

Theoretischer Hintergrund

1 Repräsentationen und Repräsentationskompetenzen in der Chemie

- Repräsentationen spielen eine Schlüsselrolle beim Entwickeln von fachlichen Konzepten (Rau, 2017) und bei Problemlöseprozessen (Kozma, Chin, Russell & Marx, 2000).
 - Repräsentationsdilemma nach Rau (2018): Lernende versuchen Inhalte, die sie nicht verstehen, von Repräsentationen zu lernen, die sie auch nicht verstehen.
- ⇒ Repräsentationskompetenzen zum Überwinden des Dilemmas (Rau, 2018).
- ⇒ Modell von Kozma und Russell (2007) mit Fokus auf *Lower-Level-Skills*: Grundlage für erfolgreiches Lernen mit Repräsentationen (Gilbert, 2008) und die *Higher-Level-Skills* (Gurung et al., 2022).

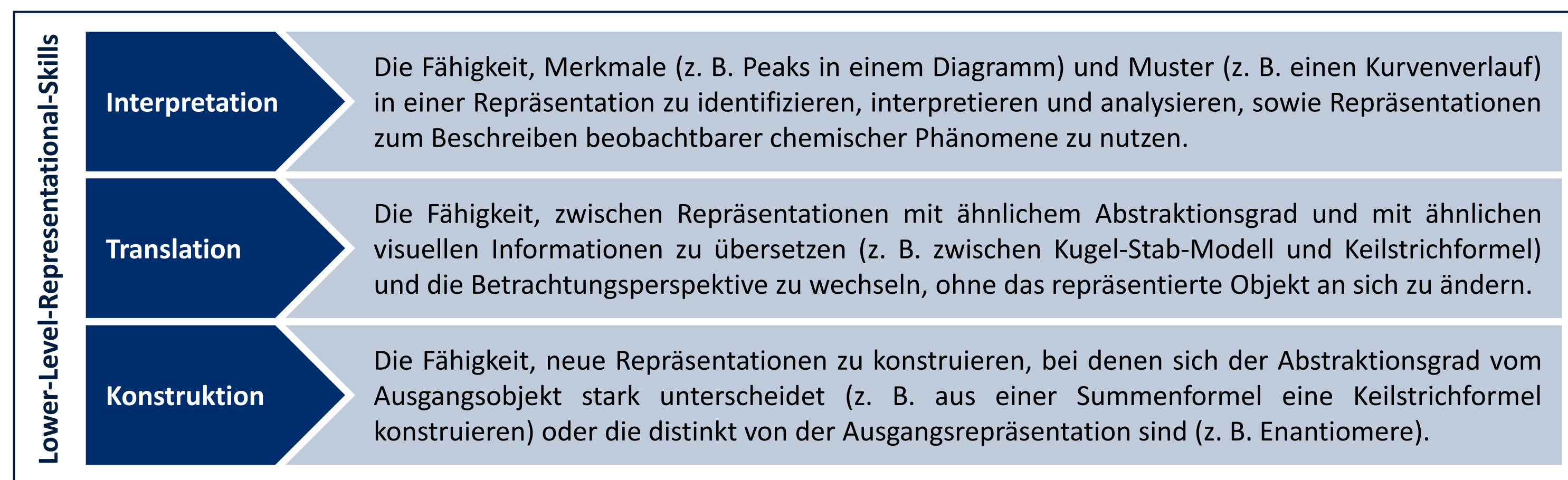


Abbildung 1: Lower-Level-Representational-Skills mit Definitionen (Kozma & Russell, 2007; Nitz, 2012; Gurung et al., 2022).

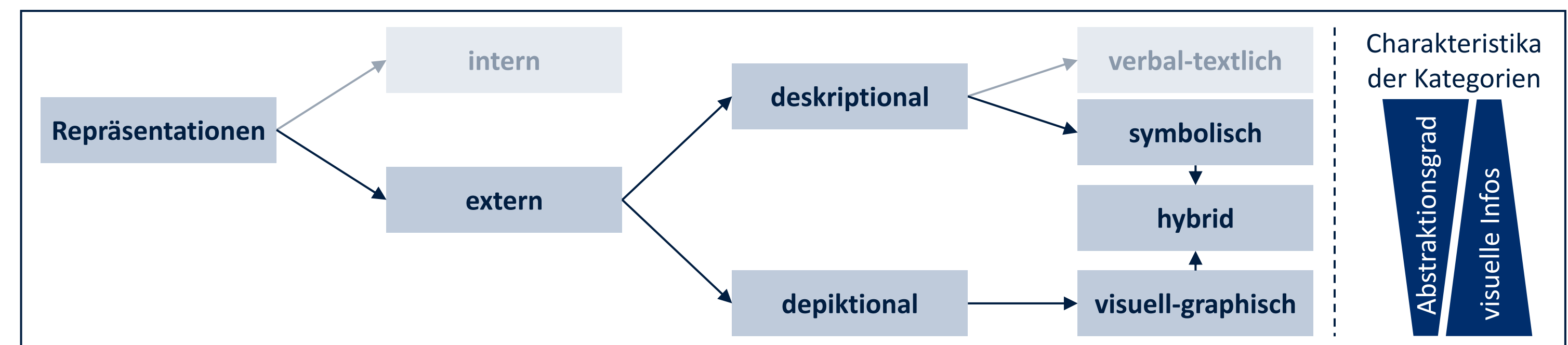


Abbildung 2: Kategorisierung von Repräsentationen mit Hervorhebung des Fokus in diesem Projekt (Schnotz & Bannert, 2003; Nitz et al., 2014; Krey & Schwanewedel, 2018; Dickmann et al., 2018).

2 Räumliche Fähigkeiten in der Chemie

- Chemische Repräsentationen fordern häufig einen hohen Grad an räumlicher Abstraktion (Rau, 2018).
- Räumliche Fähigkeiten sind die Fähigkeit, mental abstrakte visuelle Bilder zu erzeugen, zu manipulieren und abzuspeichern (Lohman, 1979, p. 126).
- In den Naturwissenschaften ist besonders die mentale Rotation ein Prädiktor der akademischen Leistung von Lernenden (Yoon, 2011; Buckley, Seery & Canty, 2018).

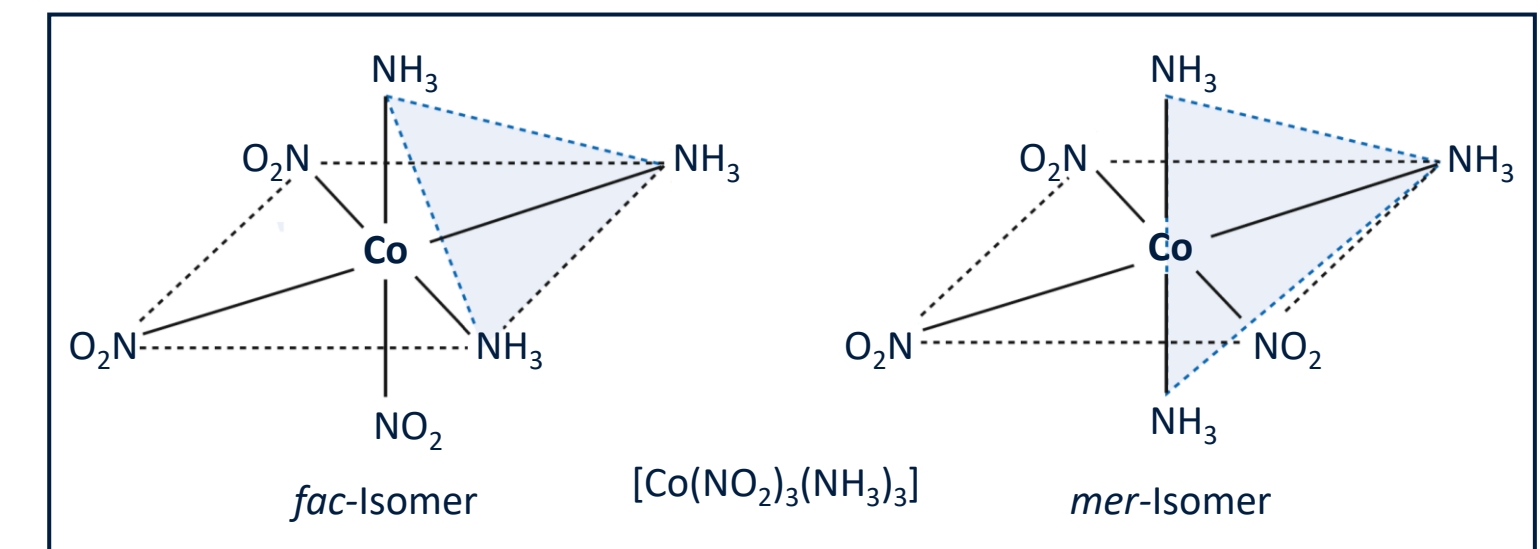


Abbildung 3: Fac(iales)- und mer(idionale)-Isomer eines oktaedrischen Komplexes als Beispiel für eine Repräsentation mit hohem Grad an räumlicher Abstraktion (Binnewies et al., 2016).

Forschungsfragen & Methodik

- Welche kognitiven Prozesse externalisieren Studierende bei der Interpretation, Translation und Konstruktion von Keilstrichformeln und Kugel-Stab-Modellen im Bereich der Komplexchemie?
- Welche Hindernisse externalisieren Studierende bei der Interpretation, Translation und Konstruktion von Keilstrichformeln und Kugel-Stab-Modellen im Bereich der Komplexchemie?

Lautes Denken mit repräsentationsbasierten Komplexchemieaufgaben:

- Je ein Aufgabenblock zur Interpretation, Translation und Konstruktion (Abb. 2).
- Fokus auf Keilstrichformeln (2D Strukturen, die 3D andeuten) und Kugel-Stab-Modellen (3D Strukturen) (Stieff et al., 2018).
- Auswertung der Transkripte durch qualitative Inhaltsanalyse mithilfe eines deduktiv festgelegten (FF1) bzw. induktiv entwickelten (FF2) Kategoriensystems (Mayring & Fenzl, 2021).

Vorgehen bei der qualitativen Inhaltsanalyse

Externalisierung kognitiver Prozesse:

- Verbalisieren von Fakten- & Konzeptwissen:** Explizite Verbalisierungen von Fakten- und Konzeptwissen, das nicht aus der Repräsentation abgeleitet werden kann, wie Definitionen von Fachbegriffen, die Benennung von Stoffen, oder Fachwissen über Repräsentationen.
- Verbalisieren von Repräsentationsmerkmalen:** Verbalisierung von Merkmalen und Mustern einer Repräsentation, der Vergleich multipler externer Repräsentationen oder die Externalisierung von internen in externe Repräsentationen (z. B. Skizzen).
- Externalisieren von räumlichen Operationen:** Verbalisierungen zum räumlichen Bau eines Moleküls/Komplexes, Beschreibungen von mentalen Manipulationen wie der Rotation oder Spiegelung eines Komplexes und Gesten, die diese Strukturen/Prozesse simulieren.

Beispiele zur Kodierung: „Also Isomere sind Verbindungen, die die gleiche ähm Anzahl der Atome haben, allerdings sind die unterschiedlich verbunden und je nachdem wie unterschiedlich sie verbunden sind, gibt es dann eben unterschiedliche Arten von Isomeren. Also der in der Mitte abgebildete Komplex ähm/ also wenn man ihn einmal seitlich dreht, haben wir dreimal nach oben (Handbewegung: dreht nach oben) das NO_2 und dreimal nach unten (Handbewegung: dreht nach unten) das NH_3 . Wenn man/ dementsprechend sind (./) das da oben rechts ist schon mal nicht die gleiche Struktur [...]“ (ARBS75, Aufgabe 2.2, Translation).

Anmerkung: Die Kategorien überlappen teilweise. Dadurch ergeben sich die Mischfarben der jeweiligen Kategorien.

Intercoder-Reliabilität: $K = .65$

- Kappa nach Brennan und Prediger
- 3 Transkripte verglichen: Codeüberlappung mit mind. 90 % Überschneidung
- Übereinstimmung beim Fachwissen tendenziell am geringsten ⇒ Definition muss präzisiert und ggf. mit Beispielen und Gegenbeispielen verdeutlicht werden

Erste Einschätzungen: Räumliche Fähigkeiten scheinen eher für die Translation und Konstruktion relevant zu sein, Fachwissen eher für die Interpretation.

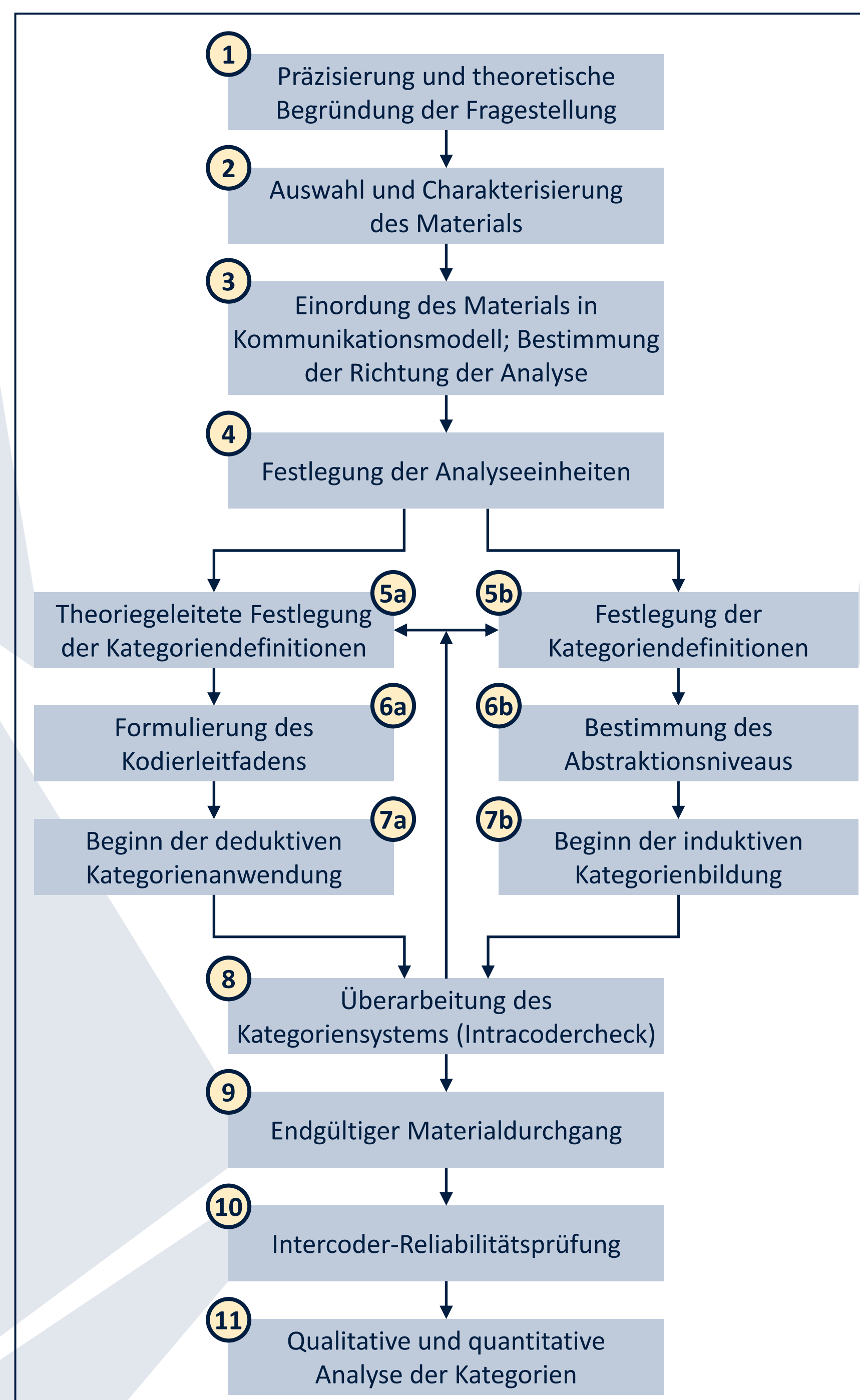
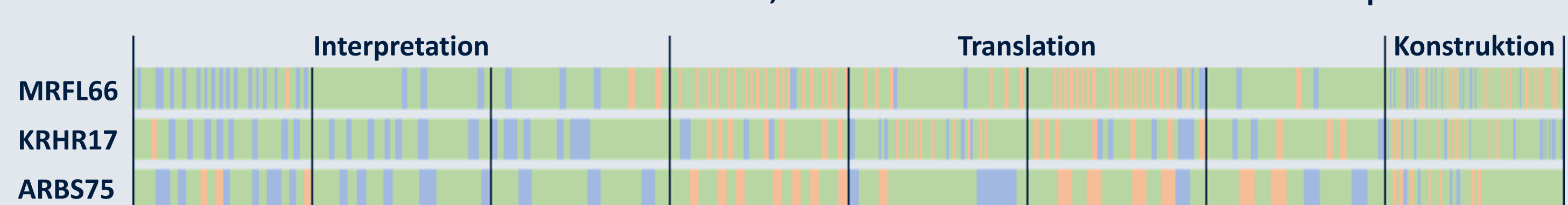


Abbildung 4: Ablaufmodell der deduktiven Kategorienanwendung für die kognitiven Prozesse (linker Weg) und der induktiven Kategorienbildung für die Hindernisse (rechter Weg) nach Mayring und Fenzl (2021).

Externalisieren von Hindernissen:

- Verbalisieren von Hindernissen:** Eine Person verbalisiert, dass sie Aufgaben als schwierig empfindet, dass sie nicht weiterweiß oder ratlos ist (Dörner, 1976; Göhner & Krell, 2021).
- Beobachten „interner“ Hindernisse:** (1) Eine Person macht längere Pausen beim lauten Denken, (2) bearbeitet eine Aufgabe unsicher oder zögernd, (3) bringt fehlerhafte Informationen und Kenntnisse ein, die das erfolgreiche Lösen einer Aufgabe verhindern oder (4) tätigt Aussagen, die distinkt zu später selbst gestalteten Repräsentationen sind (Dörner, 1976; Göhner & Krell, 2021).

LA Chemie Studierende mit Vorwissen zur Komplexchemie im SoSe 2023 ($n_q=17$, $n_\sigma=8$; $M_{\text{age}}=22.04$, $SD_{\text{age}}=1.73$).

Die Videos bzw. Transkripte werden zur Beantwortung beider Fragestellungen genutzt.

Wie geht es danach weiter?

- Entwicklung eines Instruments zur Messung der Repräsentationskompetenz ⇒ empirische Prüfung des Modells von Kozma und Russell (2007; Abb. 2).
- Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Repräsentationskompetenzen und räumlichen Fähigkeiten (psychometrische Tests).

Hilfe! Vielen Dank für Ihre Anregungen:

Wie lassen sich die Kategoriendefinitionen und ggf. die Analyseeinheiten für das Fachwissen und die räumlichen Aspekte präzisieren, um die Übereinstimmung zu erhöhen?



Sebastian Nickel

FAU Erlangen-Nürnberg
Didaktik der Chemie
Regensburger Str. 160
DE - 90478 Nürnberg
sebastian.nickel@fau.de

