



Wie sehen digitale Zugänge zu Bildung aus, die mehr soziale Gerechtigkeit ermöglichen – und welche Rolle spielt Sprache dabei?

Detmar Meurers

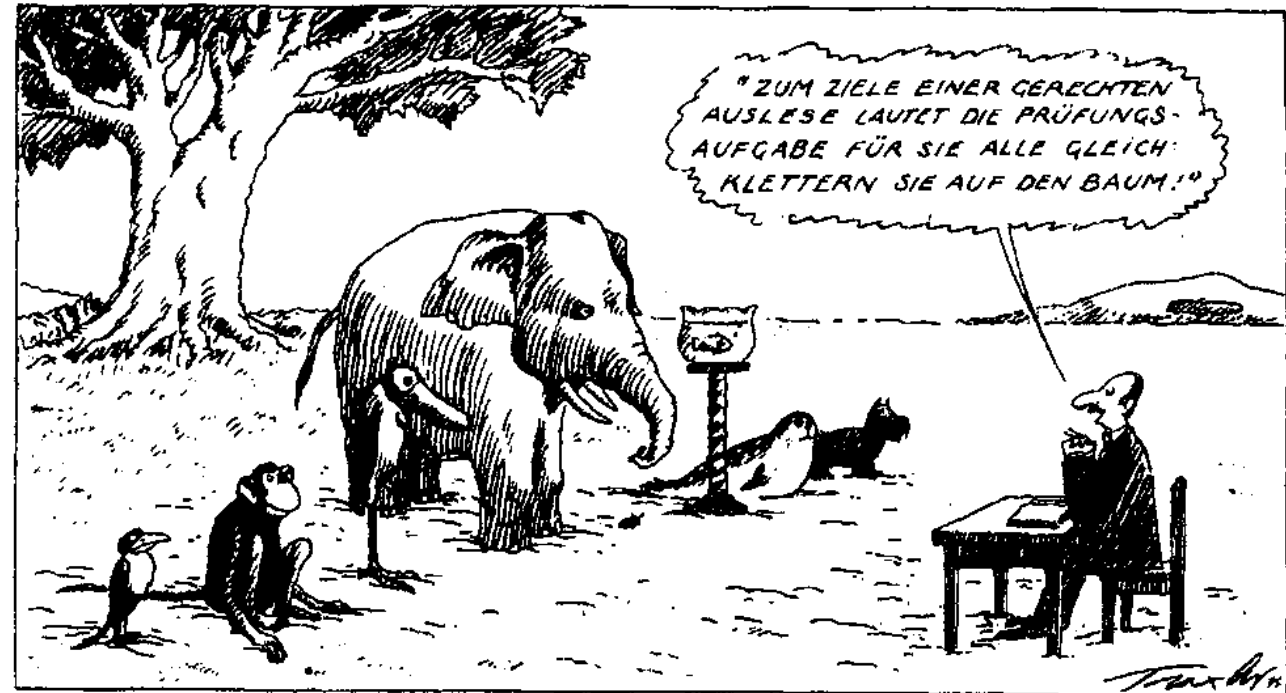
Leibniz-Institut für Wissensmedien (IWM)
Universität Tübingen

Vortragsreihe “Mehrsprachigkeit und soziale Gerechtigkeit – Digitale Zugänge für nachhaltige Bildungsprozesse”

LMU München – 18.06.2026

Heterogenität

- Lernende unterscheiden sich substantiell (vgl. Höhmann 2009; Trautmann & Wischer 2011), unter anderem in ihrem
 - fachlichen Wissen und Kompetenzen
 - bildungssprachlichen Fähigkeiten
 - kognitiven Eigenschaften
 - Interessen und Motivation
 - soziokulturellen Hintergrund
- Relevant unter vielen Perspektiven:
 - Wertschätzung von Vielfalt
 - Fairness von Tests
 - **Förderung: Wie können wir Lernende individuell beim Lernen unterstützen?**



Klassiker von Hans Traxler aus *betrifft: erziehung*, 6/1975



Heterogenität ist eine zentrale Herausforderung für LehrerInnen

- “In der Verbesserung des Umgangs mit Differenz liegt vermutlich die eigentliche Herausforderung der Modernisierung des [Bildungs-]Systems.”
Jürgen Baumert (2002), Leiter der deutschen Pisa-Studie 2000
- Begabungsunterschiede der Schülerinnen aus Lehrersicht “starke Beruferschwerneis”:
Deutschland 55%, Japan 63%, USA 44% (TIMSS Studie, Baumert et al. 1997)
- Individuelle Förderung wird als wichtigstes anzustrebendes Ziel von praktisch allen Lehrern genannt, aber 90% halten dies in der Praxis für unmöglich und fühlen sich dem nicht gewachsen (Studie an 18 Sekundarschulen, Kunze & Solzbacher 2008)
- Binnendifferenzierung in der Praxis nicht häufig eingesetzt
(Studie mit 295 Lehrern verschiedener Schulformen, Letzel 2021).



Adaptive Förderung digital unterstützen

- von Lehrenden alleine kaum leistbar
 - Es fehlt die Zeit zur Diagnose, zur adaptive Material- und Aufgabenauswahl und zur individuellen Unterstützung während des Lernens.
- Unterstützungspotenzial digitaler Medien:

*Digitale Medien halten ein großes Potential zur Gestaltung neuer Lehr- und Lernprozesse bereit, wenn wir allein an die Möglichkeiten zur **individuellen Förderung von Schülerinnen und Schülern** denken.*
(KMK Strategiepapier “Bildung in der Digitalen Welt” 2017 & SWK Update 2021)
- Wie lässt sich die individuelle Förderung konkretisieren?



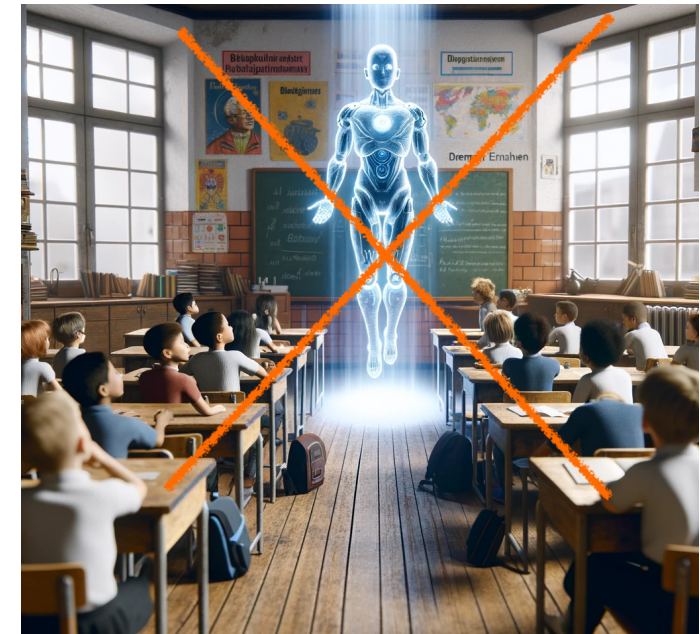
Aktuelle Assessmentmethoden als Lösung?

- Computer-Adaptives Testen (CAT) bietet individuelle Optimierung von Testverfahren
 - Aber das Ziel von CAT ist möglichst präzise Diagnostik mit möglichst wenig Testitems
 - gute Testitems diskriminieren möglichst stark (= kleiner Kompetenzunterschied macht Lösen unmöglich)
 - CAT bietet ein effizientes punktuell Messinstrument von eindimensionalen Kompetenzen, keine Unterstützung von Lernprozessen und mehrdimensionalen Lernerunterschieden
 - Adaptive Lernsysteme benötigen hingegen gerade Aufgabensequenzen, die möglichst viele Lernende mit Unterstützung lernwirksam bearbeitet können.
- Adaptives Lernen kann nicht auf adaptive Testverfahren reduziert werden.
- Was brauchen wir zur digitalen Unterstützung der individuellen Förderung?



Das Potential digitaler Medien realisieren

- **Interaktivität:** Lernende während des Lernens individuell unterstützen
- **Adaptivität:** Lernmaterialien sprachlich, fachlich und inhaltlich motivierend an die individuellen Kompetenzen und Interessen anpassen
- Diese digitale Umsetzung benötigt “KI-Methoden”:
 - Aber KI ist kein Deus-ex-Machina!
- Nur wohlmotiviert in den Bildungskontext integriert als Unterstützung der Lehrkraft bringt sie einen Mehrwert:
 - Automatische Analyse von **Sprache** (→ Feedback)
 - Modellierung individueller **Lernender** (→ Adaptivität)
 - Modellierung von **Aufgabenschwierigkeit** und ihre adaptive Sequenzierung hin zu den **curricularen Zielen**



Generiert mit: ChatGPT Plus mit DALL-E



Adaptive Systeme zur individuellen Lernunterstützung

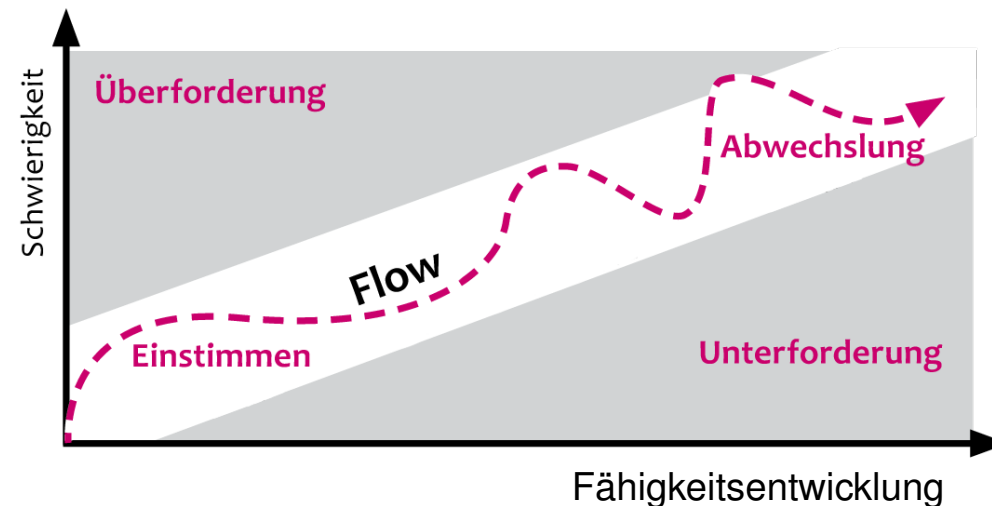
(McCombs & McDaniel 1981; Plass & Pawar 2020)

1. An welche Lernervariablen sollten sich die Systeme anpassen?
 - (i) sprachliche Fähigkeiten
 - (ii) inhaltliches Interesse
 - (iii) fachliche Kompetenzen
 - (iv) kognitive Eigenschaften
2. Wie können diese Variablen zuverlässig gemessen werden? (Diagnostik)
3. Welche Art von Anpassungen können während des Lernprozesses vorgenommen werden?
 - **Mikroadaptivität:** Lernende während einer Lernaufgabe unterstützen (Scaffolding)
 - **Makroadaptivität:** Adaptive Sequenzierung von Lernmaterialien und -aufgaben



Makro-Adaptivität: Individuelle Lernpfade ermöglichen

- Ziel: Lernen als Flow (Csikszentmihalyi 2000) in der entwicklungsproximalen Zone (Vygotsky 1986)



Quelle: studienstrategie.de
& eigene Bearbeitung

- Intelligente Tutorsysteme fokussieren dabei auf die fachlichen Kompetenzen.
- ⚡ Das ignoriert die mehrdimensionale Natur der Heterogenität der Lernenden!
 - Wie fordernd eine Lernaktivität ist, hängt von der Wechselwirkung zwischen fachlichem Inhalt und den sprachlichen, kognitiven, etc. Eigenschaften der Lernaktivität ab.



Relevanz von sprachlicher und inhaltlicher Komplexität

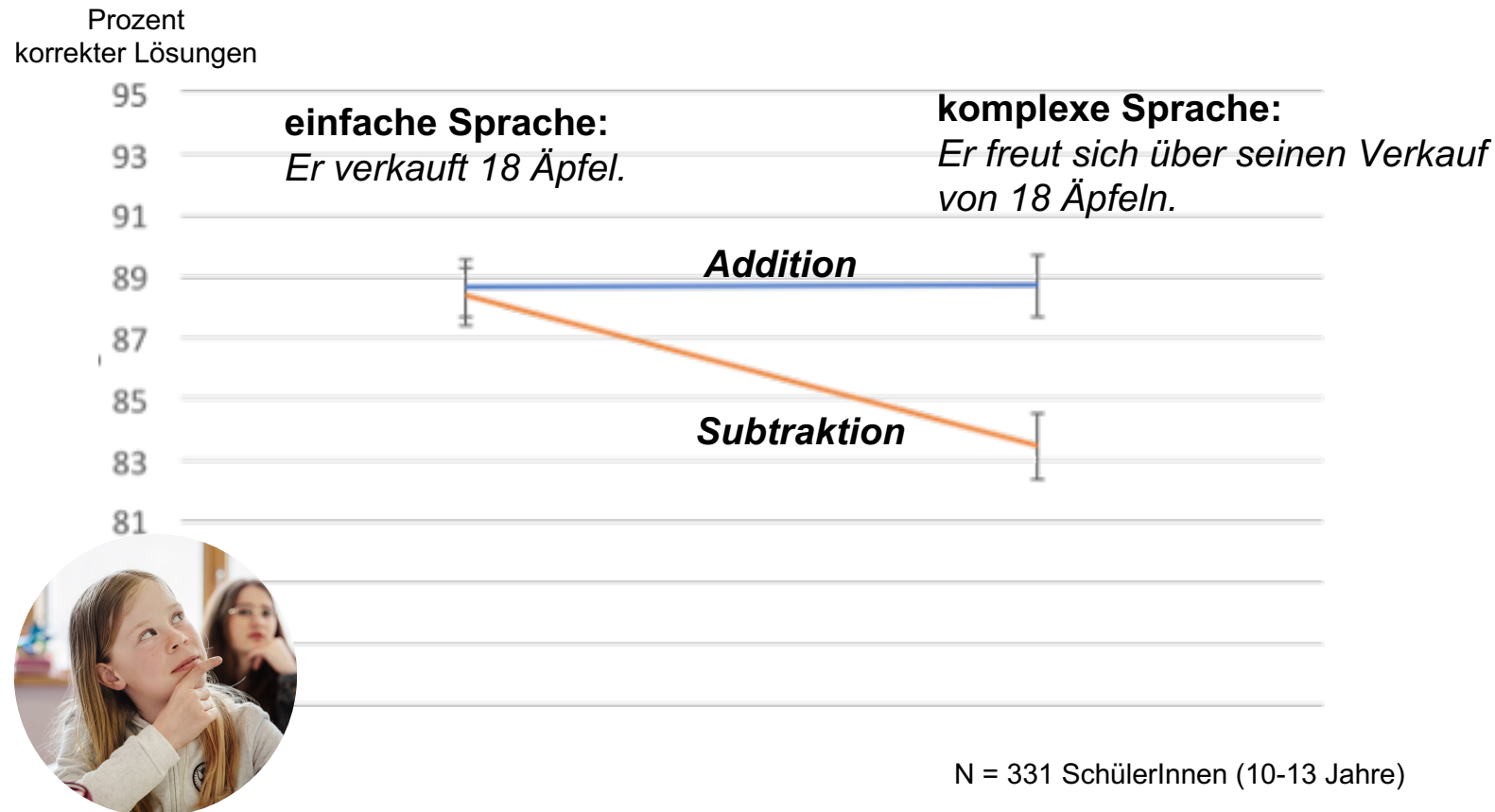
- Mathematische Textaufgaben sind sprachlich unterschiedlich komplex (hier: Nominalstil):
 - (1) *Ein Bauer fährt zum Markt mit 47 Äpfeln.*
 - a. *Er **verkauft** 18 Äpfel.*
 - b. *Er freut sich über seinen **Verkauf** von 18 Äpfeln.*

Wie viele Äpfel hat er am Ende übrig?
 - Mathematische Textaufgaben sind fachlich unterschiedlich schwer (hier: Übertrag):
 - (2) *Ein Bauer fährt zum Markt mit 47 Äpfeln.*
 - a. *Er verkauft **5** Äpfel.*
 - b. *Er verkauft **18** Äpfel.*

Wie viele Äpfel hat er am Ende übrig?
- ⇒ Wie wirkt sich die Kombination von sprachlicher und fachlicher Komplexität aus?



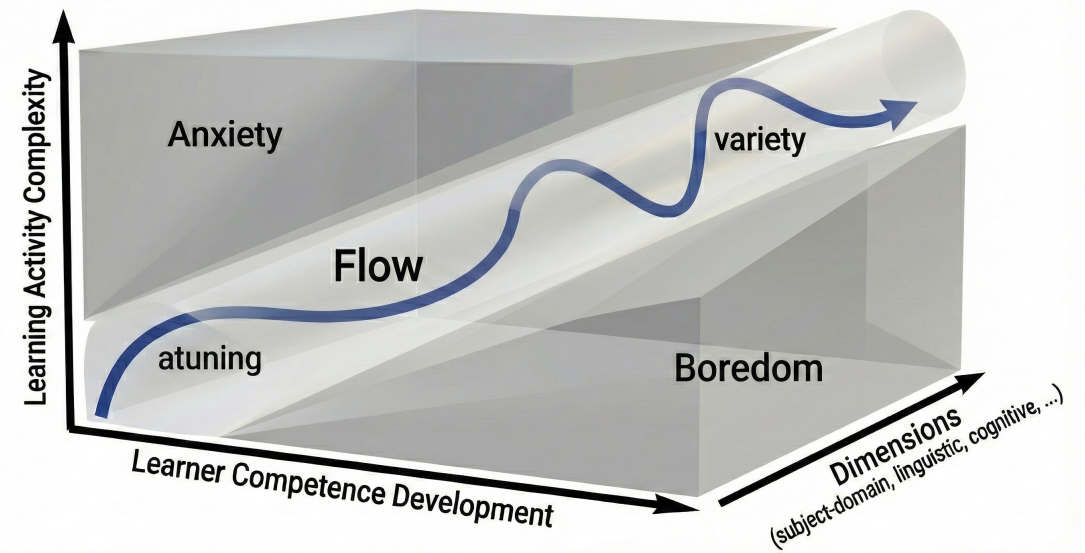
Mehrdimensionale Modellierung ist notwendig



(Daroczy, ..., Meurers, & Nuerk, 2015, *Frontiers in Psychology*;
Daroczy, ..., Meurers, & Nuerk, 2014, *KogWis*)

Individuelle Lernpfade für heterogene Lernende

- Können wir eine größere Bandbreite von Lernenden unterstützen,
- indem wir adaptiv Lernpfade durch vielfältige Aktivitäten anbieten,
- die systematisch in mehreren Dimensionen variiert sind?
(sprachlich, kognitiv, ...)





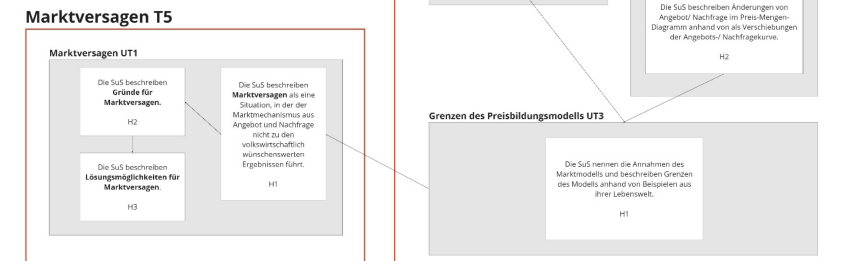
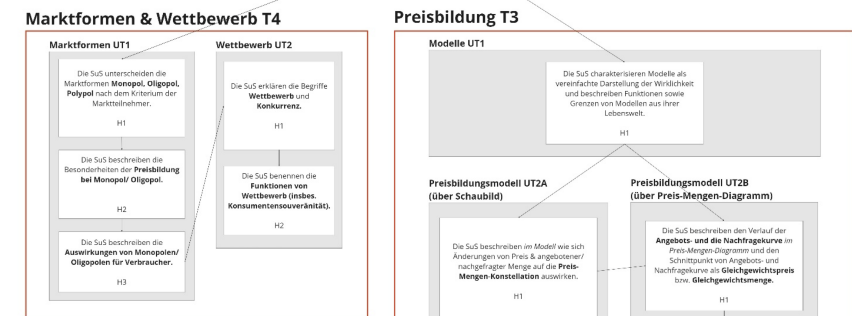
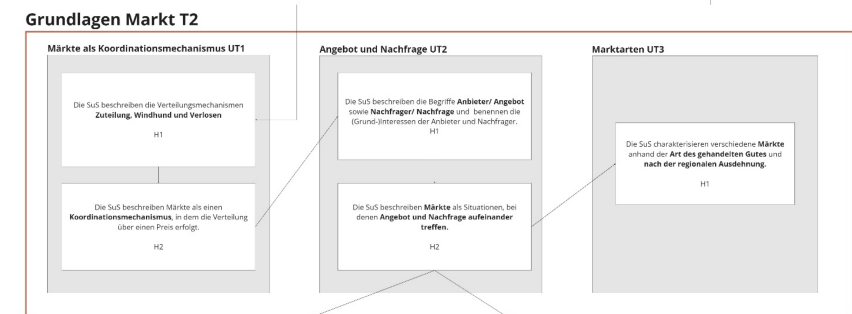
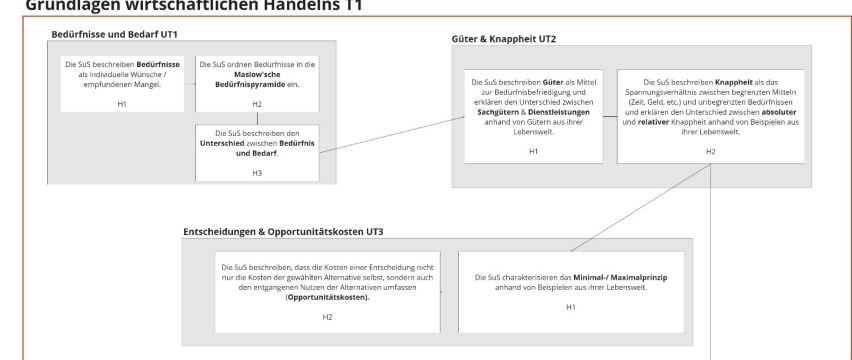
Wie lassen sich adaptive Lernpfade in der Schule digital unterstützen?

- Konkretisierung anhand der Ökonomischen Bildung (BaWü Schulfach “WBS”)
 - Projekt ALEE: Adaptive Learning in Economics Education (<http://alee.schule>)
 - Fachdidaktik: Institut für Ökonomische Bildung Oldenburg (IÖB)
 - Bildungsspracherwerb & Computerlinguistik: Universität Tübingen, IWM
 - Machine Learning und Systementwicklung: Universität Lüneburg
- ⇒ Unterstützung adaptiver Aufgabensequenzierung in der regulären Schulpraxis



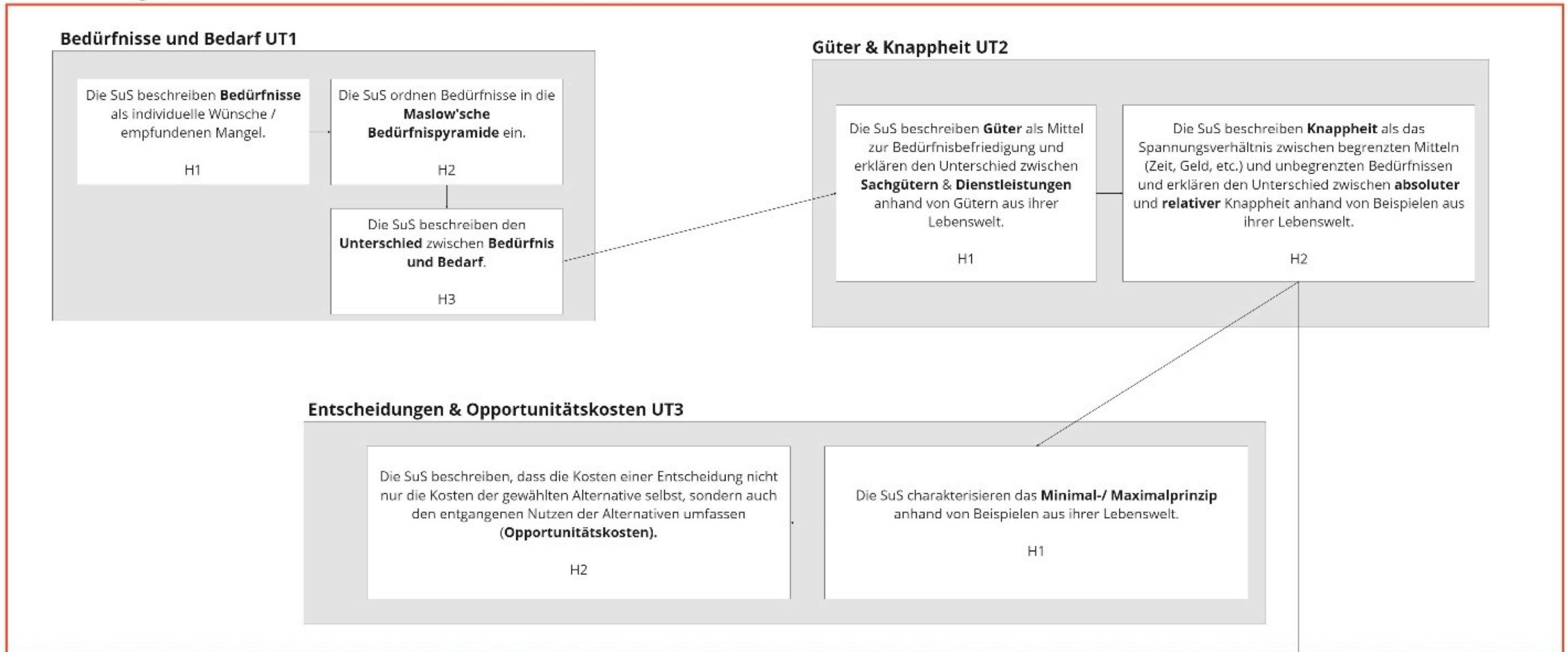
Grundlage: Domänenmodellierung

- Lernzielnetz zum curricularen Themenbereich “Grundlagen wirtschaftlichen Handelns”
- Jedes Lernziel ist ein Knoten im Lernzielnetz.
- Pro Lernziel:
 - ein Erklärtext
 - mindestens 10 Stammaufgaben
- Zwei Variationen pro Stammaufgabe (leicht/schwer)





Grundlagen wirtschaftlichen Handelns T1





Lernmaterial

Menschen haben **Wünsche**. Sie entstehen, wenn man das Gefühl hat, dass einem etwas fehlt. In der Wirtschaft bezeichnet man solche Wünsche allgemein auch als **Bedürfnisse**.

- Wenn es kalt ist, hat man das Bedürfnis sich zu wärmen.
- Wenn du dich einsam fühlst, hast du vielleicht ein *Bedürfnis* nach Zuneigung oder Freundschaft.
- Wenn dir langweilig ist, hast du zumeist das *Bedürfnis*, etwas zu unternehmen.

Du siehst: Bedürfnisse können ganz vielfältig sein! Und sie **unterscheiden sich individuell** je nach Person. Kinder haben z. B. häufig andere Bedürfnisse als Erwachsene. Sie wollen z. B. häufiger spielen. Erwachsene hingegen haben vielleicht eher den Wunsch, finanziell abgesichert zu sein. Aber auch die Bedürfnisse von Kindern untereinander unterscheiden sich. Manche Kinder spielen lieber draußen und andere verbringen die Zeit lieber drinnen zum Beispiel beim Lesen.



Bild: Flaticon.com

In der Wirtschaft gehen wir davon aus, dass Bedürfnisse **unbegrenzt** sind. Jeder Mensch hat gleichzeitig sehr viele unterschiedliche Bedürfnisse. Wenn ein Bedürfnis erfüllt (man sagt: befriedigt) ist, widmet man sich direkt einem anderen.



Beispiel: Stell dir vor, du kommst nach dem Sport nach Hause. Du willst duschen (du hast das *Bedürfnis nach Sauberkeit*), hast Hunger (*Bedürfnis etwas zu essen*), willst dich ausruhen (*Bedürfnis nach Erholung*). Später am Abend ist dir dann vielleicht langweilig und du möchtest dir einen Film anschauen (*Bedürfnis nach Unterhaltung*) ...

Du siehst: Man hat nicht nur sehr viele Bedürfnisse gleichzeitig, meist kommen auch immer wieder neue dazu!



Parameter zur Differenzierung von Aufgabenkomplexität

● Fachliche Parameter

- Lernzielkomplexität (*Güter vs. Knappheit*)
- Operatorenkomplexität (*beschreiben/definieren vs. anwenden/transferieren*)

● Sprachliche Parameter

- Sprachliche Komplexität (Nominalisierung, Deagentivierung, Negation, ...)
- Relation der Antwort zum Text (verbatim, paraphrasiert, benötigt Inferenzen, ...)

● Kognitive Parameter

- Aufgabentyp (MC, FIB, ...)
- Anzahl der Antwortmöglichkeiten
- Anzahl der Distraktoren
- Falsifizierbarkeit der Distraktoren (im Text, Weltwissen, Domänenwissen)



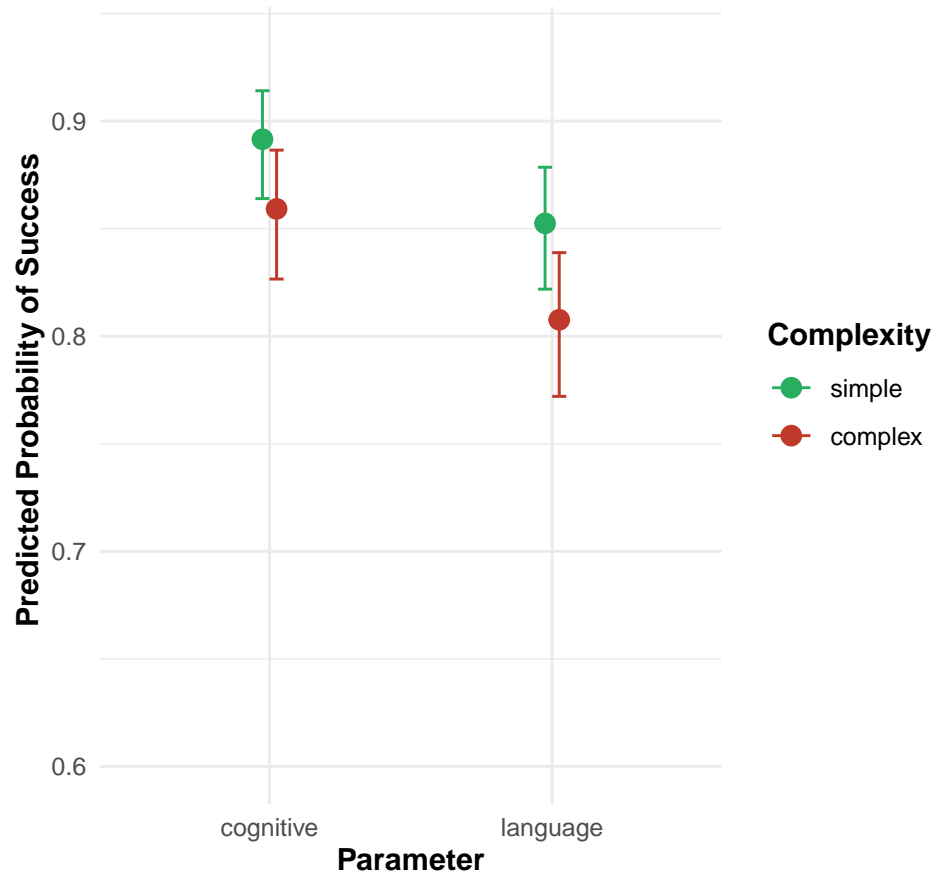
Studie 1: Validierung der Parameter für die Komplexität der Aktivitäten

- Die zu erwerbenden Fachkonzepte sind durch den Lehrplan vorgegeben. Wir variieren die sprachlichen und kognitiven Aufgabenparameter und fragen:
 - Beeinflussen die Komplexitätsparameter die Wahrscheinlichkeit einer richtigen Antwort?
- Experimentelles Setup: Moodle-Quiz mit 12 Aufgaben in zwei Versionen
 - Jede Aufgabe ist entweder als einfache oder als komplexe Variante enthalten.
 - 3 einfache und 3 komplexe Varianten für den Sprachparameter (Negation, komplexe Nominalphrasen)
 - 3 einfache und 3 komplexe Varianten für den kognitiven Parameter (Anzahl der Distraktoren, Distraktoren durch Text/Weltwissen/Inferenzen widerlegbar)
- $n = 326$ Schüler (Klassen 7–10 an 4 Gymnasien und 3 Oberschulen)
 - klasseninterne Randomisierung der beiden Varianten



Ergebnis von Studie 1: Funktioniert die Komplexitätsparametrisierung?

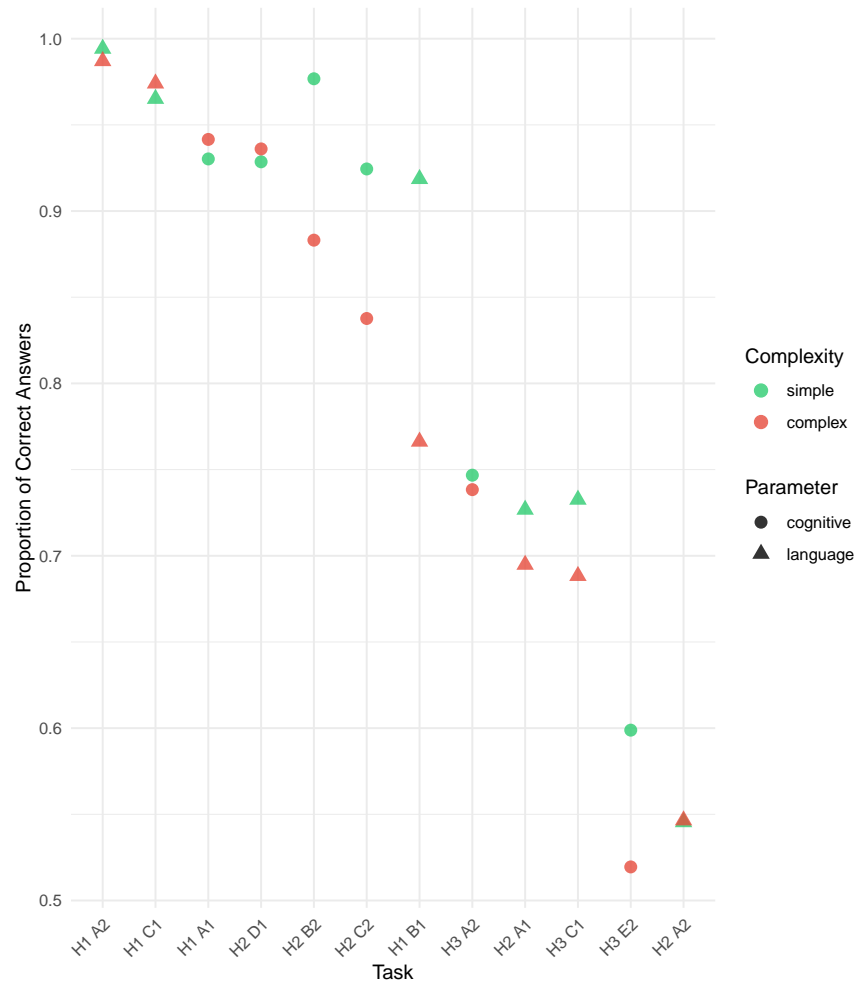
Logistisches Mixed-Effects-Modell: $outcome \sim complexity + (1|student)$



- **Komplexe Sprache** 27,6% geringere Wahrscheinlichkeit, gelöst zu werden, $p < 0,05$ (Pdf Ratio 0,727, 95% KI: [0,559; 0,944])
 - **Kognitiv komplex** 25,8% geringere Wahrscheinlichkeit, gelöst zu werden, $p < 0,05$ (Odds Ratio 0,742 (95% KI: [0,571, 0,965])
 - Keine signifikanten Interaktionen
- ⇒ Effektive sprachliche und kognitive Komplexitätsparametrisierung



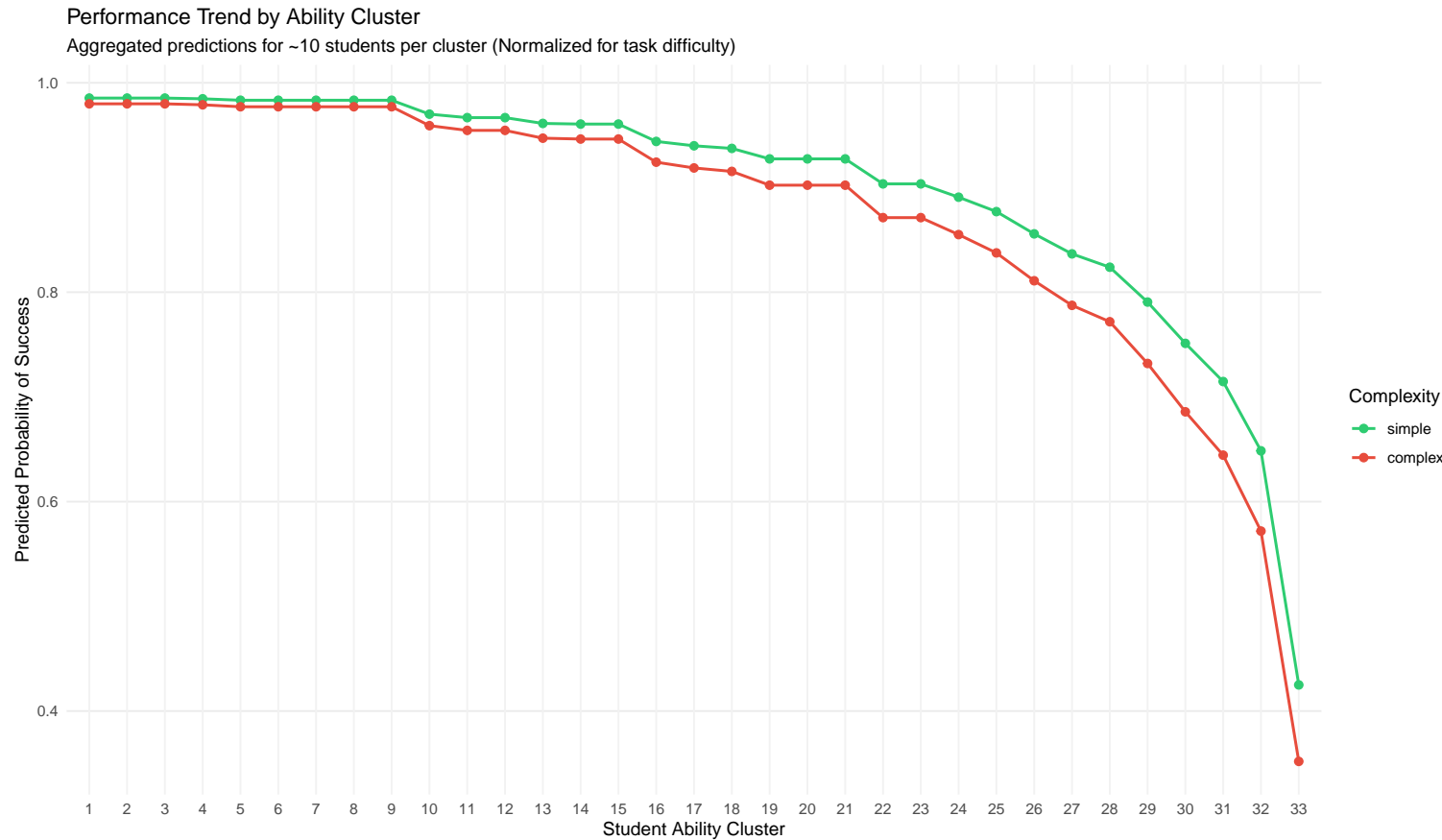
Aufgabenspektrum: Wo macht die Parametrisierung einen Unterschied?



⇒ Für die Aufgaben in der Mitte des Schwierigkeitsspektrums.



Lernendenspektrum: Für wen macht es einen Unterschied?

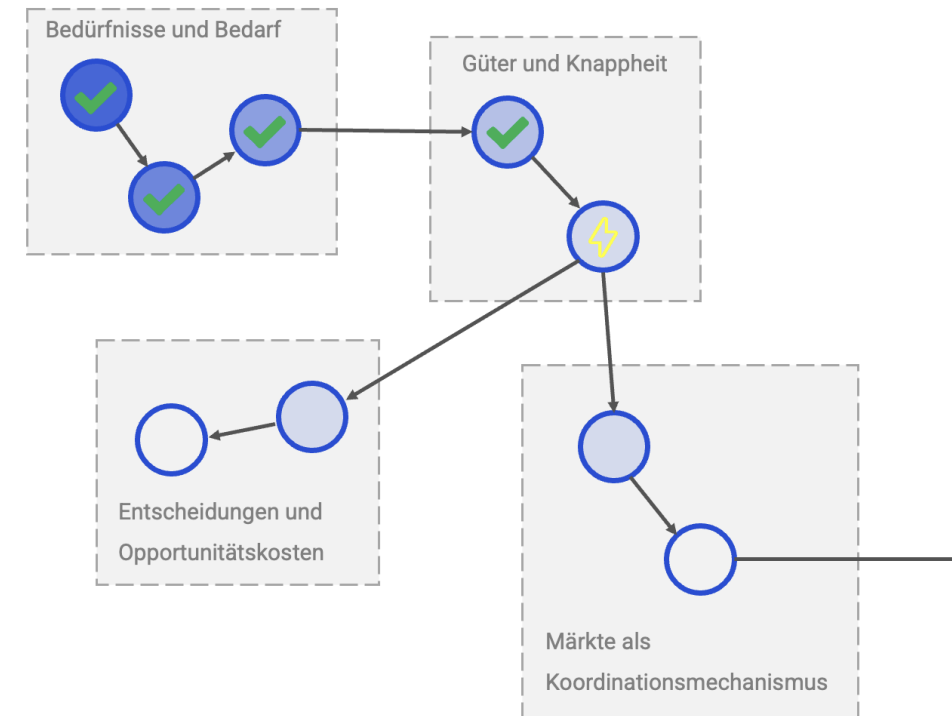


⇒ Für alle Lernende
außer die sehr guten.



Adaptive Aufgabenzuweisung: ALEE Lernplattform

- Zuweisung von Aufgaben anhand der Lösungswahrscheinlichkeit
- Einschätzung von Lernstand und Schwierigkeiten mittels probabilistischem ELO-Rating Modell
- Übergang zwischen Lernzielen anhand der Lösungswahrscheinlichkeiten von Referenzaufgaben



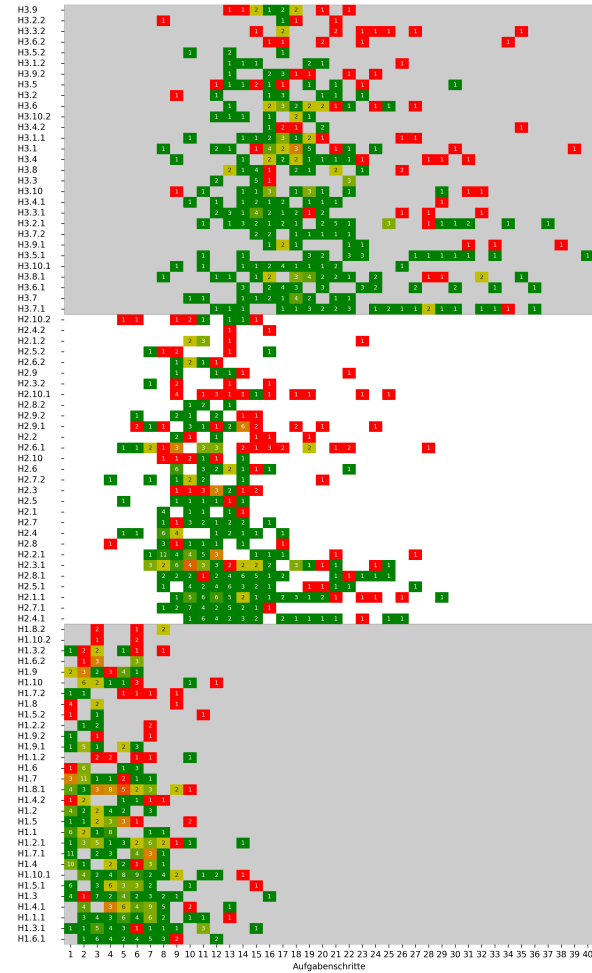
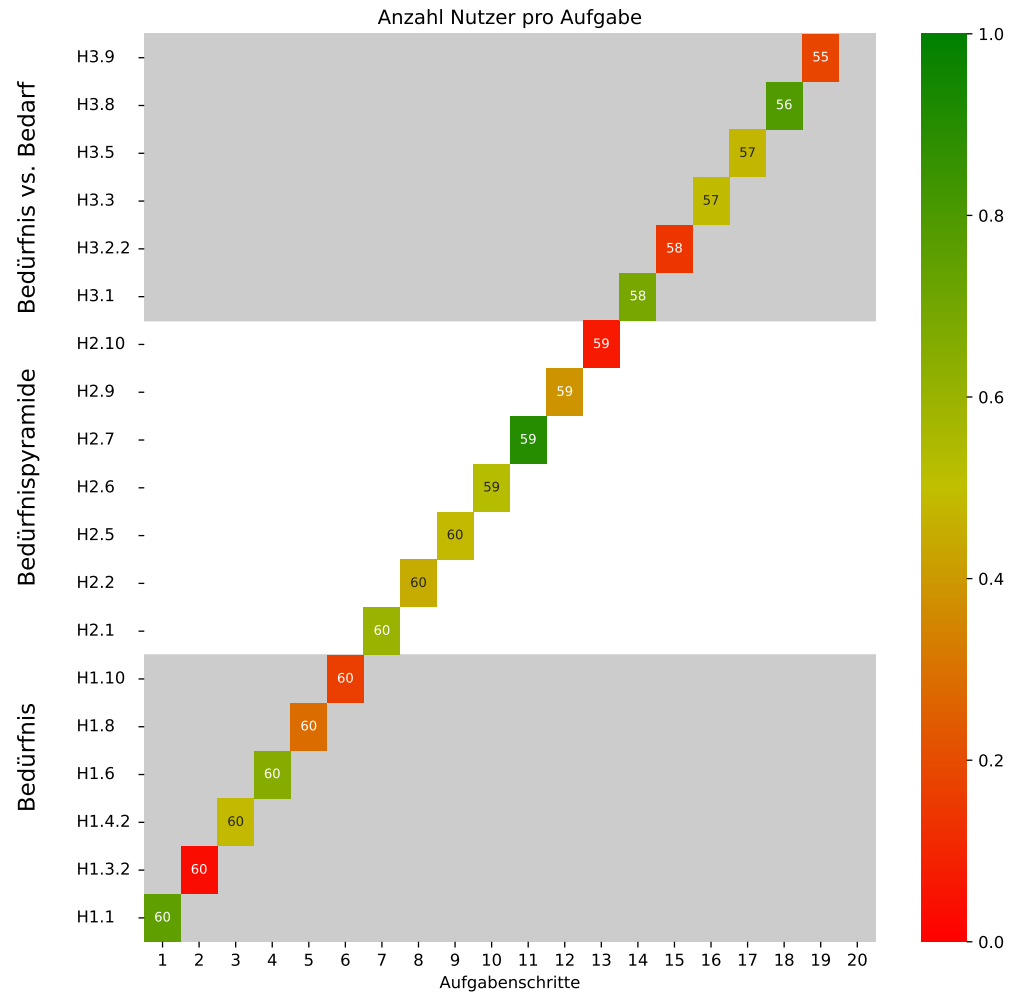


Studie 2: Ermöglichen adaptive Lernpfade mehr Lernenden einen Erfolg?

- **randomisierte kontrollierte Feldstudie** im authentischen Kontext der Sekundarstufe:
 - fünfwöchige Intervention im Rahmen des regulären Wirtschaftsunterrichts
 - elf Klassen der Jahrgangsstufen 7–10 an Schulen (Gymnasien, Oberschulen) in Niedersachsen und Bayern
- Randomisierte Zuordnung der Schüler innerhalb jeder Klasse zu
 - **adaptive** Interventionsgruppe mit individueller Aufgabenauswahl
 - **statische** Kontrollgruppe mit uniformer Aufgabenabfolge
- n = 279 Schüler (138 adaptiv, 141 statisch)
 - Lernprozessdaten: > 15k abgeschlossene Aufgaben für ≈ 700 Aufgaben zu den 16 Lernthemen
 - Fragebögen zu Beginn/am Ende der Studie: Motivation, Selbstwirksamkeit, Noten, Interessen, ...)

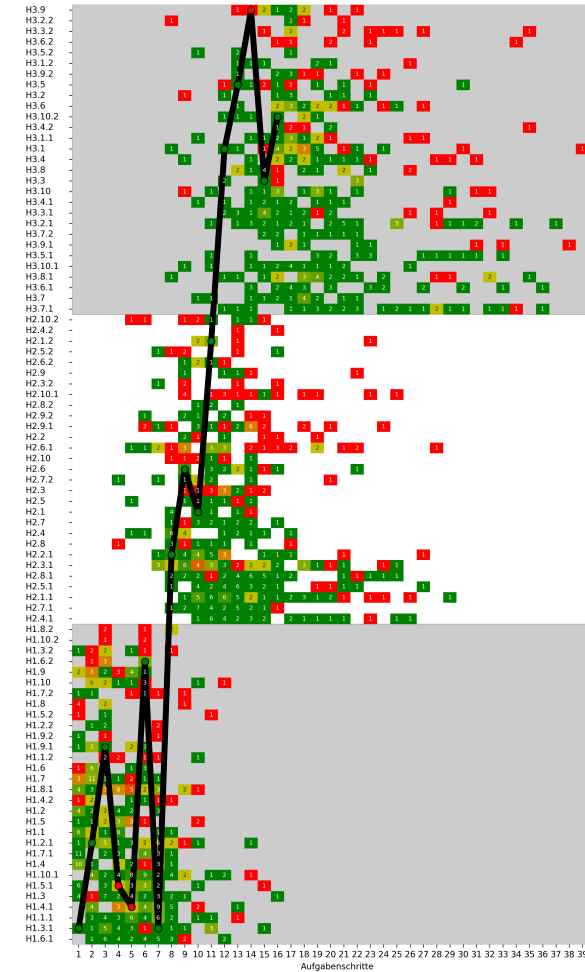
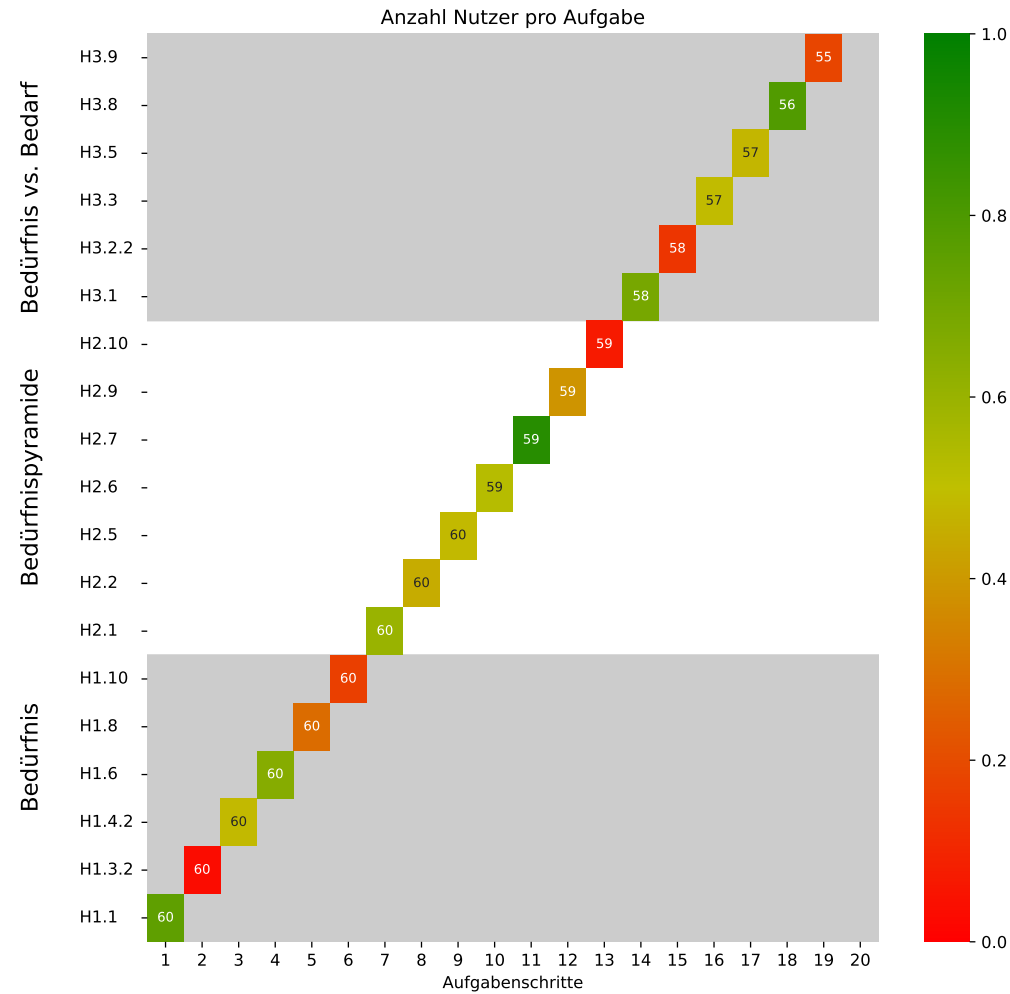


Standardaufgaben vs. vielfältige Aufgaben (fachlich, sprachlich, kognitiv)



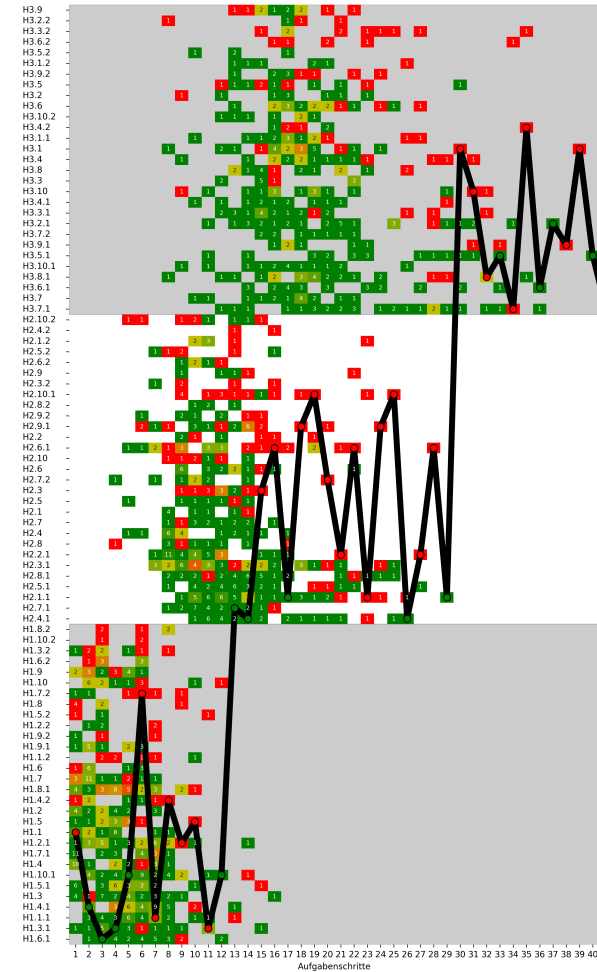
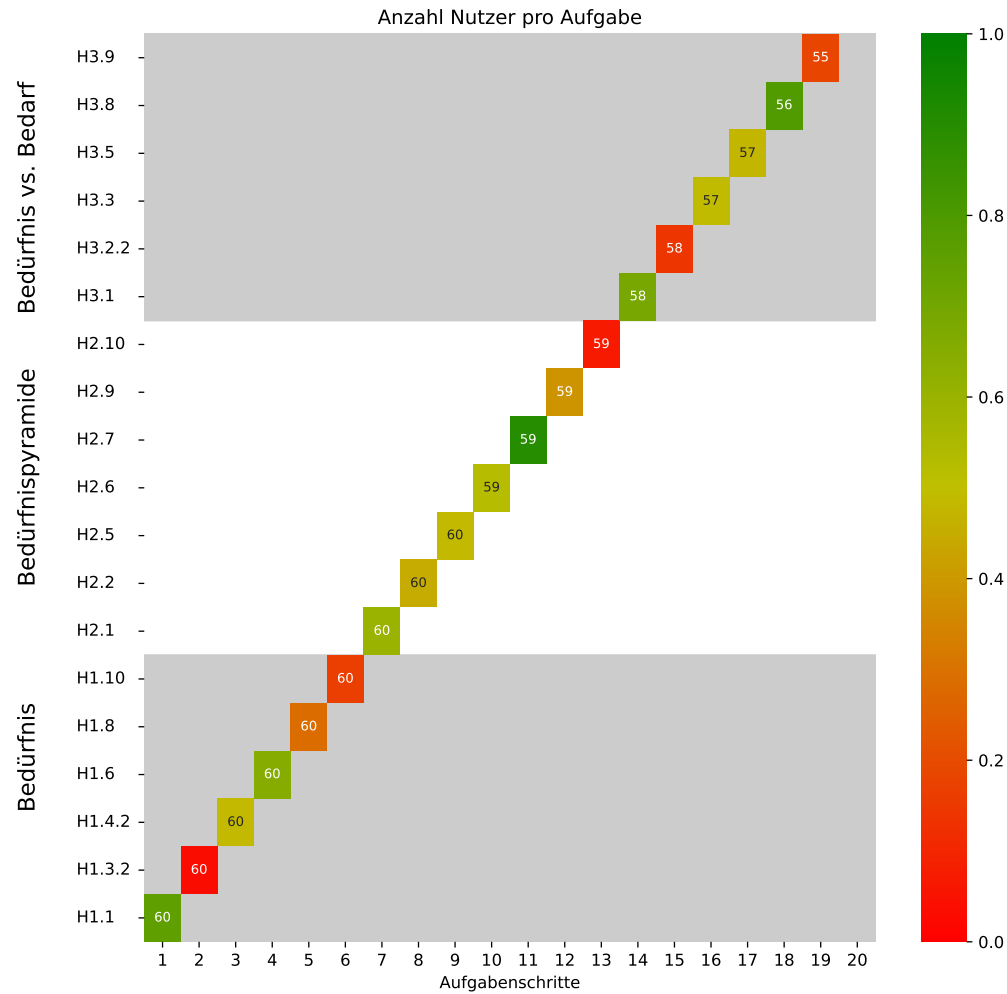


Statischer Lernpfad vs. adaptive individuelle Lernpfade





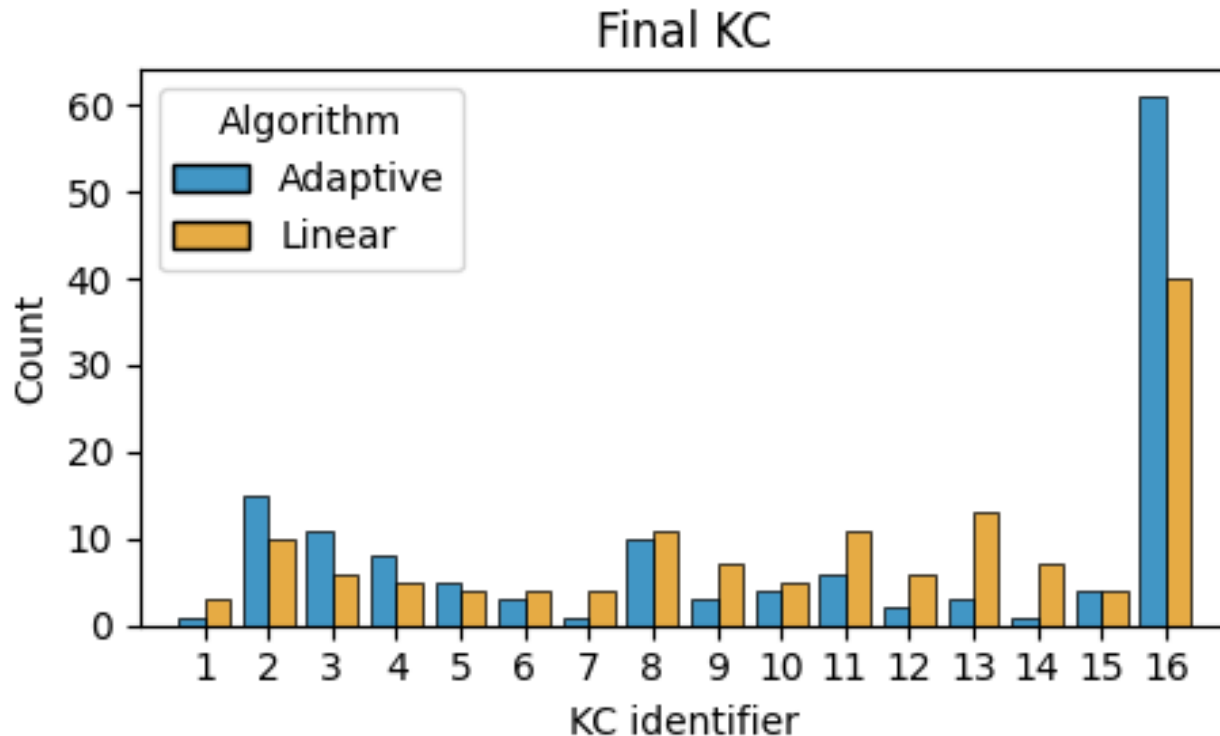
Statischer Lernpfad vs. adaptive individuelle Lernpfade





Ergebnis: Wie viel haben sie gelernt?

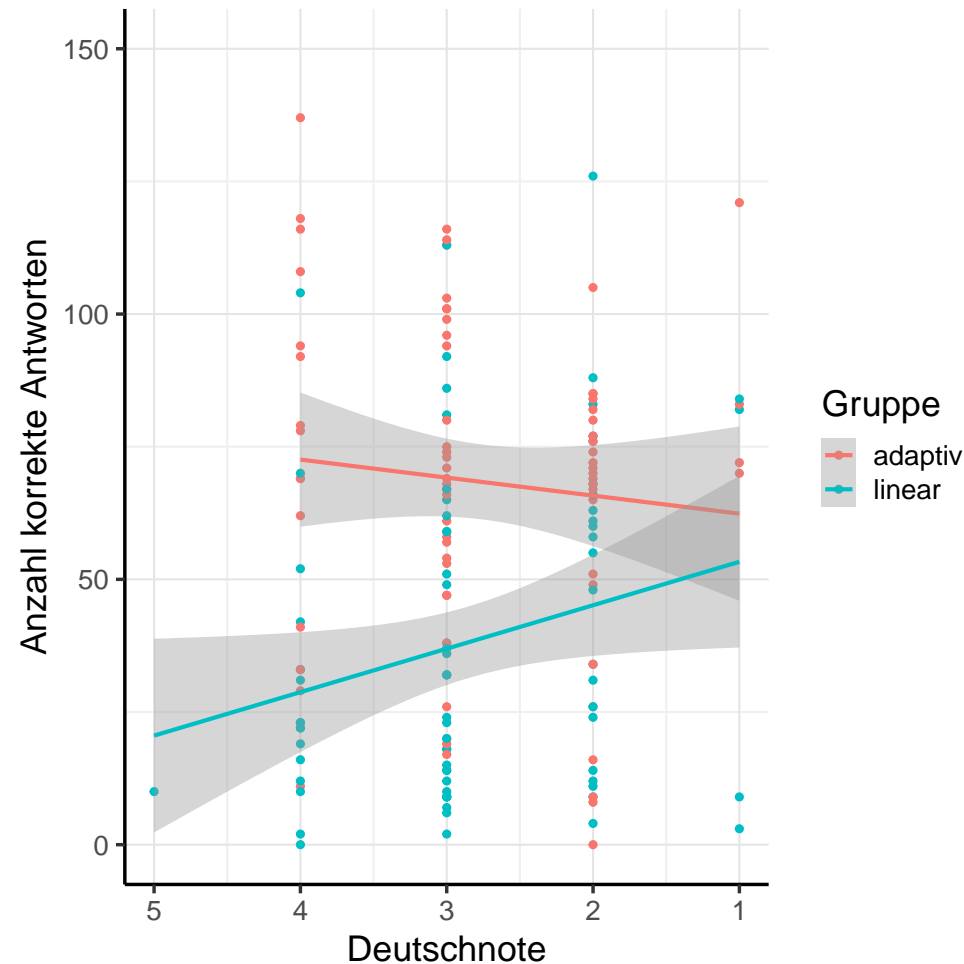
⇒ Alle haben gelernt, aber die adaptive Versuchsgruppe kam deutlich weiter:



- adaptive Bedingung (138 SuS):
 - 44% erreichten Zielkompetenz (61 SuS)
 - 40% schlossen Zielkompetenz ab (56 SuS)
- lineare Bedingung (141 SuS):
 - 29% erreichten Zielkompetenz (40 SuS)
 - 20% schlossen Zielkompetenz ab (29 SuS)

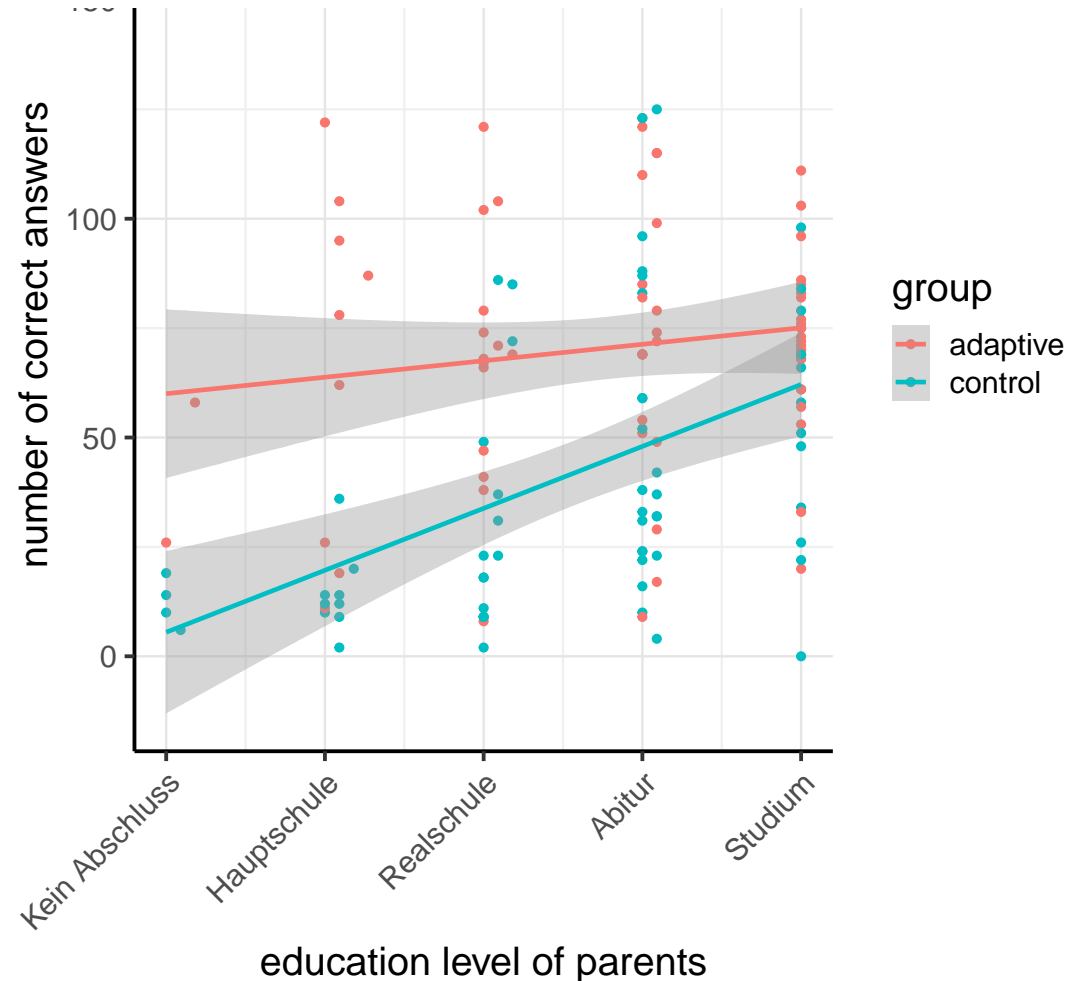


Wer ist erfolgreich? Abhängigkeit des Lernerfolgs von der Deutschnote



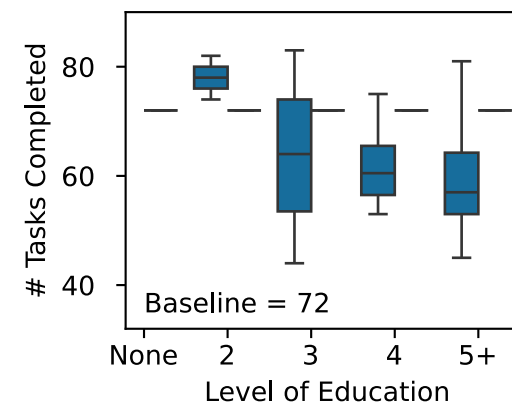
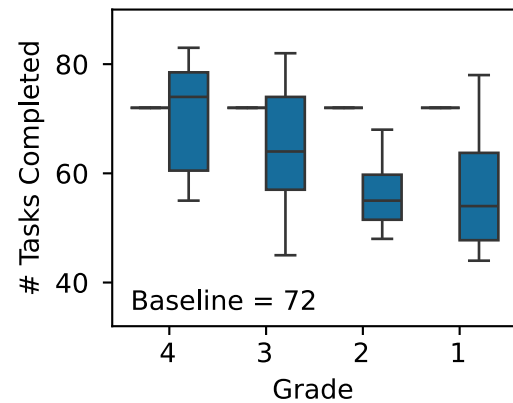
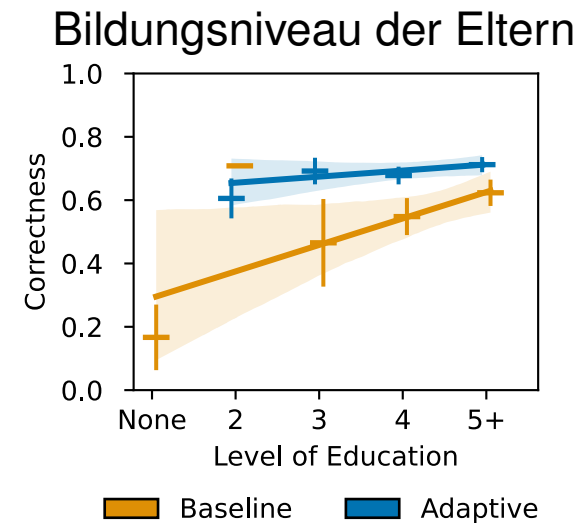
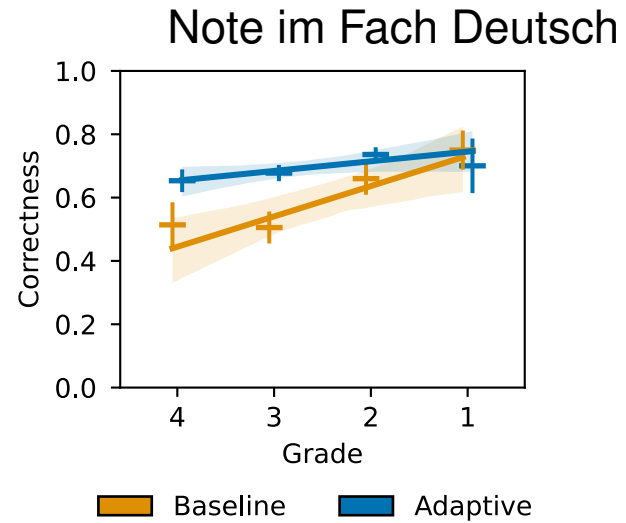


Wer ist erfolgreich? Abhängigkeit des Lernerfolgs von Eltern-Bildungsgrad





Alternative Analyse auf Basis der Korrektheitsquoten





Adaptiv Lernende: signifikant höher in Motivation und Selbstwirksamkeit

- + Ich glaube, ich war in den Aufgaben des Lernsystems ziemlich gut. ($p = 0.01277$)
- + Mit meiner Leistung in dem Lernsystem bin ich zufrieden. ($p = 0.0052$)
- Bei der Bearbeitung der Aufgaben fühlte ich mich angespannt. ($p = 0.0254$)
- Ich hatte Bedenken, ob ich die Aufgaben in dem Lernsystem gut hinbekomme. ($p = 0.0459$)



Von ausgewählten Parametern zu genereller sprachlicher Komplexität

- Ist der sprachliche Input in der Schule hinreichend adaptiv mit Blick auf die sprachlichen Kompetenzen der SchülerInnen? → verständlich? → sprachförderlich?
- Sprachliche Komplexität wird als Teil der CAF Triade (Complexity, Accuracy, Fluency) intensiv untersucht – und wir können sie mit KI-Methoden automatisiert messen: CTAP (<http://ctapweb.com>, Chen & Meurers 2016)
- (i) Analyse der sprachlichen Komplexität von Schulbüchern und Schülertexten
 - Analyse aller zugelassenen Geographiebücher
(Berendes, Vajjala, Meurers, Bryant, Wagner, Chinkina & Trautwein 2018)
 - Aufsätze von 1.730 Schülern, 1–8 Klasse
(KCT Corpus Berkling et al. 2014)
- (ii) Analyse von bilingualen Schulbüchern im Wirtschaftsunterricht
 - Kooperation von ALEE Projekt und Luisa Scherzinger



Was ist sprachliche Komplexität und wie lässt sie sich messen?

- Was ist sprachliche Komplexität?
“the extent to which the language produced in performing a task is **elaborate** and **varied**.” (Ellis 2003)
- Die **Elaboriertheit** und die **Vielfältigkeit** von Sprache hat viele unterschiedliche Facetten:
 - I. Welche sprachliche **Formen des linguistischen Systems** kommen vor?
z.B. Anzahl komplexer Nominalphrasen pro Satz, Anzahl subordinierter Sätze
→ theoretische Linguistik, Zweitspracherwerbsforschung
 - II. Welche **Verwendung** sprachlicher Formen lässt sich beobachten?
z.B. Wortfrequenz, Age-of-Acquisition (AoA) Normen
→ gebrauchsbasierte Linguistik, Korpuslinguistik, Psychologie



Evidenz für sprachliche Komplexität (cont.)

III. Welche Art & Menge von **Bedeutung** ist kodiert, und wie sind sie zu einem kohärenten **Diskurs** organisiert?

z.B. Konkretheit, Ideendichte, Konnektoren, referentielle Kohäsion
→ Linguistik, Psychologie (Textverstehen, z.B. Kintsch)

- Neben der Komplexität von Sprache sind auch manche Aspekte der Schwierigkeit der kognitiven Verarbeitung von Sprache allgemein modellierbar:

z.B. Gedächtnisanforderung (DLT, Gibson 2000), erwartete Fortsetzung (Surprisal, Boston et al. 2008)
→ Psycholinguistik (Satzverarbeitung)

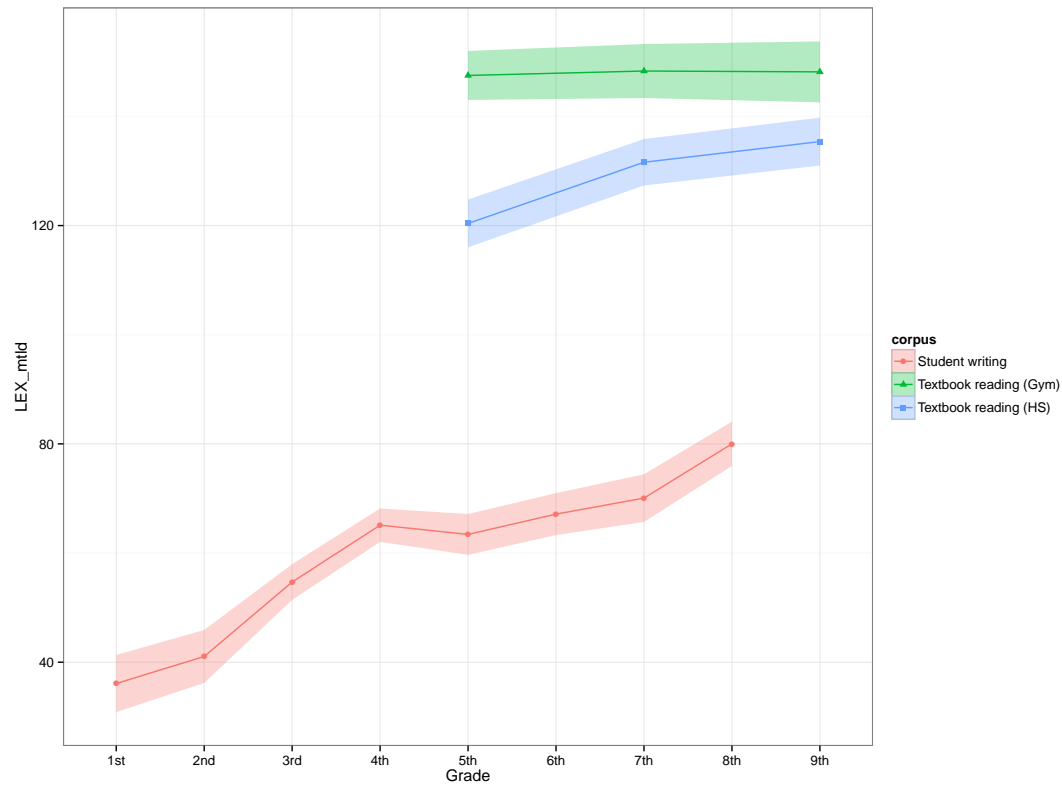
⇒ CTAP (Chen & Meurers 2016) berechnet 845 Komplexitätsmerkmale für das Englische und 500 Merkmale für das Deutsch (Weiss & Meurers 2019a,b).

- CTAP ist frei verfügbar unter <http://ctapweb.com>

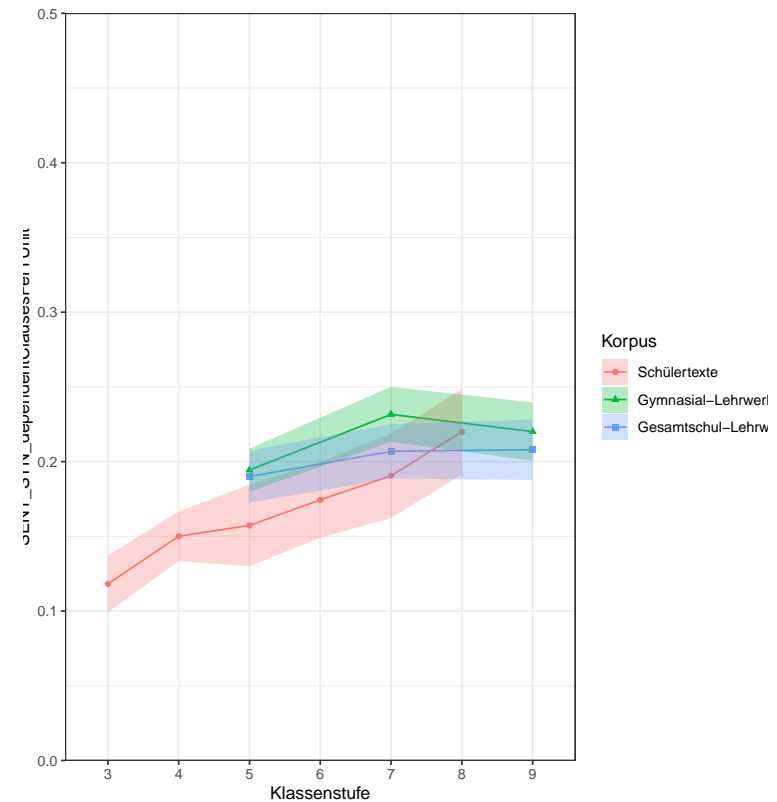


Komplexität in Geographiebüchern und deutschen Schülertexten

Lexikalische Vielfalt (MTLD)



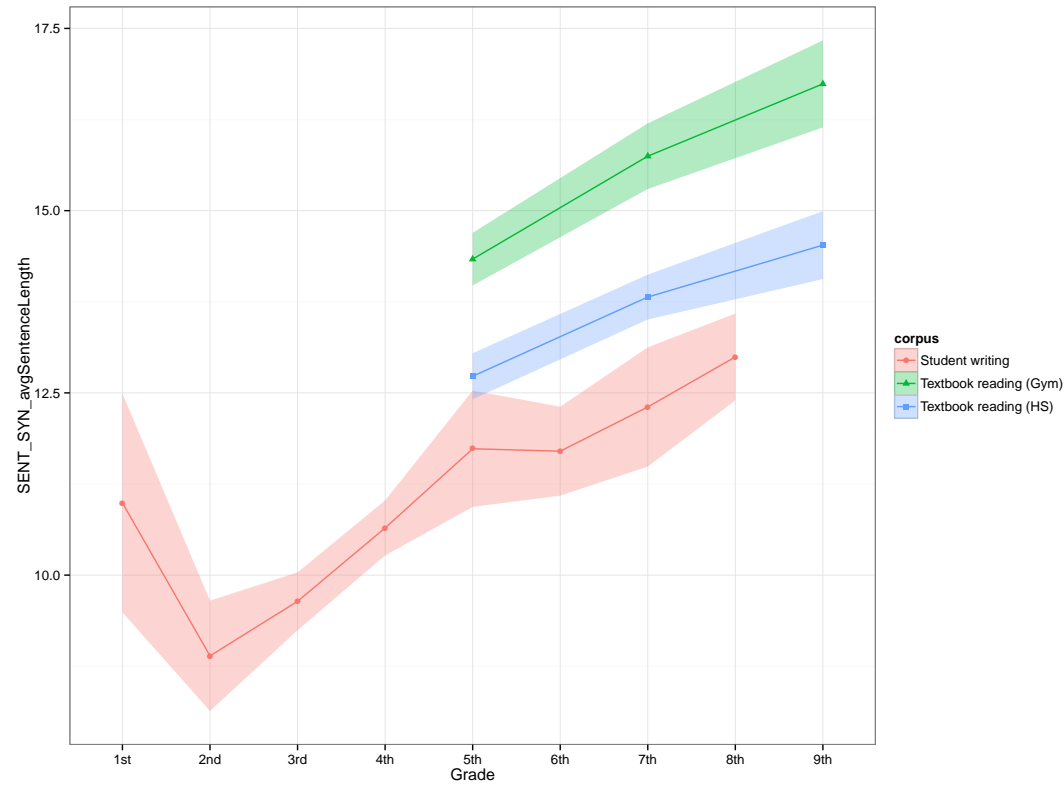
Syntaktische Subordination



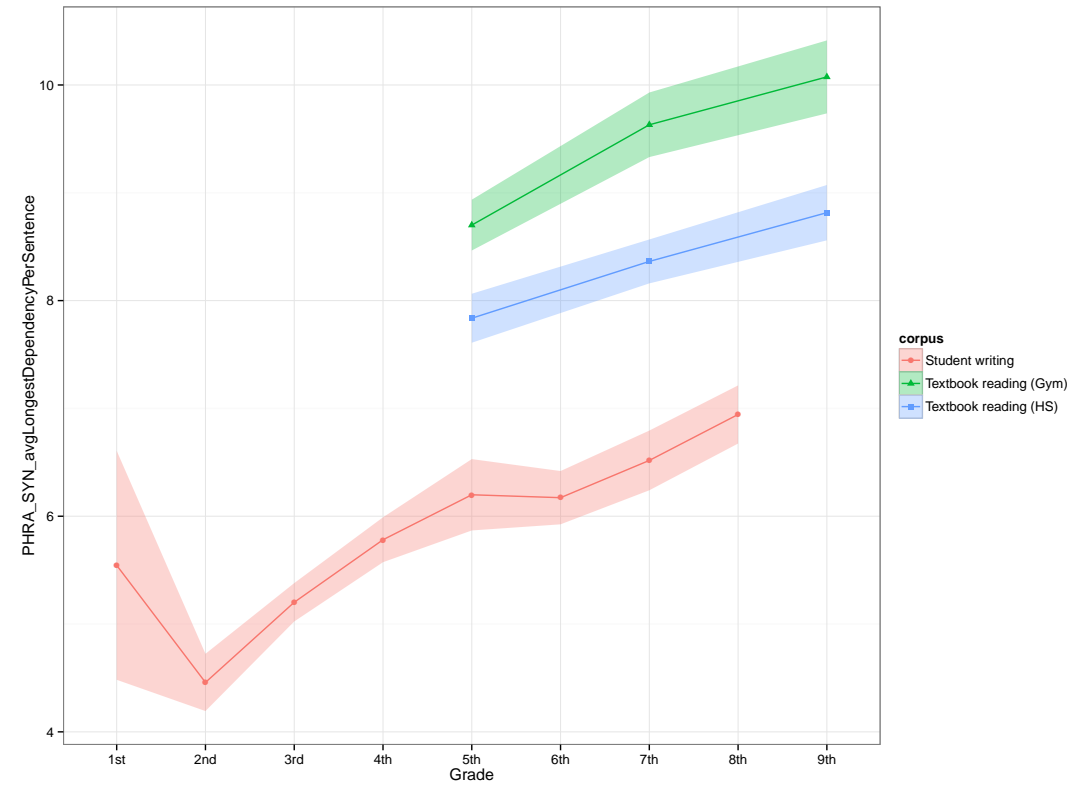


Komplexität in Geographiebüchern und deutschen Schülertexten (II)

Satzlänge



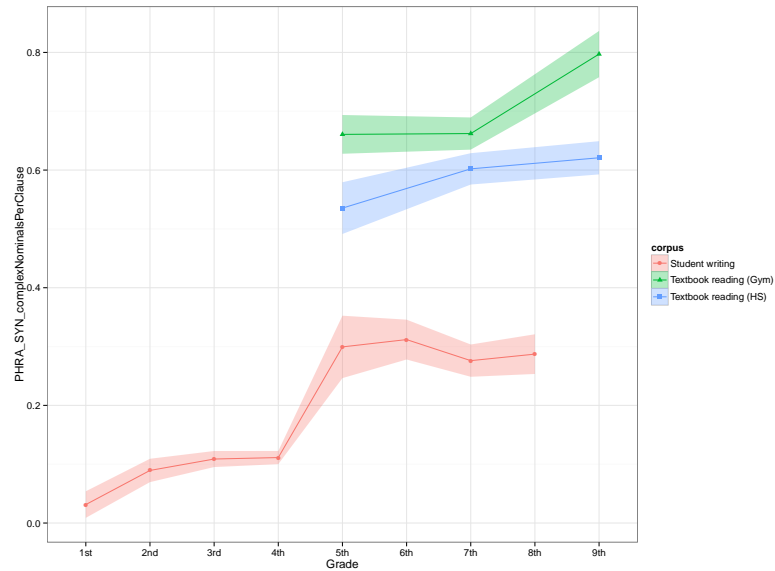
Syntaktische Dependenzlänge



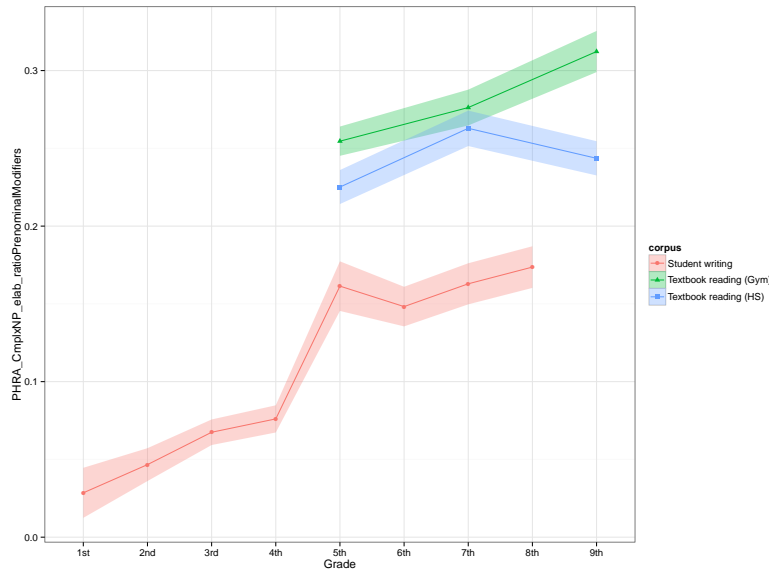


Komplexität in Geographiebüchern und deutschen Schülertexten (III)

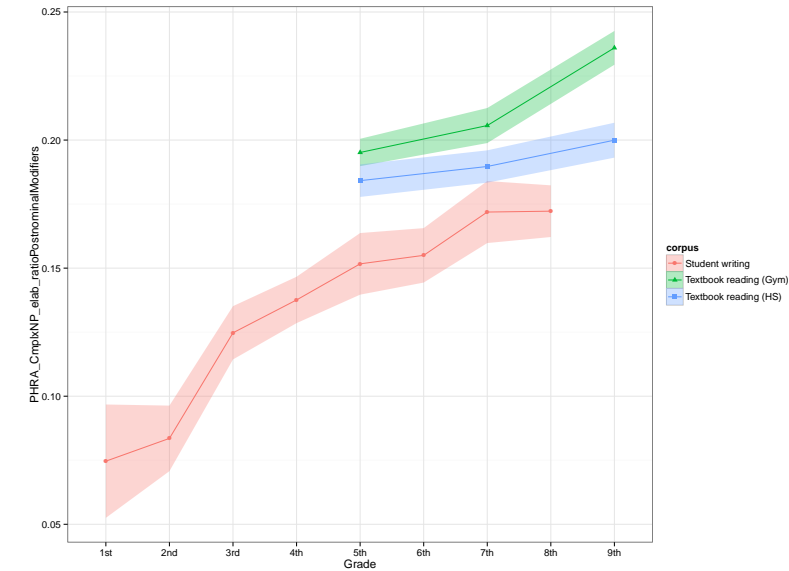
Komplexe Nominalphrasen



Pränominale Modifikation



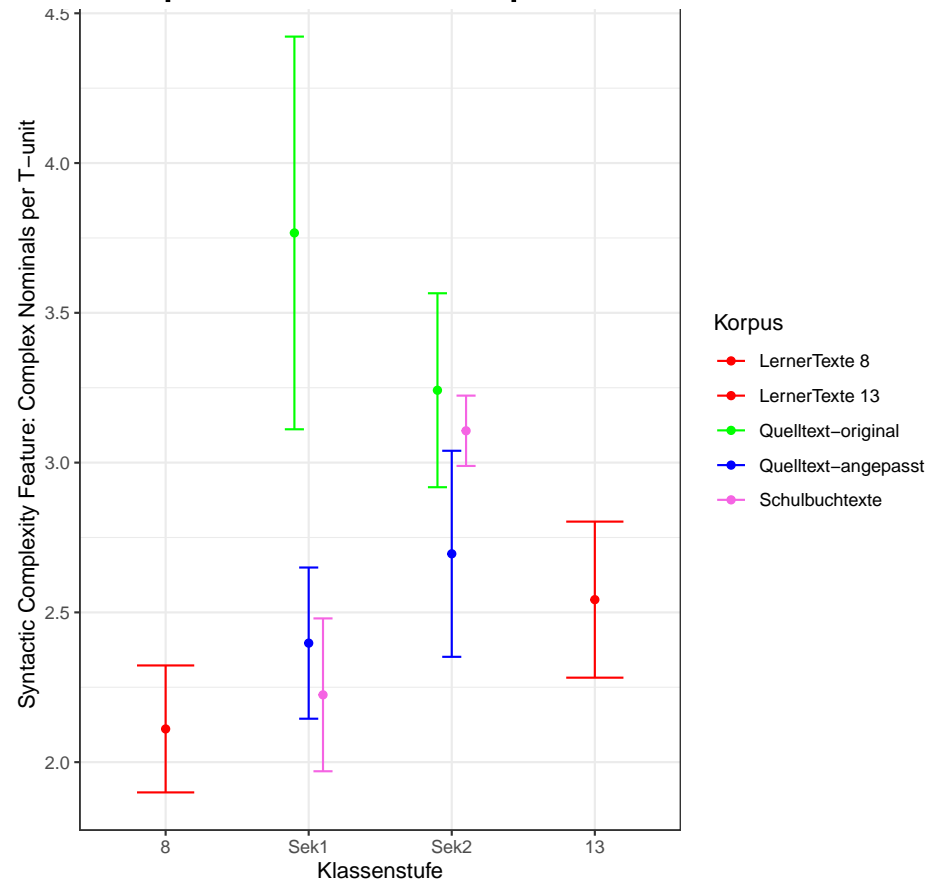
Postnominale Modifikation



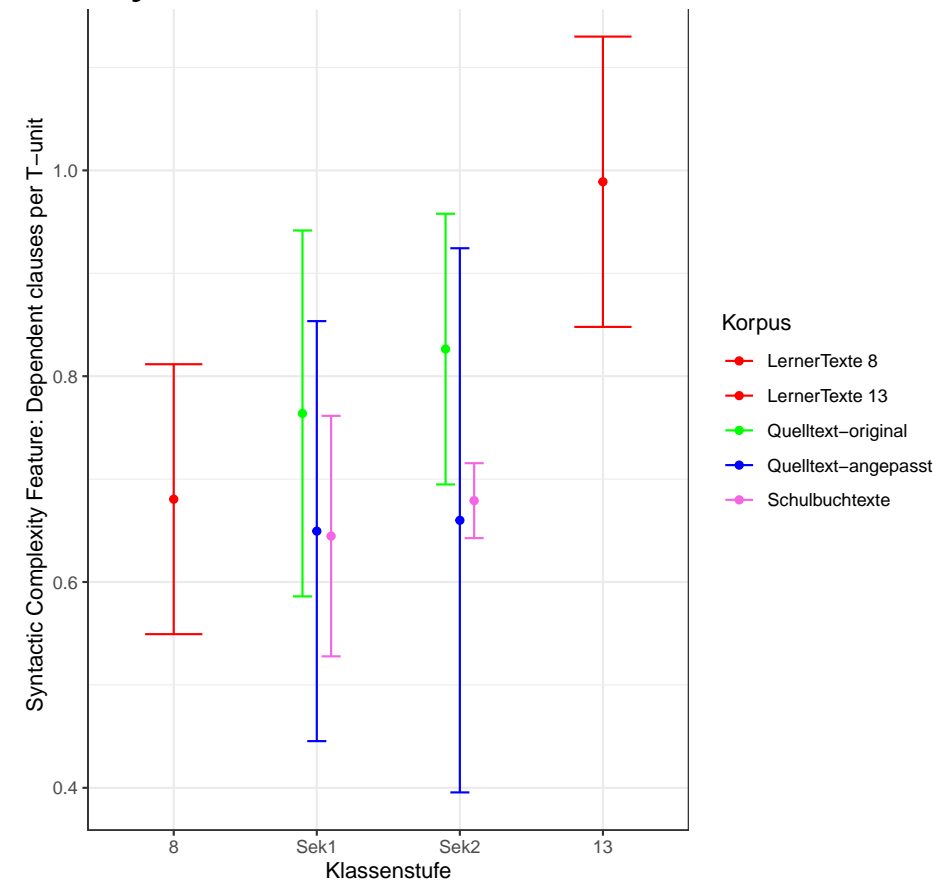


Englisch-Komplexität im bilingualen Sachfachunterricht und Schülertexten

Komplexe Nominalphrasen



Syntaktische Subordination





Sprachliche Komplexität in der Bildungsrealität

- Adaptive sprachliche Gestaltung von Schulbüchern in anderen Ländern erfolgreicher: Griechenland (Chatzipanagiotidis et al. 2021)
- Analyse gesprochener Sprache im Unterricht:
 - Lehrkraftfortbildung zu entwicklungsproximaler Inputanreicherung erfolgreich, aber sprachliche Modellierungskompetenz transferiert nicht zu neuen Themen (Heppt et al. 2025)
 - Lehrer bieten im Gymnasien komplexeren Input als in der Grundschule, aber in Hauptschule weniger komplexen (Weiss et al. 2022).
- Weitere Arbeiten zu sprachlicher Komplexitätsanalyse: <http://purl.org/dm/complexity>
- Werkzeuge zur gezielten Suche nach inhaltlichen und sprachliche Kriterien:
 - FLAIR: <http://flair.schule> (Englisch/Deutsch)
 - LATILL: <http://latill.eu> (Deutsch als Fremdsprache)
 - KANSAS: <http://kansas-suche.de> (Alphabetisierung)
 - SyB: <http://complexity.schule> (Forschungsprototyp zur direkten Verbindung von Lernertext und Lesetext)



Zusammenfassung

- Adaptivität essentiell gegeben Heterogenität, aber in Schulpraxis schwer umzusetzen.
- Um entwicklungsproximales Lernen digital zu fördern benötigen wir KI Methoden für
 - Interaktivität: Unterstützung der Schüler durch spezifisches Feedback
 - Adaptivität: Auswahl von fachlich & sprachlich förderlichen Materialien
- Randomisierte Feldstudien und Analysen in der Schulpraxis zeigen klare Effekte
 - sprachliche Faktoren im fachlichen Lernen
 - effektive makroadaptiver Förderung
- Sprachliche Komplexitätsanalyse zeigt Desiderata bei entwicklungsproximalem Input (Lehrbücher, Lehrkraft) auf



Zusammenfassung und Transfer

- ⇒ Bewusste sprachliche Aufgabengestaltung und makroadaptive Sequenzierung bietet
 - größeren fachlichen Lernerfolg,
 - zufriedenerere Lernende und
 - mehr Bildungsgerechtigkeit.

- Wie kommen diese Forschungsergebnisse in die Bildungspraxis? Transfer & Scaling Up
 - Erkenntnisse fließen in die Spezifikation und wissenschaftliche Begleitung des von der FWU geleiteten länderübergreifenden Entwicklungsvorhabens Adaptives Intelligentes System (AIS)



Literatur

- Baumert, J., R. Lehmann, M. Lehrke, B. Schmitz, M. Clausen, I. Hosenfeld, O. Köller & J. Neubrand (1997). *TIMSS—Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich: deskriptive Befunde*. Springer-Verlag.
- Berendes, K., S. Vajjala, D. Meurers, D. Bryant, W. Wagner, M. Chinkina & U. Trautwein (2018). Reading demands in secondary school: Does the linguistic complexity of textbooks increase with grade level and the academic orientation of the school track? *Journal of Educational Psychology* 110(4), 518–543.
- Berkling, K., J. Fay, M. Ghayoomi, K. Hein, R. Lavalley, L. Linhuber & S. Stüker (2014). A Database of Freely Written Texts of German School Students for the Purpose of Automatic Spelling Error Classification. In *Proceedings of the Ninth International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC'14)*. Reykjavik, Iceland: European Language Resources Association (ELRA), pp. 1212–1217. URL http://www.lrec-conf.org/proceedings/lrec2014/pdf/255_Paper.pdf.
- Boston, M. F., J. T. Hale, U. Patil, R. Kliegl & S. Vasishth (2008). Parsing costs as predictors of reading difficulty: An evaluation using the Potsdam Sentence Corpus. *Journal of Eye Movement Research* 2(1), 1–12. URL <http://www.jemr.org/online/2/1/1>.
- Chatzipanagiotidis, S., M. Giagkou & D. Meurers (2021). Broad Linguistic Complexity Analysis for Greek Readability Classification. In *Proceedings of the 16th Workshop on Innovative Use of NLP for Building Educational Applications*. Association for Computational Linguistics, pp. 48–58. URL <https://aclanthology.org/2021.bea-1.5/>.
- Chen, X. & D. Meurers (2016). CTAP: A Web-Based Tool Supporting Automatic Complexity Analysis. In *Proceedings of the Workshop on Computational Linguistics for Linguistic Complexity*. Osaka, Japan: COLING, pp. 113–119.
- Csikszentmihalyi, M. (2000). *Beyond boredom and anxiety*. San Francisco: Jossey-Bass. Originally published in 1975.
- Daróczy, G. (2021). Linguistic and Arithmetic Factors in Word Problems. Ph.D. thesis, Universität Tübingen.
- Daróczy, G., C. Artemenko, D. Meurers, M. Wolska & H.-C. Nuerk (2020a). Influence of Task Characteristics on Eye-Movement Patterns Related to Numerical and Textual Information in Arithmetic Word Problems. *PsyArXiv* URL <https://doi.org/10.31234/osf.io/6mpcx>.
- Daróczy, G., D. Meurers, J. Heller, M. Wolska & H.-C. Nürk (2020b). The interaction of linguistic and arithmetic factors affects adult performance on arithmetic word problems. *Cognitive processing* 21(1), 105–125.
- Daróczy, G., M. Wolska, W. D. Meurers & H.-C. Nuerk (2015). Word problems: A review of linguistic and numerical factors contributing to their difficulty. *Frontiers in Psychology* 6(348). URL http://www.frontiersin.org/developmental_psychology/10.3389/fpsyg.2015.00348/abstract.
- Daróczy, G., M. Wolska, H.-C. Nuerk & D. Meurers (2014). On the influence of linguistic and numerical complexity in word problems. *Cognitive Processing* 15(1), S21–S21.



- Ellis, R. (2003). *Task-based language learning and teaching*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Gibson, E. (2000). The dependency locality theory: A distance-based theory of linguistic complexity. In A. Marantz, Y. Miyashita & W. O’Neil (eds.), *Image, language, brain: papers from the First Mind Articulation Project Symposium*, MIT, pp. 95–126.
- Hancke, J., S. Vajjala & D. Meurers (2012). Readability Classification for German using lexical, syntactic, and morphological features. In *Proceedings of the 24th International Conference on Computational Linguistics (COLING)*. Mumbai, India, pp. 1063–1080. URL <https://aclanthology.org/C12-1065/>.
- Heppt, B., D. Löfflad, S. Henschel, K. Gabler, I. Hardy & D. Meurers (2025). Effectiveness of professional development for language-supportive teaching: Insights from employing computational linguistic analysis methods. In *Jahrbuch der Schulentwicklung Band 24 Bildungsprozesse und Kompetenzentwicklungen im Kontext sprachlicher und sozialer Heterogenität*, Weinheim: Beltz Juventa, pp. 35–60. URL https://ifs.ep.tu-dortmund.de/storages/ifs-ep/r/Downloads_allgemein/Jahrbuch_der_Schulentwicklung_Band_24.pdf#page=36.
- Höhmnn, K. (2009). Heterogenität: Eine begriffliche Klärung. In K. Höhmnn, R. Kopp, H. Schäfers & M. Demmer (eds.), *Lernen über Grenzen: Auf dem Weg zu einer Lernkultur, die vom Individuum ausgeht*, Opland & Farmington: Barbara Budrich, pp. 27–35.
- Kintsch, W. (2005). An Overview of Top-Down and Bottom-Up Effects in Comprehension: The CI Perspective. *Discourse Processes A Multidisciplinary Journal* 39(2 & 3), 125–128.
- Kunze, I. & C. Solzbacher (eds.) (2008). *Individuelle Förderung in Sekundarstufe I und II*. Schneider Verlag Hohengehren.
- Letzel, V. (2021). Binnendifferenzierung in der Schulpraxis — Eine quantitative Studie zur Einsatzhäufigkeit und zu Kontextfaktoren der Binnendifferenzierung an Sekundarschulen. Doktorarbeit, Universität Trier. URL <https://doi.org/10.25353/ubtr-xxxx-b711-2fc7>.
- McCombs, B. L. & M. A. McDaniel (1981). On the design of adaptive treatments for individualized instructional systems. *Educational Psychologist* 16(1), 11–22.
- Plass, J. L. & S. Pawar (2020). Toward a taxonomy of adaptivity for learning. *Journal of Research on Technology in Education* 52(3), 275–300.
- Trautmann, M. & B. Wischer (2011). *Heterogenität in der Schule: eine kritische Einführung*. VS Verlag für Sozialwissenschaften & Springer.
- Vajjala, S. & D. Meurers (2014). Readability Assessment for Text Simplification: From Analyzing Documents to Identifying Sentential Simplifications. *International Journal of Applied Linguistics, Special Issue on Current Research in Readability and Text Simplification* 165(2), 142–222.
- Vygotsky, L. S. (1986). *Thought and Language*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Weiss, Z., K. Lange-Schubert, B. Geist & D. Meurers (2022). Sprachliche Komplexität im Unterricht: Eine computerlinguistische Analyse der gesprochenen Sprache von Lehrenden und Lernenden im naturwissenschaftlichen Unterricht in der Primar- und Sekundarstufe. *Zeitschrift für Germanistische Linguistik* .
- Weiss, Z. & D. Meurers (2019a). Analyzing Linguistic Complexity and Accuracy in Academic Language Development of German across Elementary and Secondary School. In *Proceedings of the Fourteenth Workshop on Innovative Use of NLP for Building Educational Applications*. Florence, Italy: Association for Computational Linguistics, pp. 380–393. URL <https://aclanthology.org/W19-4440/>.



Weiss, Z. & D. Meurers (2019b). Broad Linguistic Modeling is Beneficial for German L2 Proficiency Assessment. In A. Abel, A. Glaznieks, V. Lyding & L. Nicolas (eds.), *Widening the Scope of Learner Corpus Research. Selected Papers from the Fourth Learner Corpus Research Conference*. Louvain-La-Neuve: Presses Universitaires de Louvain.



Validierung der Genauigkeit der Komplexitätsanalyse

- Wie gut lässt sich die Komplexität eines Textes anhand dieser Merkmale bestimmen?
 - Experimente zum Deutschen (Hancke, Vajjala & Meurers 2012)
 - 900 Texte je aus den GEO und GEOlino Magazinen
 - Experimente mit maschinellem Lernen (SVM)
 - Training je auf 9/10 der Daten, Test auf Rest (10-fold CV)
 - Klassifikationsgenauigkeit: 90%
 - Experimente im Bildungskontext (Vajjala & Meurers 2014)
 - Evaluation für das Englische auf Common Core State Standard Referenzdaten: zweitbestes publiziertes Resultat
- feines Diagnoseinstrument für Komplexitätsunterschiede