörter) „Leseflüssigkeits- beurteilung“ in drei Kategorien (qualitativ): b) Phrasierung c) Flüssigkeit d) Geschwindigkeit	von T1: - Alter - rezeptiver Wortschatz - PA <sup>r</sup> - PA <sup>p</sup>	<b>.20*</b> (a), <b>-.31*</b> (b), -.08 (c), -.22 (d)
Defior et al. (2012)	Spanisch	10,8 (N = 85)	<sup>f</sup> Wortebene, Wahrnehmung der <b>betonten</b> Silbe in dreisilbigen PW	a) Lesegenauigkeit (Wörter) b) Leseeffizienz: Maß aus Leseverständnis, Lesegeschwindigkeit und Lesegenauigkeit (Satzebene)	- AG <sup>ph</sup> - PA <sup>r</sup>	<b>.43<sup>z</sup></b> (Wortlesen), <b>.27<sup>z</sup></b> (Leseeffizienz)
Holliman, Critten, et al. (2014)	Englisch	6,2 (N = 75)	<sup>e</sup> Wort-, Phrasen-, Satzebene, Score aus - <b>Betonung:</b> Wahrnehmung der Betonung zweier Wörter/Phrasen/Sätze und Zuordnung zu einem Betonungsmuster mit Tiefpassfilter - <b>Intonation:</b> Unterscheidung zwischen Frage- und Aussageintonation auf Wort-/Phrasen-/Satzebene - <b>Timing:</b> Wahrnehmung von Silbenlängen in Wörtern/Phrasen/Sätzen mit Tiefpassfilter	Lesegenauigkeit (Wörter)	- rezeptiver Wortschatz - PA <sup>r</sup> - PA <sup>p</sup> - MA	keine Prüfung eines möglichen direkten Effekts: PS wirkt <b>indirekt</b> über Interkorrelationen von Wortschatz, PA <sup>p</sup> , PA <sup>r</sup> und MA auf das Wortlesen, wobei PA <sup>r</sup> und MA einen direkten Effekt auf das Wortlesen zeigen

Tabelle A.1 (Fortsetzung)

STUDIE	ORTHO- GRAPHIE	MITTLERES ALTER IN JAHREN (STICHPROBEN- GRÖßE)	PS-MESSUNG	LESE-MESSUNG	KONTROLLIERTE VARIABLEN	β-KOEFFIZIENT FÜR DIREKTEN PS-LESEN- EFFEKT
Calet et al. (2015)	Spanisch	Längsschnitt- studie: - Kindergarten (N = 130) - Anfang 1. Klasse - Ende 1. Klasse - Anfang 2. Klasse - Ende 2. Klasse: 7,7 (n = 124)	1. <sup>f</sup> Wortebene, Wahrnehmung der <b>betonten</b> Silbe in dreisilbigen Wörtern 2. <sup>a</sup> Wortebene, globales Maß aus <b>Betonung, Intonation, Timing</b> : Unterscheidung zwischen Komposita und Aufzählung einzelner Wörter	Leseflüssigkeit (Wörter)	- PAP - Wortschatz - nonverbale Intelligenz - sämtliche autoregressive Effekte	<b>.16**</b> (1. PS-Task: Anfang 1. Klasse auf Lesen Ende 1. Klasse)  <b>.09*</b> (2. PS-Task: Ende 1. Klasse auf Lesen Anfang 2. Klasse)  keine weiteren signifikanten PS-Lesen-Effekte
Gutiérrez-Palma, Defior, et al. (2016)	Spanisch	8,6 (n = 49), 9,6 (n = 55), 10,6 (n = 53), 11,5 (n = 53)	<sup>f</sup> Wortebene, Wahrnehmung der <b>betonten</b> Silbe in dreisilbigen PW	Lesegenauigkeit (zwei- bis dreisilbige Wörter)	- Klassenstufe - PAP	<b>.35**</b> (alle), <b>.40**</b> (8,6 J.), <b>.29*</b> (9,6 J.), <b>.45**</b> (10,6 J.), .15 (11,5 J.)
Holliman (2016a)	Englisch	- T1: 4-5 J. (N = 101) - T2: 5-6 J. (n = 93)	T1: <sup>g</sup> Wort-/Phrasen-/Satzebene, globales Maß aus <b>Betonung, Intonation, Timing</b> : - Unterscheidung zwischen Komposita und zwei Wörtern - Wahrnehmung korrekter und inkorrekt betonter Wörter auf Wortebene - Unterscheidung zwischen Frage und Aussage auf Satzebene - Wahrnehmung des Betonungsmusters zweier Phrasen/Wörter und Zuordnung zu einem <i>BAbA</i> -Betonungsmuster	T2: Lesegenauigkeit (Wörter)	T1: - rezeptiver Wortschatz - PAP - MA	.01  PS wirkt <b>indirekt</b> über PA auf das Wortlesen 1 Jahr später
Holliman (2016b)	Englisch	6,2 (N = 75) <hr/> 6,3 (N = 62)	<sup>e</sup> Wort-, Phrasen-, Satzebene: 1. <b>Betonung</b> : Wahrnehmung der Betonung zweier Wörter/Phrasen/Sätze und Zuordnung zu einem Betonungsmuster mit Tiefpassfilter 2. <b>Intonation</b> : Unterscheidung zwischen Frage- und Aussageintonation auf Wort-/Phrasen-/Satzebene 3. <b>Timing</b> : Wahrnehmung von Silbenlängen in Wörtern/Phrasen/Sätzen mit Tiefpassfilter	Lesegenauigkeit (Wörter) <hr/> Lesegenauigkeit von a) PW b) Wörtern auf Textebene	jeweils die anderen beiden prosodischen Komponenten	<b>.21*</b> (Betonung), <b>.47**</b> (Intonation), .12 (Timing) <hr/> .08 (Betonung – PW), <b>.30*</b> (Intonation – PW), .20 (Timing – PW), .17 (Betonung – Text), <b>.26*</b> (Intonation – Text), .18 (Timing – Text)

Tabelle A.1 (Fortsetzung)

STUDIE	ORTHO- GRAPHIE	MITTLERES ALTER IN JAHREN (STICHPROBEN- GRÖßE)	PS-MESSUNG	LESE-MESSUNG	KONTROLLIERTE VARIABLEN	β-KOEFFIZIENT FÜR DIREKTEN PS-LESEN- EFFEKT
Kim & Petscher (2016)	Englisch	6,8 (N = 370)	<sup>f</sup> Wortebene, Wahrnehmung der <b>betonten</b> Silbe in zwei- bis dreisilbigen Wörtern	Lesegenauigkeit (Wörter)	- AG <sup>ze/ph</sup> - PA <sup>m</sup> - MA - Buchstaben- benennungs- flüssigkeit - RAN	PS wirkt <b>indirekt</b> über PA (.14**) und über MA (.05*) auf das Wortlesen
Schmidt et al. (2016)	Deutsch	23,6 (N = 117)	Satzebene, Score aus der Wahrnehmung der <b>Betonungsmuster</b> von - Klaviersequenzen - Pseudowortsätzen - Realwortsätzen mit Abruf möglicher <b>Betonungsmuster</b> geschriebener Realwortsätze	Leseflüssigkeit von a) Wörtern b) PW	PA <sup>p</sup>	PS wirkt <b>indirekt</b> über PA auf das Lesen von PW (.11 <sup>z</sup> )
Wade-Woolley (2016)	Englisch	10,4 (N = 110)	<sup>f</sup> Wortebene, Wahrnehmung der <b>betonten</b> Silbe in zwei- bis fünfsilbigen Wörtern	Lesegenauigkeit von a) einsilbigen Wörtern b) drei- und viersilbige Wörtern c) PW	PA <sup>m</sup>	<b>.19*</b> (einsilbige Wörter), <b>.21*</b> [.15*] (drei- und viersilbige Wörter [bei zusätzlicher Kontrolle des PW-Lesens]), .11 (PW-Lesen)
Arciuli (2017)	Englisch	8,6 (N = 192)	Wortebene, Wahrnehmung der <b>Betonung</b> von dreisilbigen Wörtern mit Tiefpassfilter mit 1. betonter (dominant) erster Silbe 2. unbetonter (nicht-dominant) erster Silbe und Abruf von Wortbetonungen	Lesegenauigkeit (Wörter)	- Alter - PA <sup>m</sup>	<b>.09*</b> (nur für nicht-dominante Betonungen)
Holliman, Gutiérrez-Palma, et al. (2017)	Englisch	5,8 (N = 93)	<sup>g</sup> Wort-/Phrasen-/Satzebene, globales Maß aus <b>Betonung, Intonation, Timing:</b> - Unterscheidung zwischen Komposita und zwei Wörtern - Wahrnehmung korrekter und inkorrekt betonter Wörter auf Wortebene - Unterscheidung zwischen Frage und Aussage auf Satzebene - Wahrnehmung des Betonungsmusters zweier Phrasen/Wörter und Zuordnung zu einem <i>BAbA</i> -Betonungsmuster	Lesegenauigkeit (Wörter)	- rezeptiver Wortschatz - PA <sup>p</sup> - MA	<b>.22*</b> (Lesen aller Wörter), <b>.22*</b> (Lesen einsilbiger Wörter), <b>.42**</b> (Lesen mehrsilbiger Wörter)

Tabelle A.1 (Fortsetzung)

STUDIE	ORTHO- GRAPHIE	MITTLERES ALTER IN JAHREN (STICHPROBEN- GRÖßE)	PS-MESSUNG	LESE-MESSUNG	KONTROLLIERTE VARIABLEN	β-KOEFFIZIENT FÜR DIREKTEN PS-LESEN- EFFEKT
Holliman, Mundy, et al. (2017)	Englisch	8,0 ( <i>N</i> = 50)	<sup>b</sup> Phrasenebene, Wahrnehmung des <b>Betonungsmusters</b> einer Phrase und Zuordnung zu einem von zwei <i>DEEdee-Betonungsmustern</i>	Lesegenauigkeit (zwei- bis sechssilbige Wörter)	- PAP - MA - rezeptiver Wortschatz - AG <sup>ph</sup>	<b>.45**</b>
Chan & Wade- Woolley (2018)	Englisch	27,6 ( <i>N</i> = 103)	Wortebene, Score aus - <sup>f</sup> Wahrnehmung der <b>betonten</b> Silbe in vier- bis fünfsilbigen Wörtern - Verschieben der <b>Betonung</b> eines Wortes auf eine normalerweise unbetonte Silbe	Score aus - Lesegenauigkeit von Wörtern, PW und Wörtern auf Textebene - Leseflüssigkeit von PW	- rezeptiver Wortschatz - RAN - AG <sup>ph</sup> - Inhibition	<b>.20*</b>
Deacon et al. (2018)	Englisch	- T1: 6,2 ( <i>N</i> = 75) - T2: 8,5 ( <i>n</i> = 70)	T1: <sup>e</sup> Wort-, Phrasen-, Satzebene, Score aus - <b>Betonung</b> : Wahrnehmung der Betonung zweier Wörter/Phrasen/Sätze und Zuordnung zu einem Betonungsmuster mit Tiefpassfilter - <b>Intonation</b> : Unterscheidung zwischen Frage- und Aussageintonation auf Wort-/Phrasen-/Satzebene - <b>Timing</b> : Wahrnehmung von Silbenlängen in Wörtern/Phrasen/Sätzen mit Tiefpassfilter	T2: Lesegenauigkeit von a) Wörtern b) Wörtern auf Textebene	T1: - PAP - rezeptiver Wortschatz - MA	-.02 (Wörter, zusätzliche Kontrolle des Alters)  .06 [.08] (Textebene, [zusätzliche Kontrolle des Wortlesens])
Lin et al. (2018)	Englisch	6,2 ( <i>n</i> = 24), 8,2 ( <i>n</i> = 22), 10,3 ( <i>n</i> = 22), 23,8 ( <i>n</i> = 24)	Wortebene, Wahrnehmung von korrekt und inkorrekt <b>betonten</b> zwei- und dreisilbigen Wörtern	Lesegenauigkeit (Wörter)	nur bei Kindern: - rezeptiver Wortschatz - PAP	<b>.49*</b> (6,2 J.), -.08 (8,2 J.), -.02 (10,3 J.), keine Angaben (23,8 J.)
Chan et al. (2020)	Englisch	10,4 ( <i>N</i> = 107 bei Mediationsanalyse)	<sup>f</sup> Wortebene, Wahrnehmung der <b>betonten</b> Silbe in zwei- bis fünfsilbigen Wörtern	Score aus - Lesegenauigkeit von Wörtern und PW - Leseflüssigkeit von Wörtern und PW	- PA <sup>m</sup> - MA	<b>.17**</b>
Critten et al. (2021)	Englisch	- T1: 4,7 ( <i>N</i> = 101) - T2: 5,8 ( <i>n</i> = 93)	<sup>g</sup> T1: Wort-/Phrasen-/Satzebene, globales Maß aus <b>Betonung, Intonation, Timing</b> : - Unterscheidung zwischen Komposita und zwei Wörtern - Wahrnehmung korrekter und inkorrekt Betonung auf Wortebene - Unterscheidung zwischen Frage und Aussage auf Satzebene - Wahrnehmung des Betonungsmusters zweier Phrasen/Wörter und Zuordnung zu einem <i>BAbA</i> -Betonungsmuster	T2: Lesegenauigkeit (Wörter)	T1: - rezeptiver Wortschatz - PA <sup>f</sup> - PAP - MA	keine Prüfung eines möglichen direkten Effekts: PS wirkt <b>indirekt</b> über PA <sup>f</sup> , Wortschatz und MA (über Wortschatz) auf PAP, welche einen direkten Effekt auf das Lesen zeigt

Tabelle A.1 (Fortsetzung)

STUDIE	ORTHO- GRAPHIE	MITTLERES ALTER IN JAHREN (STICHPROBEN- GRÖßE)	PS-MESSUNG	LESE-MESSUNG	KONTROLLIERTE VARIABLEN	β-KOEFFIZIENT FÜR DIREKTEN PS-LESEN- EFFEKT
Enderby et al. (2021)	Englisch ( <i>n</i> = 13 = bilingual)	8,4 ( <i>N</i> = 70)	<sup>b</sup> Phrasenebene: Wahrnehmung des <b>Betonungsmusters</b> einer Phrase und Zuordnung zu einem von zwei <i>DEEdee-</i> <b>Betonungsmustern</b>	Lesegenauigkeit von hochfrequenten, mehrsilbigen Wörtern	- Alter - produktiver Wortschatz - nonverbale Intelligenz - AG <sup>ph</sup> - PA <sup>m</sup> - MA	<b>.17*</b>

*Anmerkung.* Eine Zusammenfassung der hier aufgeführten Studien, welche vor dem Jahr 2014 veröffentlicht wurden, findet sich in Wade-Woolley und Heggie (2016). Die Kategorisierung der in den Studien verwendeten Arbeitsgedächtnistests erfolgte nach dem Arbeitsgedächtnismodell von Baddeley und Hitch (1974). PS = Prosodische Sensitivität; PW = Pseudowörter; PA = Phonologische Bewusstheit; PA<sup>rp</sup> = Score aus PA auf Reimebene und PA auf Phonemebene; *ns* = statistisch nicht signifikant; PA<sup>r</sup> = PA auf Reimebene; PA<sup>p</sup> = PA auf Phonemebene; AG = Arbeitsgedächtnis; AG<sup>ze</sup> = Zentral-exekutives AG; MA = Morphologische Bewusstheit; AG<sup>ph</sup> = Phonologisches AG; KG = Kontrollgruppe; ART = Amplitudenanstiegszeit; T1 = Testzeitpunkt 1; T2 = Testzeitpunkt 2; PA<sup>m</sup> = PA auf Silben-, (Reim-) und Phonemebene; RAN = Benennungsgeschwindigkeit.

<sup>a</sup> *Compound Noun task* (aus: Profiling Elements of Prosodic Systems; Wells & Peppé, 2003). <sup>b</sup> originaler oder adaptierter *DEEdee task* (Kitzen, 2001; Whalley & Hansen, 2006). <sup>c</sup> originaler, adaptierter oder überarbeiteter *Mispronunciation task* (Wood, 2006). <sup>d</sup> originaler oder adaptierter *Stress Contour Discrimination task* (Wood & Terrell, 1998). <sup>e</sup> *Dina the Diver task* (Holliman, Williams, et al., 2014). <sup>f</sup> Version eines *Stress assignment tasks*. <sup>g</sup> *Brenda's Animal Park task* basierend auf <sup>a, b, c, e</sup> (Holliman, 2016a).

\*  $p < .05$ . \*\*  $p < .01$ . <sup>z</sup> keine Angabe über die Höhe des signifikanten  $p$ -Werts.



Tabelle A.2

## Neue deutsche Studien zum PS-Lesen-Effekt

STUDIE	ORTHO- GRAPHIE	MITTLERES ALTER IN JAHREN (STICHPROBEN- GRÖßE)	PS-MESSUNG	LESE-MESSUNG	KONTROLLIERTE VARIABLEN	β-KOEFFIZIENT FÜR DIREKTEN PS-LESEN- EFFEKT
<b>STUDIE 1:</b> Oberfell et al. (2021)	Deutsch	Musiker*innen: 24,8 ( $n = 30$ ), Nicht- Musiker*innen: 23,0 ( $n = 30$ )	<sup>a</sup> Satzebene, Score aus der Wahrnehmung der <b>Betonungsmuster</b> von - Klaviersequenzen - Pseudowortsätzen - Realwortsätzen mit Abruf möglicher <b>Betonungsmuster</b> geschriebener Realwortsätze	Score aus Leseflüssigkeit von - Wörtern - PW	- Alter - PA <sup>P</sup>	gesamte Stichprobe: <b>.25*</b>
<b>STUDIE 2:</b> Oberfell et al. (2022)	Deutsch	26,0 ( $N = 138$ )	<sup>a</sup> Satzebene, Score aus der Wahrnehmung der <b>Betonungsmuster</b> von - Pseudowortsätzen - Realwortsätzen mit Abruf möglicher <b>Betonungsmuster</b> geschriebener Realwortsätze	Score aus Leseflüssigkeit von - Wörtern - PW - niedrigfrequenten, mehrsilbigen Wörtern	PA <sup>P</sup>	<b>.33**</b>
Schmidt et al. (2022)	Deutsch	8,6 ( $N = 207$ )	<sup>a</sup> Satzebene, Wahrnehmung der <b>Betonungsmuster</b> von Klaviersequenzen mit Abruf möglicher <b>Betonungsmuster</b> geschriebener Realwortsätze	a) Lesegeschwindigkeit auf Satzebene (mit semantischem Zugriff) b) Leseflüssigkeit von Wörtern c) Leseflüssigkeit von PW	- PA <sup>P</sup> - (nonverbale Intelligenz)	<b>.16*</b> (Sätze), .10 (Wörter), .02 (PW)

Anmerkung. PS = Prosodische Sensitivität; PW = Pseudowörter; PA<sup>P</sup> = Phonologische Bewusstheit auf Phonemebene.

<sup>a</sup> *Piano task* (Sauter et al., 2012) und/oder Erweiterung (Schmidt et al., 2016).

\*  $p < .05$ . \*\*  $p < .01$ .

## Anhang B

### Spoonerisms

**Tabelle B.1**

*Items der ins Deutsche adaptierten „Spoonerisms“-Aufgabe*

ITEMS	ZIELITEMS		SILBENANZAHL
Übung			
Mark Zuckerberg	Zark	Muckerberg	4
Friedrich Schiller	Schriedrich	Filler	4
Test			
Thomas Müller	Momas	Tüller	4
Helmut Kohl	Kelmut	Hohl	3
Marlene Dietrich	Darlene	Mietrich	5
Robert Koch	Kobert	Roch	3
Wilhelm Busch	Bilhelm	Wusch	3
Günther Jauch	Jünther	Gauch	3
Franz Beckenbauer <sup>18</sup>	Branz	Feckenbauer	5
Claudia Schiffer	Schlaudia	Ciffer	5
Gerhard Schröder	Scherhard	Gröder	4

Die *Spoonerisms*-Aufgabe basiert auf der englischsprachigen Version des Untertests *Spoonerisms* aus der *York Adult Assessment Battery-Revised* (YAA-R; Warmington et al., 2012) und wurde für die Studie 2 in das Deutsche adaptiert.

Durchführung: Die Testperson hört den vollständigen Namen einer berühmten Persönlichkeit über Kopfhörer. Aufgabe ist es, den Vor- und Nachnamen so schnell wie möglich mit vertauschten Anfangslauten zu wiederholen. Zur randomisierten Darbietung der Testitems, Messung der Antwortgeschwindigkeiten der Testperson sowie Bewertung der Antworten wird die Aufgabe mit dem Programm *OpenSesame* (Mathôt et al., 2012) präsentiert. Zusätzlich werden die Antworten der Testperson aufgenommen.

Auswertung: Pro richtiger Manipulation (Vor- oder Nachname) wird ein Punkt vergeben (maximal zwei Punkte pro Item). Berichtet wird ein zusammengesetzter Faktorscore aus Antwortzeit pro richtiger Antwort.

<sup>18</sup> Die drei untersten Testitems in der Tabelle beinhalten Konsonantencluster zu Beginn des Vor- bzw. Nachnamens und führten zu einer niedrigen internen Konsistenz der Itemskala. Diese Testitems wurden nachträglich ausgeschlossen.

**Anhang C****Long Word Reading****Tabelle C.1***Eigenschaften des Wortmaterials des Lesetests „Long word reading“*

Spalte	Buchstabenanzahl		Silbenanzahl		Wortfrequenz	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
1	9.82	.81	3.18	.73	13.38	.52
2	12.00	.87	4.00	.50	9.05	.31
3	12.53	1.18	4.35	.49	7.22	.20
4	13.00	.79	4.59	.80	5.07	.29
5	13.41	.51	4.94	1.03	3.07	.28
6	13.88	.93	5.18	.73	2.07	.29
7	14.65	.49	6.06	.56	.98	.37

Die Tabelle zeigt die ansteigende Buchstaben- und Silbenanzahl sowie die abnehmende Wortfrequenz (Angabe pro eine Million Wörter; Heister et al., 2011) über die zu lesenden Spalten der Wortliste des in Anlehnung an den Ein-Minuten-Lese-flüssigkeitstest des SLRT-II (Moll & Landerl, 2014) selbstentwickelten Lesetests *Long word reading*.

**Anhang D**

**TDL-ProsT**

Der TDL-ProsT (Tonhöhe-Dauer-Lautstärke-Prosodie-Test) setzt sich aus drei Untertests zusammen, die anhand des Programms *OpenSesame* (Mathôt et al., 2012) randomisiert vorgegeben werden. Alle drei Untertests folgen dem gleichen Aufbau (siehe Tabelle D.1). Die Testperson sieht einen geschriebenen Satz (Item) auf dem Bildschirm. Gleichzeitig wird ihr dieser Satz zweimal über Kopfhörer vorgespielt. Eine Silbe im Satz ist rot markiert. Diese Silbe wird entweder beim ersten oder beim zweiten Mal (randomisierte Vorgabe) in manipulierter Form im Satzkontext präsentiert. Im Untertest *Tonhöhe* erfolgt die Manipulation durch ein Anheben der Grundfrequenz, im Untertest *Dauer* durch eine Verlängerung der Silbendauer und im Untertest *Lautstärke* durch eine Erhöhung der Intensität. Die jeweils zwei anderen Parameter entsprechen der Silbe im Ausgangssatz. Die Testperson muss entscheiden, ob die rot markierte Silbe in der ersten oder zweiten Präsentation höher bzw. länger bzw. lauter artikuliert wurde. Alle Sätze wurden von einem geschulten Sprecher gesprochen. Die Manipulation der Items erfolgte mittels *Praat* (Boersma & Weenink, 2019). Jeder Untertest beinhaltet acht Levels mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad, d. h. der Tonhöhen-, Längen- bzw. Lautstärkeunterschied zwischen manipulierter Silbe und Originalsilbe wird mit ansteigendem Level kleiner. Auf jedem Level werden alle fünf Items randomisiert vorgegeben. Im Rahmen der Pilotierung an  $N = 137$  Erwachsenen ohne Hörbeeinträchtigung wurde der Anteil richtiger Bewertungen pro Untertest und pro Level ausgewertet (Tabelle D.2).

**Tabelle D.1**

*Aufbau des „TDL-ProsT“*

UNTERTESTS	LEVEL PRO UNTERTEST	ITEMS PRO LEVEL	MANIPULATION
Tonhöhe Dauer Lautstärke	Level 1-8	Übungsitem: Der Pulli ist <b>blau</b> . Item 2: Wir brauchen noch <b>Mehl</b> . Item 3: Er kauft die <b>Rose</b> . Item 4: Tom nimmt den <b>Wagen</b> . Item 5: Sie ist <b>geblieben</b> . Item 6: Das ist <b>erlogen</b> .	Tonhöhe: 45 Hz – 3 Hz (in 6 Hz-Schritten) Dauer: 1,575fache – 1,050fache Dauer (in 0,075 Schritten) Lautstärke: 14 dB – 3,5 dB (in 1,5 dB-Schritten)

*Anmerkung.* Das Übungsitem wird ausschließlich in Level 1 präsentiert. Die fett markierten Silben entsprechen den manipulierten Silben.

**Tabelle D.2***Anteil richtiger Bewertungen pro Untertest und pro Level*

Level	Tonhöhe				Dauer				Lautstärke			
	<i>M</i>	<i>SD</i>	Min	Max	<i>M</i>	<i>SD</i>	Min	Max	<i>M</i>	<i>SD</i>	Min	Max
1	.94	.13	.00	1.00	.97	.07	.60	1.00	.94	.13	.20	1.00
2	.95	.13	.20	1.00	.99	.06	.60	1.00	.95	.12	.00	1.00
3	.92	.14	.20	1.00	.97	.08	.60	1.00	.96	.11	.00	1.00
4	.89	.17	.40	1.00	.95	.12	.40	1.00	.95	.12	.20	1.00
5	.88	.16	.40	1.00	.88	.16	.40	1.00	.96	.12	.00	1.00
6	.81	.20	.40	1.00	.80	.22	.00	1.00	.95	.12	.40	1.00
7	.74	.22	.20	1.00	.69	.22	.20	1.00	.92	.14	.20	1.00
8	.56	.24	.00	1.00	.54	.22	.00	1.00	.88	.18	.20	1.00

## Anhang E

### DST-D

Der DST-D (Derivational Suffix Task – Deutsch) für deutschsprachige Erwachsene basiert in seiner Grundidee auf dem DST (Derivational Suffix Task), welcher von Wilson-Fowler und Apel (2015) zur Messung der morphologischen Bewusstheit bei englischsprachigen Studierenden entwickelt wurde. Aufgabe ist die Verwendung von Derivationsuffixen wie z. B. *-heit* oder *-ung* bei der Nominalisierung von Adjektiven bzw. Verben sowie die Identifizierung des ursprünglichen Adjektivs in einem nominalisierten Adjektiv. Im Gegensatz zur englischsprachigen Version werden anstelle von Realwörtern PW präsentiert, die entsprechend des Satzkontexts abgeleitet werden müssen (siehe Tabelle E.1). Durch die Verwendung von PW soll der Einfluss der Wortfrequenz auf die Itembearbeitung ausgeschlossen werden. Zudem wird angenommen, dass morphologisches Wissen implizit abgerufen werden muss und zumindest ein direkter Einfluss des Wortschatzes reduziert wird. Die Durchführung der Aufgabe erfolgt computerbasiert. Die Bewertung der Antworten folgt den Mustern zur Nominalisierung von Adjektiven und Verben (Szigeti, 2017). Im Rahmen der Pilotierung an  $N = 135$  deutschsprachigen Erwachsenen wurden im Durchschnitt 8,1 ( $SD = 2.36$ ,  $Min = 1$ ,  $Max = 12$ ) von 12 Testitems korrekt beantwortet.

#### Tabelle E.1

##### Beispielhafte Darlegung einiger Testitems des DST-D

DERIVATIONSFORM	BEISPIELAUFGABE	BEISPIEL FÜR EINE KORREKTE ANTWORT
Adjektiv → Nomen	Svens Frau ist sehr <b>tors</b> . Diese _____ ist aber nichts Ungewöhnliches.	Torsheit
Verb → Nomen	Morgen können wir endlich wieder <b>fruben</b> . Auf der letzten _____ hatten wir viel Spaß.	Frubung
Nomen → Adjektiv	Die <b>Prämheit</b> des Babys ist unübertrefflich. Nicht alle Babys sind so _____ wie dieses.	präm

*Anmerkung.* Die Instruktion lautet: „Jede Aufgabe besteht aus einem Satz und einem Lückensatz. Verändere das fettgedruckte Pseudowort im Satz so, dass es in die Lücke des Lückensatzes passt. Du musst das fettgedruckte Pseudowort dafür verändern. Setze bitte nur ein Wort pro Lücke ein (keine Phrase). Es können mehrere Antworten korrekt sein. Wähle die am besten passendste.“

**Literaturverzeichnis**

- Anvari, S. H., Trainor, L. J., Woodside, J., & Levy, B.A. (2002). Relations among musical skills, phonological processing, and early reading ability in preschool children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 83(2), 111–130.  
[https://doi.org/10.1016/S0022-0965\(02\)00124-8](https://doi.org/10.1016/S0022-0965(02)00124-8)
- Arciuli, J. (2017). The relationship between children’s sensitivity to dominant and non-dominant patterns of lexical stress and reading accuracy. *Journal of Experimental Child Psychology*, 157, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2016.11.016>
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working memory. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* (Vol. 8, pp. 47–90). Academic Press.
- Banai, K., & Ahissar, M. (2013). Musical experience, auditory perception and reading-related skills in children. *PLoS ONE*, 8(9), Article e75876.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0075876>
- Barry, J. G., Harbott, S., Cantiani, C., Sabisch, B., & Zobay, O. (2012). Sensitivity to lexical stress in dyslexia: A case of cognitive not perceptual stress. *Dyslexia*, 18(3), 139–165.  
<https://doi.org/10.1002/dys.1440>
- Beyermann, S. (2013). Orthographic cues to word stress in German: Word endings and number of final consonant letters. *Written Language & Literacy*, 16(1), 32–59.  
<https://doi.org/10.1075/wll.16.1.02bey>
- Beyermann, S., & Penke, M. (2014). Word stress in German single word reading. *Reading Psychology*, 35(6), 557–600. <https://doi.org/10.1080/02702711.2013.790325>
- Bishop-Liebler, P., Welch, G., Huss, M., Thomson, J. M., & Goswami, U. (2014). Auditory temporal processing skills in musicians with dyslexia. *Dyslexia*, 20(3), 261–279.  
<https://doi.org/10.1002/dys.1479>
- Boersma, P., & Weenink, D. (2019). *Praat: Doing phonetics by computer* (Version 6.0.54) [Computer software]. <http://www.praat.org>
- Brown, G. D. A., & Loosemore, R. P. W. (1994). Computational approaches to normal and impaired spelling. In G. D. A. Brown & N. C. Ellis (Eds.), *Handbook of spelling: Theory, process and intervention* (pp. 319–335). John Wiley & Sons.
- Browne, M. W., & Cudeck, R. (1993). Alternative ways of assessing model fit. In K. A. Bollen & J. S. Long (Eds.), *Testing structural equation models* (pp. 136–162). SAGE Publications.

- Bußmann, H. (2008). *Lexikon der Sprachwissenschaft* (4., durchgesehene und bibliographisch ergänzte Aufl. unter Mitarbeit von Hartmut Lauffer). Alfred Kröner Verlag.
- Calet, N., Gutiérrez-Palma, N., Defior, S., & Jiménez-Fernández, G. (2019). Linguistic and non-linguistic prosodic skills in Spanish children with developmental dyslexia. *Research in Developmental Disabilities, 90*, 92–100.  
<https://doi.org/10.1016/j.ridd.2019.04.013>
- Calet, N., Gutiérrez-Palma, N., Simpson, I. C., González-Trujillo, M. C., & Defior, S. (2015). Suprasegmental phonology development and reading acquisition: A longitudinal study. *Scientific Studies of Reading, 19*(1), 51–71.  
<https://doi.org/10.1080/10888438.2014.976342>
- Chan, J. S., & Wade-Woolley, L. (2018). Explaining phonology and reading in adult learners: Introducing prosodic awareness and executive functions to reading ability. *Journal of Research in Reading, 41*(1), 42–57. <https://doi.org/10.1111/1467-9817.12083>
- Chan, J. S., Wade-Woolley, L., Heggie, L., & Kirby, J. R. (2020). Understanding prosody and morphology in school-age children's reading. *Reading and Writing, 33*, 1295–1324.  
<https://doi.org/10.1007/s11145-019-10005-4>
- Chard, D. J., Vaughn, S., & Tyler, B.-J. (2002). A synthesis of research on effective interventions for building reading fluency with elementary students with learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities, 35*(5), 386–406.  
<https://doi.org/10.1177/00222194020350050101>
- Chiat, S. (1983). Why Mikey's right and my key's wrong: The significance of stress and word boundaries in a child's output system. *Cognition, 14*(3), 275–300.  
[https://doi.org/10.1016/0010-0277\(83\)90007-0](https://doi.org/10.1016/0010-0277(83)90007-0)
- Clin, E., Wade-Woolley, L., & Heggie, L. (2009). Prosodic sensitivity and morphological awareness in children's reading. *Journal of Experimental Child Psychology, 104*(2), 197–213. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2009.05.005>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Coltheart, M. (2005). Modeling reading: The dual-route approach. In M. J. Snowling & C. Hulme (Eds.), *The science of reading: A handbook* (pp. 6–23). Blackwell Publishing.  
<https://doi.org/10.1002/9780470757642.ch1>
- Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Langdon R., & Ziegler, J. (2001). DRC: A dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review, 108*(1), 204–256. <https://doi.org/10.1037/0033-295x.108.1.204>



- Cooper, P. K. (2020). It's all in your head: A meta-analysis on the effects of music training on cognitive measures in schoolchildren. *International Journal of Music Education*, 38(3), 321–336. <https://doi.org/10.1177/0255761419881495>
- Corrigall, K. A., & Trainor, L. J. (2011). Associations between length of music training and reading skills in children. *Music Perception*, 29(2), 147–155. <https://doi.org/10.1525/mp.2011.29.2.147>
- Corriveau, K. H., Goswami, U., & Thomson, J. M. (2010). Auditory processing and early literacy skills in a preschool and kindergarten population. *Journal of Learning Disabilities*, 43(4), 369–382. <https://doi.org/10.1177/0022219410369071>
- Corriveau, K., Pasquini, E., & Goswami, U. (2007). Basic auditory processing skills and specific language impairment: A new look at an old hypothesis. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 50(3), 647–666. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2007/046\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2007/046))
- Critten, S., Holliman, A. J., Hughes, D. J., Wood, C., Cunnane, H., Pillinger, C., & Deacon, S. H. (2021). A longitudinal investigation of prosodic sensitivity and emergent literacy. *Reading and Writing*, 34, 371–389. <https://doi.org/10.1007/s11145-020-10077-7>
- Cuetos, F., Martínez-García, C., & Suárez-Coalla, P. (2018). Prosodic perception problems in Spanish dyslexia. *Scientific Studies of Reading*, 22(1), 41–54. <https://doi.org/10.1080/10888438.2017.1359273>
- Cutler, A., & Carter, D. M. (1987). The predominance of strong initial syllables in the English vocabulary. *Computer Speech and Language*, 2(3–4), 133–142. [https://doi.org/10.1016/0885-2308\(87\)90004-0](https://doi.org/10.1016/0885-2308(87)90004-0)
- Cutler, A., & Mehler, J. (1993). The periodicity bias. *Journal of Phonetics*, 21(1–2), 103–108. [https://doi.org/10.1016/S0095-4470\(19\)31323-3](https://doi.org/10.1016/S0095-4470(19)31323-3)
- Cutler, A., & Norris, D. (1988). The role of strong syllables in segmentation for lexical access. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 14(1), 113–121. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.14.1.113>
- Daelemans, W., Gillis, S., & Durieux, G. (1994). The acquisition of stress: A data-oriented approach. *Computational Linguistics*, 20(3), 421–451.
- Deacon, S. H., Holliman, A. J., Dobson, G. J., & Harrison, E. C. J. (2018). Assessing direct contributions of morphological awareness and prosodic sensitivity to children's word reading and reading comprehension. *Scientific Studies of Reading*, 22(6), 527–534. <https://doi.org/10.1080/10888438.2018.1483376>

- de Bree, E., & Wijnen, F. (2016). Word stress competence and literacy in Dutch children with a family risk of dyslexia and children with dyslexia. In J. Thomson & L. Jarmulowicz (Eds.), *Linguistic rhythm and literacy* (pp. 135–161). John Benjamins Publishing Company. <https://doi.org/10.1075/tilar.17>
- Defior, S., Gutiérrez-Palma, N., & Cano-Marín, M. J. (2012). Prosodic awareness skills and literacy acquisition in Spanish. *Journal of Psycholinguistic Research*, *41*, 285–294. <https://doi.org/10.1007/s10936-011-9192-0>
- Deguchi, C., Boureux, M., Sarlo, M., Besson, M., Grassi, M., Schön, D., & Colombo, L. (2012). Sentence pitch change detection in the native and unfamiliar language in musicians and non-musicians: Behavioral, electrophysiological and psychoacoustic study. *Brain Research*, *1455*, 75–89. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2012.03.034>
- Dominguez, D. (1991). *Developing language through a musical program and its effect on the reading achievement of Spanish speaking migrant children* [Doctoral dissertation, Western Michigan University]. <https://scholarworks.wmich.edu/dissertations/2019>
- Dowhower, S. L. (1991). Speaking of prosody: Fluency's unattended bedfellow. *Theory Into Practice*, *30*(3), 165–175. <https://doi.org/10.1080/00405849109543497>
- Eisenberg, P. (2020). *Grundriss der deutschen Grammatik – Das Wort* (5., aktualisierte und überarbeitete Aufl.). J. B. Metzler. <https://doi.org/10.1007/978-3-476-05096-0>
- Elhassan, Z., Crewther, S. G., & Bavin, E. L. (2017). The contribution of phonological awareness to reading fluency and its individual sub-skills in readers aged 9- to 12-years. *Frontiers in Psychology*, *8*, Article 533. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00533>
- Enderby, J., Carroll, J., Tarczynski-Bowles, L., & Breadmore, H. (2021). The roles of morphology, phonology and prosody in reading and spelling multisyllabic words. *Applied Psycholinguistics*, *42*(4), 865–885. <https://doi.org/10.1017/S0142716421000096>
- Ennemoser, M., Marx, P., Weber, J., & Schneider, W. (2012). Spezifische Vorläuferfertigkeiten der Lesegeschwindigkeit, des Leseverständnisses und des Rechtschreibens. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, *44*(2), 53–67. <https://doi.org/10.1026/0049-8637/a000057>
- Féry, C. (1996). German foot and word stress in OT. In P. Bye, O. Lorentz, & C. Rice (Eds.), *Papers from the 2nd workshop on comparative Germanic phonology* (pp. 63–96). Universitet i Tromsø. Institutt for språk og litteratur.

- Féry, C. (2011). German sentence accents and embedded prosodic phrases. *Lingua*, *121*(13), 1906–1922. <https://doi.org/10.1016/j.lingua.2011.07.005>
- Findlay, J.M. (1978). Estimates on probability functions: A more virulent PEST. *Perception and Psychophysics*, *23*(2), 181–185. <https://doi.org/10.3758/BF03208300>
- Flaugnacco, E., Lopez, L., Terribili, C., Zoia, S., Buda, S., Tilli, S., Monasta, L., Montico, M., Sila, A., Ronfani, L., & Schön, D. (2014). Rhythm perception and production predict reading abilities in developmental dyslexia. *Frontiers in Human Neuroscience*, *8*, Article 392. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00392>
- Godde, E., Bosse, M.-L., & Bailly, G. (2020). A review of reading prosody acquisition and development. *Reading and Writing*, *33*, 399–426. <https://doi.org/10.1007/s11145-019-09968-1>
- Gokula, R., Sharma, M., Cupples, L., & Valderrama, J. T. (2019). Comorbidity of auditory processing, attention, and memory in children with word reading difficulties. *Frontiers in Psychology*, *10*, Article 2383. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02383>
- Goodman, I., Libenson, A., & Wade-Woolley, L. (2010). Sensitivity to linguistic stress, phonological awareness and early reading ability in preschoolers. *Journal of Research in Reading*, *33*(2), 113–127. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9817.2009.01423.x>
- Goswami, U. (2003). How to beat dyslexia: The broadbent lecture 2003. *The Psychologist*, *16*(9), 462–465. <https://thepsychologist.bps.org.uk/volume-16/edition-9/how-beat-dyslexia>
- Goswami, U. (2011). A temporal sampling framework for developmental dyslexia. *Trends in Cognitive Sciences*, *15*(1), 3–10. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.10.001>
- Goswami, U. (2015). Sensory theories of developmental dyslexia: Three challenges for research. *Nature Reviews Neuroscience*, *16*, 43–54. <https://doi.org/10.1038/nrn3836>
- Goswami, U., Gerson, D., & Astruc, L. (2010). Amplitude envelope perception, phonology and prosodic sensitivity in children with developmental dyslexia. *Reading and Writing*, *23*, 995–1019. <https://doi.org/10.1007/s11145-009-9186-6>
- Goswami, U., Huss, M., Mead, N., & Fosker, T. (2021). Auditory sensory processing and phonological development in high IQ and exceptional readers, typically developing readers, and children with dyslexia: A longitudinal study. *Child Development*, *92*(3), 1083–1098. <https://doi.org/10.1111/cdev.13459>

- Goswami, U., Huss, M., Mead, N., Fosker, T., & Verney, J. P. (2013). Perception of patterns of musical beat distribution in phonological developmental dyslexia: Significant longitudinal relations with word reading and reading comprehension. *Cortex*, *49*(5), 1363–1376. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2012.05.005>
- Goswami, U., Mead, N., Fosker, T., Huss, M., Barnes, L., & Leong, V. (2013). Impaired perception of syllable stress in children with dyslexia: A longitudinal study. *Journal of Memory and Language*, *69*(1), 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2013.03.001>
- Goswami, U., Thomson, J., Richardson, U., Stainthorp, R., Hughes, D., Rosen, S., & Scott, S. K. (2002). Amplitude envelope onsets and developmental dyslexia: A new hypothesis. *PNAS*, *99*(16), 10911–10916. <https://doi.org/10.1073/pnas.122368599>
- Grassegger, H. (2016). *Phonetik – Phonologie* (5., überarbeitete Aufl.). Schulz-Kirchner Verlag.
- Gromko, J. E. (2005). The effect of music instruction on phonemic awareness in beginning readers. *Journal of Research in Music Education*, *53*(3), 199–209. <https://doi.org/10.1177/002242940505300302>
- Gutiérrez-Palma, N., Defior, S., & Calet, N. (2016). Prosodic skills and literacy acquisition in Spanish. In J. Thomson & L. Jarmulowicz (Eds.), *Linguistic rhythm and literacy* (pp. 265–281). John Benjamins Publishing Company. <https://doi.org/10.1075/tilar.17>
- Gutiérrez-Palma, N., Defior, S., Jiménez-Fernández, G., Serrano, F., & González-Trujillo, M. C. (2016). Lexical stress awareness and orthographic stress in Spanish. *Learning and Individual Differences*, *45*, 144–150. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2015.11.026>
- Gutiérrez-Palma, N., Raya-García, M., & Palma-Reyes, A. (2009). Detecting stress patterns is related to children's performance on reading tasks. *Applied Psycholinguistics*, *30*(1), 1–21. <https://doi.org/10.1017/S0142716408090012>
- Habib, M., Lardy, C., Desiles, T., Commeiras, C., Chobert, J., & Besson, M. (2016). Music and dyslexia: A new musical training method to improve reading and related disorders. *Frontiers in Psychology*, *7*, Article 26. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00026>
- Hämäläinen, J. A., Salminen, H. K., & Leppänen, P. H. T. (2012). Basic auditory processing deficits in dyslexia: Systematic review of the behavioral and event-related potential/field evidence. *Journal of Learning Disabilities*, *46*(5), 413–427. <https://doi.org/10.1177/0022219411436213>

- Harrison, E., & Wood, C. (2016). Towards a speech rhythm-based reading intervention. In J. Thomson & L. Jarmulowicz (Eds.), *Linguistic rhythm and literacy* (pp. 77–98). John Benjamins Publishing Company. <https://doi.org/10.1075/tilar.17>
- Harrison, E., Wood, C., Holliman, A. J., & Vousden, J. I. (2018). The immediate and longer-term effectiveness of a speech-rhythm-based reading intervention for beginning readers. *Journal of Research in Reading, 41*(1), 220–241. <https://doi.org/10.1111/1467-9817.12126>
- Heister, J., Würzner, K.-M., Bubbenzer, J., Pohl, E., Hanneforth, T., Geyken, A., & Kliegl, R. (2011). dlexDB – Eine lexikalische Datenbank für die psychologische und linguistische Forschung. *Psychologische Rundschau, 62*(1), 10–20. <https://doi.org/10.1026/0033-3042/a000029>
- Hofmann, M. J., Stenneken, P., Conrad, M., & Jacobs, A. M. (2007). Sublexical frequency measures for orthographic and phonological units in German. *Behavior Research Methods, 39*(3), 620–629. <https://doi.org/10.3758/BF03193034>
- Holliman, A. J. (2016a). *Speech rhythm sensitivity in pre-readers: What role does it have in reading acquisition?* Nuffield Foundation. [http://www.nuffieldfoundation.org/sites/default/files/files/Publicly\\_Available\\_Report\\_AJHolliman\\_Feb\\_2016.pdf](http://www.nuffieldfoundation.org/sites/default/files/files/Publicly_Available_Report_AJHolliman_Feb_2016.pdf)
- Holliman, A. J. (2016b). Suprasegmental phonology and early reading development: Examining the relative contribution of sensitivity to stress, intonation, and timing. In J. Thomson & L. Jarmulowicz (Eds.), *Linguistic rhythm and literacy* (pp. 25–50). John Benjamins Publishing Company. <https://doi.org/10.1075/tilar.17>
- Holliman, A. J., Critten, S., Lawrence, T., Harrison, E., Wood, C., & Hughes, D. (2014). Modeling the relationship between prosodic sensitivity and early literacy. *Reading Research Quarterly, 49*(4), 469–482. <https://doi.org/10.1002/rrq.82>
- Holliman, A. J., Gutiérrez-Palma, N., Critten, S., Wood, C., Cunnane, H., & Pillinger, C. (2017). Examining the independent contribution of prosodic sensitivity to word reading and spelling in early readers. *Reading and Writing, 30*, 509–521. <https://doi.org/10.1007/s11145-016-9687-z>
- Holliman, A. J., Mundy, I. R., Wade-Woolley, L., Wood, C., & Bird, C. (2017). Prosodic awareness and children’s multisyllabic word reading. *Educational Psychology, 37*(10), 1222–1241. <https://doi.org/10.1080/01443410.2017.1330948>

- Holliman, A. J., Williams, G. J., Mundy, I. R., Wood, C., Hart, L., & Waldron, S. (2014). Beginning to disentangle the prosody-literacy relationship: A multi-component measure of prosodic sensitivity. *Reading and Writing, 27*, 255–266. <https://doi.org/10.1007/s11145-013-9443-6>
- Holliman, A. J., Wood, C., & Sheehy, K. (2008). Sensitivity to speech rhythm explains individual differences in reading ability independently of phonological awareness. *British Journal of Developmental Psychology, 26*(3), 357–367. <https://doi.org/10.1348/026151007X241623>
- Holliman, A. J., Wood, C., & Sheehy, K. (2010a). The contribution of sensitivity to speech rhythm and non-speech rhythm to early reading development. *Educational Psychology, 30*(3), 247–267. <https://doi.org/10.1080/01443410903560922>
- Holliman, A. J., Wood, C., & Sheehy, K. (2010b). Does speech rhythm sensitivity predict children's reading ability 1 year later? *Journal of Educational Psychology, 102*(2), 356–366. <https://doi.org/10.1037/a0018049>
- Holliman, A. J., Wood, C., & Sheehy, K. (2012). A cross-sectional study of prosodic sensitivity and reading difficulties. *Journal of Research in Reading, 35*(1), 32–48. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9817.2010.01459.x>
- Holz, H., Brandelik, K., Brandelik, J., Beuttler, B., Kirsch, A., Heller, J., & Meurers, D. (2017). Prosodiya – A mobile game for German dyslexic children. In J. Dias, P. A. Santos, & R. C. Veltkamp (Eds.), *Games and Learning Alliance. GALA 2017. Lecture Notes in Computer Science* (Vol. 10653, pp. 73–82). Springer. [http://doi.org/10.1007/978-3-319-71940-5\\_7](http://doi.org/10.1007/978-3-319-71940-5_7)
- Holz, H., Ninaus, M., Beuttler, B., Brandelik, K., & Meurers, D. (2020). *A digital game-based training improves spelling in German primary school children – A randomized controlled field trial*. University of Tübingen. <https://prosodiya.de/wp-content/uploads/2020/11/Holz-et-al.-2020-A-Digital-Game-Based-Training-Improves-Spelling-in-German-Primary-School-Children-A-Randomized-Controlled-Field-T.pdf>
- Hu, L. T., & Bentler, P. M. (1999). 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>
- Huss, M., Verney, J. P., Fosker, T., Mead, N., & Goswami, U. (2011). Music, rhythm, rise time perception and developmental dyslexia: Perception of musical meter predicts reading and phonology. *Cortex, 47*(6), 674–689. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2010.07.010>

- Jackson, N. E., & Coltheart, M. (2001). *Routes to reading success and failure: Toward an integrated cognitive psychology of atypical reading*. Psychology Press.
- Jarmulowicz, L. D. (2002). English derivational suffix frequency and children's stress judgments. *Brain and Language*, 81(1–3), 192–204.  
<https://doi.org/10.1006/brln.2001.2517>
- Jarmulowicz, L., Taran, V. L., & Hay, S. E. (2007). Third graders' metalinguistic skills, reading skills, and stress production in derived English words. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 50(6), 1593–1605. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2007/107\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2007/107))
- Jiménez, J. F. (1995). Prueba de Conciencia Fonológica [Test of Phonological Awareness]. In J. Jiménez & M. Oritz (Eds.), *Conciencia fonológica y aprendizaje de la lectura: Teoría, evaluación e intervención* (pp. 74–78). Síntesis.
- Jiménez-Fernández, G., Gutiérrez-Palma, N., & Defior, S. (2015). Impaired stress awareness in Spanish children with developmental dyslexia. *Research in Developmental Disabilities*, 37, 152–161. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2014.11.002>
- Kim, Y.-S. G., & Petscher, Y. (2016). Prosodic sensitivity and reading: An investigation of pathways of relations using a latent variable approach. *Journal of Educational Psychology*, 108(5), 630–645. <https://doi.org/10.1037/edu0000078>
- Kitzen, K. R. (2001). *Prosodic sensitivity, morphological ability, and reading ability in young adults with and without childhood histories of reading difficulty* (Publication No. 3005743) [Doctoral dissertation, Columbia University]. ProQuest Dissertations & Theses Global.
- Klicpera, C., & Schabmann, A. (1993). Do German-speaking children have a chance to overcome reading and spelling difficulties? A longitudinal survey from the second until the eighth grade. *European Journal of Psychology of Education*, 8, 307–323. <https://doi.org/10.1007/BF03174084>
- Klicpera, C., Schabmann, A., Gasteiger-Klicpera, B., & Schmidt, B. (2020). *Legasthenie – LRS* (6., aktualisierte Aufl.). Reinhardt.
- Kraus, N., & Chandrasekaran, B. (2010). Music training for the development of auditory skills. *Nature Reviews Neuroscience*, 11, 599–605. <https://doi.org/10.1038/nrn2882>
- Kuhn, M. R., & Stahl, S. A. (2003). Fluency: A review of developmental and remedial practices. *Journal of Educational Psychology*, 95(1), 3–21.  
<https://doi.org/10.1037/0022-0663.95.1.3>

- Landerl, K., Freudenthaler, H. H., Heene, M., De Jong, P. F., Desrochers, A., Manolitsis, G., Parrila, R., & Georgiou, G. K. (2019). Phonological awareness and rapid automatized naming as longitudinal predictors of reading in five alphabetic orthographies with varying degrees of consistency. *Scientific Studies of Reading, 23*(3), 220–234. <https://doi.org/10.1080/10888438.2018.1510936>
- Landerl, K., & Wimmer, H. (2008). Development of word reading fluency and spelling in a consistent orthography: An 8-year follow-up. *Journal of Educational Psychology, 100*(1), 150–161. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.100.1.150>
- Leong, V., Hämäläinen, J., Soltész, F., & Goswami, U. (2011). Rise time perception and detection of syllable stress in adults with developmental dyslexia. *Journal of Memory and Language, 64*(1), 59–73. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2010.09.003>
- Lin, C. Y., Wang, M., Newman, R. S., & Li, C. (2018). The development of stress sensitivity and its contribution to word reading in school-aged children. *Journal of Research in Reading, 41*(2), 259–277. <https://doi.org/10.1111/1467-9817.12094>
- Lochrin, M., Arciuli, J., & Sharma, M. (2015). Assessing the relationship between prosody and reading outcomes in children using the PEPS-C. *Scientific Studies of Reading, 19*(1), 72–85. <https://doi.org/10.1080/10888438.2014.976341>
- Loidl, A., Schmidt, B. M., & Schabmann, A. (2012, July). *Do 2nd and 4th year German speaking students use syllable-structures in decoding?* [Poster presentation]. Nineteenth Annual Meeting Society for the Scientific Study of Reading, Montreal, Canada.
- Loui, P., Kroog, K., Zuk, J., Winner, E., & Schlaug, G. (2011). Relating pitch awareness to phonemic awareness in children: Implications for tone-deafness and dyslexia. *Frontiers in Psychology, 2*, Article 111. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00111>
- Magne, C., Schön, D., & Besson, M. (2006). Musician children detect pitch violations in both music and language better than nonmusician children: Behavioral and electrophysiological approaches. *Journal of Cognitive Neuroscience, 18*(2), 199–211. <https://doi.org/10.1162/jocn.2006.18.2.199>
- Mathôt, S., Schreij, D., & Theeuwes, J. (2012). OpenSesame: An open-source, graphical experiment builder for the social sciences. *Behavior Research Methods, 44*, 314–324. <https://doi.org/10.3758/s13428-011-0168-7>
- Micheyl, C., Delhommeau, K., Perrot, X., & Oxenham, A. J. (2006). Influence of musical and psychoacoustical training on pitch discrimination. *Hearing Research, 219*(1–2), 36–47. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2006.05.004>



- Moll, K., & Landerl, K. (2014). *SLRT-II: Lese- und Rechtschreibtest; Weiterentwicklung des Salzburger Lese- und Rechtschreibtests (SLRT)* (2., korrigierte Aufl. mit erweiterten Normen). Hogrefe.
- Monaghan, P., Arciuli, J., & Seva, N. (2016). Cross-linguistic evidence for probabilistic orthographic cues to lexical stress. In J. Thomson & L. Jarmulowicz (Eds.), *Linguistic rhythm and literacy* (pp. 215–236). John Benjamins Publishing Company.  
<https://doi.org/10.1075/tilar.17>
- Moreno, S., Marques, C., Santos, A., Santos, M., Castro, S. L., & Besson, M. (2009). Musical training influences linguistic abilities in 8-year-old children: More evidence for brain plasticity. *Cerebral Cortex*, *19*(3), 712–723. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhn120>
- Morton, J., Marcus, S., & Frankish, C. (1976). Perceptual centers (P-centers). *Psychological Review*, *83*(5), 405–408. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.83.5.405>
- Mundy, I. R., & Carroll, J. M. (2012). Speech prosody and developmental dyslexia: Reduced phonological awareness in the context of intact phonological representations. *Journal of Cognitive Psychology*, *24*(5), 560–581.  
<https://doi.org/10.1080/20445911.2012.662341>
- Mundy, I. R., & Carroll, J. M. (2016). Which prosodic skills are related to reading ability in adulthood? In J. Thomson & L. Jarmulowicz (Eds.), *Linguistic rhythm and literacy* (pp. 51–75). John Benjamins Publishing Company. <https://doi.org/10.1075/tilar.17>
- Nespor, M., & Vogel, I. (2007). *Prosodic phonology: With a new foreword*. Mouton de Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110977790>
- Nikjeh, D. A., Lister, J. J., & Frisch, S. A. (2009). Preattentive cortical-evoked responses to pure tones, harmonic tones, and speech: Influence of music training. *Ear and Hearing*, *30*(4), 432–446. <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e3181a61bf2>
- Obergfell, A. L., Schabmann, A., & Schmidt, B. M. (2022). The relationship between basic auditory processing, prosodic sensitivity and reading in German adults. *Journal of Research in Reading*, *45*(1), 119–136. <https://doi.org/10.1111/1467-9817.12387>
- Obergfell, A. L., Schmidt, B. M., Stenneken, P., Wittemann S. K., & Schabmann, A. (2021). Prosodic sensitivity and reading fluency of musicians and non-musicians. *Reading and Writing*, *34*, 887–909. <https://doi.org/10.1007/s11145-020-10096-4>
- Overy, K. (2003). Dyslexia and music: From timing deficits to musical intervention. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *999*(1), 497–505.  
<https://doi.org/10.1196/annals.1284.060>

- Perry, C., Ziegler, J. C., & Zorzi, M. (2010). Beyond single syllables: Large-scale modeling of reading aloud with the connectionist dual process (CDP++) model. *Cognitive Psychology*, *61*(2), 106–151. <https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2010.04.001>
- Protopapas, A. (2016). From diacritics to the mental lexicon. Where is the stress? In J. Thomson & L. Jarmulowicz (Eds.), *Linguistic rhythm and literacy* (pp. 237–264). John Benjamins Publishing Company. <https://doi.org/10.1075/tilar.17>
- Rastle, K., & Coltheart, M. (2000). Lexical and nonlexical print-to-sound translation of disyllabic words and nonwords. *Journal of Memory and Language*, *42*(3), 342–364. <https://doi.org/10.1006/jmla.1999.2687>
- Richards, S., & Goswami, U. (2015). Auditory processing in specific language impairment (SLI): Relations with the perception of lexical and phrasal stress. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *58*(4), 1292–1305. [https://doi.org/10.1044/2015\\_JSLHR-L-13-0306](https://doi.org/10.1044/2015_JSLHR-L-13-0306)
- Sala, G., & Gobet, F. (2017). When the music's over. Does musical skill transfer to children's and young adolescents' cognitive and academic skills? A meta-analysis. *Educational Research Review*, *20*, 55–67. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.005>
- Sauter, K., Heller, J., & Landerl, K. (2012). Sprachrhythmus und Schriftspracherwerb. *Lernen und Lernstörungen*, *1*(4), 225–239. <https://doi.org/10.1024/2235-0977/a000023>
- SAX GmbH (2001). *HTTS Hörtest-Programm* (Version 2.10.) [Computer software]. SAX GmbH Berlin. <http://www.sax-gmbh.de/htts/httsdownload.htm>
- Schabmann, A., Schmidt, B. M., Klicpera, C., Gasteiger-Klicpera, B., & Klingebiel, K. (2009). Does systematic reading instruction impede prediction of reading a shallow orthography? *Psychology Science Quarterly*, *51*(3), 315–338.
- Schellenberg, E. G. (2020). Music training, individual differences, and plasticity. In M. S. C. Thomas, D. Mareschal, & I. Dumontheil (Eds.), *Educational neuroscience: Development across the lifespan* (pp. 413–439). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003016830>
- Schmidt, B. M., Breuer-Küppers, P., Göntgen, S., & Schabmann, A. (2016). Prosodische Sensitivität und Phonologische Bewusstheit bei schwachen und durchschnittlichen erwachsenen deutschen Lesern. *Heilpädagogische Forschung*, *42*(1), 24–32.
- Schmidt, B. M., Breuer-Küppers, P., Vahlhaus-Aretz, D., Oberfell, A. L., & Schabmann, A. (2022). Prosodic sensitivity and phoneme awareness as predictors of reading fluency in German. *Reading and Writing*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s11145-022-10313-2>

- Schmidt, B. M., Schabmann, A., & Schiller, B. (2014). Kaum Defizite in der Phonologischen Bewusstheit bei leseschwachen deutschsprachigen Erwachsenen. *Heilpädagogische Forschung*, 40(3), 49–59.
- Schnitzler, C. D. (2008). *Phonologische Bewusstheit und Schriftspracherwerb* (L. Springer & D. Schrey-Dern, Hrsg.). Georg Thieme Verlag. <https://doi.org/10.1055/b-002-21540>
- Scott, S. K. (1998). The point of P-centres. *Psychological Research*, 61, 4–11. <https://doi.org/10.1007/PL00008162>
- Seymour, P. H. K., Aro, M., & Erskine, J. M. (2003). Foundation literacy acquisition in European orthographies. *British Journal of Psychology*, 94(2), 143–174. <https://doi.org/10.1348/000712603321661859>
- Skowronek, H., & Marx, H. (1989). Die Bielefelder Längsschnittstudie zur Früherkennung von Risiken der Lese-Rechtschreibschwäche: Theoretischer Hintergrund und erste Befunde. *Heilpädagogische Forschung*, 15(1), 38–49.
- Speer, S. R., & Ito, K. (2009). Prosody in first language acquisition: Acquiring intonation as a tool to organize information in conversation. *Language and Linguistics Compass*, 3(1), 90–110. <https://doi.org/10.1111/j.1749-818X.2008.00103.x>
- Spreer, M. (2012). *Prosodie und Sprachentwicklungsstörungen – Sprachverarbeitungsleistungen von Kindern mit SSES am Beispiel des Merkmals „Pause“* (C. W. Glück, Hrsg.). ProLog.
- Stackhouse, J., & Wells, B. (1997). *Children's speech and literacy difficulties: A psycholinguistic framework*. Whurr.
- Standley, J. M. (2008). Does music instruction help children learn to read? Evidence of a meta-analysis. *Update: Applications of Research in Music Education*, 27(1), 17–32. <https://doi.org/10.1177/8755123308322270>
- Steinbrink, C., Knigge, J., Mannhaupt, G., Sallat, S., & Werkle, A. (2019). Are temporal and tonal musical skills related to phonological awareness and literacy skills? – Evidence from two cross-sectional studies with children from different age groups. *Frontiers in Psychology*, 10, Article 805. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00805>
- Sutcliffe, P., & Bishop, D. (2005). Psychophysical design influences frequency discrimination performance in young children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 91(3), 249–270. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2005.03.004>
- Szigeti, I. (2017). *Derivation: Kurze Einführungen in die germanistische Linguistik*. Universitätsverlag Winter.

- Thomson, J. M., Fryer, B., Maltby, J., & Goswami, U. (2006). Auditory and motor rhythm awareness in adults with dyslexia. *Journal of Research in Reading, 29*(3), 334–348. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9817.2006.00312.x>
- Thomson, J. M., & Goswami, U. (2008). Rhythmic processing in children with developmental dyslexia: Auditory and motor rhythms link to reading and spelling. *Journal of Physiology-Paris, 102*(1–3), 120–129. <https://doi.org/10.1016/j.jphysparis.2008.03.007>
- Thomson, J. M., & Goswami, U. (2010). Learning novel phonological representations in developmental dyslexia: Associations with basic auditory processing of rise time and phonological awareness. *Reading and Writing, 23*, 453–473. <https://doi.org/10.1007/s11145-009-9167-9>
- Thomson, J., & Jarmulowicz, L. (Eds.). (2016). *Linguistic rhythm and literacy*. John Benjamins Publishing Company. <https://doi.org/10.1075/tilar.17>
- Tsang, C. D., & Conrad, N. J. (2011). Music training and reading readiness. *Music Perception, 29*(2), 157–163. <https://doi.org/10.1525/mp.2011.29.2.157>
- Tunmer, W. E., & Hoover, W. A. (1992). Cognitive and linguistic factors in learning to read. In P. B. Gough, L. C. Ehri, & R. Treiman (Eds.), *Reading acquisition* (pp. 175–214). Lawrence Erlbaum Associates.
- Vanvooren, S., Poelmans, H., De Vos, A., Ghesquière, P., & Wouters, J. (2017). Do prereaders' auditory processing and speech perception predict later literacy? *Research in Developmental Disabilities, 70*, 138–151. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2017.09.005>
- Verhagen, W., Aarnoutse, C., & van Leeuwe, J. (2008). Phonological awareness and naming speed in the prediction of Dutch children's word recognition. *Scientific Studies of Reading, 12*(4), 301–324. <https://doi.org/10.1080/10888430802132030>
- Wade-Woolley, L. (2016). Prosodic and phonemic awareness in children's reading of long and short words. *Reading and Writing, 29*, 371–382. <https://doi.org/10.1007/s11145-015-9600-1>
- Wade-Woolley, L., & Heggie, L. (2016). The contributions of prosodic and phonological awareness to reading: A review. In J. Thomson & L. Jarmulowicz (Eds.), *Linguistic rhythm and literacy* (pp. 3–24). John Benjamins Publishing Company. <https://doi.org/10.1075/tilar.17>

- Wade-Woolley, L., Wood, C., Chan, J., & Weidman, S. (2022). Prosodic competence as the missing component of reading processes across languages: Theory, evidence and future research. *Scientific Studies of Reading, 26*(2), 165–181.  
<https://doi.org/10.1080/10888438.2021.1995390>
- Walther, W., & Otten, M. (2016). *ProsA: Prosodie-Analyse – Ein computergestütztes Verfahren zur Erfassung rezeptiver prosodischer Fähigkeiten*. Hogrefe.
- Warmington, M., Stothard, S. E., & Snowling, M. J. (2012). Assessing dyslexia in higher education: The York adult assessment battery-revised. *Journal of Research in Special Educational Needs, 13*(1), 48–56. <https://doi.org/10.1111/j.1471-3802.2012.01264.x>
- Weiss, A. H., Granot, R. Y., & Ahissar, M. (2014). The enigma of dyslexic musicians. *Neuropsychologia, 54*, 28–40. <http://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2013.12.009>
- Wells, B., & Peppé, S. (2003). Intonation abilities of children with speech and language impairments. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 46*(1), 5–20.  
[https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2003/001\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2003/001))
- Wennerstrom, A. (2001). *The music of everyday speech: Prosody and discourse analysis*. Oxford University Press.
- Whalley, K., & Hansen, J. (2006). The role of prosodic sensitivity in children's reading development. *Journal of Research in Reading, 29*(3), 288–303.  
<https://doi.org/10.1111/j.1467-9817.2006.00309.x>
- Wilson-Fowler, E. B., & Apel, K. (2015). Influence of morphological awareness on college students' literacy skills: A path analytic approach. *Journal of Literacy Research, 47*(3), 405–432. <https://doi.org/10.1177/1086296X15619730>
- Wood, C. (2006). Metrical stress sensitivity in young children and its relationship to phonological awareness and reading. *Journal of Research in Reading, 29*(3), 270–287.  
<https://doi.org/10.1111/j.1467-9817.2006.00308.x>
- Wood, C., & Terrell, C. (1998). Poor readers' ability to detect speech rhythm and perceive rapid speech. *British Journal of Developmental Psychology, 16*(3), 397–413.  
<https://doi.org/10.1111/j.2044-835X.1998.tb00760.x>
- Wood, C., Wade-Woolley, L., & Holliman, A. J. (2009). Phonological awareness: Beyond phonemes. In C. Wood & V. Connelly (Eds.), *Contemporary perspectives on reading and spelling* (pp. 7–23). Routledge.
- Ziegler, J. C., Pech-Georgel, C., George, F., & Foxton, J. M. (2012). Global and local pitch perception in children with developmental dyslexia. *Brain and Language, 120*(3), 265–270. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2011.12.002>

Zutell, J., & Rasinski, T. V. (1991). Training teachers to attend to their students' oral reading fluency. *Theory Into Practice*, 30(3), 211–217.  
<https://doi.org/10.1080/00405849109543502>