

Vergleich des Fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte aus zwei Large-Scale Studien mit Hilfe des Modells der hierarchischen Komplexität *und des Scale-Anchoring-Verfahrens*

Jannis Zeller, Dustin Schiering, Christoph Kulgemeyer, Knut Neumann,
Josef Riese, Stefan Sorge

Vortrag auf der GEBF Jahrestagung 2023

Theorie und Ausgangslage

Fachdidaktisches Wissen

- Fachdidaktisches Wissen (FDW) neben Fachwissen (FW) und Pädagogischem Wissen (PW) als Teil des Professionswissens von Lehrkräften bereits seit längerem im Fokus der fachdidaktischen Forschung (Shulman, 1986; Baumert & Kunter, 2006; Riese, 2009; Hume et al., 2019; Sorge et al., 2019)
- Arbeitsdefinition: FDW = „Dasjenige Wissen welches zur adressatengerechten Aufbereitung des FW notwendig ist“ (Baumert & Kunter, 2006)
- Im deutschsprachigen Raum für das Fach Physik in den letzten Jahren insbesondere zwei große Projekte:

ProfileP

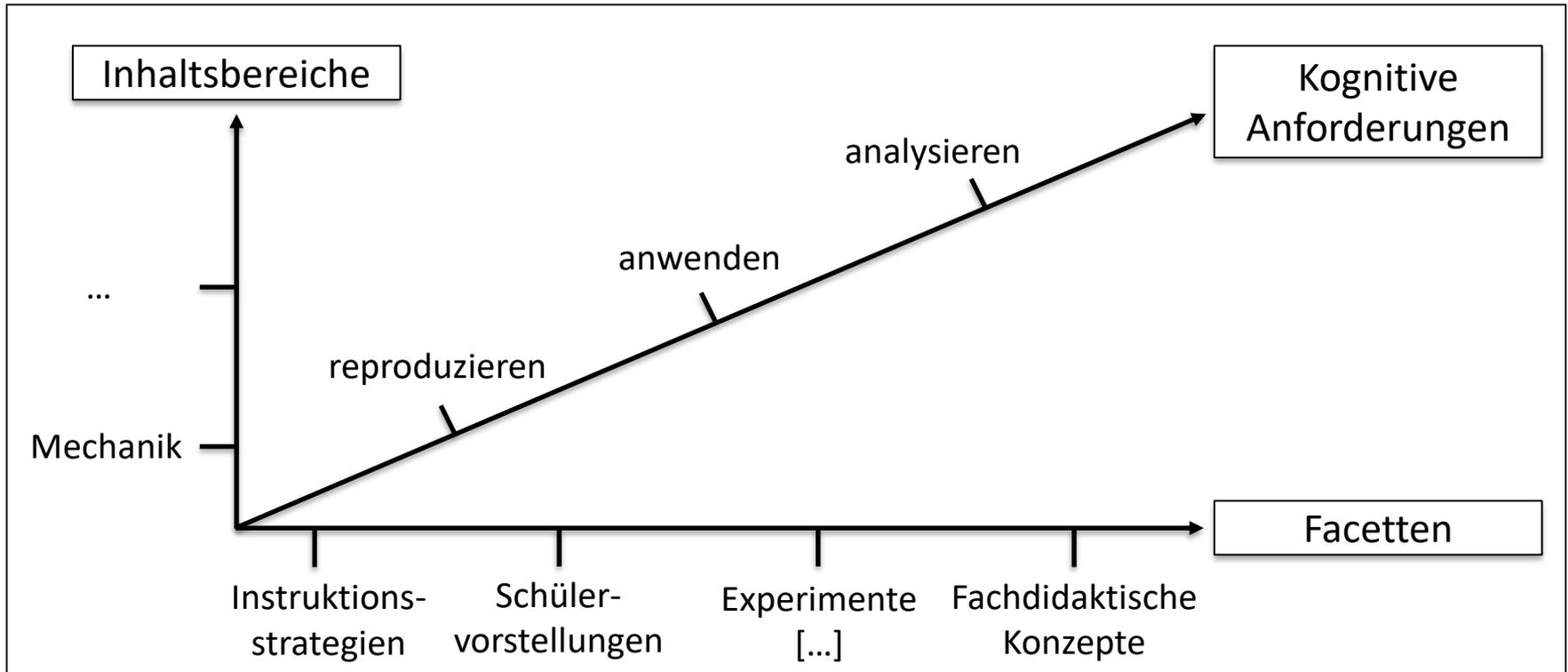
(Gramzow, 2015; Vogelsang et al., 2019)

KeiLa

(Schiering et al., 2023; Sorge et al. 2019)

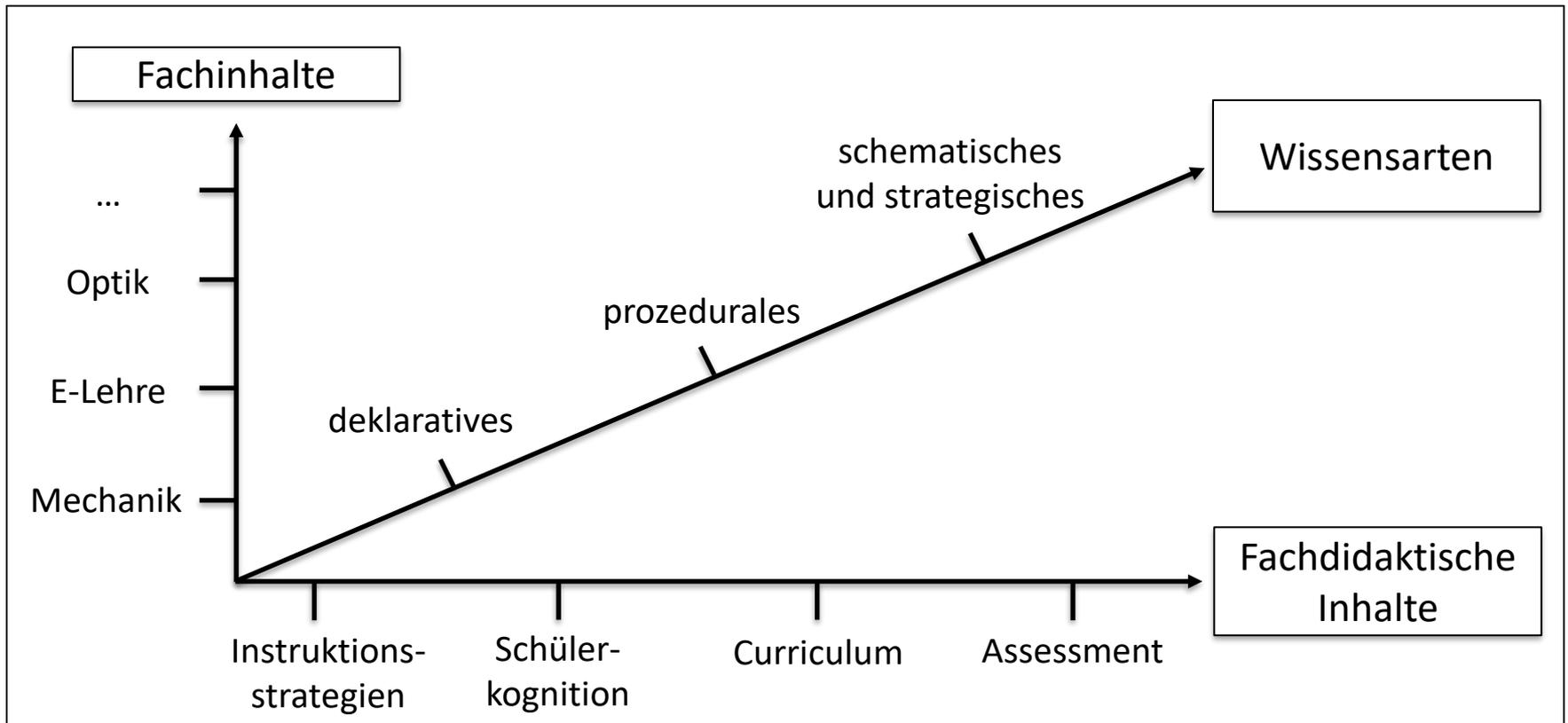
Modellierung in Profile-P

- FDW wird hierzulande häufig **dreidimensional modelliert** (Tepner et al., 2012; Kröger, 2019; Gramzow, 2015)
- Itementwicklungsmodell im Projekt Profile-P (nach Gramzow, 2015, S. 104):



Modellierung in KiL / KeiLa

- Itementwicklungsmodell im Projekt KiL / KeiLa (nach Kröger, 2019, S. 50):



Entwicklung und kriterienorientierte Beschreibung des FDW

- **Konforme Ergebnisse** unterschiedlicher Projekte (z. B. ProwiN, ProfiLe-P, KiL) **bei Betrachtung quantitativer Scores:** signifikante Zuwächse des FDW im Studium und Vorbereitungsdienst sowie Identifikation bedeutsamer Prädiktoren (CP, SWS, allg. kog. Fähigkeit) (z. B. Riese & Reinhold, 2012; Kirschner, 2013; Kröger, 2019)
- **Erste datenbasierte inhaltliche Beschreibungen von Niveaustufen** des mithilfe des Scale-Anchoring-Verfahrens (z. B. Mullis et al., 2015) im KiL / KeiLa Projekt (Schiering et al., 2019 / Schiering et al., 2023) sowie auf Basis einer geschlossenen Version des ProfiLe-P-Tests (Zeller et al., 2022) zeigen Parallelen

Jenseits der Gesamtscores:

- *Gibt es projektübergreifend vergleichbare Wissensausprägungen bzw. „Fähigkeitsprofile“?*
- *Was zeichnet einen hohen Wissensstand aus?*

Ziel der Analyse

„Vision“:

- Generalisierbare, inhaltlich-kriterienorientierte Beschreibung von Ausprägungen des FDW, z. B. zur Ermöglichung von inhaltlich aussagekräftigem Feedback
- Projektübergreifende Betrachtung mit größerer Aussagekraft
- Identifikation (gemeinsamer) potenzieller Entwicklungsstufen auf Basis empirischer Ergebnisse

FF1: Inwieweit lassen sich mithilfe des Scale-Anchoring-Verfahrens projektübergreifend inhaltliche Strukturen des FDW identifizieren?

FF2: Inwieweit lassen sich Stufen hierarchischer Komplexität des FDW projektübergreifend identifizieren und inhaltlich charakterisieren?

Datensätze

Datensatz ProfiLe-P(+)

- ProfiLe-P+ (Vogelsang et al., 2019):
Daten in Quer- und Längsschnitten
zu Professionswissen und
Performanz in standardisierten
Handlungs-Situationen
- Genutztes FDW-Testinstrument
nach Gramzow (2015) mit 4
geschlossenen und 20 offenen
Aufgaben
- Hier: $N = 779$ genutzte Datensätze
zu FDW nach Bereinigung



Aufgabe 1 [9]

Ein Lehrer hat das Wechselwirkungsprinzip „Actio=Reactio“ (3. Newtonsches Axiom) in einer 9. Klasse eingeführt. Nachfolgend spielt sich folgende Szene ab.

Lehrer: Stellt euch jetzt einmal vor, ein Apfel hängt an einem Baum. Wo haben wir hier jetzt Actio und Reactio?

Schüler A: Na, ist doch klar, der Apfel zieht am Ast und der Ast hält den Apfel oben!

Die Klasse signalisiert Zustimmung

Lehrer: Ja richtig – schön, ihr habt es verstanden! Was ist denn dann, wenn der Apfel jetzt herunterfällt? Also während des Fallens, wo ist da Actio und Reactio?

Ein Gemurmel stellt sich ein

Schüler B: Ja gilt das denn dann überhaupt noch? Ich meine, ist doch immer nur ideal, dass das gilt!?

Schüler A: Klar hast du noch Actio und Reactio, nur Actio wird halt immer größer, der Apfel wird ja schließlich schneller beim Fallen!

Schüler B: Ich dachte, die müssen gleich sein? Wo willst du überhaupt Reactio haben, der fällt doch frei und wird nicht mehr gehalten!?!

Schüler A: Hm. Na Actio hast du auf jeden Fall schon mal, er bewegt sich ja. Und er wird ja auch nicht beliebig schnell, die Luftreibung bremst ihn ja. Das ist deine Reactio!

- a) Offensichtlich haben die Schüler die Ausführungen des Lehrers nicht richtig verstanden, die Übertragung auf die Situation mit dem frei fallenden Apfel gelingt nicht. Analysieren Sie die Szene: Inwiefern ist das Vorgehen des Lehrers nicht optimal?

- b) In den Aussagen der Schüler werden einige typische, fachlich nicht korrekte Vorstellungen deutlich. Welche können Sie jeweils bei den Schülern entdecken? Nennen Sie zwei.

1. _____

2. _____

Datensatz KiL / KeiLa

- Projekt KiL/KeiLa (Schiering et al., 2023): Daten in Quer- und Längsschnitten zu Professionswissen
- Genutztes FDW-Testinstrument nach Kröger (2019) mit 19 geschlossenen und 20 offenen Aufgaben
- Hier: $N = 427$ genutzte Datensätze zu FDW

Aufgabe 17

Fähigkeitsniveau >III – Instruktionsstrategien

Im Physikunterricht:

Aylin: „Klar brauche ich Kraft, wenn ich Fahrrad fahre. Ich muss doch immer in die Pedale treten, um nicht langsamer zu werden.“

Michelle: „Irgendwie braucht es doch einen Grund, dass man langsamer wird. Ich glaube, das liegt an der Reibung.“

Frau F. ist die Lehrerin und will in das Gespräch eingreifen. Sie möchte einen Konzeptwechsel anbahnen, um die Entwicklung einer adäquaten Vorstellung des Kraftbegriffs zu fördern. Wie müsste sie am ehesten vorgehen, wenn sie dabei die Anknüpfungsstrategie verfolgen will?

Sie müsste die geäußerte Idee aufgreifen, dass auf das Fahrrad Kraft übertragen wird. Damit kann sie den Energieerhaltungssatz motivieren

Sie müsste die geäußerte Idee aufgreifen, dass die Reibung die Tretkraft behindert. Damit kann sie das dritte Newtonsche Axiom („Actio gleich Reactio“) motivieren.

Sie müsste die geäußerte Idee aufgreifen, dass jede Änderung eines Zustandes eine Ursache benötigt. Damit kann sie das zweite Newtonsche Axiom ($F = dp/dt$) motivieren.

Sie müsste ein Experiment durchführen, das einen kognitiven Konflikt hervorruft. Damit kann sie den Kraftbegriff physikalisch korrekt motivieren.

Beispielitem aus dem KiL FDW-Test (Schiering, 2019, S. 226)

Methodik und Ergebnisse

Kriterienorientierte Beschreibung mit dem Scale-Anchoring-Verfahren

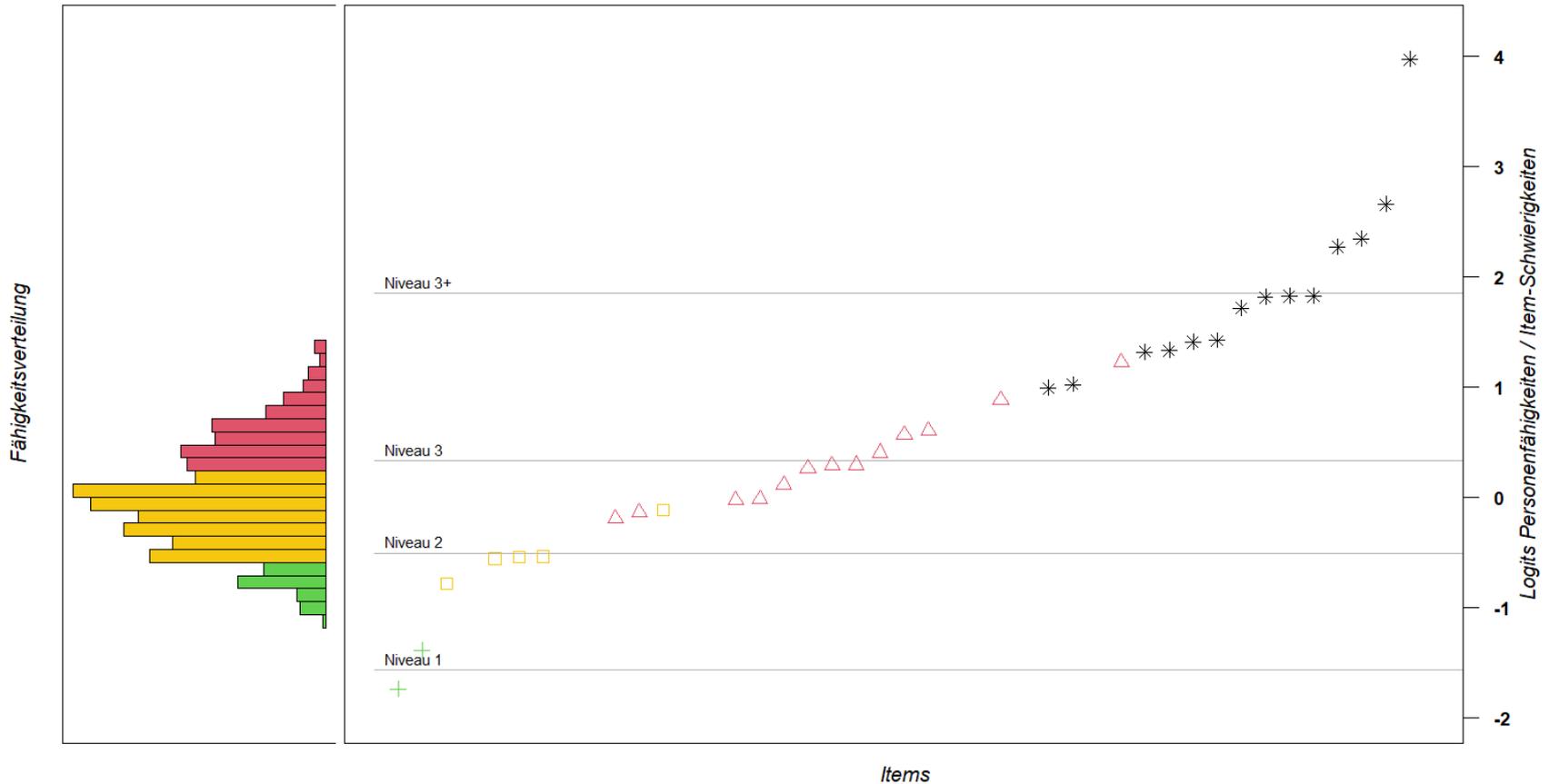
- Item-Response Modellierungen (Partial Credit) & Thurstone Thresholds (Masters, 1982; Linacre, 1998) mithilfe des R-Pakets TAM (Test Analysis Modules, Robitzsch et al., 2022)
- Fit-Qualität in gutem bis sehr guten Bereich:

Datensatz	EAP-Reliabilität	Itemfits
ProfiLe-P+	0.71	€ (0.8, 1.2)
KiL / KeiLa (Daten aus Schiering et al., 2023)	0.72	€ (0.8, 1.2)

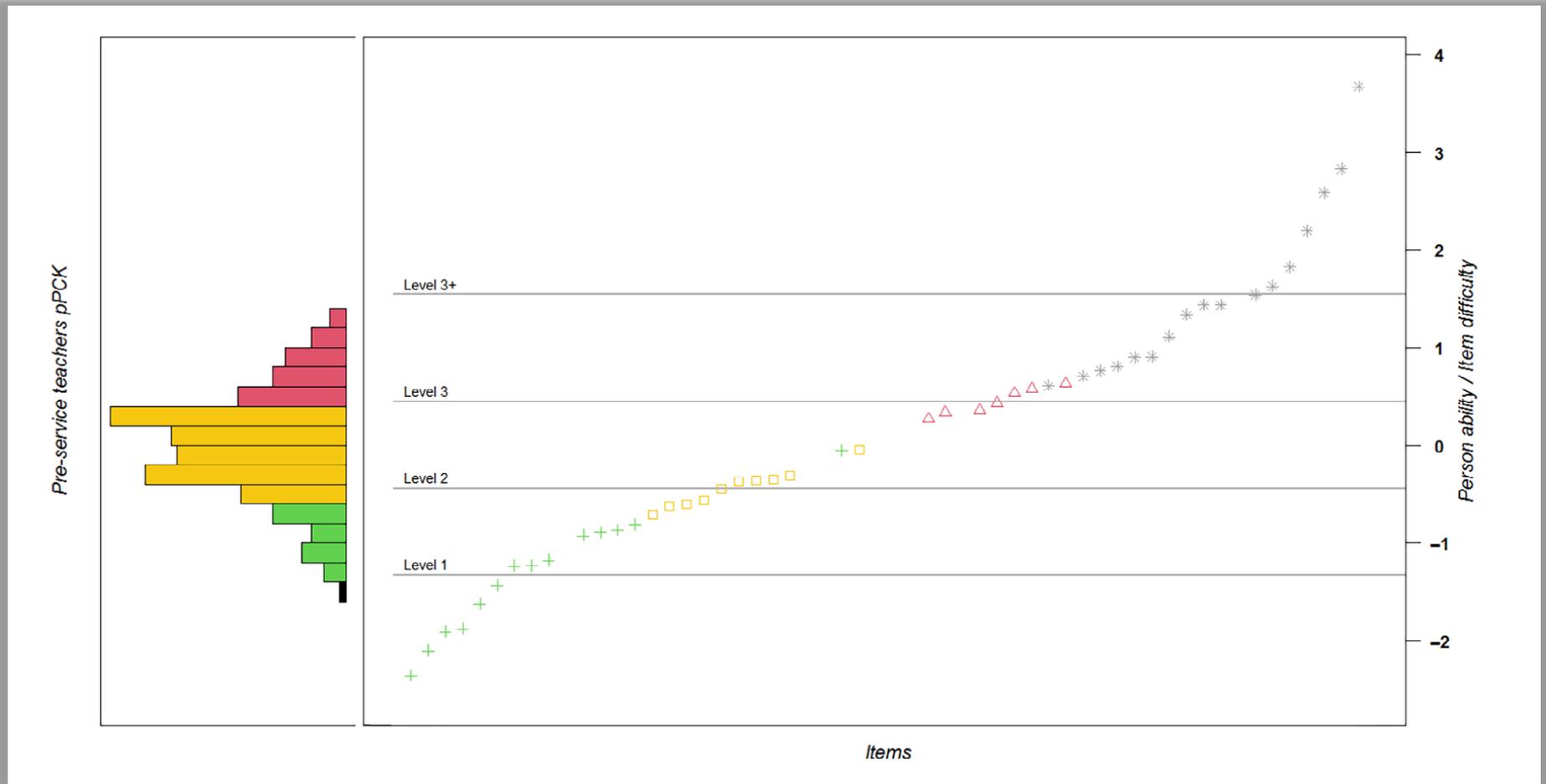
- **Scale-Anchoring-Verfahren:**
 1. Probandengruppen (PG1) hinsichtlich Fähigkeitsparameter bilden
 2. Aufgabengruppen auf Basis der PG1 einteilen (siehe z. B. Schiering et al., 2023)
 3. Aufgabengruppen dienen zur Bestimmung der Niveaugrenzen (Mittelwert)
 4. Aufgaben an Grenzen dienen zur Inhaltlichen Charakterisierung

Scale-Anchoring – Wright Map Profile-P

Wright Map Scale Anchoring Methode (4 Niveaus) - ProfiLe-P+



Scale-Anchoring – Wright Map KiL / KeiLa



nach Schiering et al. (2023, S. 15)

Scale-Anchoring – Niveaubeschreibungen

(grob anhand der Operatoren)

Niveau	ProfiLe-P	KiL (Schiering et al., 2023)
1	Experimente: nennen Schülervorstellungen: nennen	Curriculum: unterscheiden, verstehen, Instruktionsstrategien: kennen SV: unterscheiden, charakterisieren
2	Fachdid. Konzepte: nennen SV: erkennen	Curr: unterscheiden SV: wissen, planen, fördern
3	Exp: entwickeln, nennen Inst: evaluieren SV: rekonstruieren	Assessment: bewerten Curr: arrangieren Inst: kennen
3+	Exp: entwickeln Inst: evaluieren SV: rekonstruieren	Ass: definieren, identifizieren Curr: begründen Inst: erstellen SV: identifizieren, fördern

Scale-Anchoring – Niveaubeschreibungen (grob anhand der Operatoren)

Niveau	Profile P	Kil
1	<ul style="list-style-type: none">• Ergebnisse lassen sich eher im Rahmen einer lernpsychologischen Interpretation deuten	sehen, en
2	<ul style="list-style-type: none">• Fachdidaktische sowie fachliche Inhalte unterscheiden sich, bei den Operatoren lässt sich aber eine gewisse Parallele von niedrigeren zu höheren Anforderungen im Sinne einer Taxonomie (z. B. Anderson & Krathwohl, 2001) erkennen	
3	<ul style="list-style-type: none">• Daher: Betrachtung, ob sich dies mithilfe einer dritten, projektunabhängigen Modellierung hierarchischer Komplexität differenzierter abbilden lässt	
3+		SV: identifizieren, fördern

Stufen Hierarchischer Komplexität

- Ansatz: Ergänzende Betrachtung „Hierarchischer Komplexität“ als schwierigkeitserzeugendes Merkmal mithilfe einer Regressionsanalyse gegen die Itemparameter
- **„Model of hierarchical Complexity“** nach Commons et al. (1998, siehe auch Commons et al., 2014) – *Qualitative* Komplexitätsstufen für Lernziele
- Für Fachwissen in Chemie (Bernhold, 2010) und Physik (Woitkowski, 2015; Woitkowski & Riese, 2017) genutzt, um inhaltliche interpretierbare Niveaustufen empirisch abzuleiten
- **Hier:** Entwicklung des Modells aus der Perspektive des Profile-P Teams, dann Konsensbildung mit KiL-Team

Komplexitätsstufen (grob)

- 1. Fakten:** Reproduktion einzelner, unverbundener Informationen
- 2. Einstufige Kausalität:** Verknüpfungen von mehreren Informationen zu einem Produkt
- 3. Mehrstufige Kausalität:** Argumentationen (u. Ä.) mit mehr als einer Argumentations- / Analysestufe

Stufen Hierarchischer Komplexität – Auswertung

Datensatz	Beurteilerübereinstimmung Aufgabenzuordnung (κ)	Varianzaufklärung Komplexität ~ Item Schwierigkeiten (R^2)
ProfiLe-P+	0.87	$\approx 39\%$
KiL / KeiLa	0.82	$\approx 4\%$ (Regressionsmodell wird nicht sign.)

- ProfiLe-P: Alle Stufen lassen sich signifikant voneinander trennen
- KiL: Nur deskriptive Stufenunterschiede
- p -Werte nicht alles (Wasserstein & Lazar, 2016), aber...

Stufen Hierarchischer Komplexität – Auswertung

Date

Prof

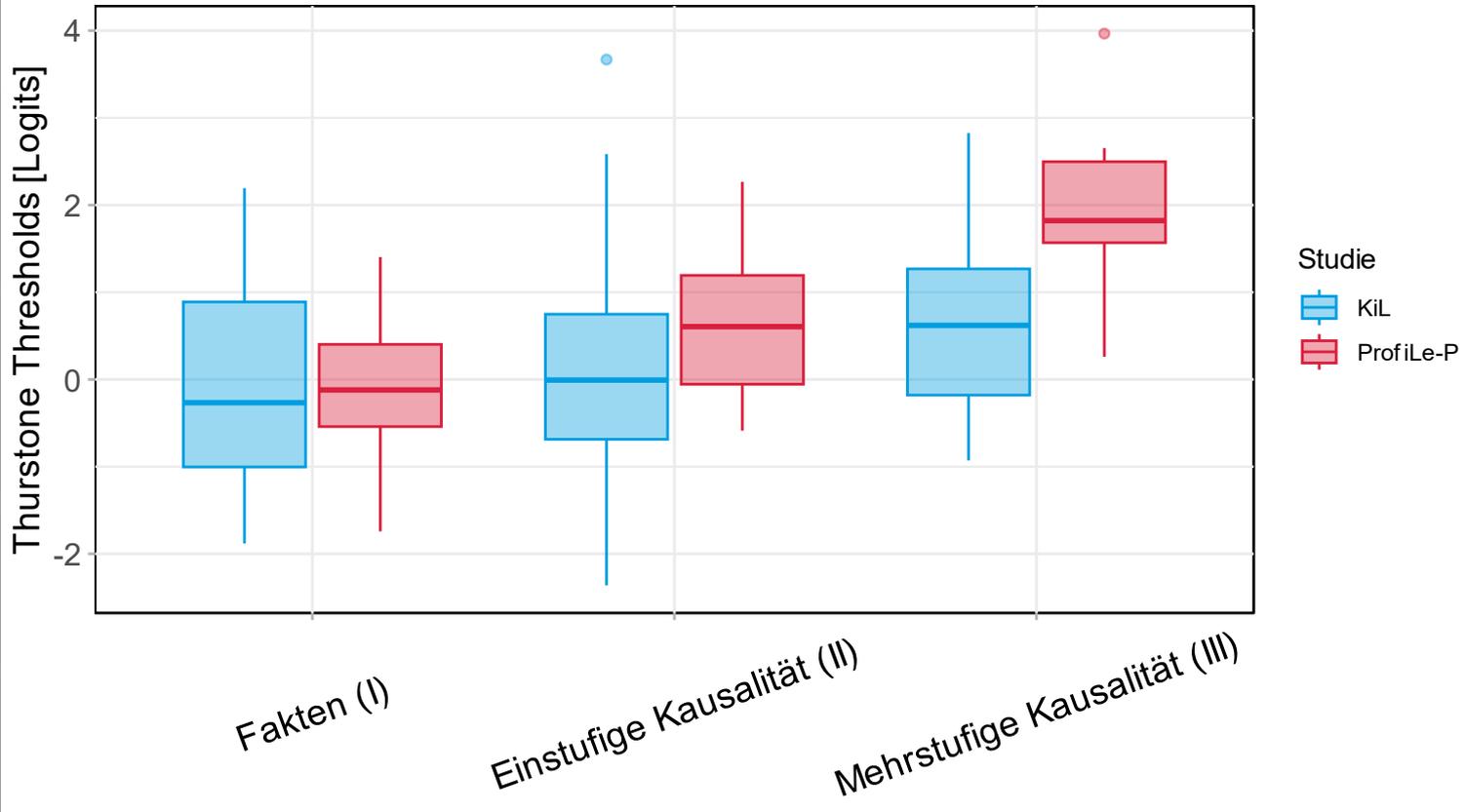
KiL /

■ Pro

■ KiL

■ p -V

Komplexitätsgruppen & Item-Schwierigkeiten



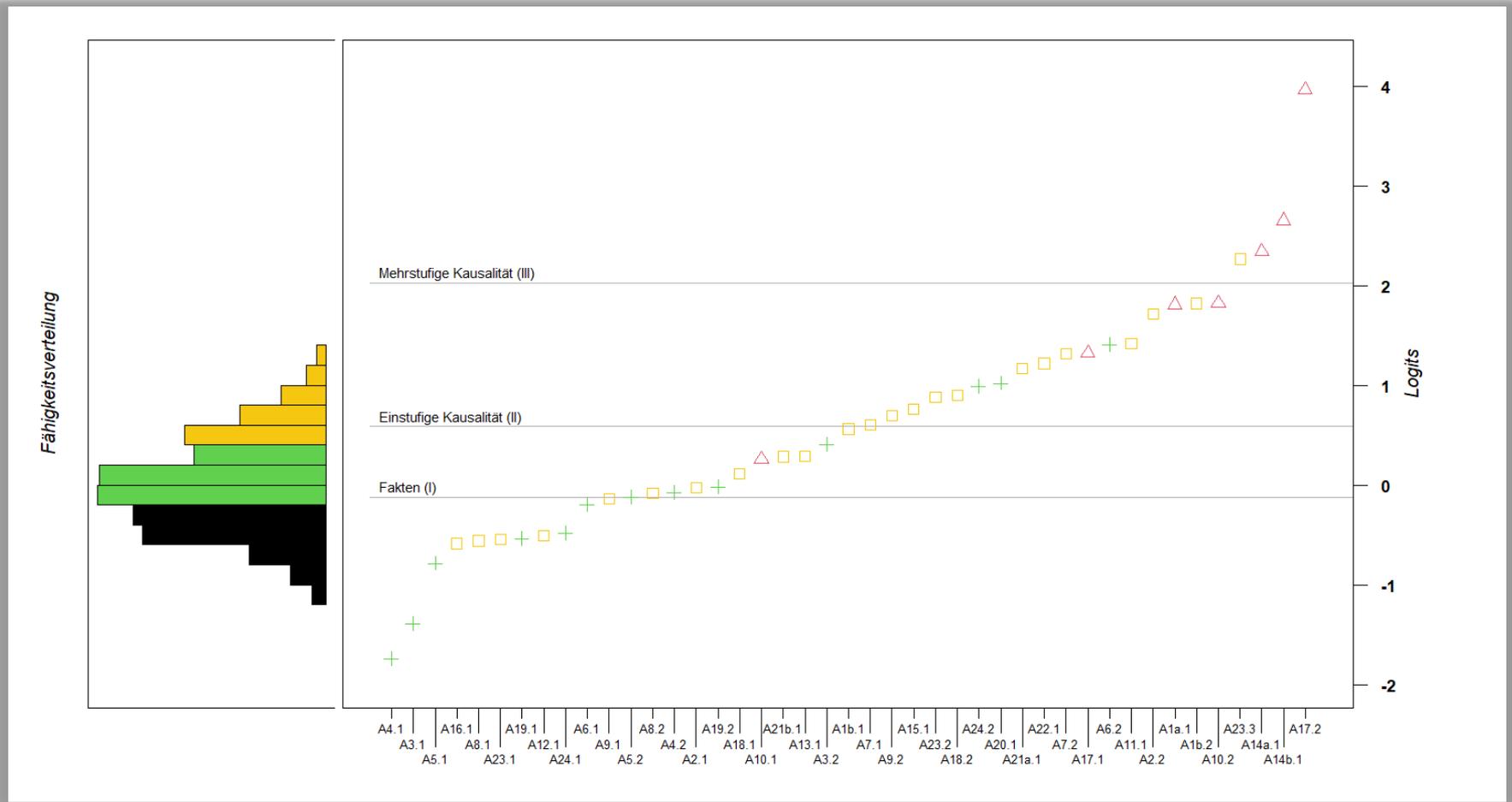
ität

(2)

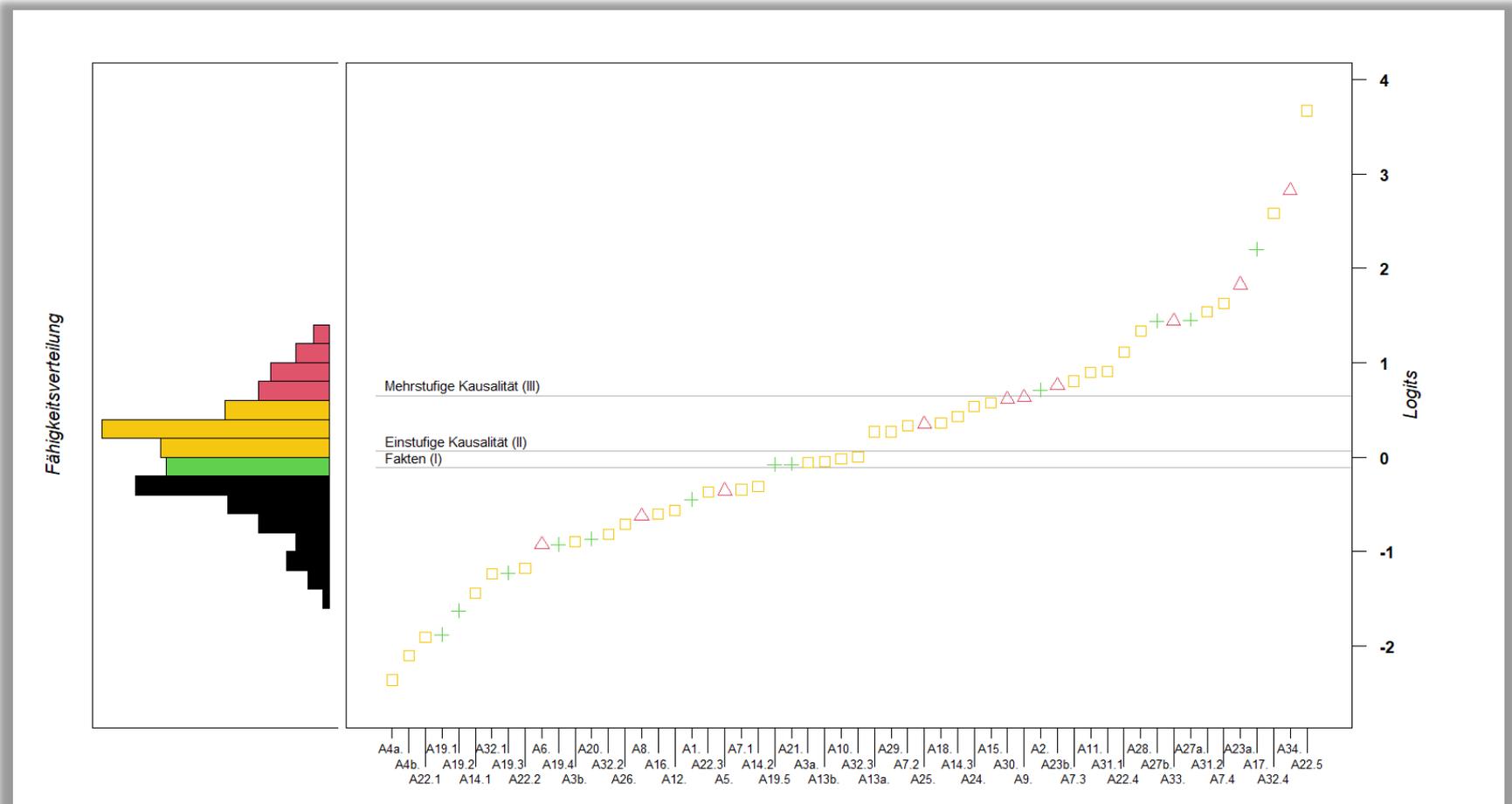
ign.)

en

Stufen Hierarchischer Komplexität – Wright Map Profile-P



Stufen Hierarchischer Komplexität – Wright Map KiL



Diskussion

Diskussion

- Zwei Ansätze zur inhaltlichen Vereinigung der empirischen Ergebnisse zur Beschreibung des FDW auf inhaltlicher, kriterienorientierter Ebene:
 - I. **Scale-Anchoring:** Hinweise auf Parallelen bzgl. lernpsychologisch interpretierbarer Operatoren, aber aufgrund geringer Aufgabenanzahl Aussagekraft teilweise eingeschränkt bzw. schwierig ohne Weiteres auf fachdidaktische und fachliche Inhalte generalisierbar
 - II. **Hierarchische Komplexität:** Liefert direkt inhaltliche Niveaubeschreibungen, aber diese sind stark „verdichtet“ und erschweren die Übertragung des Komplexitätsmodells (wie auch an den empirischen Ergebnissen zu sehen)

Fazit

- Inhaltliche hierarchische Strukturen zum Physikdidaktischen Wissen lassen sich mithilfe des Scale-Anchoring-Verfahrens in der Tendenz projektübergreifend identifizieren
- Das Fachdidaktische Wissen scheint sich in Übereinstimmung mit Strukturierungen der klassischen Kognitionspsychologie (z. B. Anderson & Krathwohl, 2001; Gagné & White, 1978) zu entwickeln / strukturieren:

In niedrigen Ausprägungen scheint sich FDW auf reproduktive Aspekte zu beschränken und wird mit zunehmender Fähigkeit auf kreative sowie evaluierende Elemente ausgeweitet.

- Diese Beobachtung kann jedoch mit einem Modell hierarchischer Komplexität für das FDW nur eingeschränkt (nicht projektübergreifend) unterstützt / bekräftigt werden

Ausblick

- Wie können die **Niveauformulierungen** aus dem Scale-Anchoring-Verfahren trotz Unterschieden im fachlichen Kontext und fachdidaktischen Inhalt der Items projektübergreifend valide zusammengeführt werden?
 - *Gemeinsame Skalierung der Score-Daten mithilfe einer Normierung der mittleren Personenfähigkeiten der Stichproben auf 0 mit anschließender „Übereinanderlegung“ beider Ergebnisse?*
- Alternativ Identifizierung **nicht-hierarchischer** Strukturen in Bezug auf Anforderungsdimensionen wie „Evaluieren“, „Reproduzieren“, „Generieren“ etc. (z.B. angelehnt an Anderson & Krathwohl, 2001), um Fähigkeitsprofile zu identifizieren?
 - *Für solche Strukturen existieren aber im Kontext des Professionswissens keine „Konsens“-Analysemethoden → Grundlagenforschung erforderlich!*

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Anregung für Diskussion:

Welche Potentiale und Schwierigkeiten sehen Sie bei den beiden vorgeschlagenen weiteren Vorgehensweisen?

1. Intensivere vergleichende Analyse mithilfe zusammengeführter Item-Response-Modellierungen
2. Analyse nicht-hierarchischer Strukturen – z. B. durch unsupervised Learning Methoden

Literatur

- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (Hrsg.). (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives* (4. Aufl.). New York: Longman.
- Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469–520. <https://doi.org/10.1007/s11618-006-0165-2>
- Bernholt, S. (2010). *Kompetenzmodellierung in der Chemie. Theoretische und empirische Reflexion am Beispiel des Modells hierarchischer Komplexität*. Berlin: Logos-Verlag.
- Commons, M. L., Crone-Todd, D., & Chen, S. J. (2014). Using SAFMEDS and direct instruction to teach the model of hierarchical complexity. *The Behavior Analyst Today*, 14(1-2), 31–45. <https://doi.org/10.1037/h0101284>
- Commons, M. L., Trudeau, E. J., Stein, S. A., Richards, F. A., & Krause, S. R. (1998). Hierarchical Complexity of Tasks Shows the Existence of Developmental Stages. *Developmental Review*, 18(3), 237–278. <https://doi.org/10.1006/drev.1998.0467>
- Gagné, R. M., & White, R. T. (1978). Memory Structures and Learning Outcomes. *Review of Educational Research*, 48(2), 187–222. <https://doi.org/10.3102/00346543048002187>
- Hume, A., Cooper, R., & Borowski, A. (Hrsg.). (2019). *Repositioning pedagogical content knowledge in teachers' knowledge for teaching science*. Singapore: Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2>
- Kirschner, S. (2013). Modellierung und Analyse des Professionswissens von Physiklehrkräften. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), *Studien zum Physik- und Chemielernen* (Bd. 161). Berlin: Logos Verlag.
- Kröger, J. (2019). *Struktur und Entwicklung des Professionswissens angehender Physiklehrkräfte* [Diss., Christian-Albrechts Universität Kiel].
- Linacre, J. M. (1998). Thurstone Thresholds and the Rasch Model. *Rasch Measurement Transactions*, 12(2), 634–635. <https://www.rasch.org/rmt/rmt122i.htm>
- Masters, G. N. (1982). A rasch model for partial credit scoring. *Psychometrika*, 47(2), 149–174. <https://doi.org/10.1007/BF02296272>
- Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), *Studien zum Physik- und Chemielernen* (Bd. 97). Berlin: Logos Verlag.
- Riese, J., & Reinhold, P. (2012). Die professionelle Kompetenz angehender Physiklehrkräfte in verschiedenen Ausbildungsformen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften*, 15, 111–143. <https://doi.org/10.1007/s11618-012-0259-y>
- Robitzsch, A., Kiefer, T., & Wu, M. (2022). TAM: Test Analysis Modules [R package version 4.1-4]. Zugegriffen 31. Oktober 2022 unter <https://CRAN.R-project.org/package=TAM>
- Schiering, D., Sorge, S., Keller, M. M., & Neumann, K. (2023). A proficiency model for preservice physics teachers' pedagogical content knowledge (PCK)—What constitutes high-level PCK? *Journal of Research in Science Teaching*, 60(1), 136–16. <https://doi.org/doi.org/10.1002/tea.21793>
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Sorge, S., Kröger, J., Petersen, S., & Neumann, K. (2019). Structure and development of preservice physics teachers' professional knowledge. *International Journal of Science Education*, 41(7), 862–889. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1346326>
- Wasserstein, R. L., & Lazar, N. A. (2016). The ASA Statement on p-Values: Context, Process, and Purpose. *The American Statistician*, 70(2). <https://doi.org/10.1080/00031305.2016.1154108>
- Woitkowski, D. (2015). Fachliches Wissen Physik in der Hochschulausbildung: Konzeptualisierung, Messung, Niveaubildung. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), *Studien zum Physik- und Chemielernen* (Bd. 185). Berlin: Logos Verlag.
- Woitkowski, D., & Riese, J. (2017). Kriterienorientierte Konstruktion eines Kompetenzniveaumodells im physikalischen Fachwissen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23, 39–52. <https://doi.org/10.1007/s40573-016-0054-z>

Literatur

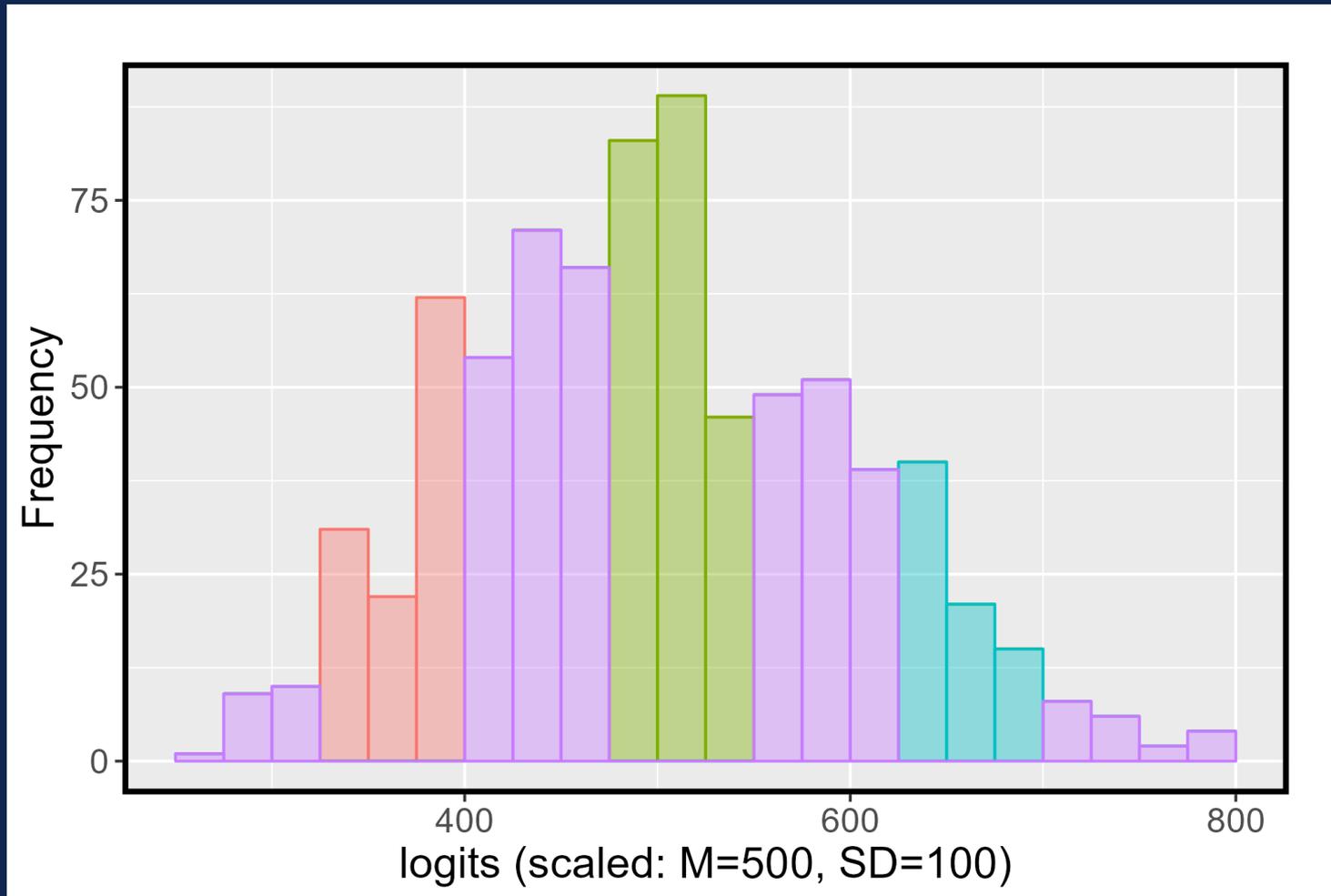
- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (Hrsg.)
assessing A revision of Bloom's taxono
Longman.
- Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort
Zeitschrift für Erziehungswissenschaft,
[006-0165-2](https://doi.org/10.1006-0165-2)
- Bernholt, S. (2010). Kompetenzmodellierung
Reflexion am Beispiel des Modells hier
- Commons, M. L., Crone-Todd, D., & Chen, S
teach the model of hierarchical comple
<https://doi.org/10.1037/h0101284>
- Commons, M. L., Trudeau, E. J., Stein, S. A.,
Complexity of Tasks Shows the Existenc
Review, 18(3), 237–278. <https://doi.org>
- Gagné, R. M., & White, R. T. (1978). Memo
of Educational Research, 48(2), 187–22
- Hume, A., Cooper, R., & Borowski, A. (Hrsg.)
knowledge in teachers' knowledge for
<https://doi.org/10.1007/978-981-13-58>
- Kirschner, S. (2013). Modellierung und Ana
In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth
(Bd. 161). Berlin: Logos Verlag.
- Kröger, J. (2019). Struktur und Entwicklung
Physiklehrkräfte [Diss., Christian-Albrec
- Linacre, J. M. (1998). Thurstone Thresholds
Transactions, 12(2), 634–635. <https://w>
- Masters, G. N. (1982). A rasch model for pa
<https://doi.org/10.1007/BF02296272>
- Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von



- rer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), Studien
n: Logos Verlag.
- Kompetenz angehender Physiklehrkräfte in
t für Erziehungswissenschaften, 15, 111–143.
- est Analysis Modules [R package version 4.1-
[/CRAN.R-project.org/package=TAM](https://CRAN.R-project.org/package=TAM)
- , K. (2023). A proficiency model for
ent knowledge (PCK)—What constitutes
e Teaching, 60(1), 136–16.
- nowledge Growth in Teaching. Educational
[102/0013189X015002004](https://doi.org/10.102/0013189X015002004)
- 2019). Structure and development of
nowledge. International Journal of Science
[.1080/09500693.2017.1346326](https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1346326)
- Statement on p-Values: Context, Process,
.
[108](https://doi.org/10.108)
- n der Hochschulausbildung:
In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth
n (Bd. 185). Berlin: Logos Verlag.
- erte Konstruktion eines
fachwissen. Zeitschrift für Didaktik der
[org/10.1007/s40573-016-0054-z](https://doi.org/10.1007/s40573-016-0054-z)

Backup Folien

Scale-Anchoring – Profile-P: Probandengruppen (1)



Niveauformulierungen Scale-Anchoring – ProfiLe-P

Niveau 1:

- *Schülervorstellungen*: Studierende können einzelne Ursachen für die Entstehung von Schülervorstellungen nennen (A4.1).
- *Experimente*: Studierende können einzelne Ziele des Experimentierens im Physikunterricht nennen (A3.1).

Niveau 2:

- *Schülervorstellungen*: Studierende können einzelne problematische Äußerungen, die durch Schülervorstellungen zum Thema Kraft und Reibung entstehen, erkennen (A8.1).
- *Fachdidaktische Konzepte*: Studierende können einzelne Aspekte Didaktischer Rekonstruktion nennen (A19.1, A23.1). (*Hier so formuliert, wie im Erwartungshorizont akzeptiert...*).

Niveau 3

- *Experimente*:
 - Studierende können erste Planungselemente in Bezug auf eine situationsspezifische Unterrichtssituation zum Thema gleichmäßig beschleunigte Bewegung entwickeln (A10.1).
 - Studierende können mehrere Ziele des Experimentierens im Physikunterricht nennen (A3.1).
- *Schülervorstellungen*: Studierende können manche Schülervorstellungen aus Schüleräußerungen zum Thema Kraft und Reibung rekonstruieren (A21b.).
- *Instruktionsstrategien*: Studierende können die Missverständlichkeit eines Diagramms im Kontext der Kinematik evaluieren (A13.).

Niveau 3+

- *Experimente*: Studierende können vollständige Reaktionen in Bezug auf eine situationsspezifische Unterrichtssituation zum Thema gleichmäßig beschleunigte Bewegung entwickeln (A10.2).
- *Schülervorstellungen*: Studierende können mehrere Schülervorstellungen aus einem Schülerdialog zum 3. Newtonschen Axiom rekonstruieren (A1b.2).
- *Instruktionsstrategien*: Studierende können das Vorgehen einer Lehrkraft zum Erklären des 3. Newtonschen Axiom evaluieren (A1a.).

Niveauformulierungen Scale-Anchoring – KiL

Schiering et al. (2022, S. 16)

Level 1	<p><i>Knowledge of students' understanding of science</i></p> <p>Pre-service teachers differ in their characterization of scientific models from students' common understanding because they characterize a scientific model not as right or wrong but as suitable for a phenomenon's explanation. (Item 32_1)</p> <p><i>Knowledge of instructional strategies</i></p> <p>Pre-service teachers know typical characteristics of inquiry-based teaching. (Item 14_1)</p> <p><i>Knowledge of curriculum</i></p> <p>Pre-service teachers are able to value the role of the history of science for physics classes. (Items 19_2, 19_3)</p> <p>Pre-service teachers are able to differentiate between two of the three achievement levels for a task (reproducing, applying, transferring). (Item 22_2)</p>
Level 2	<p><i>Knowledge of students' understanding of science</i></p> <p>Pre-service teachers know typical and atypical students' misconceptions in electromagnetism. (Item 01_1)</p> <p>Pre-service teachers are able to plan simple experiments to demonstrate that human skin does not measure temperature. (Item 05_1)</p> <p>Pre-service teachers are able to foster students' understanding of scientific methods through experiments. (Item 07_1)</p> <p><i>Knowledge of curriculum</i></p> <p>Pre-service teachers are able to differentiate between all three achievement levels for a task (reproducing, applying, transferring). (Item 22_3)</p>
Level 3	<p><i>Knowledge of instructional strategies</i></p> <p>Pre-service teachers know typical characteristics of different teaching methods (e.g., inquiry-based, context-based). (Item 14_3)</p> <p><i>Knowledge of curriculum</i></p> <p>Pre-service teachers are able to arrange topics (e.g., of electricity) according to the spiral approach. (Item 18_1)</p> <p><i>Knowledge of students' assessment</i></p> <p>Pre-service teachers are able to evaluate multiple-choice tasks regarding the stem and distractors. (Item 24_1)</p>
Level 3+	<p><i>Knowledge of students' understanding of science</i></p> <p>Pre-service teachers are able to identify possible sources of misconceptions derived from scientific figures. (Item 31_1)</p> <p>Pre-service teachers are able to promote students' ideas about scientific experiments (e.g., gaining an understanding of the nature of science) through experiments. (Item 07_4)</p> <p><i>Knowledge of instructional strategies</i></p> <p>Pre-service teachers are able to design instructions, based on students' understanding, that help them change their scientific concepts. (Item 33_1)</p> <p><i>Knowledge of curriculum</i></p> <p>Pre-service teachers are able to justify extracurricular activities in light of students' learning. (Item 23a_1)</p> <p><i>Knowledge of students' assessment</i></p>

Stufenbeschreibung Hierarchische Komplexität

Fakten (I)

- Reproduktion einzelner, unverbundener Informationen
- Keine oder kaum Bezugnahme auf Situation oder sonstige Beschreibung
- Keine oder kaum Verknüpfung der genannten Informationen
- *Beispiel:* Nennen von Fakten zu einem Fachdidaktischen Konzept

Einstufige Kausalität (II)

- Verknüpfung von zwei oder mehr Fakten, Informationen oder Äußerungen zu einem Produkt (z. B. Schlussfolgerungen, Argumentationen)
- Begründungen, Analysen und Argumentationen mit nur einer Argumentations- / Analysestufe
- *Beispiel:* (einstufige) Analyse **oder** Evaluation einer Situation

Mehrstufige Kausalität (III)

- Begründungen, Argumentationen, Evaluationen mit mehr als einer Argumentations- / Analysestufe
- Alle Anforderungen, die komplexere Analysen / Argumentation verlangen als II
- *Beispiel:* Analyse **und** Evaluation einer Situation

Diskussion Komplexität – „Problematische“ Items

- Zu „schweres“ Fakten (*I*)-Item (KiL)

Erläutern Sie jeweils in wenigen (drei bis maximal fünf) Sätzen was unter den Begriffen Validität und Reliabilität im Hinblick auf eine Klassenarbeit in Physik zu verstehen ist.

Diskussion Komplexität – „Problematische“ Items

- Zu „schweres“ *Fakten (I)*-Item (KiL)

Die Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss im Fach Physik benennen zur Strukturierung des Kompetenzbereiches Fachwissen vier Basiskonzepte: Materie, Wechselwirkung, System und Energie.

Erläutern Sie stichpunktartig, was dadurch erreicht werden soll?

Diskussion Komplexität – „Problematische“ Items

- Zu „leichtes“ *Einstufige Kausalität (II)*-Item (KiL)

Neulich im Physikunterricht:

Lisa: „Natürlich ist der Türrahmen kälter als die Tür. Musst du doch nur anfassen, dann merkst du das. Ist doch immer so.“

Ilya: „Lass uns doch mal ausprobieren, ob wir die Temperatur ändern können. Häng einfach mal deine Jacke über die Türklinke, vielleicht wird die Tür dahinter dann ja wärmer.“

a) Welche der folgenden typischen Schülervorstellungen kommt in der Äußerung von **Lisa** zum Ausdruck?

Wärme und Kälte sind gleichberechtigte vorhandene Stoffe.



Es gibt Stoffe, die von Natur aus warm oder kalt sind.



Es gibt Stoffe, die von Natur aus die Eigenschaft haben, zu wärmen.



Es gibt Stoffe, die von Natur aus die Eigenschaft haben, zu kühlen.



Diskussion Komplexität – „Problematische“ Items

▪ Zu „leichtes“ *Mehrstufige Kausalität (III)*-Item (KiL)

In Physik unterrichten Sie gerade die Mechanik. Aus dem Unterricht vorheriger Jahre wissen Sie, dass Schülerinnen und Schüler häufig Schwierigkeiten beim Verständnis des Konzepts „Kraft“ haben, die sich unter anderem in folgenden Aussagen ausdrücken:

- Kraft wird als Eigenschaft eines Körpers angesehen, nicht als Größe, die für eine Wechselwirkung zwischen zwei Körpern maßgeblich ist.
- Kraft kann nur von aktiven Körpern ausgeübt werden, nicht aber von nichtaktiven, „toten“ Körpern wie einer Wand, einem Tisch oder einer Fahrbahn.

Welches der folgenden Beispiele wäre am ehesten geeignet, um die physikalische Aussage dieses Axioms zu verdeutlichen?

Ein Ball trifft auf eine Wand und prallt ab. Beim Aufprall übt der Ball eine Kraft auf die Wand aus. Die Wand übt eine Gegenkraft auf den Ball aus.

Ein Jugendlicher in einem Boot stößt sich mit einem Ruder von einem anderen Boot ab. Der Jugendliche übt eine Kraft auf das andere Boot aus. Das andere Boot wirkt eine Kraft auf den Jugendlichen aus.

Ein Auto fährt an. Die Reifen des anfahrenen Autos üben eine Kraft auf den Boden aus. Der Boden übt eine Gegenkraft auf die Reifen aus.

Ein Stein fällt zu Boden. Auf den Stein wirkt die Gravitationskraft der Erde. Der Stein übt eine Gegenkraft auf die Erde aus.