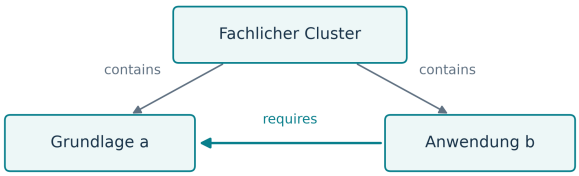
SKILLPILOT · TECHNISCHE REFERENZ

Die Graph-Definition von SkillPilot

Struktur, Mathematik, rekursive Lerneinheiten
und implizite Beherrschung



Gruppierung, Lernvoraussetzung und Abschlussnachweis
sind unterschiedliche Aussagen.

Geltung dieser Fassung

Deutsche Gesamtdarstellung, Stand **11. November 2026**. SkillPilot beschreibt Lernziele und ihre Beziehungen: `contains` gliedert Ziele, `requires` benennt fachliche Voraussetzungen. Vom kanonischen Zielbestand über das Personal Curriculum bis zum aktuellen Fokus und den gespeicherten Ergebnissen bleiben die Zielidentitäten erhalten. **Lerneinheiten** verbinden ein Lernversprechen mit eigenen Zielen und Kindeinheiten; Zeitpläne ordnen deren Erwerb verfügbarem Kalender und Budget zu. Ausdrücklich festgestelltes Verstehen und durch gültige lokale Prüfungen belegte selbstständige Anwendung zählen beide zur effektiv beherrschten Zielmenge.

Geltung und Umsetzung. Die atomare Normalform $R \subseteq A \times A$ und die Migrationsreihenfolge dorthin sind verbindlich. Anhang A ordnet die Regeln ihren Prüfgebieten zu, macht die tatsächlich harte Durchsetzung per Ampelschaltung sichtbar und grenzt vorhandene Gates ab. Die neue globale Anwendungsanerkennung ist auf der geprüften Hauptlinie **noch nicht implementiert**; Anhang B beschreibt den Unterschied zum bisherigen Modell. Der Abschluss einer Lerneinheit wird aus eigenen Pflichten und Kindern abgeleitet, ohne eine zusätzliche Mastery-Stufe zu speichern.

SkillPilot · enpasos – Enterprise Patterns & Solutions GmbH

Technischer Text und Build-Werkzeuge: Apache-2.0.

Didaktische Abbildungen: projektbezogene Inhaltslizenz CC BY 4.0; siehe Anhang.

Leserführung und Geltungsbereich

Ein Skill-Graph in SkillPilot beschreibt, *was* gelernt werden kann und welche Voraussetzungen dabei gelten. Darauf bauen vier weitere Aussagen auf, die das Modell bewusst getrennt hält:

- **Curriculare Sichten** bestimmen, welche dieser stabilen Ziele für eine Person gelten und wo sie in einem Bildungsgang stehen.
- Der **Lernzustand** hält für jedes atomare Ziel fest, ob es geschafft ist.
- **Lerneinheiten** erklären den fachlichen Zusammenhang vom überschaubaren Thema bis zum größeren Fachgebiet. Ihr Abschluss wird rekursiv aus Kindern und eigenen Pflichten abgeleitet, nicht pauschal gespeichert.
- Die **Planung** verteilt Erwerb und Übung auf verfügbare Zeit.

Die Ableitung impliziter Beherrschung verbindet ausdrückliche Ergebnisse, transitive Voraussetzungen und fachlich geprüfte lokale Verträge der Lerneinheiten. Alle diese Aussagen dürfen sich aufeinander beziehen, aber nicht stillschweigend gegenseitig ersetzen.

Diese Referenz ist für die deutschsprachige gemeinsame Prüfung und Weiterentwicklung des Modells bestimmt. Sie behandelt die Graph-Definition im weiteren Sinne: Identität, Kanten, Vererbung, Gültigkeit, Verfügbarkeit, Projektion, Zieltypen, Fortschritt, Zeitplanung, Abschluss, Quellen und Qualitätssicherung. Fachliche Lehrplaninhalte und konkrete Aufgabenbestände werden nicht vollständig abgedruckt. Die Beispiele sind Veranschaulichungen, keine als Curriculum freigegebenen Teilgraphen.

Das Modell in sieben Schritten

Die Schritte nehmen den Gedankengang des Dokuments vorweg. Die englischen Zielnamen stammen aus dem Mechanik-Beispiel der englischen Originalabbildungen, erstmals in Abbildung 1.

1. **Ziele und zwei Kantenarten.** Ein Lernziel hat eine stabile Identität. `contains` gliedert: *Kinematics* enthält *Velocity*. `requires` nennt fachliche Voraussetzungen: *Velocity* setzt *Vectors* voraus. Gliederung allein begründet keine Voraussetzung (Abschnitte 1 und 2).
2. **Atome und Cluster.** Ziele ohne Kinder sind atomar; nur für sie wird ein Ergebnis gespeichert. Cluster gliedern. Im Zielzustand verbindet jede verfasste Anforderung ein Atom mit einem Atom, und keine ist überflüssig. Ältere Anforderungen an oder von Clustern bleiben als Übergangsbestand lesbar (Abschnitte 2 und 3).
3. **Lernzustand und Frontier.** Je atomarem Ziel gibt es genau ein gespeichertes binäres Ergebnis. Als Nächstes verfügbar – in der *Frontier* – ist ein offenes Atom erst, wenn alle Atome beherrscht sind, die es direkt oder über Ketten voraussetzt (Abschnitt 4).
4. **Ausschnitte.** Das Personal Curriculum legt den längerfristigen persönlichen Umfang fest, der Fokus den vorübergehenden Arbeitsbereich. Abgeleitet wird stets im ganzen Graphen und erst danach eingeschränkt. Der Normalmodus prüft die Voraussetzungen innerhalb des Ausschnitts, der strikte Modus alle (Abschnitte 5 bis 7).
5. **Zieltypen.** Der Zieltyp bestimmt, wann ein Ziel als geschafft gilt: ein Inhaltsziel durch festgestelltes Verstehen, ein Orientierungsziel durch den abgeschlossenen Einstieg, ein Memorierziel durch verifizierten Abruf, ein Prüfungsziel durch die bestandene Prüfung (Abschnitt 8).
6. **Lerneinheiten.** Eine Lerneinheit verbindet ein Lernversprechen mit eigenen Zielen und Kindeinheiten. Ihr Abschluss wird aus diesen Pflichten abgeleitet und nicht zusätzlich gespeichert (Abschnitt 11).
7. **Implizite Beherrschung.** Sobald keine offene Prüfung und kein offenes Memorierziel einer Lerneinheit ein eigenes Inhaltsziel mehr benötigt, gilt dieses Ziel als selbstständig angewandt – vorausgesetzt, der lokale Vertrag der Einheit ist fachlich geprüft und gültig. Ausdrücklich

festgestelltes Verstehen und so belegte Anwendung bilden zusammen die effektiv beherrschte Menge; beide erfüllen spätere Voraussetzungen und zählen zum Fortschritt (Abschnitt 13).

Aufbau, Status und Regelkennungen

Jeder Teil beantwortet eine Leitfrage und hat einen eigenen Status. Die letzte Spalte nennt die Kennungen, unter denen Anhang A die Regeln des Teils führt, etwa `GD-C07` für eine Regel des formalen Kerns.

Abschnitte	Leitfrage	Status	Regeln
1–5: Formaler Kern	Was kann gelernt werden, was setzt es voraus, und was ist als Nächstes verfügbar – im ganzen Graphen und in einem Ausschnitt?	Normativer Kern	`GD-C`
6–10: Kontext, Sichten, Zieltypen, Qualität	Wo steht ein Ziel in einem Bildungsgang, was gehört zum persönlichen Umfang, wann gilt ein Ziel als geschafft, und woher stammt es?	Angrenzender Vertrag	`GD-X`
11: Lerneinheiten	Welche Ziele bilden ein fachliches Ganzes, und wann ist es abgeschlossen?	Fachliche Struktur	`GD-U`
12: Erwerbs- und Zeitplanung	Lässt sich der Erwerb in eine Reihenfolge und ein Zeitbudget einpassen?	Optionales Profil	`GD-P`
13: Implizite Beherrschung	Wann belegt eine bestandene Prüfung auch die Ziele, auf denen sie aufbaut?	Verbindliches Konzept, noch nicht implementiert	`GD-A`
Anhänge A–F	Wie wird welche Regel geprüft, wo weicht die Implementierung ab, und was bedeuten Begriffe und Symbole?	Nachschlageteil	`GD-D`

Status	Bedeutung in dieser Referenz
Normativer Kern	Verbindliche mathematische Graphsemantik aus `graph-definition.md`; zusätzliche Profile können strengere Regeln setzen.
Angrenzender Vertrag	Semantik von Projektion, Zieltypen, Quellen oder Lernablauf; der Implementierungsstand ist jeweils gesondert zu prüfen.
Fachliche Struktur	Rekursive Lerneinheiten mit Lernversprechen, eigenen Zielen und abgeleitetem Abschluss; keine behauptete Laufzeitfunktion.
Optionales Profil	Zeit- und Budgetplanung sowie bedingte Zugänge zu Lerneinheiten; harte Sperren und der direkte Prüfungszugang sind dafür noch nicht entschieden.
Noch nicht implementiert	Die neue Anerkennung impliziter Beherrschung ist verbindlich beschrieben, aber nicht umgesetzt; der bestehende Code folgt einem abweichenden Bedarfsmodell (Anhang B).

Wer Curricula verfasst, braucht vor allem die Abschnitte 1 bis 3, 8 und 10. Für die Laufzeitlogik sind die Abschnitte 4, 5, 7 und 13 maßgeblich, für Qualitätssicherung und Review zusätzlich die Anhänge A bis C. Die Abschnitte 11 und 12 richten sich an alle, die Kurse gliedern und planen.

Lesekonventionen

Verbindlichkeit. „Muss“, „darf nicht“ und „verbindlich“ kennzeichnen Regeln des Modells. „Noch nicht implementiert“ heißt: verbindlich beschrieben, aber in der Laufzeit nicht umgesetzt. „Optional“ kennzeichnet ein Zusatzprofil, „offen“ oder „noch nicht entschieden“ eine bewusst unentschiedene Frage.

Schreibweisen. Kursive Großbuchstaben bezeichnen Mengen und Relationen (G, A, R, M), kursive Kleinbuchstaben beliebige Ziele (g, p, a). Konkrete Beispielknoten einer Abbildung stehen aufrecht und serifenlos, genau wie im Bild beschriftet: In der Kette $\mathsf{Q} \to \mathsf{B} \to \mathsf{A}$ ist A ein einzelnes Ziel, nicht die Menge A der atomaren Ziele. Ausgeschriebene Beispielnamen wie *Velocity* sind kursiv gesetzt. Pfeile zeigen stets in Richtung der Relation, also vom Cluster zum Kind und vom Ziel zu seiner Voraussetzung. Schreibmaschinenschrift kennzeichnet Feld- und Bezeichnernamen wie `requires`. Die sieben englisch beschrifteten Abbildungen 1 bis 9 sind unveränderte Originale der Quellspezifikation; die Bildunterschriften erläutern ihre Beschriftungen.

Begriffe. Die folgenden Begriffe werden leicht verwechselt und deshalb durchgehend in genau dieser Bedeutung verwendet. Anhang D enthält das vollständige Verzeichnis der Begriffe und Symbole.

Begriffe	Bedeutung in diesem Dokument
Anforderung, Voraussetzung	Die Kante $(g, p) \in R$ ist eine *Anforderung* von g; das Ziel p ist eine *Voraussetzung* von g.
verfasst, abgeleitet	*Verfasst* sind nur die gespeicherten `contains`- und `requires`-Kanten. Geerbte, effektive und atomar normalisierte Anforderungen sowie Hüllen werden daraus *abgeleitet*.
Zielzustand, Übergangsbestand	*Zielzustand* heißt der angestrebte Zustand der kanonischen Daten: atomare Normalform und transitive Minimalität. *Übergangsbestand* sind heutige Daten, die noch Clusteranforderungen enthalten. Der Lernstand eines einzelnen Ziels ist damit nie gemeint.
Mastery, implizite Beherrschung, effektiv beherrscht	*Mastery* ist das gespeicherte ausdrückliche Ergebnis (Menge M). *Implizite Beherrschung* wird abgeleitet (Menge I_U). *Effektiv beherrscht* ist die Vereinigung beider (Menge M_{eff}).
Inhaltsziel, geschütztes Ziel	*Inhaltsziel* heißt das gewöhnliche fachliche Lernziel; Abbildungen beschriften es mit „gewöhnlich“. *Geschützt* sind Prüfungs- und Memorierziele: Sie werden nie implizit bestanden.
Cluster, Lerneinheit, Programmeinheit	Ein *Cluster* ist ein Ziel mit `contains`-Kindern. Eine *Lerneinheit* ist eine eigens autorisierte fachliche Einheit mit Lernversprechen. Eine *Programmeinheit* ist ein organisatorischer Abschnitt wie Jahrgang oder Semester.
Stufe	Personalisierungsstufe (Level 1–4), Reifegrad der Curriculum-QA (M0–M7), Planungsstufe eines Zeitplans, Schulstufe und das Schwierigkeitsfeld `level` sind fünf verschiedene Dinge.

Quellen und Grenzen der Aussagen

Die fachlichen Verträge im Repository bleiben die maßgeblichen Einzelquellen. Anhang E ordnet alle Kapitel diesen Quellen zu. Anhang B stellt die datierten Entscheidungen des Product Owners zusammen, auf die der Text verweist, und nennt die beim Erstellen überprüften Implementierungsabweichungen. Mathematische Beispiele, Bildunterschriften und Plausibilitätsprüfungen ersetzen weder fachliche Aufgabenreviews noch Untersuchungen mit Lernenden.

Inhaltsverzeichnis

Leserführung und Geltungsbereich **2**

1 Ziele, Identität und Beziehungen **8**
1.1 Das Grundobjekt . . . 8
1.2 Attribute und stabile Identität . . . 8
1.3 Atomare Ziele und Cluster . . . 9

2 Containment, Voraussetzungen und Vererbung **10**
2.1 Hierarchie und atomare Basis . . . 11
2.2 Direkte Anforderungen sind konjunktiv . . . 12
2.3 Effektive Anforderungen . . . 13

3 Gültigkeit, Minimalität und Lernbarkeit **15**
3.1 Verbindliche Bedingungen . . . 15
3.2 Zusatzprofile und Gegenbeispiele . . . 18
3.3 Didaktische Routen von Orientierung zu Autonomie . . . 19

4 Lernzustand, Erfüllung und Fortschritt **20**
4.1 Erfüllung statt Rückschluss auf Voraussetzungen . . . 20
4.2 Globale Frontier . . . 21
4.3 Aggregation ohne Mehrfachzählung . . . 21

5 Filter, Fokus und globale Diagnose **22**
5.1 Filter als Prädikat und kompilierte Anwendbarkeit . . . 22
5.2 Erst global vererben, dann einschränken . . . 23
5.3 Normalmodus und strikter Modus . . . 24
5.4 Fehlende Voraussetzungen und fehlende Atome . . . 26

6 Stabile Ziele, kontextabhängige Struktur **27**
6.1 Identität trotz unterschiedlicher Einordnung . . . 27
6.2 Platzierungen und Projektionen . . . 27
6.3 Geprüfte Kompositionssichten . . . 28

7 Persönlicher Umfang, Fokus und sichtbare Ziele **29**
7.1 Vier Personalisierungsstufen . . . 29
7.2 Zielrolle und Voraussetzungshilfe . . . 30
7.3 Anwendbarkeit ist keine Platzierung . . . 31
7.4 Fokuswechsel ohne impliziten Kompetenzerwerb . . . 32

8 Zieltypen und die Bedeutung eines Ergebnisses **32**
8.1 Verstehen und Anwenden . . . 32
8.2 Orientierung als eigener Abschlussvertrag . . . 33
8.3 Memorierung: Übung und verifizierter Abruf . . . 34
8.4 Prüfungsziele im geltenden Ablauf . . . 35

9 Zeitplanung als ergänzende Sicht **36**

10 Herkunft, Materialien und belastbare Qualitätsaussagen **36**
10.1 Drei Arten von Verweisen . . . 36
10.2 Quellenbegründung für Ziele und Beziehungen . . . 37
10.3 Algorithmische Gültigkeit und fachliche Qualität . . . 37

10.4 Veröffentlichung und Austausch . . . 38
10.5 Lizenzen und private Lernergebnisse . . . 38

11 Lerneinheiten: vom Lernversprechen zum rekursiven Abschluss 39
11.1 Motivation und eigener fachlicher Anspruch . . . 39
11.2 Direkter Erwerb, Kinder und Gesamtumfang . . . 40
11.3 Abschluss ohne zusätzlich gespeicherte Unit-Mastery . . . 41
11.4 Anerkennung vor dem Gesamtabschluss . . . 41
11.5 Voraussetzungen und die Grenze einer Einheitsfolge . . . 41

12 Optionale Erwerbs- und Zeitplanung: Reihenfolge und Budget 44
12.1 Plan, Eintrittsbasis und eindeutiger Ersterwerb . . . 44
12.2 Strukturelle Machbarkeit durch einen Abschlusszeugen . . . 44
12.3 Aufwand, Reserve und Budget . . . 46
12.4 Gültigkeitsanspruch und Abschlussgrenzen . . . 46

13 Implizite Beherrschung durch gültige lokale Prüfungen 48
13.1 Vertrag, Zielumfang und geschützte Zieltypen . . . 48
13.2 Transitive offene Nachfrage und implizite Menge . . . 49
13.3 Warum der Skill-Graph allein noch keinen Anwendungsnachweis liefert . . . 50
13.4 Globale Wirkung und dauerhafte Vertragsbindung . . . 51
13.5 Geschützte Ziele und vollständiger Abschluss . . . 53
13.6 Gesamt-IST und datierte Periodenereignisse . . . 54

A Regeln und Meilensteine 56
A.1 Ampelschaltung: Was heute wirklich hart erzwungen wird . . . 57
A.2 Kurzübersicht der Prüfgebiete . . . 58
A.3 Gatebezug und tatsächliche Reichweite . . . 59
A.4 Zuordnungsschlüssel . . . 61
A.5 Tatsächliche Aufstiegskette und weitere Gates . . . 62
A.6 C – Formaler Kern . . . 64
A.7 X – Kontext, Sicht, Zieltypen, Herkunft und Qualität . . . 68
A.8 U – Rekursive Lerneinheiten . . . 76
A.9 P – Optionale Erwerbs- und Zeitplanung . . . 78
A.10 A – Implizite Beherrschung durch lokale Prüfungsverträge . . . 80
A.11 D – Dokumentanhänge: Status, Prüfstrategie, Quellen und Abschluss . . . 84

B Statusabgleich und Grenzen der Aussagen 86

C Prüfstrategie für die Abschlussberechnung 90

D Begriffe und Symbole 91
D.1 Begriffe . . . 91
D.2 Symbole . . . 93

E Quellenzuordnung und Abbildungen 95

F Dokument bauen und prüfen 97

Abbildungsverzeichnis

1 Ziele und zwei Kantenarten . . . 9

2 Direkte und indirekte Zugehörigkeit 11
3 Direkte Voraussetzungen 12
4 Vom Cluster geerbte Anforderungen 13
5 Atomare Expansion vor der Hüllenbildung 14
6 Effektive Zyklen durch Vererbung 16
7 Übergangsdiagnose: geerbte Redundanz 18
8 Die nächsten verfügbaren Ziele 22
9 Normalmodus und strikter Modus 25
10 Mechanik als rekursive Lerneinheit 42
11 Optionale kalenderbezogene Planungsstufen 45
12 Transitive Nachfrage trotz ausdrücklich bestandenem Zwischenziel 50
13 Lokale Anerkennung bleibt für spätere Lerneinheiten wirksam 52
14 Geschützte Memorierziele und externe Unterstützung 53
15 Zwei lokale Prüfungen mit gemeinsamer Grundlage 54
16 Gesamtstand und datierte Periodenleistung 55

1 Ziele, Identität und Beziehungen

Die Abschnitte 1 bis 5 bilden den formalen Kern. Dieser Abschnitt führt Ziele und die beiden verfassten Kantenarten ein. Abschnitt 2 leitet daraus die Relationen ab, mit denen gerechnet wird, Abschnitt 3 nennt die Gültigkeitsbedingungen. Abschnitt 4 beschreibt den Lernzustand einer Person und Abschnitt 5 die Auswertung in einem Ausschnitt des Graphen.

1.1 Das Grundobjekt

Der normative Kern ist ein endlicher gerichteter Graph

$$\mathcal{G} = (G, C, R), \qquad C, R \subseteq G \times G.$$

G ist die Menge der Lernziele. C steht für `contains`: Ein Ziel enthält ein anderes. R steht für `requires`: Ein Ziel setzt ein anderes voraus. Es gibt genau diese beiden *ausdrücklich verfassten* Kantenarten im Skill-Graphen; nur sie werden von Autorinnen und Autoren gespeichert. Abgeleitete Relationen, curriculare Platzierungen, Quellenzuordnungen und Nachweise sind andere Modellschichten.

Ein Paar (x, y) ist gerichtet. Für jede Relation X auf G bezeichnet

$$X^{-1} = \{(y, x) \mid (x, y) \in X\}$$

die Umkehrrelation und X^+ die transitive Hülle: $(x, y) \in X^+$ gilt genau dann, wenn ein gerichteter X-Pfad mit mindestens einer Kante von x nach y führt. Pfade der Länge null zählen nicht. Eine Relation X heißt *azyklisch*, wenn kein Ziel über einen solchen Pfad zu sich selbst zurückführt, also $\forall g \in G : (g, g) \notin X^+$ gilt. Ein gerichteter azyklischer Graph heißt kurz DAG. Die Vereinigung $C \cup R$ ist *nicht* die Relation, an der pauschal alle DAG-Bedingungen geprüft werden: Beide Kantenarten haben verschiedene Bedeutungen. Abschnitt 3 nennt die Relationen, die azyklisch sein müssen.

Abbildung 1 zeigt beide Kantenarten an einem Beispiel.

Die Pfeilrichtung ist Teil der Definition

$k \xrightarrow{\texttt{contains}} c$: Der Cluster k enthält das Ziel c. $g \xrightarrow{\texttt{requires}} p$: Das Ziel g setzt p voraus; kurz: g benötigt p. Eine Lernablaufdarstellung zeigt dagegen R^{-1}: von der Voraussetzung zur darauf aufbauenden Kompetenz. Diese Umkehrung muss beschriftet sein.

1.2 Attribute und stabile Identität

Jedes Ziel trägt drei normative Basisattribute. Sie sind totale Abbildungen, also für jedes Ziel definiert:

$$\mathrm{Id} : G \to \mathrm{UUID}, \qquad \mathrm{Title} : G \to \Sigma^*, \qquad \mathrm{Weight} : G \to \mathbb{R}_{>0}.$$

Id ist injektiv: Verschiedene Ziele haben verschiedene IDs. Die UUID bleibt über Platzierungen, Sprachfassungen und Ansichten hinweg die kanonische Identität. Kurze Buchstaben in diesem Dokument sind nur mathematische Bezeichner, keine Aussage zum serialisierten ID-Format.

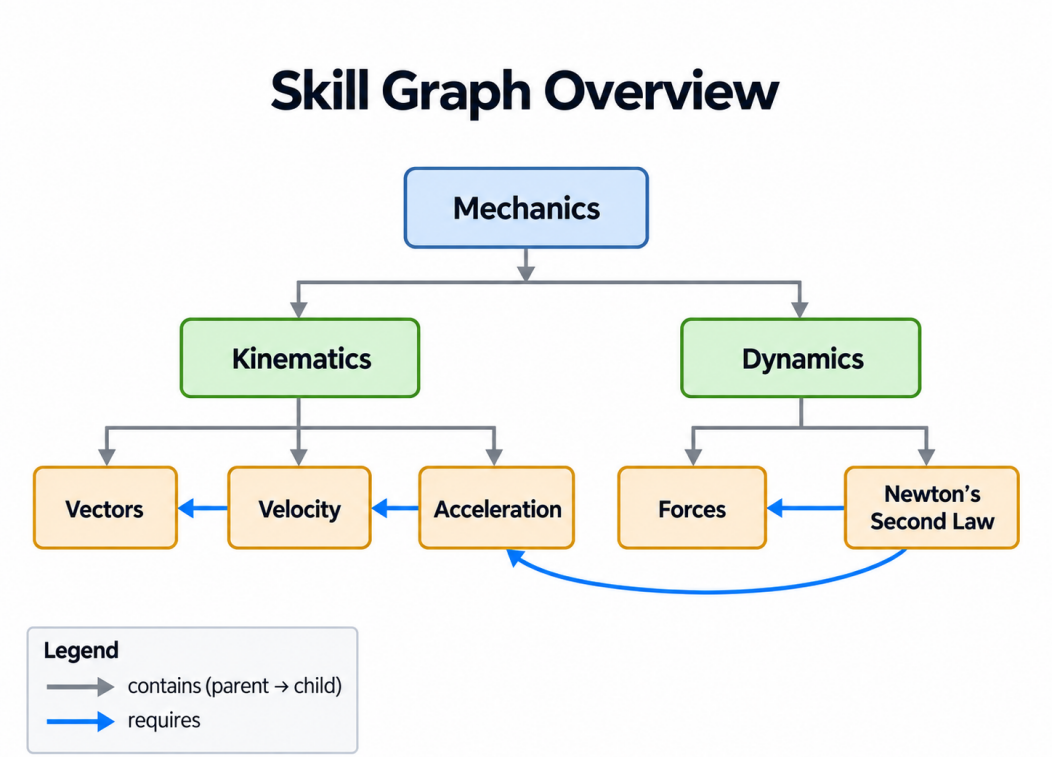


Abbildung 1: Zwei Beziehungen in einem Graphen. Graue Pfeile gliedern (`contains`), blaue zeigen auf Voraussetzungen (`requires`). *Velocity* benötigt *Vectors*; *Newton's Second Law* benötigt sowohl *Forces* als auch *Acceleration*. Die Farben der Knoten sind hier keine Lernzustände. Dieses Mechanik-Beispiel kehrt in den englischen Originalabbildungen bis Abbildung 9 wieder.

Zwei weitere Attribute sind Teilabbildungen ($\rightharpoonup$), also nicht für jedes Ziel definiert. Ein optionaler ShortKey : $G \rightharpoonup \Sigma^*$ ist innerhalb einer logischen Skill-Landschaft eindeutig, also innerhalb des zusammengehörigen Zielbestands eines Curriculums. Mehrere Sprachdateien desselben Ziels dürfen dasselbe Paar aus ID und ShortKey wiederholen. Die Teilabbildung PhaseCompat : $G \rightharpoonup P_{\text{compat}}$ beschreibt dagegen Kompatibilitäts- oder Anzeigemetadaten, häufig im Feld `phase`. Sie definiert weder kanonische Identität noch die fachliche Lernreihenfolge. Weitere gebräuchliche Felder ordnet Tabelle 1 ein.

1.3 Atomare Ziele und Cluster

Die *strukturelle* Klassifikation folgt allein aus C:

$$A = \{g \in G \mid \nexists c \in G : (g, c) \in C\}, \qquad K = G \setminus A.$$

Ein Ziel ohne `contains`-Kinder ist *atomar* (ein Atom, ein Blatt); jedes andere Ziel ist ein *Cluster*. Ein Ziel kann mehrere Eltern haben: Der kanonische `contains`-Graph darf eine Polyhierarchie sein. Explizite Metadaten zur Klassifikation müssen dazu passen.

Strukturelle Atomarität bedeutet nicht automatisch *semantische* Atomarität. Ein Blatt mit fünf unabhängigen Teilkompetenzen bleibt formal ein Blatt, kann jedoch die Qualitätsprüfung verfehlen.

Neben dem Strukturtyp hat ein atomares Ziel einen pädagogischen *Zieltyp*. Der Normalfall ist das *Inhaltsziel*; Orientierung, Memorierung und Prüfungen sind besondere pädagogische Arten:

Tabelle 1: Ergänzende Zielattribute und ihre begrenzte Bedeutung.

Feld	Fachliche Bedeutung außerhalb des minimalen Kerns
`description`	Verständlicher, überprüfbarer Zieltext; typischerweise „Die lernende Person kann …“. Orientierungsziele haben eine eigene Semantik (Abschnitt 8).
`area`, `tags`	Fachliche Einordnung und Metadaten; ein Tag ersetzt keine autoritative Entscheidung über Zieltyp oder Geltungsbereich.
`level`	Schwierigkeit beziehungsweise Anforderungsbereich; keine fachliche Lerneinheit und keine Personalisierungsstufe.
`core`	Kernziel versus Erweiterung im jeweiligen Vertrag; eine Erweiterung kann im gewählten Profil trotzdem verbindliches Ziel sein.
`weight`	Anteil bei Fortschrittsaggregation; keine Zeitdauer, keine fachliche Nachweisstärke und keine Bestehenswahrscheinlichkeit.
`examples`	Referenzen auf Beispiele oder Aufgaben; Vorhandensein beweist keine Aufgabenqualität oder Kompetenzbeherrschung.
`resourceLinks`	Bestehendes Referenzfeld unter anderem für eigene Visualisierungen, offizielle Quellen und Altlinks. Neue optionale externe Lernmaterialien gehören nach aktuellem Vertrag in getrennte Inhaltspakete.

- Ein **Inhaltsziel**, das gewöhnliche fachliche Lernziel, beschreibt fachliches Verstehen oder Können.
- Ein **Orientierungsziel** beschreibt den motivierenden Einstieg.
- Ein **Memorierziel** beschreibt den kontrollierten Abruf erforderlicher Karten.
- Ein **Prüfungsziel** beschreibt eine bewertete Aufgabe mit eigenem Bestehenskriterium.

Abschnitt 8 erläutert, wann ein Ziel des jeweiligen Typs als geschafft gilt. Diese Arten sind keine zusätzlichen Strukturtypen und keine Programmabschnitte.

2 Containment, Voraussetzungen und Vererbung

Aus den beiden verfassten Kantenarten entstehen die Relationen, mit denen Verfügbarkeit, Fortschritt und Abschluss berechnet werden. Tabelle 2 gibt die Übersicht; die folgenden Unterabschnitte definieren ihre Einträge der Reihe nach.

Tabelle 2: Verfasste und abgeleitete Relationen. Im Zielzustand gilt $R = R_A = R_{\text{eff}} = R_{\text{at}}$; abgeleitet wird dann nur noch die Hülle R_{at}^{+}.

Symbol	Name	Entstehung und Verwendung
C	Containment	Verfasste `contains`-Kanten. Sie gliedern die Ziele und bestimmen Atome, Cluster und atomare Basis.
R	verfasste (direkte) Anforderungen	Gespeicherte `requires`-Kanten. Im Zielzustand verbinden sie nur Atome.
R_{eff}	effektive Anforderungen	R zusammen mit den Anforderungen, die ein Ziel von seinen `contains`-Vorfahren erbt.
R_{at}	atomar normalisierte Anforderungen	Jede effektive Voraussetzung ist durch ihre atomare Basis ersetzt; es bleiben nur Paare von Atomen.
R_{at}^{+}	transitive Hülle	Alle über Ketten erreichbaren Voraussetzungen. Grundlage von Bedarf, Frontier und impliziter Beherrschung.
R_A	direkt atomar verfasste Anforderungen	$R \cap (A \times A)$; Grundlage der Routenprüfung in Abschnitt 3.3.

2.1 Hierarchie und atomare Basis

Für den endlichen azyklischen Containment-Graphen gelten

$$\begin{aligned}\mathrm{Anc}(g) &= \{k \in G \mid (k, g) \in C^+\},\\ \mathrm{Desc}(g) &= \{d \in G \mid (g, d) \in C^+\},\\ \mathrm{Atoms}(g) &= \begin{cases}\{g\}, & g \in A,\\ \mathrm{Desc}(g) \cap A, & g \in K.\end{cases}\end{aligned}$$

$\mathrm{Anc}(g)$ enthält die Vorfahren von g, $\mathrm{Desc}(g)$ seine Nachfahren und $\mathrm{Atoms}(g)$ seine *atomare Basis*. Jeder Vorfahr hat Kinder und ist deshalb ein Cluster. Die Kurzformen Anc und Desc entsprechen den Bezeichnern `Ancestors` und `Descendants` der ursprünglichen Spezifikation und ihrer Abbildungen.

Jeder Cluster besitzt mindestens ein atomares Blatt: In einem endlichen azyklischen Graphen endet jeder absteigende Pfad nach endlich vielen Schritten bei einem Ziel ohne Kinder. Deshalb ist $\mathrm{Atoms}(g)$ für jedes Ziel nichtleer. Ein Knoten ohne Kinder ist atomar, kein leerer Cluster. Bei mehreren Pfaden zählt ein Atom in der Menge nur einmal. Abbildung 2 zeigt direkte und indirekte Zugehörigkeit.

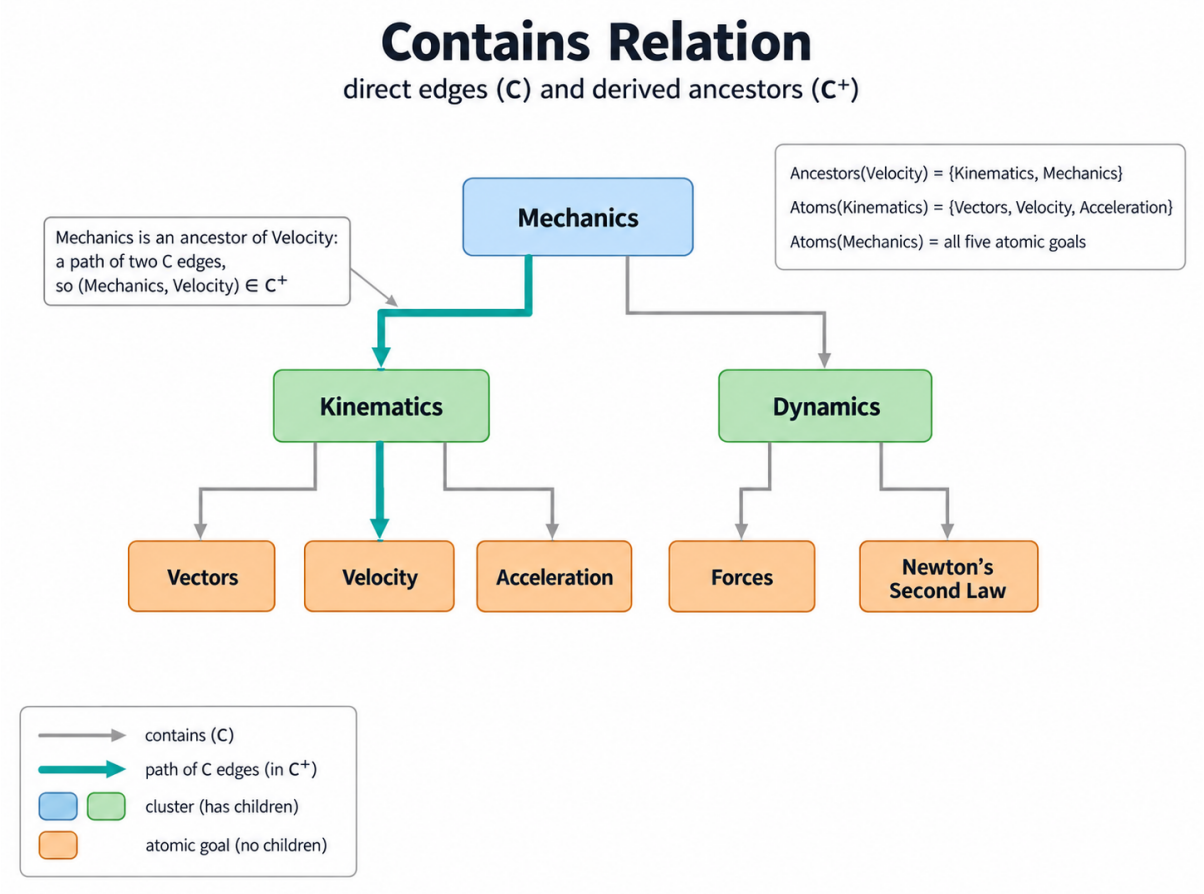


Abbildung 2: Direkte und indirekte Zugehörigkeit. Der türkis hervorgehobene Pfad besteht aus zwei vorhandenen `contains`-Kanten; er ist keine dritte Kantenart. *Mechanics* ist deshalb auch Vorfahr von *Velocity*.

2.2 Direkte Anforderungen sind konjunktiv

$(g, p) \in R$ bedeutet: g setzt p voraus. Die Kante heißt eine *Anforderung* von g, das Ziel p eine *Voraussetzung* von g. Mehrere ausgehende Kanten bedeuten *alle* Voraussetzungen, keine Auswahl. Alternativen brauchen einen eigenen Auswahlvertrag außerhalb dieser Relation. Die Relation R muss azyklisch sein. Abbildung 3 zeigt vier direkte Anforderungen.

Nach der verbindlichen Entscheidung vom 8. November 2026 gilt im kanonischen Zielzustand

$$R \subseteq A \times A. \tag{1}$$

Diese Eigenschaft heißt *atomare Normalform*: *Alle* verfassten Anforderungen haben atomare Quell- und Voraussetzungsziele. Auch eine universelle Clusteranforderung, die für alle Nachfahren eines Clusters gelten soll, ist keine bleibende Ausnahme. Cluster dienen der Gliederung und abgeleiteten Übersicht.

Daten, die noch Anforderungen von oder an Cluster enthalten, heißen in diesem Dokument *Übergangsbestand*. Bestehende Clusteranforderungen behalten im Übergang ihre Lesesemantik: Eine am Cluster verfasste Anforderung gilt durch Vererbung für alle Nachfahren; ein Cluster als Voraussetzung wird in seine Atome expandiert (Abschnitt 2.3). Diese Kompatibilität erfüllt noch nicht den kanonischen Zielzustand.

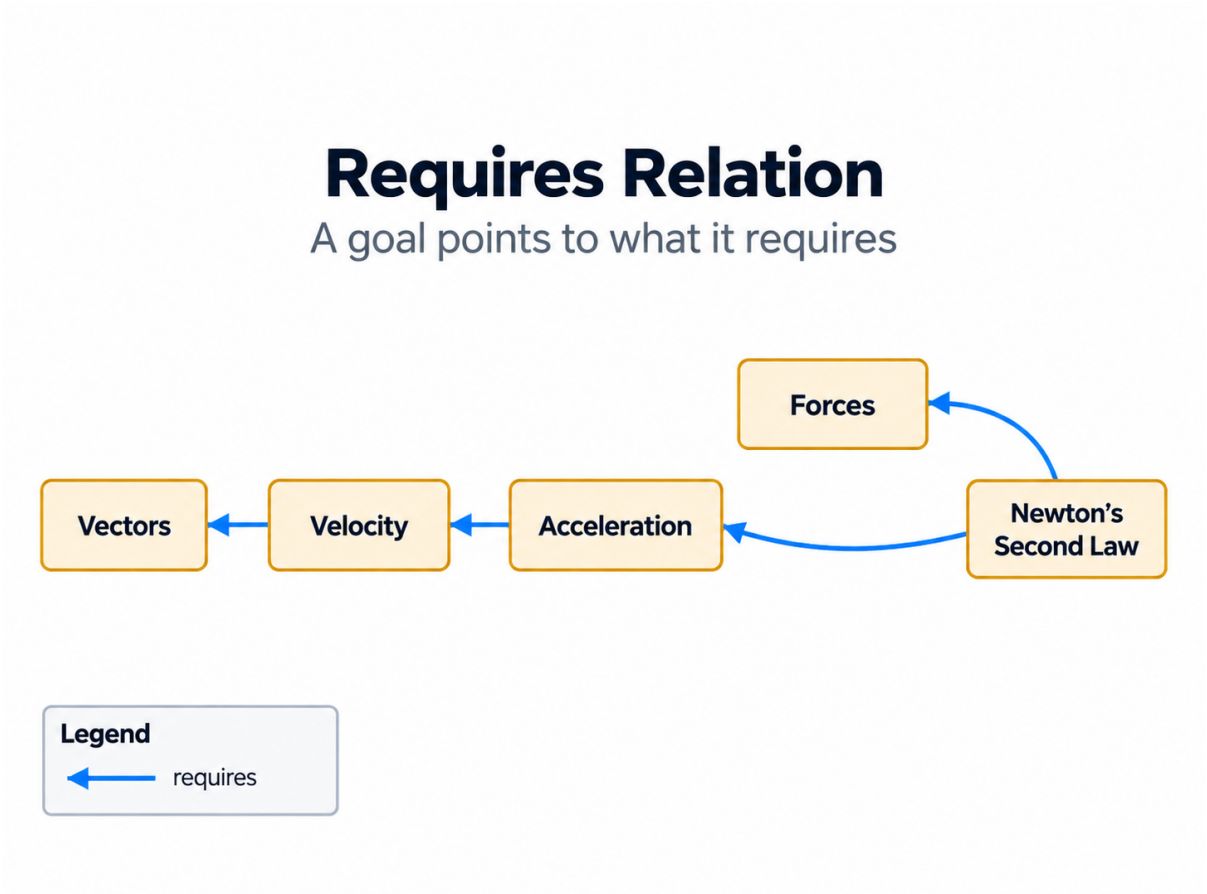


Abbildung 3: Direkte Voraussetzungen. Auch der gebogene Pfeil ist eine direkte Kante. Die Kette von *Acceleration* über *Velocity* zu *Vectors* ergibt transitive Erreichbarkeit, keine Containment-Vererbung.

2.3 Effektive Anforderungen

Damit auch der Übergangsbestand eindeutig gelesen wird, bereiten drei Schritte die verfassten Anforderungen auf: erst vererben, dann atomar expandieren, dann die transitive Hülle bilden. Diese Reihenfolge gilt überall, wo dieses Dokument mit Voraussetzungen rechnet.

Schritt 1: Vererben. Die effektive Relation liest auch bestehende Clusteranforderungen. Sie entsteht aus eigenen und von Vorfahren geerbten direkten Anforderungen:

$$(g,p) \in R_{\text{eff}} \iff (g,p) \in R \ \vee \ \exists k \in \text{Anc}(g) : (k,p) \in R. \tag{2}$$

Dabei sind

$$R_{\text{inherited}} = R_{\text{eff}} \setminus R, \qquad R_{\text{eff}} = R \cup R_{\text{inherited}}, \qquad \text{Pre}_{\text{eff}}(g) = \{p \mid (g,p) \in R_{\text{eff}}\}.$$

Mehrere Elternpfade addieren Anforderungen als Mengenvereinigung, ohne Mehrfachzählung. *Vererbung* in (2) und *transitive Hülle* R_{eff}^{+} sind verschiedene Operationen: Vererbung überträgt die Anforderungen der Vorfahren entlang von `contains` auf die Nachfahren; die Hülle folgt Ketten von Anforderungen. Abbildung 4 zeigt eine geerbte Anforderung.

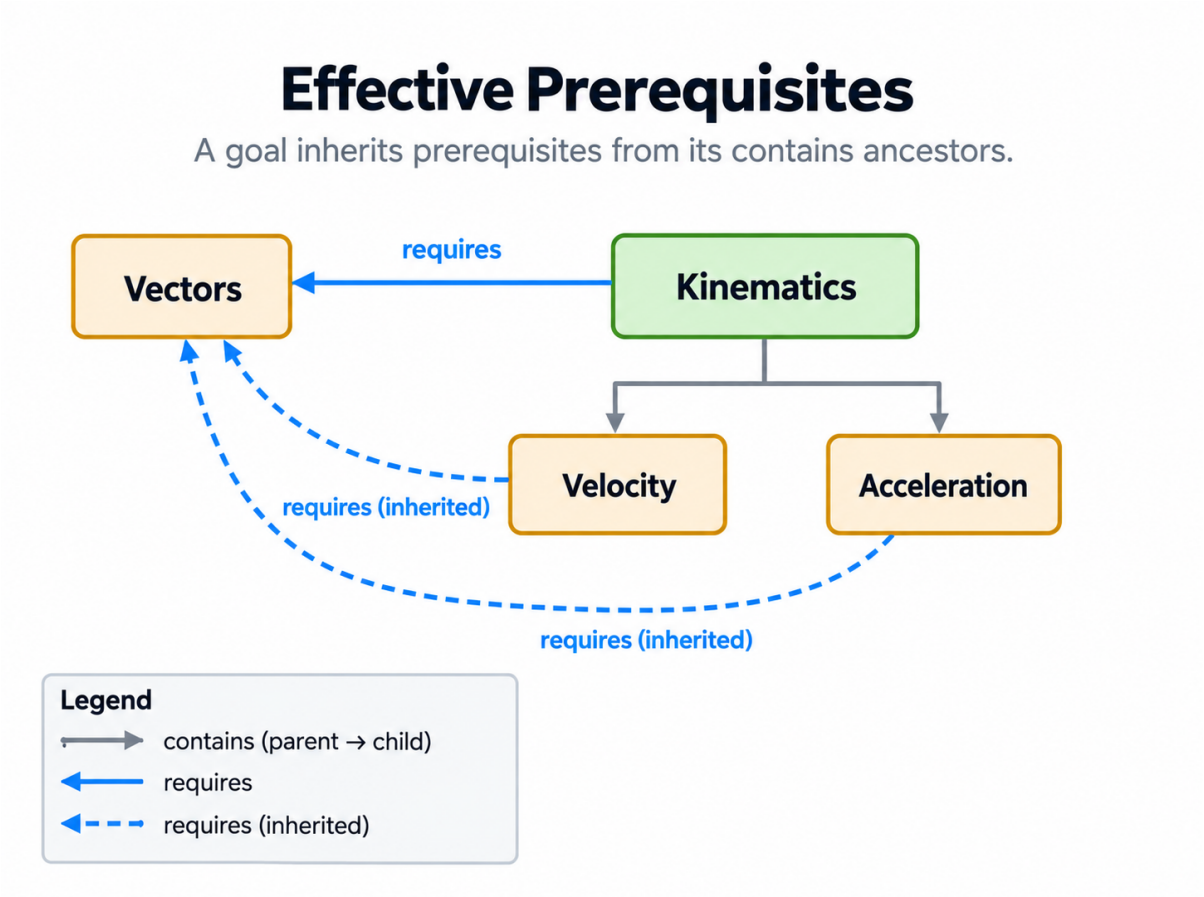


Abbildung 4: Beispiel aus dem Übergangsbestand: eine vererbte Clusteranforderung. *Vectors* liegt in diesem Beispiel außerhalb von *Kinematics*. Wäre es auch darin enthalten, erbte es die Anforderung an sich selbst. Durchgezogen heißt direkt verfasst, gestrichelt heißt geerbt.

Schritt 2: Atomar expandieren. Für die Laufzeit wird zuerst auf Atome normalisiert. Jede effektive Voraussetzung wird durch ihre atomare Basis ersetzt:

$$R_{\text{at}} = \{(a, b) \in A \times A \mid \exists p \in G : (a, p) \in R_{\text{eff}} \wedge b \in \text{Atoms}(p)\}.$$

Schritt 3: Hülle bilden. Die transitive Hülle R_{at}^{+} enthält damit auch Pfade, die nach der Expansion einer Clusteranforderung weiterführen. Mastery eines Zwischenziels unterbricht diese Hülle nicht. Auch in Abschnitt 13 bleibt R_{at} die Bezeichnung dieser normalisierten Relation; R bezeichnet weiterhin die verfassten Kanten.

Abbildung 5 zeigt die Schritte 2 und 3 an einer Clusteranforderung. Die externe Grundlage c bleibt nach der Expansion von K über a erreichbar.

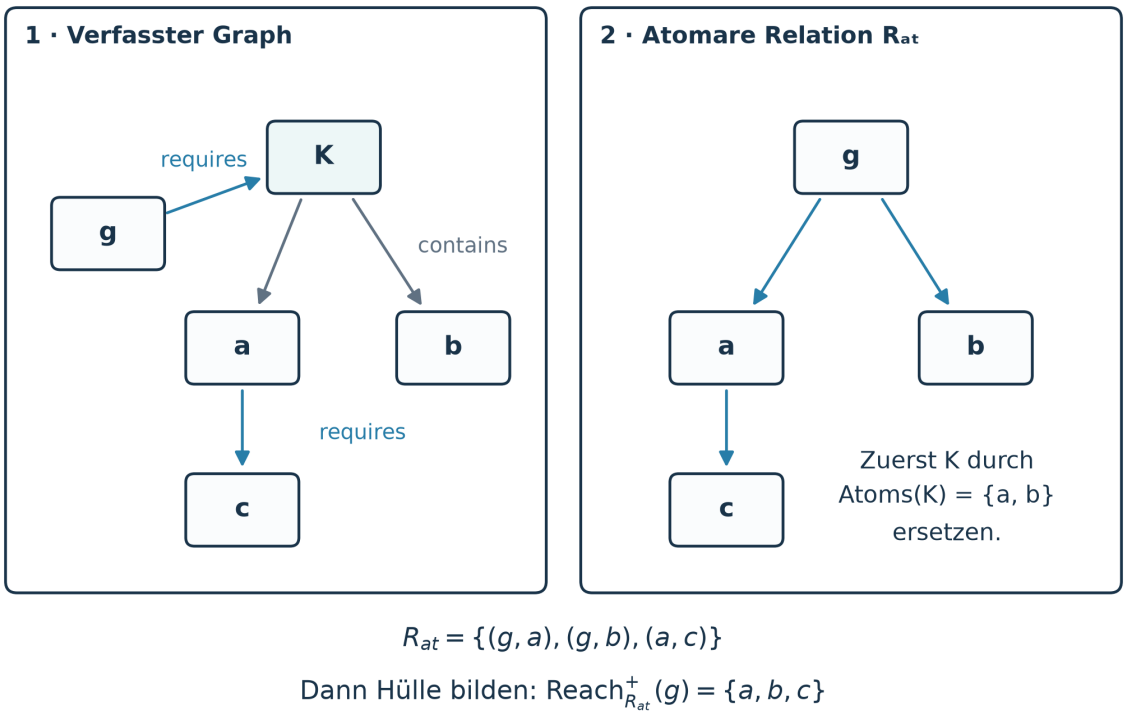


Abbildung 5: Aus g → K und Atoms(K) = {a, b} entstehen die atomaren Paare (g, a) und (g, b). Weil außerdem a → c gilt, enthält die erst danach gebildete Hülle auch (g, c). Der Beispielknoten K ist ein einzelner Cluster, nicht die Menge K aller Cluster. Die rechte Darstellung zeigt die abgeleitete atomare Relation, keine zusätzlich verfassten Autorenkanten.

Der atomare Bedarf eines Ziels. Mehrere spätere Formeln fragen dasselbe: Welche Atome setzt ein Ziel insgesamt voraus? Für ein beliebiges Ziel g seien

$$\begin{aligned} B(g) &= \bigcup_{p \in \text{Pre}_{\text{eff}}(g)} \text{Atoms}(p), \\ \text{RequiredAtoms}(g) &= B(g) \cup \{b \in A \mid \exists a \in B(g) : (a, b) \in R_{\text{at}}^{+}\}. \end{aligned} \tag{3}$$

RequiredAtoms(g) heißt der *atomare Bedarf* von g (in älteren Fassungen $D(g)$). Für ein Atom g ist RequiredAtoms$(g) = \{b \in A \mid (g, b) \in R_{\text{at}}^{+}\}$. Für einen Cluster beschreibt der Bedarf dessen eigene und geerbte Anforderungen, ohne die eigenen Kinder als zusätzliche Voraussetzungen zu behandeln. Der Bedarf hängt nur vom Graphen ab, nicht vom Lernzustand. In Abbildung 5 ist RequiredAtoms$(\mathsf{g}) = \{\mathsf{a}, \mathsf{b}, \mathsf{c}\}$.

Im vollständig atomar verfassten Zielzustand gilt $R_{\text{eff}} = R = R_{\text{at}}$: Containment-Vorfahren sind Cluster und tragen dann keine ausgehenden Anforderungen. Transitive Ketten bleiben als Graphstruktur relevant.

3 Gültigkeit, Minimalität und Lernbarkeit

3.1 Verbindliche Bedingungen

Ein vollständiger Graph erfüllt den kanonischen Zielzustand genau dann, wenn neben den Attribut- und Identitätsbedingungen aus Abschnitt 1 auch die atomare Normalform (1), die Azyklizität und die atomare transitive Minimalität gelten:

$$\forall g \in G : \ (g, g) \notin C^{+}, \quad (g, g) \notin R^{+}, \quad (g, g) \notin R_{\text{eff}}^{+}, \quad (g, g) \notin R_{\text{at}}^{+}, \tag{4}$$

$$\forall (a, b) \in R : \quad (a, b) \notin \big(R \setminus \{(a, b)\}\big)^{+}. \tag{5}$$

Bedingung (4) verlangt, dass keine der vier Relationen ein Ziel auf sich selbst zurückführt. Bedingung (5) verlangt, dass keine verfasste Anforderung über die übrigen bereits erreichbar ist. Identitäten und Referenzen müssen auflösbar sein; unbekannte Knoten sind keine erfüllten Voraussetzungen.

Zur Azyklizität. Die DAG-Bedingung für R folgt bereits aus derjenigen für R_{eff}, weil $R \subseteq R_{\text{eff}}$. Sie bleibt als verständliche eigenständige Autorenprüfung aufgeführt. Unabhängig davon bleibt die Azyklizität von C erforderlich. Direkte Azyklizität allein genügt nicht, weil Vererbung einen Zyklus erzeugen kann (Abbildung 6). Ebenso bleibt ein durch atomare Expansion entstehender Selbstzyklus ein Modellfehler, auch wenn die unexpandierten Kanten azyklisch aussehen.

Zur transitiven Minimalität. In der atomaren Kette $\mathsf{Q} \to \mathsf{B} \to \mathsf{A}$ ist eine zusätzliche Kante $\mathsf{Q} \to \mathsf{A}$ redundant und zu entfernen. Die verbleibende Hülle fordert A weiterhin, auch wenn B bereits gemeistert ist. Transitive Paare werden nicht als zusätzliche Direktkanten gespeichert. Die verbindliche transitive Minimalität vom 4. November 2026 bleibt bestehen; die Entscheidung vom 8. November 2026 legt die atomare Normalform als Zielzustand und die Migrationsreihenfolge fest.

Die interne Prüfbezeichnung `G17` steht hier für die vollständige atomare Normalform und die vollständige transitive Minimalitätsprüfung des deklarierten kanonischen Fachbestands. Sie umfasst den nötigen fachfremden Voraussetzungsbestand und vererbende Vorfahren; ein Teilscan oder ein einzelnes Routenprofil genügt dafür nicht.

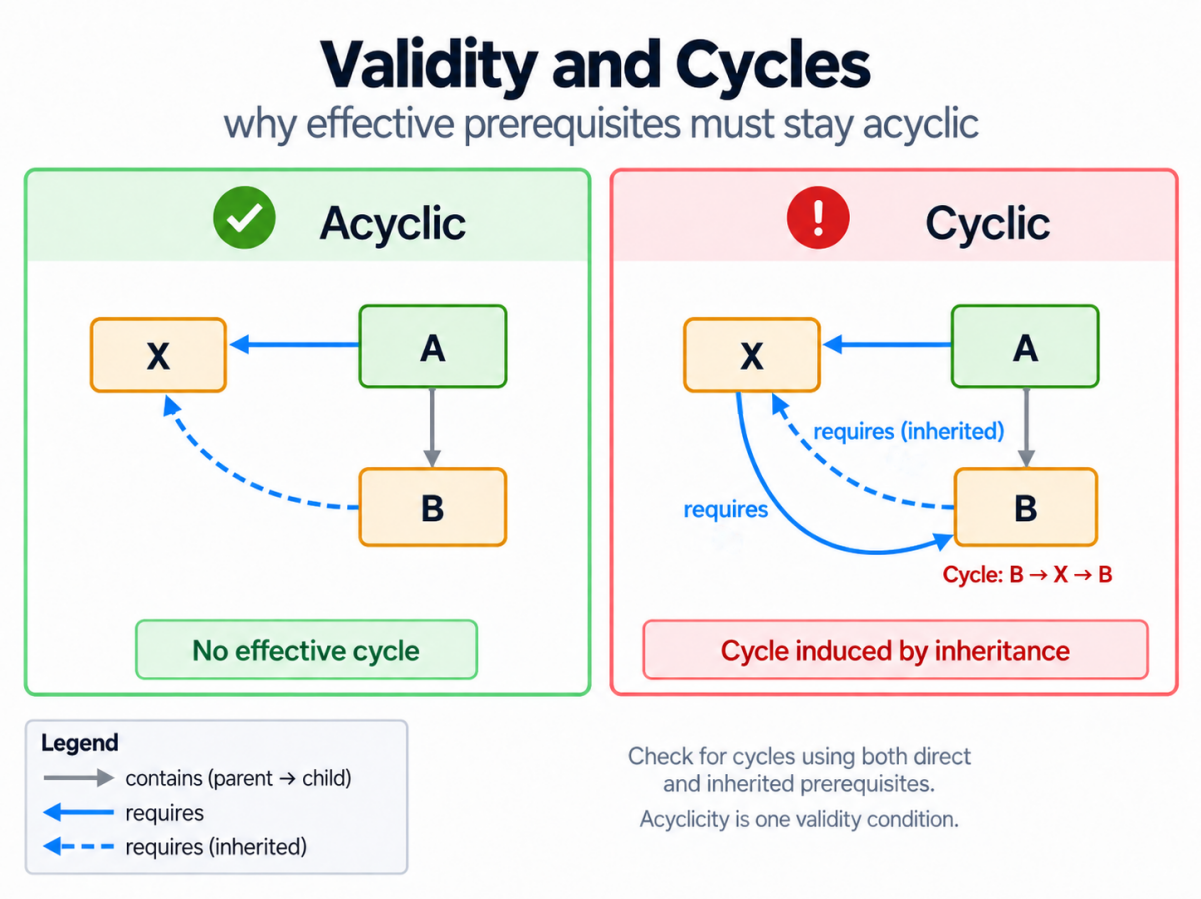


Abbildung 6: Direkte Azyklizität genügt nicht. Der Cluster A enthält B und benötigt X; daraus folgt die geerbte Kante B → X. Kommt X → B hinzu, entsteht der effektive Zyklus B → X → B. Der Beispielknoten A ist hier ein Cluster, nicht die Menge A der atomaren Ziele.

Verbindliche Migrationsreihenfolge. Der Weg vom Übergangsbestand zum Zielzustand hat drei Schritte in fester Reihenfolge. Bei unverändertem C und stabilen Zielidentitäten gilt:

1. **Atomare Anforderungen sichern.** Zuerst die vollständigen, im Review geprüften atomaren Anforderungen materialisieren oder erhalten. Die bestehende Bedeutung wird mit der Relation R_{at} aus Abschnitt 2.3 ermittelt: erst vererben, dann Clusterziele expandieren, dann die Hülle bilden. Die vollständige Hülle bedeutet nicht, sämtliche transitiven Paare als Direktkanten zu verfassen. Atomare Kanten dürfen nicht zugunsten ihrer geerbten Clusterentsprechung entfernt werden.
2. **Clusteranforderungen entfernen.** Danach jede Anforderung mit nichtatomarem Quell- oder Voraussetzungsziel erst nach dem Nachweis entfernen, dass die verfassten atomaren Beziehungen ihren vollständigen atomaren Bedarf abdecken. Im Zielzustand bleiben keine solchen Clusterkanten, auch keine universellen.
3. **Transitiv reduzieren.** Erst anschließend die atomare Relation transitiv reduzieren und dabei ihre vollständige Voraussetzungshülle erhalten.

Der Nachweis muss für den gesamten Übergang insbesondere ergeben:

$$(R_{\text{at}}^{\text{vorher}})^{+} = (R_{\text{at}}^{\text{nachher}})^{+} = R_{\text{nachher}}^{+}, \qquad R_{\text{nachher}} \subseteq A \times A.$$

Die atomare Voraussetzungshülle bleibt also gleich, und nach der Migration erzeugen die verfassten Kanten sie allein. Zusätzlich sind die relevanten Scope-, Anwendbarkeits-, Zielmengen-,

Frontier-, Abschluss- und Mastery-Verträge zu erhalten. Hüllengleichheit allein beweist diese weiteren Verträge nicht; dazu gehören direkt atomare Routen und ausdrücklich verfasste Projektionsrollen. Rohe Erreichbarkeit zwischen nichtatomaren Zielknoten darf sich beim Entfernen der Clusterkanten ändern. Die Migration erfindet weder automatisch fachliche Abhängigkeiten noch Rollen und schreibt keine Lernergebnisse. Widersprüchliche Altansprüche brauchen eine gesonderte fachliche Klärung.

Diagnosen im Übergangsbestand sind keine Löschanweisung. Zwei ältere Prüfungen bleiben als Diagnose nützlich. Keine von ihnen erlaubt, eine atomare Kante zu löschen, solange eine Clusteranforderung denselben Bedarf noch trägt.

Die frühere *lokale Minimalitätsbedingung* lautet

$$(g,p) \in R \Longrightarrow \nexists k \in \mathrm{Anc}(g) : (k,p) \in R. \tag{6}$$

Sie zeigt direkte Dubletten geerbter Anforderungen, darf aber keine atomare Kante zugunsten einer Clusterkante beseitigen. Tragen ein atomares q und sein Cluster-Vorfahr k beide die Anforderung an das atomare p, bleibt $q \to p$ bei der Atomarisierung erhalten. Nach vollständiger atomarer Abdeckung wird $k \to p$ entfernt. Im Zielzustand gilt (6) automatisch, weil Cluster keine ausgehenden Anforderungen mehr tragen.

Der bisher unter `G17` verwendete *Entfernungstest* ist ebenfalls eine Diagnose des Übergangsbestands: Er bildet für jede verfasste Kante $e = (g,p)$ die Relation $R' = R \setminus \{e\}$ und berechnet R'_{eff} mit unverändertem C neu. Er diagnostiziert Redundanz durch $(g,p) \in (R'_{\mathrm{eff}})^+$. Abbildung 7 zeigt diesen mathematisch korrekten Befund im Übergangsbestand und zugleich den Gegenfall zur falschen Löschpräferenz: Der alternative Pfad hängt noch von einer Clusteranforderung ab.

Was die heutigen Prüfungen belegen. Seit dem 11. November 2026 führt `CQR-001` im Statusgenerator den Entfernungsauditor für jede deklarierte Wurzel des vollständigen aktuellen kanonischen Gymnasialkatalogs aus, einschließlich der benötigten fachfremden Ziele und ihrer vererbenden Vorfahren. Neben Referenzen und effektivem DAG meldet er jede verfasste Anforderung mit nichtatomarem Quell- oder Voraussetzungsziel, jede redundante verfasste Anforderung und jeden widersprüchlichen expliziten Typ. Sobald die atomare Normalform gilt, fällt das Entfernungskriterium mit (5) zusammen; ein Bestehen belegt deshalb `G17` für diese Wurzel. Ein Verstoß setzt das Fach auf `M0` und sperrt damit jeden Meilensteinpass `M1`–`M7`. Der Generator bricht ab, wenn der Katalog unvollständig ist oder ein kanonisches Dokument vom verifizierten Reduktionsnachweisregister abweicht. Hart scheitert die CI an einem Verstoß nur über die geschützten Reifegrad-Floors; andere kanonische Fächer berichten lediglich `M0`, und Wurzeln außerhalb des kanonischen Gymnasialkatalogs prüft `CQR-001` nicht. Ein Bestehen belegt den erreichten Zustand, nicht die Migrationsreihenfolge; gelieferte Reduktionen sind an das bei jedem Lauf nachgespielte Register gebunden (Anhang A).

Zwei Regelfamilien prüfen heute Teile des Zielzustands: das *Curriculum-Quality-Review* (CQR) und die *graph-validation rollout rules* (GVR). Neben `CQR-001` heißt die Prüfung direkt atomarer Fachrouten `CQR-102`; die harte vollständige Routenprüfung der Mathematikprofile Sek I und Sek II heißt `GVR-012`. Beide verlangen bereits in ihrem jeweiligen Scope, also ihrem benannten Prüfumfang, direkt atomare Routen; geerbte Clusterpfade liefern dort keinen Ersatz. Die Codelegende steht in Anhang A.2.

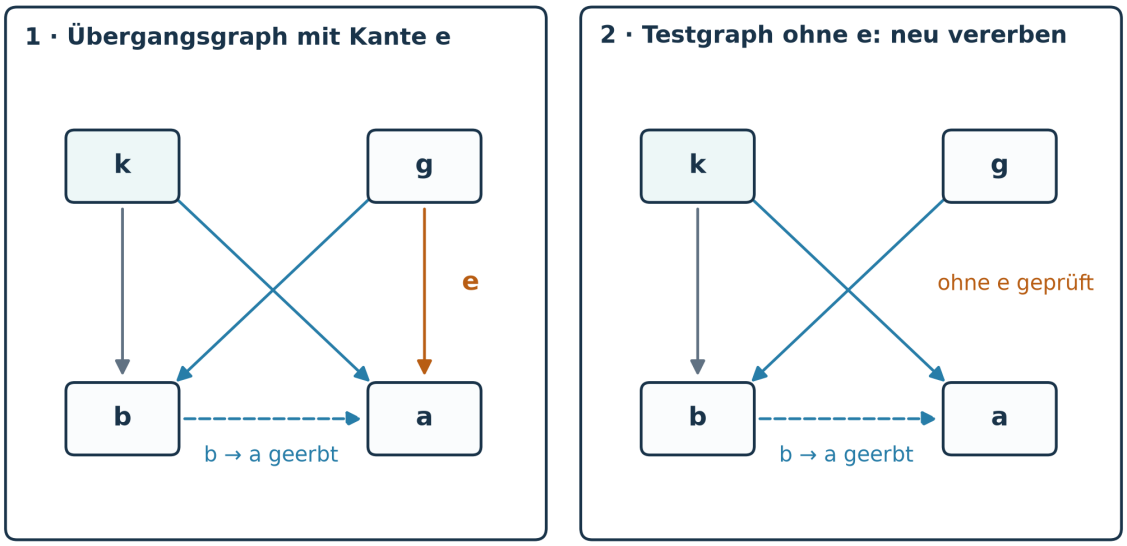


Abbildung 7: Der Cluster k enthält b und benötigt a; deshalb erbt b die Anforderung b → a. Entfernt man die verfasste Kante e = (g, a), bleibt nach erneuter Vererbung der effektive Pfad g → b → a. Das ist eine Redundanzdiagnose des Übergangsgraphen, kein Auftrag, e zugunsten von k → a zu löschen. Zuerst ist die vollständige atomare Abdeckung von k → a zu materialisieren, dann die Clusterkante zu entfernen; erst danach entscheidet ein vollständig atomarer Ersatzpfad über die Reduktion von e. Nur die geerbte Kante ist gestrichelt.

3.2 Zusatzprofile und Gegenbeispiele

Ein Baumprofil kann höchstens einen Elternknoten fordern:

$$\forall c \in G: \quad \big|\{k \in G \mid (k, c) \in C\}\big| \leq 1.$$

Dies ist keine Grundbedingung der Polyhierarchie. Ebenso sind Anforderungen an eigene Vorfahren unerwünscht und in bestimmten Validatorprofilen verboten. Anforderungen an eigene Nachfahren erzeugen durch Vererbung sogar eine effektive Selbstabhängigkeit und scheitern bereits am DAG-Vertrag.

Ein DAG ist noch kein Beweis der Lernbarkeit

Als Gegenbeispiel aus dem Übergangsbestand seien $G = \{k, a\}$, $C = \{(k, a)\}$ und $R = \{(a, k)\}$: Der Cluster k enthält das Atom a, und a setzt k voraus. Die direkten und effektiven Relationen sind azyklisch und minimal. Aber $\text{Atoms}(k) = \{a\}$: Um a zu beginnen, müsste a schon erfüllt sein. Die globale Frontier aus leerem Lernzustand ist leer. Die Clusteranforderung verfehlt bereits die atomare Normalform. Außerdem enthält die vollständig atomar normalisierte Relation die Selbstabhängigkeit (a, a) und verletzt damit die Azyklizität. Ein Abschlusszeuge (Abschnitt 12.2) würde denselben Fehler sichtbar machen.

Deshalb müssen drei Aussagen getrennt bleiben:

1. Der Grundgraph ist gültig.
2. Die gewählte Projektion ist gültig.
3. Die Zielmenge ist aus einem deklarierten Eintrittszustand vollständig erlernbar.

Ein grüner einzelner Validator beweist nicht automatisch alle drei Aussagen.

3.3 Didaktische Routen von Orientierung zu Autonomie

Eine didaktische Route führt vom motivierenden Einstieg über das fachliche Lernen zur selbstständigen Leistung. Seien dazu $O \subseteq A$ die Orientierungsanker (Motivationsanker), $Z \subseteq A$ die terminalen Autonomieziele, also die Endziele selbstständiger Leistung, und $E_{\text{route}} \subseteq A$ explizit ausgenommene Unterstützungsziele. Die direkte atomare Relation sei $R_A = R \cap (A \times A)$. Ohne Ausnahmeprofil gilt $E_{\text{route}} = \varnothing$; Ausnahmen benötigen einen dokumentierten, maschinenlesbaren Auswahlvertrag. Ein Atom $a \in A \setminus E_{\text{route}}$ ist *routenabgedeckt*, wenn

$$\begin{aligned} \exists o \in O,\ z \in Z: \quad & (a = o \ \vee \ (o, a) \in (R_A^{-1})^+) \\ & \wedge (a = z \ \vee \ (a, z) \in (R_A^{-1})^+). \end{aligned}$$

In Worten: Das Atom liegt auf mindestens einem Lernweg, der bei einem Orientierungsanker beginnt und bei einem terminalen Autonomieziel endet. Der Lernweg folgt R_A^{-1}, also der Lernablaufrichtung von der Voraussetzung zum darauf aufbauenden Ziel.

Die Buchstaben O und Z (in älteren Fassungen M und T) vermeiden hier Verwechslungen mit der Mastery-Menge M sowie den Zielmengen $T(U)$ und T_π. Die Beschränkung auf R_A verhindert, dass ein Cluster als versteckter Zwischenknoten einen atomaren Routennachweis liefert. Diese Formel ist ein Strukturkriterium, kein Beweis didaktischer Angemessenheit.

Konkrete Routenprofile schränken zusätzlich die Schulstufe, erlaubte Zieltypen und die Reihenfolge ein: Orientierung am Einstieg, fachliches Lernen, bei Bedarf Unterstützung durch Memorierziele und eine selbstständige Leistung am Ende. Memorierziele werden dadurch nicht überall Pflicht. Die Profilregeln prüfen unterschiedliche Aussagen: vollständige Routen über effektive Voraussetzungen (`CQR-101`), direkt atomare Routen (`CQR-102`) und das Fehlen von `requires` an den selektierten Clustern (`CQR-103`). In den benannten Mathematikprofilen erzwingt `GVR-012` die vollständige direkt atomare Route; `GVR-013` prüft für die ausgewählten lokalen atomaren Ziele, die keine Memorierziele sind, dass ihre direkten lokalen Voraussetzungen atomare Ziele sind. Diese Profilprüfungen sind kein globaler Nachweis der atomaren Normalform für alle Fächer; die Basisprüfung dafür ist `CQR-001` (Abschnitt 3.1).

Eine Übersicht zwischen Clustern kann aus atomaren Routen abgeleitet werden. Beispielsweise bedeutet eine existenzielle Zusammenfassung $k_2 \to k_1$:

$$\exists a \in \text{Atoms}(k_2),\ b \in \text{Atoms}(k_1) : (a, b) \in R_A^+.$$

Eine prozentuale Abdeckung braucht darüber hinaus einen erklärten Nenner. Solche Übersichten erzeugen keine neuen direkten Clusteranforderungen.

4 Lernzustand, Erfüllung und Fortschritt

Die bisherigen Abschnitte beschreiben den Graphen ohne lernende Person. Dieser Abschnitt fügt ihren Lernzustand hinzu: was gespeichert wird, was daraus als effektiv beherrscht gilt, welche Ziele als Nächstes verfügbar sind und wie Fortschritt gezählt wird.

4.1 Erfüllung statt Rückschluss auf Voraussetzungen

Ausdrückliche Ergebnisse. Es gibt genau einen gespeicherten binären Zustand $m : A \to \{0, 1\}$, mit $M = \{a \in A \mid m(a) = 1\}$. M ist die Menge der ausdrücklichen Erfolge, kurz: die ausdrückliche Mastery. Ein ausdrücklicher Erfolg an einem Inhaltsziel belegt zielgerecht geprüftes Verstehen. Orientierung, Memorierung und Prüfungen verwenden ihren jeweils eigenen Abschlussvertrag (Abschnitt 8). Keine Teilbewertung bildet einen dritten Mastery-Zustand.

Implizite Beherrschung im Vorgriff. Die Abschnitte 11 und 13 führen Lerneinheiten und die Ableitung impliziter Beherrschung ein. Hier genügt ihr Ergebnis: Für jede Lerneinheit U mit einem für diese Person dauerhaft gültigen lokalen Vertrag wird die implizite Menge $I_U \subseteq A$ abgeleitet. Der Vertrag bindet die eigenen Erwerbsziele, ihre Revision und die fachlich geprüfte Bedeutung der zugehörigen Prüfungen. Bei Inhaltszielen belegt I_U selbstständige Anwendung. Anschaulich kann eine bestandene Prüfung zu linearen Funktionen die Anwendung der eigenen Inhaltsziele von U belegen, obwohl diese nicht einzeln abgehakt wurden. Eine unabhängige Kartenpflicht oder eine andere Kindeinheit kann noch offen sein; der vollständige Abschluss der Einheit ist keine Voraussetzung dieser Anerkennung. Ein abgeleiteter Orientierungsmarker behält ausschließlich die Bedeutung eines erledigten Einstiegs; er behauptet weder Fachkompetenz noch eine erfolgte Motivationsinteraktion.

Effektiv beherrschte Menge. Die effektive globale Menge lautet

$$M_{\text{eff}} = M \cup \bigcup_{U \in \mathcal{U}_{\text{valid}}} I_U.$$

Dabei enthält $\mathcal{U}_{\text{valid}}$ die personen- und revisionsgebundenen, dauerhaft anwendbaren autoritativen lokalen Verträge, nicht nur die gerade sichtbaren Einheiten oder die neuesten Inhaltsfassungen. Die beiden Begründungsarten sind in ihrem effektiven Ergebnis gleichwertig: Sie erfüllen künftige Voraussetzungen, zählen zum IST und bleiben bei Fokus- oder Planwechsel wirksam. I_U erzeugt keinen synthetischen Mastery-Datensatz. Abschnitt 13 definiert die Ableitung und die fachlichen Voraussetzungen des Vertrags.

Alle folgenden Formeln verwenden M_{eff}. In den Originalabbildungen 8 und 9 steht M_A für die ausdrückliche Menge M. In diesen Beispielen gibt es keine implizite Beherrschung; dort ist $M_{\text{eff}} = M$.

Erfüllung. Ein Ziel g, ob Atom oder Cluster, ist *erfüllt*, wenn seine gesamte atomare Basis effektiv beherrscht ist:

$$\text{Sat}(g, M_{\text{eff}}) \iff \text{Atoms}(g) \neq \varnothing \ \wedge \ \text{Atoms}(g) \subseteq M_{\text{eff}}. \tag{7}$$

Die Erfüllung wirkt nur vorwärts. Ein bloß gemeistertes abhängiges Inhaltsziel beweist seine Voraussetzungen nicht. Nur ein gültiger lokaler Vertrag trägt die zusätzliche Ableitung. Clusterfortschritt schreibt niemals Ergebnisse seiner Kinder.

4.2 Globale Frontier

Die *Frontier* ist die Menge der nächsten verfügbaren atomaren Ziele:

$$\mathrm{Frontier}(M_{\mathrm{eff}}) = \left\{ g \in A \setminus M_{\mathrm{eff}} \;\middle|\; \forall p \in A :\ (g,p) \in R_{\mathrm{at}}^{+} \Rightarrow p \in M_{\mathrm{eff}} \right\}. \tag{8}$$

Ein Atom gehört also zur Frontier, wenn es selbst noch offen ist und sein gesamter atomarer Bedarf effektiv beherrscht ist: $\mathrm{RequiredAtoms}(g) \subseteq M_{\mathrm{eff}}$. Die Frontier fordert die transitiven effektiven atomaren Voraussetzungen. Ein gemeistertes Zwischenziel unterbricht diese Prüfung nicht. Ein teilweise bearbeitetes Ziel ist nicht schon deshalb erfüllt. Ein Cluster als Voraussetzung wird über seine atomare Basis geprüft.

Für die Navigation lässt sich zusätzlich eine Clusterverfügbarkeit ableiten. Sie verwendet den atomaren Bedarf $\mathrm{RequiredAtoms}(k)$ des Clusters aus (3), also seine eigenen und geerbten Anforderungen, atomar expandiert und transitiv fortgesetzt:

$$\mathrm{Frontier}_K(M_{\mathrm{eff}}) = \{k \in K \mid \neg\,\mathrm{Sat}(k, M_{\mathrm{eff}}),\ \mathrm{RequiredAtoms}(k) \subseteq M_{\mathrm{eff}}\}.$$

Sie ersetzt die atomare Lernfrontier nicht. Eine Oberfläche kann darüber hinaus verbindliche Zugangs- und Auswahlregeln anwenden, etwa den Orientierungseinstieg. Die mathematische Frontier ist deshalb nicht automatisch identisch mit jedem angezeigten UI-Menü. Abbildung 8 zeigt die Frontier des Beispiels.

4.3 Aggregation ohne Mehrfachzählung

Sei $S \subseteq A$ eine fest benannte Menge von Zielatomen und $w(a) > 0$ das Fortschrittsgewicht des Atoms a. Der gewichtete Gesamtfortschritt ist der Gewichtsanteil der effektiv beherrschten Atome:

$$P(S) = \frac{\sum_{a \in S \cap M_{\mathrm{eff}}} w(a)}{\sum_{a \in S} w(a)} \qquad (S \neq \varnothing).$$

Jedes Atom trägt mit seinem effektiven binären Ergebnis bei: ganz oder gar nicht. Für eine leere Zielmenge gibt es keinen solchen Quotienten; die Anzeige braucht „keine Ziele im gewählten Umfang“ statt erfundener 100 %. Für mehrere Cluster wird S als Vereinigung ihrer Zielatome gebildet. Cluster und Kinder dürfen nicht zusätzlich gemeinsam gezählt werden. Ein Fortschritt von beispielsweise 50 % bezeichnet einen Anteil geschaffter Ziele im Umfang, keine halbe Beherrschung eines einzelnen Ziels.

Davon zu unterscheiden ist die segmentierte Erledigungsanzeige im Lernzielbaum: Sie kann ausdrücklich gespeicherte und implizit abgeleitete Beiträge getrennt ausweisen. Beide zählen in $P(S)$; ein vollständig gefüllter Gesamtbalken bedeutet $P(S) = 1$. Eine gesonderte Zahl nur für ausdrückliche Ergebnisse muss ihren abweichenden Zähler benennen.

Bei der Konvention $w(a) = 1$ entspricht das Clustergewicht der Zahl seiner eindeutigen atomaren Nachfahren. Das ist eine zulässige konkrete Autorenkonvention, keine Forderung gleicher Gewichte für jede Domäne. Kern- und Erweiterungsanteile können getrennt ausgewiesen werden; der

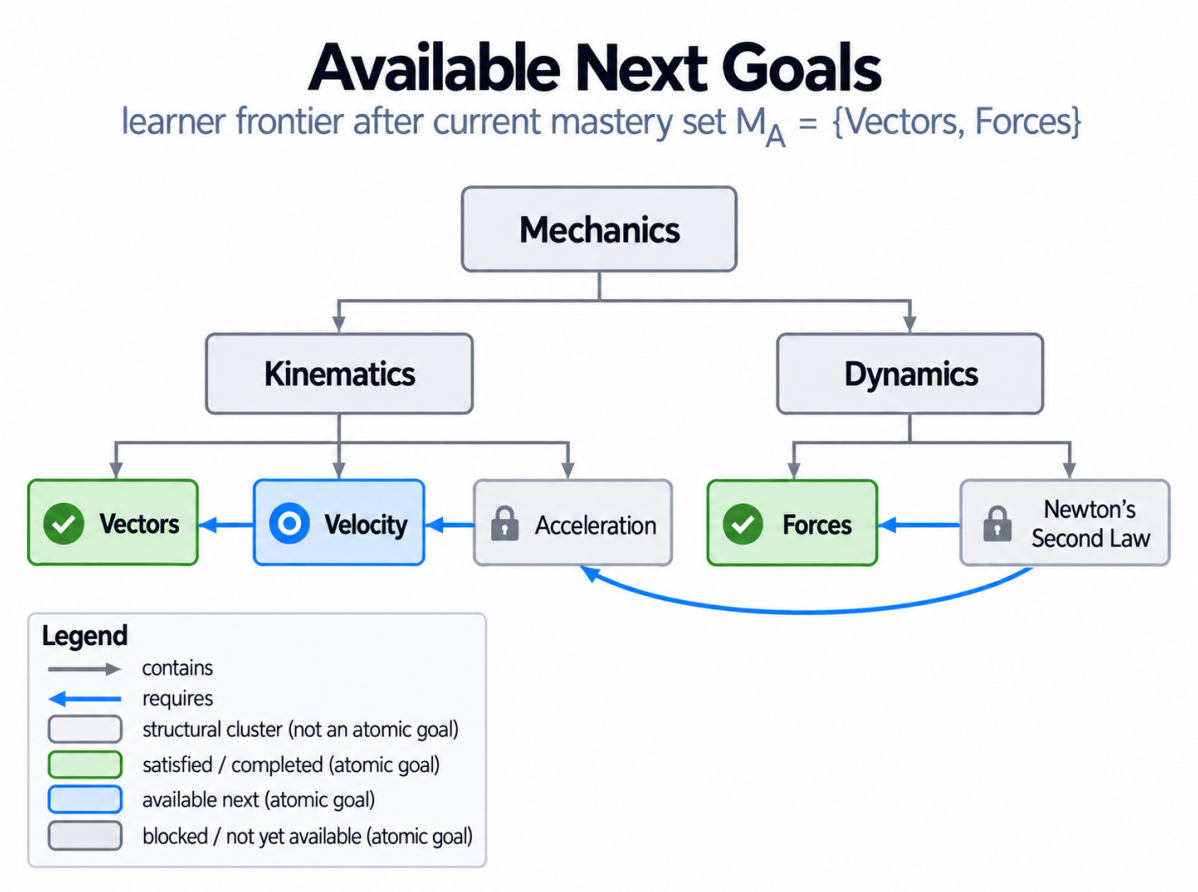


Abbildung 8: Mit $M_{\text{eff}} = \{\text{Vectors}, \text{Forces}\}$ ist nur *Velocity* als nächstes verfügbar. *Acceleration* wartet auf *Velocity*; *Newton's Second Law* zusätzlich auf *Acceleration*. Die Cluster sind keine direkt auszuwählenden atomaren Lernschritte. Die Bildbeschriftung M_A bezeichnet die ausdrückliche Menge M, die hier mit M_{eff} übereinstimmt.

verbindliche Zielumfang des Personal Curriculum entscheidet darüber, was zum Abschluss gehört. Eine aggregierte Zahl ist weder eine kalibrierte Wahrscheinlichkeit noch eine Schulnote. Ein Notenmodell bräuchte eine gesonderte, begründete Abbildung.

5 Filter, Fokus und globale Diagnose

Bisher wurde der gesamte Graph ausgewertet. Eine Person arbeitet aber in einem Ausschnitt: längerfristig in ihrem Personal Curriculum (Personalisierungsstufe 2, kurz Level 2), vorübergehend in einem Fokus (Level 3). Dieser Abschnitt beschreibt jeden solchen Ausschnitt als Filter und legt die Reihenfolge fest: erst im ganzen Graphen ableiten, dann einschränken. Die Abschnitte 6 und 7 führen Personal Curriculum, Kompositionssicht und Projektionsrollen ausführlich ein.

5.1 Filter als Prädikat und kompilierte Anwendbarkeit

Ein Filter ist zunächst nur ein Prädikat $F : G \to \{0, 1\}$ mit der Menge $G_F = \{g \mid F(g) = 1\}$ der ausgewählten Ziele. Ein Filter kann aus dimensionaler *Anwendbarkeit* (`applicability`) berechnet werden, etwa nach Bundesland, Schulstufe oder Kursprofil. Dafür sei D die Dimensionsmenge und V_d das Vokabular von Dimension d. Eine formal typisierte Menge partieller Zuordnungen ist

$$\mathcal{V}_D = \bigsqcup_{J \subseteq D} \prod_{d \in J} \mathcal{P}(V_d), \qquad \text{Applicability} : G \rightharpoonup \mathcal{V}_D.$$

Eine Anwendbarkeitsangabe nennt also für einige Dimensionen J jeweils die zugelassenen Werte. Die disjunkte Vereinigung hält den jeweiligen Definitionsbereich J fest. Eine fehlende Dimension ist im allgemeinen Metadatenfilter uneingeschränkt; eine vorhandene Dimension mit leerer Wertemenge lässt dagegen keinen konkreten Auswahlwert zu. Nur die Abfrage `ALL` ignoriert auch diese Einschränkung. Die Bedeutung fehlender Metadaten ist keine Erlaubnis, eine ungeklärte persönliche Schulstufenauswahl als vollständig aufgelöst zu behandeln.

Für eine aktive Auswahl Q kann die Filterprüfung dimensionsweise erfolgen:

$$F_Q(g) = 1 \iff \bigwedge_{d \in D_{\text{aktiv}}} \begin{cases} Q(d) = \text{ALL}, \text{ oder } g \notin \text{dom}(\text{Applicability}), \text{ oder} \\ d \notin \text{dom}(\text{Applicability}(g)), \text{ oder} \\ Q(d) \in \text{Applicability}(g)(d). \end{cases}$$

Ein Ziel passt also zur Auswahl, wenn für jede aktive Dimension einer der vier Fälle gilt: Die Abfrage lautet `ALL`; das Ziel trägt keine Anwendbarkeitsangabe; die Dimension fehlt in seiner Angabe; oder der abgefragte Wert ist ausdrücklich zugelassen. Die Fälle werden nur ausgewertet, wenn die jeweilige Abbildung definiert ist. `ALL` ist ausschließlich ein Abfragewert und wird nicht als Geltungsbereich gespeichert. Explizite `applicabilityOverrides` dokumentieren begründete Ausnahmen; die Laufzeit verwendet weiterhin die kompilierte Anwendbarkeit. Eine Sichtbarkeitsentscheidung beweist noch keine Quellenabdeckung.

5.2 Erst global vererben, dann einschränken

Die induzierten Relationen sind

$$C_F = C \cap (G_F \times G_F), \quad R_F = R \cap (G_F \times G_F), \quad R_{\text{eff}}|_F = R_{\text{eff}} \cap (G_F \times G_F).$$

Die effektiven Voraussetzungen werden *vor* der Filterung berechnet. Sonst könnte eine vom ausgeblendeten Vorfahren geerbte Anforderung verschwinden, obwohl Ziel und Voraussetzung beide im Fokus liegen. Die atomare Klassifikation wird ebenfalls nicht aus dem gefilterten Baum neu erfunden: $A_F = A \cap G_F$. Ein Cluster wird durch das Ausblenden seiner Kinder nicht zu einem neuen atomaren Ziel.

Vollständige Voraussetzungsketten in Projektionen. Level 2 bezeichnet den längerfristigen Umfang des Personal Curriculum, etwa für ein Bundesland und Kursprofil (Abschnitt 7). Eine geprüfte Kompositionssicht legt dafür die kanonischen Zielreferenzen fest (Abschnitt 6.3). Die Rollenprüfung unterscheidet Lernziele `target` von reinen Voraussetzungshilfen `prerequisiteOnly` (Abschnitt 7.2). Nach der Ownerentscheidung vom 9. November 2026 muss die Projektion einer ausgewählten atomaren Zielmenge $T \subseteq A$ im zugrunde liegenden Voraussetzungsgraphen mindestens die Menge

$$\text{Closure}(T) = T \cup \{p \in A \mid \exists t \in T : (t, p) \in R_{\text{at}}^+\}$$

und die für ihren vollständigen transitiven Bedarf nötigen kanonischen Voraussetzungsbeziehungen erhalten. Closure(T) besteht also aus den ausgewählten Zielen und ihrem gesamten

atomaren Bedarf (in älteren Fassungen $U(T)$). Anwendbarkeit und geprüfte Level-2-Komposition bestimmen T. Sie dürfen unverzichtbare kanonische Zwischenziele nicht entfernen, bevor die Voraussetzungsketten berechnet werden. In Übergangsdaten muss auch die für Vererbung und atomare Expansion nötige kanonische Struktur verfügbar bleiben.

Setzt a das Ziel b und b das Ziel c voraus, muss eine Auswahl von a und c deshalb b im zugrunde liegenden Graphen mitführen. Der Bedarf von a an c bleibt erhalten. Geht dieser Pfad verloren, ist die Projektion fehlerhaft; die fehlenden Knoten und Beziehungen müssen erhalten bleiben. Neue `requires`-Kanten in der Kompositionssicht oder abgeschwächte kanonische Voraussetzungen sind keine Korrektur.

Diese strukturelle Vollständigkeit verlangt nicht, jeden Knoten im sichtbaren Baum anzuzeigen. Strukturelles Mitladen allein reicht aber nicht: Verfasste Ausgangsreferenzen bleiben hart geprüft. Für notwendige Atome erfüllen eine kompilierte Zielrolle mit geprüftem kanonischem Voraussetzungspfad und dokumentierter Herkunft die Rollenpflicht; eine manuelle Sichtreferenz je Atom ist nicht nötig. Unbekannte Referenzen, Zyklen sowie fehlende oder nicht erreichbare benötigte Atome bleiben Fehler, auch bei vorhandener Mastery. Unbeteiligte `contains`-Nachfahren werden dadurch nicht eingeschrieben. Nach der ausdrücklichen Ownerentscheidung vom 10. November 2026 bildet $L = \mathrm{Closure}(S)$ den persönlichen Lernumfang, wobei S die Vereinigung atomarer Ausgangsziele der gewählten geprüften Fächersichten ist. Zuerst wählen deren geprüfte Kurs-/Landesfilter die gültigen Ausgangsziele S; danach entsteht die Hülle im unbeschnittenen kanonischen Graphen. Zusätzliche notwendige Atome bleiben trotz dieser Ausgangsfilter enthalten, unbeteiligte Ziele anderer Kurse oder Länder nicht. Alle notwendigen Atome gehören zu Lernen, Fortschritt und Abschluss. L ist für persönliche Konfiguration und Curriculum-/Projektionsrevision fest, unabhängig von Mastery. Gemeisterte Atome bleiben im Nenner erfüllt; ihre Wiederholung wird nicht verlangt. Ein gemeistertes Zwischenziel unterbricht die transitive Hülle nicht. Eine unbewiesene Eintrittsannahme ist keine erfüllte Lernpflicht.

Diese ausdrückliche persönliche Kompilationsregel ersetzt nur hier das frühere Verbot der Zielergänzung. Jedes offene notwendige Atom braucht ein tatsächlich erreichbares Erwerbsziel im Gesamtplan. Fachlokales `prerequisiteOnly` bleibt möglich, wenn dieselbe kanonische ID anderswo im Gesamtplan Ziel ist; sie zählt einmal. Die Regel nimmt keine Geschwister, ganzen Fremdeinheiten oder Fächer allein wegen eines benötigten Atoms hinzu. Alle einzeln notwendigen Atome bleiben in L, auch wenn das sämtliche Atome eines Faches sind. Die Regel ändert keine amtliche Zuordnung oder Quellenanwendbarkeit. Sie erweitert keinen Fokus und erzeugt, kopiert, überträgt oder löscht keine Mastery. Bestehende zieltypspezifische Abschlussregeln bleiben maßgeblich. Backend und WebGUI setzen diesen persönlichen Lernumfang um. Anwendbarkeitsprüfung, Migrationsbeweis und vollständige native, Curriculum- und Remote-Abnahme bleiben gesondert nachzuweisen.

5.3 Normalmodus und strikter Modus

Beide Modi wählen ihre Kandidaten im Ausschnitt. Sie unterscheiden sich darin, welche Voraussetzungen sie prüfen: der Normalmodus nur die innerhalb des Ausschnitts, der strikte Modus alle.

Im Normalmodus (*optimistic*) gilt die relative Basis

$$\mathrm{Atoms}_F(g) = \mathrm{Atoms}(g) \cap G_F, \qquad \mathrm{Sat}_F(g, M_{\mathrm{eff}}) \iff \mathrm{Atoms}_F(g) \subseteq M_{\mathrm{eff}}.$$

Die leere relative Basis blockiert hier nicht. Das bescheinigt keine globale Kompetenz und verändert keinen gespeicherten Lernzustand. Zuerst werden Vererbung, atomare Expansion und

transitive Hülle global berechnet. Danach schränkt der Normalmodus die benötigten atomaren Endpunkte ein:

$$\mathrm{Frontier}_{\mathrm{opt}}(M_{\mathrm{eff}}, F) = \{g \in A_F \setminus M_{\mathrm{eff}} \mid \forall p \in A_F : \ (g,p) \in R_{\mathrm{at}}^{+} \Rightarrow p \in M_{\mathrm{eff}}\}.$$

Im strikten Modus (*pessimistic / strict*) bleiben die Kandidaten im Fokus, die Anforderungen werden jedoch global geprüft:

$$\mathrm{Frontier}_{\mathrm{strict}}(M_{\mathrm{eff}}, F) = \{g \in A_F \setminus M_{\mathrm{eff}} \mid \forall p \in A : \ (g,p) \in R_{\mathrm{at}}^{+} \Rightarrow p \in M_{\mathrm{eff}}\}.$$

Somit gilt für dieselben Eingaben

$$\mathrm{Frontier}_{\mathrm{strict}}(M_{\mathrm{eff}}, F) \subseteq \mathrm{Frontier}_{\mathrm{opt}}(M_{\mathrm{eff}}, F).$$

Bei $g \to x \to p$ und $G_F = \{g, p\}$ bleibt p als transitive Voraussetzung im Normalmodus sichtbar erforderlich. Der strikte Modus prüft zusätzlich x. Auch eine Mastery von x entfernt p nicht aus der transitiven Prüfung. Die Umfangsregel ist eigenständig; sie verwandelt ausgeblendete Voraussetzungen nicht in Mastery. Abbildung 9 stellt beide Modi nebeneinander.

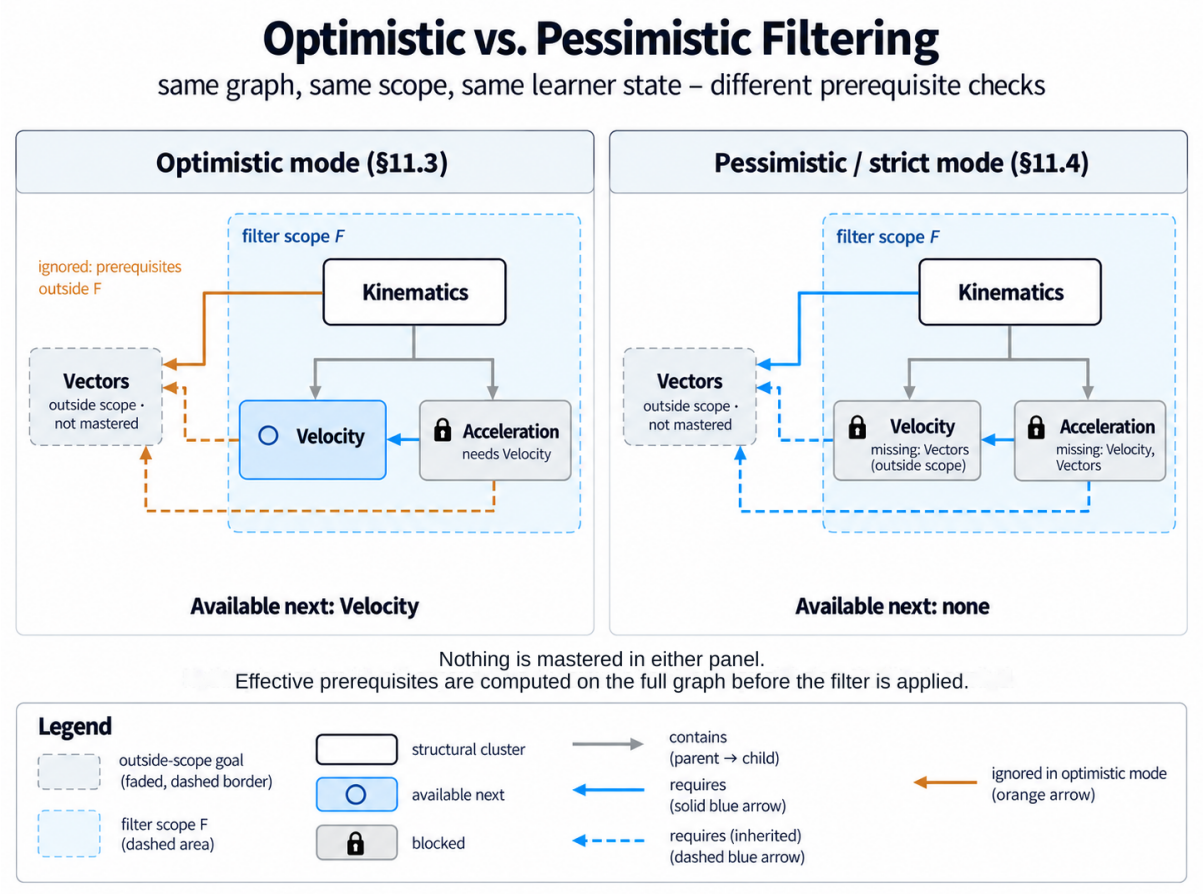


Abbildung 9: Identischer Fokus, unterschiedlicher Prüfbereich. *Vectors* liegt außerhalb; $M_{\mathrm{eff}} = \varnothing$. Der Normalmodus ignoriert die orange markierten Anforderungen und erlaubt *Velocity*; der strikte Modus lässt keines der beiden Atome zu. *Filter scope F* bezeichnet den Fokus, *optimistic* den Normalmodus und *pessimistic / strict* den strikten Modus. Die Bildverweise 11.3 und 11.4 nennen Abschnitte der englischen Ursprungsspezifikation.

5.4 Fehlende Voraussetzungen und fehlende Atome

Eine Diagnose beantwortet zwei verschiedene Fragen: Welche Voraussetzung ist nicht erfüllt, und welche Atome fehlen dafür noch? Beide Antworten verwenden die globalen Relationen:

$$\begin{aligned} \mathrm{Missing}(g, M_{\mathrm{eff}}) &= \{p \in G \mid (g,p) \in R_{\mathrm{eff}} \wedge \neg\,\mathrm{Sat}(p, M_{\mathrm{eff}})\}, \\ \mathrm{MissingAtoms}(g, M_{\mathrm{eff}}) &= \mathrm{RequiredAtoms}(g) \setminus M_{\mathrm{eff}}. \end{aligned}$$

Missing nennt die unerfüllten effektiven Voraussetzungsknoten selbst und dient der Erklärung. MissingAtoms ist die vollständige globale Diagnose: alle noch nicht effektiv beherrschten Atome des Bedarfs. Die Teilmengen $\mathrm{MissingAtoms} \cap G_F$ und $\mathrm{MissingAtoms} \setminus G_F$ unterscheiden interne und externe Lücken. Eine bloße Liste direkt benötigter Cluster kann dabei fehlende externe Atome oder hinter Zwischenknoten liegende Lücken verschweigen. Benötigt etwa g einen Cluster k, der nur das noch offene Atom b enthält, und ist $G_F = \{g, k\}$, dann liegt die unerfüllte Voraussetzung k im Ausschnitt, das fehlende Atom b aber außerhalb. Die Diagnose erzeugt weder neue Kanten noch neue Lernergebnisse und ist nicht mit der Blockerliste des Normalmodus gleichzusetzen.

Quellen. Graph Definition; Graph Validation Rules; Projektkonventionen.

6 Stabile Ziele, kontextabhängige Struktur

Die Abschnitte 6 bis 10 beschreiben die Verträge rund um den Skill-Graphen: curriculare Struktur, persönlichen Umfang, Zieltypen, Zeitplanung sowie Herkunft und Qualität.

Der Skill-Graph beantwortet, *was* eine lernende Person können soll und welche fachlichen Voraussetzungen dafür benötigt werden. Ein Bildungsgang beantwortet zusätzlich, *wo* diese Ziele verortet sind. Ein persönlicher Lernplan bestimmt, *wann* daran gearbeitet werden soll. Diese drei Fragen brauchen unterschiedliche Daten: Das Umordnen eines Lehrplans darf weder eine neue Kompetenz erzeugen noch bereits gespeicherte Ergebnisse löschen.

Das allgemeine Zielmodell unterscheidet vier semantische Ebenen und eine Darstellungsebene (Tabelle 3). Es beschreibt die Richtung der schrittweisen Migration; nicht jede hier genannte Datenstruktur ist damit bereits in allen Skill-Landschaften vollständig umgesetzt.

Tabelle 3: Fünf Modellierungsaufgaben, ein gemeinsamer Bestand stabiler Ziele.

Ebene	Bedeutung	Beispiel und Grenze
Ziele	Konkrete Kompetenzen und fachliche Bündel; hier liegen `requires` und `contains`.	Eine lineare Gleichung lösen; Grundlagen linearer Funktionen.
Programme	Jahre, Semester, Module, Phasen und andere strukturelle Einheiten.	Jahrgang 8 ist ein organisatorischer Abschnitt, keine Kompetenz.
Platzierungen	Kontextuelle Zuordnung eines Ziels zu einer Programmeinheit.	Dasselbe Ziel wird in einem Bildungsgang in Jahrgang 8, in einem anderen in Jahrgang 9 erworben.
Kompetenzachsen	Fachliche Taxonomien und querschnittliche Kategorien.	K1 „Mathematisch argumentieren“ ist eine Kategorie; „Argumentationslücken erkennen“ kann ein konkretes Ziel sein.
Kompositions-sicht	Geprüfter Aufbau des sichtbaren Baums für einen aufgelösten Bildungsumfang.	Eine Landesansicht verweist auf kanonische Teilbäume, ohne deren Ziele zu kopieren.

6.1 Identität trotz unterschiedlicher Einordnung

Die Identitäts-, Attribut- und Atomaritätsregeln aus Abschnitt 1 gelten in allen Schichten unverändert. Eine neue Platzierung erzeugt deshalb keine neue Kompetenz. Ein Programmabschnitt vom Typ `exam` ist noch kein Prüfungsziel mit Aufgaben, Bewertungsraster und Lernergebnis. Und `phase: Q1` erzeugt weder eine Elternkante zu einem Q1-Knoten noch eine Voraussetzung zwischen Q1 und Q2.

Historische Bäume können Jahrgangs- und Phasenknoten als Kompatibilitätsgerüst enthalten. Im allgemeinen Zielmodell übernimmt explizite Programmstruktur diese Aufgabe; die fachlichen Ziele bleiben eigenständig. Der gleiche Inhalt kann so in mehreren Bildungsgängen anders eingeordnet werden, ohne seine Ziel-ID oder gespeicherte Ergebnisse zu kopieren.

6.2 Platzierungen und Projektionen

Eine *Projektion* leitet aus den Curriculumdaten einen sichtbaren Baum oder eine andere navigierbare Sicht ab. Sie gilt für einen *aufgelösten Kontext*, in dem Merkmale wie Bundesland, Schulform, Stufe, Dauer und Kursprofil festgelegt sind.

`programUnits` beschreiben im Zielmodell einen expliziten Baum oder Wald von Programmeinheiten. `goalPlacements` verbinden Ziele mit diesen Einheiten. Eine `primary`-Platzierung liefert den normalen Programmanker; `secondary` zeigt zusätzliche Relevanz, `assessed` einen Prüfungsbezug. Sekundäre und prüfungsbezogene Zuordnungen erzeugen keine weiteren sichtbaren Kopien desselben Ziels.

Für einen aufgelösten Kontext gilt: Genau eine passende primäre Platzierung ergibt einen eindeutigen Anker. Ohne passende Platzierung darf die Darstellung keinen Elternknoten erfinden. Mehrere passende primäre Platzierungen benötigen eine ausdrücklich geprüfte Auflösung; sonst ist die Projektion uneindeutig. Die Kontextmerkmale ändern dabei nicht die Ziel-ID.

Die normale Inhaltssicht folgt ausschließlich den expliziten `contains`-Kanten. Die Programmsicht folgt Programmeinheiten und Platzierungen. Die Kompetenzsicht folgt Katalogeinträgen und Kompetenzreferenzen. Die Reihenfolge der Kinder kommt aus der dafür deklarierten Datenreihenfolge; eine topologische Sortierung nach Voraussetzungen ist eine gesondert benannte didaktische Ansicht.

6.3 Geprüfte Kompositionssichten

Eine *Kompositionssicht* beschreibt den sichtbaren oberen Aufbau eines Curriculums durch Strukturknoten, Beschriftungen, Reihenfolge und Referenzen auf kanonische Teilbäume. Sie enthält keine neu verfassten Atomziele und keine neuen `requires`-Kanten. Wo eine solche Sicht für den Kontext maßgeblich ist, darf ein Renderer sie nicht durch Vermutungen aus Titeln, `phase` oder alternativen Platzierungen überschreiben.

Zum Beispiel kann ein Gliederungsknoten „Mechanik“ eine `canonicalSubtree`-Referenz auf den kanonischen Kinematik-Cluster enthalten: Diese bindet dessen geprüfte `contains`-Unterstruktur ein. Eine `goalEntry`-Referenz kann daneben das einzelne kanonische Atom „Kräfte vektoriell addieren“ einbinden. Das sind Referenzen auf bestehende Ziele, keine neu verfassten Ziele. Ein Gliederungsknoten ist damit nicht automatisch ein fachlicher Cluster vom Typ `curricularArea`; diese Klassifikation braucht ihre eigene autoritative Festlegung.

Der aufgelöste Standardbaum muss jedes sichtbare Ziel höchstens einmal und unter höchstens einem sichtbaren Elternknoten zeigen. Ein globaler DAG kann mehrere fachliche Elternbezüge besitzen; die sichtbare Baumprojektion benötigt dafür eine deterministische, geprüfte Auflösungsregel. Überlappende Teilbaumreferenzen sind ohne einen solchen Vertrag ungültig. Eine Rollenregel für überlappende Referenzen ist noch keine Erlaubnis, Ziele im sichtbaren Baum zu duplizieren.

Die Kompilation soll früh erfolgen, in dieser Reihenfolge:

1. Kontext auflösen und die passende Sicht auswählen.
2. Kanonische Referenzen und ihre atomare Zielbasis auflösen.
3. Vollständige Voraussetzungsketten erhalten.
4. Rollen und sichtbare Eltern prüfen.
5. Das Ergebnis für die Laufzeit bereitstellen.

Die Hüllenbedingung aus Abschnitt 5.2 gilt auch dann, wenn die Sicht nur einen Teil der kanonischen Atome auswählt. Damit wird Strukturvalidierung möglich, bevor eine Benutzeroberfläche daraus einen Baum zeichnet.

Kanonische Identität bleibt erhalten. Ein kanonischer Cluster darf durch eine direkte Referenz oder ausgeblendete Kinder kein eigenständig prüfbares oder beherrschbares Atom werden. Diese Regel gilt unabhängig davon, ob ein gesondertes `semanticKind`-Review vorliegt. Eine zusammengeklappte Darstellung repräsentiert ihre geprüfte kanonische atomare Zielbasis; Voraussetzungsprüfung, Fortschritt und Abschluss behalten diese Basis. `canonicalSubtree` oder ausdrückliche Referenzen auf die beabsichtigten kanonischen Atome legen sie fest. Eine Projektionsänderung darf einen vorhandenen Ergebniswert unter der Cluster-ID nicht auf Kindziele übertragen.

Ein autoritativ als `curricularArea` klassifizierter Cluster darf nicht über eine direkte `goalEntry`-Referenz als undurchsichtiges, atomar wirkendes Laufzeitziel erscheinen. Eine `canonicalSubtree`-Referenz erhält seine geprüften Nachfahren; alternativ benennt eine explizite Sichtstruktur die beabsichtigten Atomziele. Diese Darstellungsregel verändert keine Projektionsrolle.

Umsetzungsgrenze vom 9. und 10. November 2026. Der bestehende kanonische Resolver verfolgt Voraussetzungsketten bereits rekursiv. Im Befund vom 9. November 2026 konnte ein älterer `goalEntry`-Pfad noch die Kinder eines kanonischen Clusters entfernen und ihn als atomaren Laufzeitknoten behandeln. Seit dem 10. November 2026 lösen die persönliche Lernlaufzeit und die WebGUI kanonische atomare Saatziele auf und bewahren die echten Zielnachfahren älterer direkter Clustereinträge; weitere Verbraucher sowie die vollständige native und curriculare Abnahme benötigen eigene Nachweise. Kompatibilität ist keine Erlaubnis, undurchsichtige Ersatzatome zu verfassen; Normalmodus und strikter Modus behalten ihre Fokusregeln.

Quellen. Allgemeines Zielsystem und Migration; Sichten und Zielplatzierung.

7 Persönlicher Umfang, Fokus und sichtbare Ziele

7.1 Vier Personalisierungsstufen

Die Auswahl „Schule“, „Hochschule“ oder „Sprachen“ ist zunächst Katalognavigation. Erst danach beginnen die vier Personalisierungsstufen, kurz Level 1 bis Level 4. Sie sind von den fachlichen Lerneinheiten (Abschnitt 11) und von den Planungsstufen eines optionalen Zeitplans (Abschnitt 12) zu unterscheiden.

1. **Basiscurriculum:** Ein ausdrücklich auswählbares Wurzelcurriculum stellt den Zielbestand bereit.
2. **Personal Curriculum:** Der längerfristig festgelegte, backendseitig verantwortete Bildungsumfang. Dazu gehören beim Schulcurriculum der Landes- beziehungsweise kanonische Kontext, gegebenenfalls das acht- oder neunjährige gymnasiale Dauermodell (`G8`/`G9`), eine ausdrücklich bestimmte Stufe, die Fächer und deren Kursprofile.
3. **Lernfokus und aktives Ziel:** Ein oder mehrere Wurzeln begrenzen vorübergehend den Arbeitsbereich; genau ein atomarer Lerngegenstand ist das aktuelle Ziel. Fokus und aktives Ziel sind veränderlich.
4. **Mastery:** Das binäre Ergebnis „geschafft“ oder „noch nicht geschafft“ gehört zur stabilen atomaren Ziel-ID. Die Ergebnisse bleiben bei Änderungen der Sicht oder des Fokus erhalten. Clusterfortschritt wird daraus abgeleitet.

`GK` und `LK` stehen für Grundkurs und Leistungskurs. In SkillPilot werden sie auch als technische Projektionslabels verwendet; wo die amtliche Kursstruktur abweicht, gilt die ausdrücklich deklarierte Zuordnung, ohne eine gleichnamige amtliche Kursart zu behaupten. Im bayerischen Mathematik-Rollout etwa bezeichnet `GK` das vollständige vierstündige Pflichtcurriculum auf

erhöhtem Anforderungsniveau und `LK` diese Ziele zuzüglich aller fünf Module des gesonderten Mathematik-Vertiefungskurses: Ein Level-3-Fokus auf drei tatsächlich unterrichtete Module entfernt die übrigen zwei nicht aus dem Level-2-Zielumfang, dem Gesamtfortschritt oder dem Abschluss und behauptet kein wählbares bayerisches Leistungsfach Mathematik. Analog nimmt der Chemie-Rollout nach der Ownerentscheidung vom 16. Oktober 2026 zunächst alle verfassten Themen des geltenden Umfangs in die Zielprojektion auf, bevor ein vorgelagerter Themenwahlfluss folgt – einschließlich des amtlich optionalen Arzneimittel-Themas in Schleswig-Holstein im vorläufigen `GK`/`LK`-Zielumfang, dessen amtlicher Wahlstatus erhalten bleibt, ohne eine allgemeine Lehrplanpflicht oder eine getroffene Lernendenauswahl zu behaupten. Ein Kursprofil ist ein Fachattribut und bestimmt nicht implizit die Schulstufe. Fehlende Angaben zur Stufe bleiben ungeklärt.

Eine Änderung des Personal Curriculum prüft Fokus und aktives Ziel erneut gegen die neue Zielmenge; sie darf globale Ergebnisse weder löschen noch neu vergeben. Die aktuelle Konfiguration des Personal Curriculum erfolgt über die dafür vorgesehenen Erstparteien-Oberflächen der Skill Pilot-WebGUI. Der über den konkreten OpenAI-V1-Adapter angebundene Sprachmodell-Coach liest diesen Rahmen und präsentiert oder ändert diese Konfiguration nicht selbstständig.

Der vollständige persönliche Lernumfang ist nach der Ownerentscheidung vom 10. November 2026 $L = \text{Closure}(S)$ aus Abschnitt 5.2: Ausgangsziele und sämtliche auf dem ungekürzten kanonischen Skill-Graphen notwendigen atomaren Voraussetzungen. Er bleibt unabhängig von Mastery fest; vorhandene gültige Beherrschung zählt als erfüllt, nicht als Anlass zur Streichung oder Wiederholung. Ein enger Fokus reduziert nur den vorübergehenden Arbeitsbereich. Notwendige Ziele außerhalb des Fokus bleiben für Gesamtfortschritt und Abschluss maßgeblich; Fokusabschluss ist kein Abschluss des gesamten Personal Curriculum.

7.2 Zielrolle und Voraussetzungshilfe

Eine Referenz in einer Kompositionssicht kann ausdrücklich eine von zwei *Projektionsrollen* tragen:

`target`.
Das Ziel gehört zur auswählbaren Lernmenge, zur Frontier, zum Fortschritt und zum Abschluss dieser Sicht.

`prerequisiteOnly`.
Das Ziel bleibt für Voraussetzungsprüfungen mit seiner globalen Identität und seinem gespeicherten Zustand verfügbar; es ist in dieser Sicht kein auswählbares Ziel und zählt nicht zum lokalen Fortschrittsnenner.

Fehlt eine Rollenangabe, gilt `target`. Teilbaumreferenzen vererben ihre Rolle an Nachfahren. Bei überlappenden Rollenfestlegungen entscheidet die Spezifität: Eine direkte `goalEntry`-Referenz geht einer Teilbaumvererbung vor; eine nähere Teilbaumwurzel geht einer breiteren vor; erst bei gleicher Spezifität gewinnt `target`. Diese Regel löst die Rolle, nicht eine ansonsten unzulässige doppelte Darstellung.

Verfasste Fachrollen werden nicht aus Alter oder Phase erraten. Die ausdrücklich autorisierte persönliche Hüllenbildung ergänzt dagegen notwendige atomare Erwerbsziele im Gesamtplan L. Sie ändert keine verfasste Fachrolle und erzeugt keine neuen Abhängigkeiten. Ein mathematisches Ziel kann in Mathematik ein Lernziel und in Physik eine unterstützende Voraussetzung sein. Eine gemeinsame Planung identifiziert es dennoch nur einmal. Seine Physikrolle löscht keine Mathematikergebnisse und erzeugt auch keinen zweiten Kompetenzerwerb. Ein notwendiges Atom darf jedoch nicht im gesamten Personal Curriculum bloße Voraussetzungshilfe ohne

Erwerbsziel bleiben. Amtliche Lehrplanzuordnung und die Aufnahme als notwendige Vorbereitung sind getrennte Aussagen. Backend und WebGUI setzen den persönlichen Lernumfang um; Anwendbarkeitsprüfung und Migrationsabnahme bleiben gesondert offen.

Die Ownerentscheidung vom 10. November 2026 ersetzt am persönlichen Kompilationsrand die frühere pauschale Pflicht vom 7. November, jede erreichbare Voraussetzung manuell mit einer Rolle zu referenzieren:

- Verfasste Ausgangsreferenzen und lokale Rollen bleiben geprüft.
- Die abgeleitete globale Zielrolle eines notwendigen Atoms genügt zusammen mit geprüftem kanonischem Voraussetzungspfad und dokumentierter Herkunft; eine manuelle Ziel- oder Hilfsreferenz je Atom ist nicht nötig.
- Unbekannte Referenzen, Zyklen sowie fehlende oder im Gesamtplan nicht erreichbare beziehungsweise nicht berücksichtigte notwendige Atome bleiben harte Fehler, unabhängig von Mastery und Fokus.

Diese Gültigkeitsprüfung ist von der späteren Level-3-Fokuswahl getrennt: Eine gültig aufgelöste Voraussetzung außerhalb des Fokus blockiert den Normalmodus weiterhin nicht.

Nach der Ownerentscheidung vom 11. November 2026 gehören diese harten Fehler in Validierung, Curriculum-QA und native Abnahme, nicht in Lesezugriffe von Lernenden. Ist der kanonische Graph eines Lernkontexts nicht strikt kompilierbar, behält die Laufzeit den geprüften Ausgangsumfang ohne abgeleitete Hülle, beansprucht keine Lernbasis, bietet kein Ziel mit gebrochenem Voraussetzungsbedarf an und protokolliert den Fehler einmal je Curriculum und Fehlercode; Lernstand, Ergebnisse und Export bleiben lesbar. Fehler in der Ausgangsauswahl selbst bleiben harte Fehler. Die Regel erfasst die vielen nichtkanonischen Curricula, deren Wurzelcluster sein eigenes Orientierungsziel enthält und voraussetzt, und ändert deren Daten nicht.

Beispiel im Übergangsbestand: Ein Physikziel g benötigt einen Mathematik-Cluster k. Seine kanonische atomare Basis und deren transitive Anforderungen werden vor Anzeigefiltern aufgelöst. Eine fachlokale `prerequisiteOnly`-Referenz auf k kann erhalten bleiben. Jedes wirklich notwendige Atom braucht dennoch ein Erwerbsziel im gesamten Personal Curriculum, etwa in Mathematik oder als abgeleitete Vorbereitung. Keine manuelle Referenz je Atom und kein ganzes zusätzliches Fach ist dafür nötig. Kanonische Identität, Quellenzuordnung und Mastery bleiben erhalten.

7.3 Anwendbarkeit ist keine Platzierung

`applicability` enthält kompilierte Metadaten für Sichten, etwa für einen Bundeslandfilter. Sie wird aus überprüfbaren Quellen, Mappings, Provenienz und begründeten Ausnahmen gewonnen. Sie beantwortet, in welchem Kontext ein Ziel sichtbar ist. Eine Platzierung beantwortet, wo es in einer Programmstruktur liegt. Keine der beiden Angaben ist ein Beweis für individuelle Beherrschung.

Bei landesspezifischen Ergänzungen kann eine ausdrücklich deklarierte Vererbungsgrenze verhindern, dass eine breite Quellenzuordnung eines Vorfahren als Quellenbeleg aller neuen Nachfahren ausgegeben wird. Direkte Quellen und Zuordnungen im Ergänzungszweig bleiben maßgeblich. Ebenso kann die Sichtbarkeit eines lokalen Übungs- oder Prüfungsendpunkts unter einem dafür vorgesehenen Vertrag aus seinen Voraussetzungen abgeleitet werden. Das belegt seine Anwendbarkeit, nicht automatisch seine Lehrplanabdeckung.

7.4 Fokuswechsel ohne impliziten Kompetenzerwerb

Ein Fokus besteht aus der Vereinigung der gewählten Wurzeln und ihrer sichtbaren Nachfahren, eingeschränkt auf das Personal Curriculum. Im Normalmodus werden die transitiven effektiven Voraussetzungen innerhalb dieses Fokus geprüft; der ausdrücklich gewählte strikte Modus prüft global. Eine außerhalb liegende Voraussetzung wird im Normalmodus weder zum Hindernis noch dadurch gemeistert. Die formalen Unterschiede der Frontier-Berechnung stehen in Abschnitt 5.3.

Eine Fokusausweitung folgt dem eindeutigen sichtbaren Elternpfad. Die Backendoption muss eine echte Obermenge liefern und mindestens ein noch offenes Ziel hinzufügen. Bei mehreren Wurzeln ersetzt sie nur den abgedeckten Zweig und bewahrt die unabhängigen Wurzeln. Der Coach übernimmt die veröffentlichte Option vollständig und wartet vor der Änderung auf die Zustimmung der lernenden Person.

Eine automatische Ausweitung wird erst nach tatsächlichem Abschluss des aktuellen Fokus vorgeschlagen. Eine leere Frontier kann auch einen blockierten, unvollständigen Fokus bedeuten. Sie beweist keinen Abschluss. Nach der Ausweitung werden neu enthaltene, unbeherrschte Voraussetzungen regulär geprüft: Die Beherrschung eines abhängigen Ziels überträgt keine Mastery rückwärts. Eine aus einem gültigen lokalen Vertrag bereits abgeleitete Anwendung bleibt dagegen global effektiv beherrscht. Spätere Verbraucher, also Ziele, die diese Kompetenz voraussetzen, und neue Plan- oder Fokusauswahlen öffnen sie nicht erneut.

Quellen. Personalisierungsstufen; Projektionsrollen und Sichtvertrag.

8 Zieltypen und die Bedeutung eines Ergebnisses

Der Skill-Graph erhält je Ziel nur das fertige, zieltypgerecht ermittelte Ergebnis. Er entscheidet nicht selbst, ob eine Antwort fachlich überzeugend war, ein Orientierungsgespräch angemessen abgeschlossen wurde oder alle Karten eines Decks sicher abgerufen wurden. Diese Entscheidungen gehören zum Abschlussvertrag des jeweiligen Zieltyps.

Das Ergebnis jedes Lernziels bleibt binär: geschafft oder noch nicht geschafft. Der Zieltyp bestimmt, wann es als geschafft gilt. Bei einem Inhaltsziel ist dies ausdrücklich festgestelltes Verstehen; eine gültige Prüfungsableitung belegt darüber hinaus selbstständige Anwendung. Bei Orientierung ist es der abgeschlossene motivierende Einstieg, kein fachliches Zertifikat. Bei Memorierung ist es der eigene bestandene Abschlussnachweis durch kontrollierten Abruf der erforderlichen Karten. Bei einem Prüfungsziel ist es die bestandene Prüfung. Unterschiede der Abschlussbedingungen erzeugen keine zusätzlichen Mastery-Stufen oder parallelen Zielergebnisse. Tabelle 4 fasst die vier Zieltypen zusammen.

8.1 Verstehen und Anwenden

Ein Inhaltsziel beschreibt konzeptuelles oder prozedurales Verstehen. Die Beurteilung muss die in der Beschreibung verlangten Aspekte abdecken. Eine gelöste Aufgabe ist ein möglicher Beleg, aber nicht schon per Definition die Beherrschung des ganzen Ziels. Mehrschrittiger Transfer in einer Aufgabe kann ausreichend sein; eine pauschale Mindestzahl von Aufgaben wäre ebenso unbegründet wie das automatische Anerkennen jeder richtigen Einzelantwort.

Im coachgeführten Ablauf wird eine ausreichend belegte Beherrschung unmittelbar gespeichert. Erst eine bestätigte Speicherung erlaubt die Aussage, das Ergebnis sei gesichert. Eine zusätzliche Zustimmung zum Speichern ist kein fachlicher Nachweis und wird für den regulären Erfolgsfall nicht als weitere Abschlussbedingung eingeführt. Der anschließende Themenwechsel bleibt eine

Tabelle 4: Die vier Zieltypen und die Bedeutung ihres binären Ergebnisses.

Zieltyp	„Geschafft“ bedeutet	Das Ergebnis entsteht durch	Implizit ableitbar
Inhaltsziel	Verstehen ist festgestellt; bei impliziter Beherrschung ist selbstständige Anwendung belegt.	Ausreichend belegte Beherrschung im coachgeführten Ablauf (Abschnitt 8.1) oder einen gültigen lokalen Vertrag (Abschnitt 13).	ja
Orientierungsziel	Der motivierende Einstieg ist erledigt; kein Fachnachweis.	Vertiefung, Zusammenfassung und Zustimmung zum Abschluss (Abschnitt 8.2).	nur als Marker
Memorierziel	Der Abschlussabruf der erforderlichen Karten ist bestanden.	Verifizierten Abruf der erforderlichen Karten ohne Kartenhilfe (Abschnitt 8.3).	nein
Prüfungsziel	Die Prüfung ist bestanden.	Bewertung der vollständigen Einreichung nach Raster (Abschnitt 8.4).	nein

andere Entscheidung: Der Coach bietet das backendseitig gewählte nächste Thema an und wartet auf erkennbares Einverständnis, bevor neues Material beginnt.

8.2 Orientierung als eigener Abschlussvertrag

Ein autoritativ als `orientation` klassifiziertes Ziel zeigt konkrete Möglichkeiten und ehrliche positive Perspektiven des folgenden Lernstoffs. Es prüft weder Vorwissen noch Fachbegriffe, Rechenfertigkeiten, Abruf, Transfer oder Prüfungsleistung. Wie bei allen Lernzielen ist das Ergebnis binär; eine Prozentbewertung der persönlichen Motivation wäre zudem inhaltlich irreführend.

Der Ablauf hat drei Schritte:

1. **Vertiefung.** Wählt die lernende Person eines der angebotenen Interessen, beginnt dadurch zunächst eine passende motivierende Vertiefung. Der Coach verknüpft das Interesse mit etwas Konkretem, das die Person verstehen, erkunden, gestalten oder tun kann, und lädt zu einer einfachen persönlichen Reaktion, Wahl oder Frage ein. Das bloße Wiederholen eines Angebotslabels schließt die Orientierung nicht ab.
2. **Zusammenfassung.** Nach einer sinnvollen Antwort auf diese Vertiefung oder dem ausdrücklichen Wunsch, die Orientierung zu verlassen, folgt eine positive Zusammenfassung mit einem gesonderten Abschlussangebot.
3. **Abschluss.** Erst die weitere Zustimmung dazu begründet den Abschlussmarker.

Dieser Ablauf darf weder als Fachprüfung umgedeutet noch auf normale Inhaltsziele übertragen werden. Orientierungsknoten sind reine voraussetzungsfreie atomare Einstiege; Prüfungs- und Memorier-Metadaten gehören nicht auf denselben Knoten.

Bei einem echten Neueinstieg ohne bisherigen Fortschritt im projizierten Umfang sind offene Orientierungsziele die einzigen auswählbaren Frontier-Ziele. Lernende mit bereits bestehendem Fachfortschritt werden nicht auf diese Einstiegsregel zurückgesetzt.

8.3 Memorierung: Übung und verifizierter Abruf

Ein Memorierziel bündelt die erforderlichen Karten eines Decks. Drei Dinge sind dabei zu unterscheiden:

- **Kartenübung.** Ein Spaced-Repetition-System (SRS), also ein System für zeitlich verteilte Wiederholung, steuert die Übungsintervalle der Karten.
- **Verifizierter Abruf einer Karte.** Der kontrollierte Abruf hält fest, ob eine Karte ohne Kartenhilfe richtig beantwortet wurde. Umdrehen oder Selbsteinschätzung während der Übung sind kein solcher Nachweis.
- **Abschluss des Ziels.** Den Nachweis der Beherrschung des Lernziels gibt seine eigene bestandene Abschlussprüfung über die erforderlichen Karten, der *Abschlussabruf*.

Kartenprozess und Zielabschluss sind zu unterscheiden; sie erzeugen keine zweite Mastery-Stufe oder ein zusätzliches gespeichertes Zielergebnis.

Abschlussbedingung. Sei $\mathrm{Cards}(g)$ die vollständig aufgelöste, gültige Menge erforderlicher Karten des Memorierziels $g \in A_{\mathrm{mem}}$. Mit $\mathrm{RecallPassed}(g)$ wird hier nur der ausdrücklich festgestellte erfolgreiche Abschlussabruf über diese erforderliche Kartenmenge bezeichnet. Dieser eigene Zielabschluss ist kein bloßes Zusammenzählen aktueller Einzelkartenflags und kein neues Datenfeld oder zusätzliches Prüfungsziel. Dann gilt

$$\mathrm{Complete}_{\mathrm{memory}}(g) \iff \mathrm{RecallPassed}(g).$$

Fehlende oder unaufgelöste Kartendaten sind kein leeres, automatisch abgeschlossenes Deck. Das bloße Abarbeiten einer fälligen Übungswarteschlange ersetzt den Abschlussnachweis nicht.

Fälligkeit nimmt den Abschluss nicht zurück. Gewöhnliche abgeschlossene Lernziele erhalten keine Wiederholungsfälligkeit. Bei Memorierzielen betrifft eine spätere Fälligkeit die Kartenübung und zieht einen festgestellten Zielabschluss nicht automatisch zurück. Auch ein späterer freiwilliger Kartenabruf betrifft zunächst dessen Prozesszustand; daraus wird kein automatischer Entzug abgeschlossener Ziel-Mastery abgeleitet. Die frühere Sollformel „alle Karten verifiziert und keine Karte fällig“ ist durch die bindende Ownerklarstellung überholt.

Kartenübung nach SM-2. Der gegenwärtig dokumentierte SRS-Vertrag verwendet Zustand nach dem Verfahren SM-2 (SuperMemo 2) mit Intervall, Wiederholungszähler, Leichtigkeitsfaktor und nächstem Wiederholungsdatum. Eine Karte ohne gespeicherten Zustand ist fällig. Erfolgreiche Übung verlängert nach den festgelegten Regeln das Intervall; unzureichende Übung setzt die Wiederholungsfolge zurück. Diese Zeitplanung ersetzt den verifizierten Abruf nicht.

Ablauf des verifizierten Abrufs. Einen verifizierten Abruf, die *harte Abfrage*, kann die lernende Person beim aktiven Memorierziel auch beginnen, wenn die SRS-Warteschlange noch nicht leer ist. Zuerst wird nur die Frage abgerufen, dann antwortet die Person ohne Kartenhilfe. Erst anschließend wird die erwartete Antwort geladen und der Abruf als bestanden oder fehlgeschlagen gespeichert. Ein bestandener Abruf aktualisiert auch die SRS-Spur als starke erfolgreiche Wiederholung. Ein Fehlschlag hebt den verifizierten Status dieser Karte auf und führt sie in die Übung zurück.

Implementierungsgrenze. Die historische Codeprüfung beschrieb die Ableitung aus den aktuellen Abrufflags in `LearnerService` und `useSrsMastery`. Dieser Befund ist keine neue Sollregel für einen Mastery-Entzug und kein vollständiger Nachweis des Abschlussvertrags. Die vorliegende Dokumentkorrektur ändert weder Laufzeit noch Lernerdaten. Die allgemeine Abschlussberechnung verwendet dasselbe binäre Zielergebnis und führt keine eigene Anerkennung von Memorier-Mastery ein.

8.4 Prüfungsziele im geltenden Ablauf

Prüfungsziele verwenden `examData` mit Aufgabeninhalt, Lösungsinhalt und Bewertungsraster. Das Raster enthält maximale Punkte, Bestehensgrenze und bewertbare Schritte. Für gültig vergebene Schrittpunkte p_j gilt im aktuellen Vertrag:

$$score = \min\left\{\sum_j p_j,\ maxPoints\right\}, \qquad passed \iff score \geq passingPoints.$$

Die Punktevergabe folgt den einzelnen Rastervorgaben. Die Gesamtsummenformel allein legitimiert keine frei erfundenen Punkte, negativen Bewertungen oder Änderungen des Aufgabeninhalts.

Zugang. Der normale Lernzugang prüft transitive effektive Voraussetzungen einschließlich der atomaren Erfüllung erforderlicher Cluster. Für Prüfungen gilt zusätzlich der allgemeine *direkte Prüfungszugang*: Fehlende Vorbereitungs-Mastery sperrt einen bewusst gewählten Prüfungsversuch nicht. Aufgabenverfügbarkeit, persönlicher Geltungsbereich und autorisierte Sitzung bleiben erforderlich. Der bestehende direkte Prüfungszugang ist von der neuen, auf der Hauptlinie **noch nicht implementierten** Ableitung globaler impliziter Beherrschung zu trennen.

Ablauf im Prüfungsmodus. Im Prüfungsmodus erhält die Person die vollständige, unveränderte Aufgabe und bearbeitet sie ohne inhaltliche Hilfen. Ihre vollständige Einreichung wird anhand des Rasters bewertet. Bei Erfolg wird Mastery unmittelbar gespeichert. Ein Fehlversuch speichert weder Ergebnis noch Punkte und lässt vorhandene Mastery bestehen. Erst die bestätigte Speicherung erlaubt die Aussage, der Erfolg sei gesichert.

Nach der Bewertung. Nach der Bewertung erhält die Person Ergebnis, Punkte, Begründung und Lösung; neues Material beginnt nach ihrer weiteren Entscheidung. Die unbegrenzte Wiederholung derselben Aufgabe bleibt möglich. Bekannte Lösungen können die Aussagekraft eines Versuchs verringern, erzeugen aber keine zweite Anerkennungsstufe: Vorhandene Prüfungs-Mastery bleibt ein ausdrücklicher Erfolg dieses Prüfungsziels. Weitergehende Anwendungsbeherrschung setzt den gültigen fachlich geprüften lokalen Vertrag voraus; ein alter ungeprüfter Punkteschlüssel genügt dafür nicht automatisch. Es gibt keine zusätzliche pro Lernendem zu speichernde Qualifikationsart oder zweite Teilprüfung.

Quellen. Zieltypen und Prüfungsablauf; Projektregeln zu Orientierung, Evidenz und Fortsetzung; Backend-Ableitung von Memorier-Mastery; Frontend-Ableitung von Memorier-Mastery.

9 Zeitplanung als ergänzende Sicht

Ein Zeitplan bindet einen erklärten Zielumfang, eine Curriculumfassung, Kalender, verfügbare Kapazität und Planungsversion. Absolute Termine gehören nicht auf kanonische Ziele, Cluster oder Platzierungen. Derselbe Inhalt kann in verschiedenen Kursen zu verschiedenen Zeiten bearbeitet werden, ohne seine fachliche Identität zu ändern.

Die Zeitplanung ist eine zusätzliche Ausführungsplanung und keine fünfte Personalisierungsstufe. Sie darf Ziele priorisieren, die im aktuellen Arbeitsbereich verfügbar sind. Sie erzeugt keine Voraussetzungskanten, keine neue Frontier und keine Lernergebnisse. Die Lerneinheit beschreibt den fachlichen Erwerbszusammenhang; ein datierter Ablaufplan muss zusätzlich gewährleisten, dass eine Voraussetzung rechtzeitig vor ihrer geplanten Verwendung erarbeitet wird.

Verfügbare Kapazität berücksichtigt tatsächliche Unterrichts- oder Lernminuten nach Ferien, Ausfällen und anderen Ausschlüssen. Aktivitäten, geschützte Reserve und verbindliche Fachbudgets müssen darin ohne Doppelzählung Platz finden. Die formale Budgetprüfung und ihre Anforderungen an kalibrierte Aufwandsschätzungen folgen in Abschnitt 12.

Plan-Soll und tatsächliche Zielerreichung verwenden denselben benannten Umfang. Ausdrückliche Ergebnisse und gültig abgeleitete Anwendungsbeherrschung bilden gemeinsam den globalen IST; eine zusätzliche manuelle Unterrichtsabdeckung begründet oder verbirgt keinen Abschluss. Fehlende Ergebnisse bleiben als nicht verfügbar erkennbar. Neue Planrevisionen dürfen historische Ziele, Ergebnisse und frühere Aussagen nicht stillschweigend umdeuten.

Der dokumentierte lokale Planungspilot und die angestrebte backendseitig maßgebliche Architektur sind getrennt zu betrachten. Insbesondere behauptet die Einheitendefinition noch keine implementierte fachübergreifende Budgetprüfung.

Quellen. Zeitachse, Kapazität und Planungsgrenzen.

10 Herkunft, Materialien und belastbare Qualitätsaussagen

10.1 Drei Arten von Verweisen

Curriculare Herkunft, eigene Veranschaulichung und optionales Lernmaterial haben verschiedene Funktionen. Ein offizieller Quellenverweis begründet die Aufnahme oder Formulierung eines Lernziels. Ein eigenes Lernzielbild veranschaulicht dessen Kernidee. Ein Buch, Video oder eine Simulation kann bei der Erarbeitung helfen. Keiner dieser Verweise ist für sich ein individueller Kompetenznachweis.

Die verbindliche Inhaltsarchitektur lautet: Materialien referenzieren das Curriculum; das Curriculum wählt keine Materialanbieter. Neue optionale externe Lernmaterialien gehören in getrennte Inhaltspakete, die auf stabile Ziel-IDs verweisen. Die Auswahl eines Pakets verändert weder Personal Curriculum noch Voraussetzungen, Mastery oder Abschlussregeln. Unvollständige Materialabdeckung darf normale Lernarbeit nicht sperren.

Offizielle Quellen, Mappings und strukturierte Provenienz bleiben am Curriculum nachvollziehbar. Eigene Zielvisualisierungen behalten ihren gesonderten kanonischen Referenz- und Qualitätsvertrag. Bestehende externe Links auf kanonischen Zielen sind gegebenenfalls Migrationsbestand; daraus folgt keine dauerhafte zweite Autorenarchitektur. Eine reine Linklieferung belegt außerdem nicht, dass ein Coach den verknüpften Inhalt gelesen hat.

10.2 Quellenbegründung für Ziele und Beziehungen

Eine überprüfbare Herkunftskette verbindet das kanonische Ziel mit einer Quelle, einem konkreten Quellabschnitt, einer nachvollziehbaren Extraktion und einer geprüften Mappingentscheidung. Diese kann eins zu eins, teilweise, aggregierend oder auf mehrere Ziele aufteilend sein. Eine verständliche Begründung erklärt diese Form, anstatt jede Zuordnung als wortgleiche Lehrplanübernahme darzustellen.

Für `requires` und `contains` ist ebenfalls zu unterscheiden, ob eine Beziehung ausdrücklich in der Quelle steht oder eine fachlich begründete Modellierungsentscheidung ist. Ein plausibler Zieltext erlaubt keine nachträglich erfundene Provenienz. Ungeklärte Quellen, veraltete Fassungen und widersprüchliche Zuordnungen bleiben sichtbare Befunde.

Die menschenlesbare Begründung ist eine Darstellung vorhandener Evidenz, kein zweites führendes Register. Strukturierte Referenzen und Fingerprints ermöglichen, dieselbe Begründung in Dokumenten, Exporten und Laufzeitwerkzeugen konsistent auszugeben. MEM (*Metadata for Educational Media*) verknüpft digitale Bildungsmedien mit Lehrplaninhalten und Kompetenzzielen; FWU steht für das Institut für Film und Bild in Wissenschaft und Unterricht gGmbH, dessen Lehrplanontologie hier gemeint ist (siehe den MEM/FWU-Roundtripplan). Ein zusätzlicher Abgleich mit diesen Lehrplandaten kann die klassische Quellenroute stützen oder infrage stellen; er ersetzt sie nur unter einem ausdrücklich geprüften Vertrag für den konkreten Umfang.

10.3 Algorithmische Gültigkeit und fachliche Qualität

Die Ebenen der Qualität bauen aufeinander auf, sagen aber nicht dasselbe aus. Ein Parser erkennt fehlerhaftes JSON; eine Referenzprüfung unbekannte IDs; ein Zyklustest unerlaubte Kantenfolgen. Keiner dieser Tests beurteilt allein, ob die Kompetenz sinnvoll geschnitten, eine Erklärung verständlich oder eine Aufgabe didaktisch geeignet ist.

Die in Abschnitt 3 erläuterten Gültigkeits- und Routenprofile brauchen jeweils einen benannten Prüfumfang. Ein lokales Migrationsgate oder ein einzelner grüner Strukturcheck bestätigt nicht automatisch sämtliche Anforderungen an Skill-Graph, Projektion und Lernbarkeit.

Für vertiefte Curriculum-QA unterscheidet SkillPilot fünf gleichzeitig aktuelle Nachweisbereiche. Ihre Kürzel D, P, A, M und V sind Namen dieser Bereiche, keine Formelzeichen:

- **D – Beschreibung:** Ist der Zieltext fachlich korrekt und klar?
- **P – positive Verständnisnachweise:** Welche beobachtbare Leistung zeigt das geforderte Verständnis?
- **A – Atomarität:** Ist die Kompetenz sinnvoll zugeschnitten?
- **M – Memory:** Ist die Entscheidung über notwendige Memorieranteile begründet und aktuell?
- **V – Visualisierung:** Ist die Darstellung fachlich geeignet und an die geprüften Bild- und Zielstände gebunden?

Die Reifegrade M0 bis M7 ordnen die maschinelle Curriculum-QA; sie haben nichts mit der Mastery-Menge M zu tun (Anhang A). Der Reifegrad M7 bezeichnet den vollständigen geltenden maschinellen Abschluss dieser Anforderungen und der vorausgesetzten unteren Reifegrade für den erklärten Umfang. Er ist keine menschliche Freigabe, keine menschliche Erprobung und kein Nachweis von Lernwirksamkeit. Solche Aussagen benötigen eigene Prüfungen und eigene Evidenz. Auch mehrere übereinstimmende KI-Reviews ersetzen keine gesondert vorgeschriebene menschliche Entscheidung.

Eine Prüfung bindet die genaue Fassung ihrer Gegenstände. Ein gültiges Bildreview für einen alten Asset-Hash bestätigt nicht das neue Bild. Eine Änderung von Zieltext oder Voraussetzungen

kann bisherige inhaltliche Evidenz berühren; ein rein technischer Umzug kann unter einem eng begründeten Kompatibilitätsnachweis anders zu behandeln sein. Beides darf nicht durch pauschales Erneuern von Hashes verborgen werden.

10.4 Veröffentlichung und Austausch

Fachliche Änderungen erfolgen in kanonischen Autorenquellen. Pakete, Bücher, Bilder und Validierungsberichte werden daraus neu gebaut; historische veröffentlichte Archive bleiben unverändert.

JSON- und Ontologiepakete sollen aus demselben fachlichen Stand entstehen. Das JSON-Laufzeitmodell ist die normative Referenz. Der Ontologie-Roundtrip muss Zielidentitäten, Relationen, Rollen, Texte und weitere fachliche Felder gemäß ihrem Gleichheitsvertrag erhalten. Unterschiedliche JSON-/RDF-Texte benötigen semantische Gleichheit, binäre Ressourcen identische Bytes. Das Austauschformat darf keine abweichende Laufzeitsemantik einführen.

Externe Zielreferenzen müssen vollständig aufgelöst sein. Ein Physikpaket mit mathematischen Voraussetzungen benötigt deren Definitionen; leere Platzhalter genügen nicht. Diese vollständige fachliche Hülle (*Closure*) bestimmt noch nicht, welche Ziele für die Person als `target` auswählbar sind.

Veröffentlichungs- und Prüfaussagen nennen Artefakt, Umfang, Version und gebundene Quellen. Ein lokaler Build beweist weder Hostanzeige noch pädagogische Wirksamkeit. Dieses Kompendium erteilt keine Release- oder Produktionsfreigabe.

10.5 Lizenzen und private Lernergebnisse

Apache-2.0 gilt für Software, technische Schemas, Entwicklerdokumentation und funktionale Coachanweisungen; CC-BY-4.0 für eigene Skill-Landschaften, Zieltexte, didaktische Aufgaben, Karten, Bilder und Bildungsdokumentation. Maßgeblich ist die Funktion, nicht die Dateiendung. Gemischte Sammlungen sind nicht pauschal doppelt lizenziert.

Fremde Quellen, Abhängigkeiten, Medien und Marken behalten ihre Bedingungen. Quellenangabe und KI-Herkunft belegen weder Rechte noch Qualität. Exporte führen anwendbare Lizenzen, Herkunft und Änderungen mit. Private Ergebnisse, Sitzungsdaten und Gespräche gehören weder unter die öffentliche Inhaltslizenz noch in öffentliche Quellen- oder Reviewpakete.

Quellen. Materialien; Quellenbegründungen; Graphvalidierung; Curriculum-QA; Lernzielbuch; Pakete; Lizenzen.

11 Lerneinheiten: vom Lernversprechen zum rekursiven Abschluss

Der Skill-Graph sagt, welche Ziele es gibt und was sie voraussetzen. Er sagt nicht, welche Ziele zusammen ein fachliches Ganzes bilden, das eine Person als Thema beginnt und abschließt. Diese Aufgabe übernimmt die Lerneinheit. Dieser Abschnitt definiert ihren Umfang, ihren abgeleiteten Abschluss und die Grenzen von Voraussetzungen zwischen ganzen Einheiten. Abschnitt 13 baut darauf die implizite Beherrschung auf.

Fachliche Einheit statt Kalenderschublade

Eine **Lerneinheit** (englisch *learning unit*, künftiger technischer Begriff `LearningUnit`) verbindet ein verständliches Lernversprechen mit eigenen Lernzielen und gegebenenfalls kleineren Lerneinheiten, ihren *Kindeinheiten*. Die Struktur ist rekursiv: Mechanik kann Kinematik und Dynamik enthalten; Kinematik kann ihrerseits weitere Einheiten enthalten. Schuljahr, Semester und Lernwoche sind mögliche Planungsbezüge, keine Synonyme für eine Lerneinheit. Personalisierungsstufen 1–4, QA-Reifegrade und das Schwierigkeitsfeld `level` behalten ihre bisherige Bedeutung.

Zweck: tragfähige Grundlage, bevor darauf aufgebaut wird

Eine Lerneinheit sichert die selbstständige Anwendung ihres Lernversprechens, bevor der geplante Lernweg darauf aufbaut. Ihre Prüfungen sind so angelegt, dass wesentliche Fehlvorstellungen sichtbar werden: Eine erkannte Lücke führt zu gezieltem Weiterlernen und einer frischen, gleichwertigen Prüfung; ein scheinbarer Abschluss würde Lernende dagegen auf unsicherer Grundlage weiterschicken. Es gilt unverändert der reguläre Bewertungsvertrag – ohne verdeckte Bestehensregel und ohne zweites gespeichertes Ergebnis; eine einzelne Ungenauigkeit bei tragfähiger Begründung wird anders beurteilt als fehlendes zentrales Verständnis. Das ist eine didaktische Anforderung an die Einheitendefinition, keine technische Zugangssperre (Abschnitt 11.5).

11.1 Motivation und eigener fachlicher Anspruch

Die Einheit beantwortet zuerst: *Was kann ich danach, und wozu ist das nützlich?* Ein Motivationsauftakt macht dieses Versprechen verständlich, bevor einzelne Aufgaben oder Ziele angeboten werden. Der Auftakt ist eine didaktische Funktion. Wenn er als echtes Orientierungsziel modelliert ist, gilt dessen eigener Abschlussvertrag (Abschnitt 8.2); eine synthetische Überschrift ist dadurch kein zusätzliches Lernziel. Aus einem abgeleiteten Abschluss folgt keine Behauptung, dass ein Motivationsgespräch tatsächlich stattgefunden hat.

Eine Einheitsgrenze folgt einem fachlich bedeutsamen Erkenntnisübergang: Welches zusammenhängende Verständnis und welche Anwendung müssen sicher sein, bevor Neues darauf aufbaut? Eine vorhandene Prüfung, eine Zielquote, eine ordentliche Überschrift oder die Dichte der Voraussetzungskanten ist höchstens ein Hinweis, nie die Definition. Auch sparsame, transitiv minimale Ketten können starke Einheiten bilden, und gemeinsame elementare Grundlagen zwingen nicht jede spätere Anwendung in eine einzige riesige Einheit. Kanten werden weder ergänzt noch entfernt, damit ein gewünschter Zuschnitt passt; eine fragwürdige Kante ist ein eigener fachlicher Befund. Eine abschließende Einheit oder Synthese braucht keinen späteren Verbraucher als Rechtfertigung. Die Gestaltungskriterien und Beispiele (englisch) wenden diese Kriterien auf zwei Kandidaten an.

Eine größere Einheit kann gegenüber ihren Kindeinheiten drei verschiedene Ansprüche erheben:

- **Zusammenfassen (Aggregat).** Die Einheit fasst vorhandene Kompetenzen ihrer Kinder nur zusammen. Dann braucht sie keine neue eigene Prüfung.
- **Integrieren (Synthese).** Verspricht die Einheit zusätzlich die selbstständige Integration dieser Kompetenzen, kann eine eigene Syntheseprüfung diesen Anspruch prüfen. Sie kann sich dabei auf bereits in Kindern erworbene Kompetenzen beschränken. Für reine Synthese müssen keine künstlichen neuen Inhaltsziele erfunden werden. Die Rolle der Syntheseprüfung ist der zusätzliche Integrationsnachweis, nicht das erneute Bestehen aller Kinder.
- **Eigene Fachkompetenzen.** Zusätzliche eigene Fachkompetenzen sind ebenfalls möglich; sie brauchen ihre eigene Erwerbszuordnung und gültige Prüfungsdeckung.

11.2 Direkter Erwerb, Kinder und Gesamtumfang

Eine autoritative, versionierte Einheit U wird durch drei Größen beschrieben:

- $\mathrm{Own}(U)$ bezeichnet die direkt zugeordneten atomaren *Erwerbsziele*, kurz: die eigenen Ziele. Echte Orientierungs-, Prüfungs- und Memorierziele können dazugehören; reine Strukturmarker nicht.
- $\mathrm{Children}(U)$ enthält die verpflichtenden Kindeinheiten, die *Pflichtkinder*. Wahlentscheidungen sind zuvor aufgelöst.
- $T(U)$ ist die eindeutige gesamte Zielmenge, der *Gesamtumfang*, gegeben durch:

$$T(U) = \mathrm{Own}(U) \cup \bigcup_{V \in \mathrm{Children}(U)} T(V). \tag{9}$$

In Abbildung 10 hat Kinematik die eigenen Ziele $\{\mathsf{a}, \mathsf{b}, \mathsf{q_K}, \mathsf{k_K}\}$, Dynamik $\{\mathsf{d}, \mathsf{q_D}\}$ und Mechanik nur die Syntheseprüfung $\{\mathsf{q_S}\}$. Der Gesamtumfang von Mechanik umfasst alle sieben Ziele.

Für Umfang und Zuordnung gelten diese Regeln:

- Der aufgelöste Gesamtumfang ist nicht leer. Ein leerer Navigationsmarker ist keine abgeschlossene Lerneinheit. Ein Aggregat darf dagegen leere eigene Ziele haben, wenn seine Pflichtkinder den Gesamtumfang tragen.
- Jedes Erwerbsziel hat genau eine direkt zuständige Einheit: die kleinste fachlich zuständige autoritative Einheit (Regel R4 in Abschnitt 13.3). Eine Elternansicht darf dieselben stabilen Ziele zeigen, ohne sie erneut als eigene Erwerbsziele zu beanspruchen.
- Überlappende Referenzen werden als Mengen vereint; sie erzeugen weder zusätzliche Ziele noch doppelte Fortschrittspunkte.
- Die Zuordnung der eigenen Ziele und die fachlich geprüfte Bedeutung der eigenen Prüfungen bilden den *lokalen Vertrag* der Einheit (Abschnitt 13). Ein bloßer Fokuswechsel verändert diese Zuordnung und den lokalen Vertrag nicht.
- Jedes Inhaltsziel in $\mathrm{Own}(U)$ braucht einen eigenen lokalen Prüfungsverbraucher, also eine eigene Prüfung der Einheit, die es direkt oder transitiv voraussetzt (R1), und mindestens eine solche Prüfung braucht einen geprüften Nachweis, dass ihre Aufgaben und ihr reguläres Bewertungsraster das Ziel wirklich prüfen (R2). Abschnitt 13.3 nennt alle Gültigkeitsbedingungen R1–R5 und wo jede durchgesetzt wird. Ohne sie ist der lokale Vertrag ungültig; eine zusätzliche frei gewählte Anerkennungsmaske ist kein Ersatz.

Die Einbettung benutzt die vorhandene Programm- und Platzierungsstruktur beziehungsweise die geprüfte Kompositionssicht (Abschnitt 6). Eine fachliche Einheit ist nicht allein deshalb definiert, weil ein Cluster gerade aufgeklappt ist. Ebenso wenig wird jeder beliebige `contains`-Cluster automatisch zur Lerneinheit. Insbesondere bleibt die allgemeine Clustererfüllung aus Abschnitt 4 von der hier erklärten, ausdrücklich autorisierten Einheitsstruktur unterschieden.

11.3 Abschluss ohne zusätzlich gespeicherte Unit-Mastery

Die vollständige Einheit ist abgeschlossen genau dann, wenn ihre eigenen Ziele erfüllt und alle verpflichtenden Kinder abgeschlossen sind:

$$\mathrm{Complete}(U) \iff \big(\mathrm{Own}(U) \subseteq M_{\mathrm{eff}}\big) \wedge \bigwedge_{V \in \mathrm{Children}(U)} \mathrm{Complete}(V). \tag{10}$$

Der Abschluss wird aus den atomaren Ergebnissen abgeleitet. Es entsteht keine gespeicherte `UnitMastery`, die Ergebnisse auf Kinder zurückschreibt. Prüfungs- und Memorierziele bleiben ausschließlich explizit. Daher kann eine bestandene Elternprüfung keine offene Kindprüfung und keinen fehlenden verifizierten Kartenabruf ersetzen.

Für die Formen aus Abschnitt 11.1 bedeutet das Folgendes. Ein reines Aggregat darf ohne eigene Prüfung bestehen: Sein Abschluss folgt aus den Kindern und eventuell anderen eigenen Pflichten. Eine Syntheseeinheit kann dagegen eine eigene Prüfung, aber keine neuen Inhaltsziele haben; ihre Prüfung ist dann zusätzlich erforderlich. Eine reine Kartensammlung begründet keinen Anspruch unabhängiger fachlicher Anwendung; ihre tatsächlichen Abrufpflichten bleiben ausdrücklich zu erfüllen. Eine fachlich zum Kind gehörige Abrufpflicht darf nicht allein zur Erzeugung eines Kindabschlusses auf die Elterneinheit verschoben werden.

11.4 Anerkennung vor dem Gesamtabschluss

Eine passende bestandene Prüfung kann im verbindlichen Zielkonzept – das auf der Hauptlinie **noch nicht implementiert** ist – die eigenen Inhaltsziele einer Einheit anerkennen, bevor eine davon unabhängige Karte oder eine andere Kindeinheit abgeschlossen ist, sofern keine andere offene eigene Prüfung und kein offenes eigenes Memorierziel der Einheit sie noch benötigt (Abschnitt 13.2). Diese Anerkennung ist global wirksam. Eine noch offene Syntheseprüfung der Elterneinheit nimmt sie nicht zurück.

Für jede Einheit wird deshalb nur die Anerkennung ihrer *eigenen* Ziele berechnet, soweit sie keine Prüfungs- oder Memorierziele sind. Die Elterneinheit bildet aus allen Nachfahren keinen neuen vergrößerten Anerkennungsumfang. Sonst könnte ihre Prüfung untergeordnete Prüfungs- oder Kartenpflichten unzulässig umgehen. Eine Elternprüfung kann zusätzliche Integration belegen, ohne die ursprüngliche Nachweisbedeutung der Kindverträge rückwirkend zu erweitern. Die genaue Formel und ihre Inhaltsbedingungen stehen in Abschnitt 13.

11.5 Voraussetzungen und die Grenze einer Einheitsfolge

Zwei Arten von Voraussetzungen sind zu unterscheiden:

- Ein atomarer `requires`-Bezug auf eine Kompetenz fordert diese Kompetenz. Er fordert nicht automatisch den Abschluss ihrer gesamten Einheit.
- Eine *Einheitsvoraussetzung* ist eine ausdrücklich autorisierte Voraussetzung zwischen ganzen Lerneinheiten. Sie bedeutet *Vollabschluss* der vorausgesetzten Einheit und gehört zum Kompositionsvertrag außerhalb der bisherigen Grundrelationen C und R.

Diese Aussagen dürfen weder im Compiler noch im Coach verwechselt werden.

Die Einheitshierarchie muss azyklisch sein. Wer darüber hinaus eine ungeteilte Abschlussfolge von Einheiten behauptet, in der jede Einheit vollständig abgeschlossen wird, bevor die nächste beginnt, muss auch deren Voraussetzungsgraphen prüfen. Ein atomarer DAG genügt nicht:

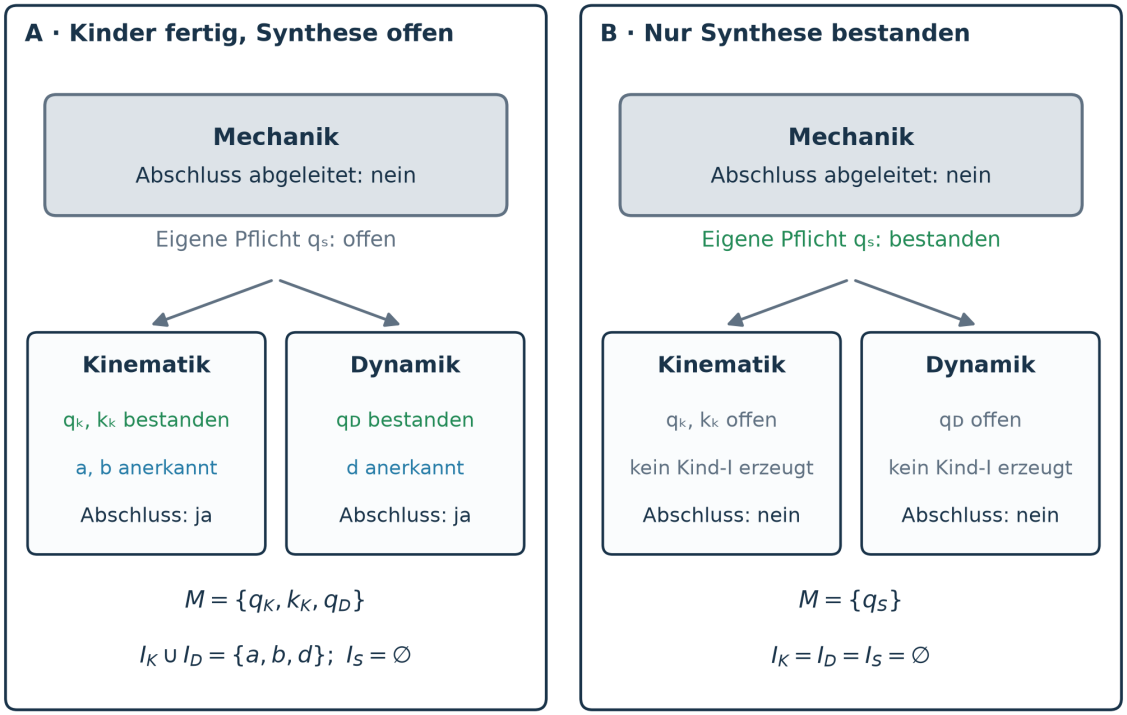


Abbildung 10: Illustrative Hierarchie mit eigenständigen Kindverträgen. Fall A (links): Beide Kinder sind vollständig abgeschlossen, ihre Kompetenzen global anerkannt; die offene Syntheseprüfung $\mathsf{q_S}$ hält allein den Elternabschluss offen. Fall B (rechts): Nur die Elternprüfung ist bestanden. Sie erzeugt keine Kindprüfungen, keinen Kartenabruf und keine Anerkennung der Kindkompetenzen. Graue Pfeile zeigen ausschließlich die Einheitshierarchie; die fachlichen Kanten stehen getrennt darunter. Im Bild sind $\mathsf{q_K}$, $\mathsf{q_D}$ und $\mathsf{q_S}$ Prüfungsziele, $\mathsf{k_K}$ ist ein Memorierziel, und a, b, d sind Inhaltsziele. „Kind-I“ und „Eltern-I“ meinen die implizite Menge I_U der jeweiligen Einheit.

Bei $a \to b \to c$, $\mathrm{Own}(U) = \{a, c\}$ und $\mathrm{Own}(V) = \{b\}$ braucht U die Einheit V wegen $a \to b$ und V die Einheit U wegen $b \to c$. Nach Zusammenfassung entsteht also eine Abhängigkeit in beide Richtungen; U und V sind so keine gültige ungeteilte Vollabschlussfolge. Die Diagnose erfordert eine andere Gruppierung oder einen ausdrücklich feineren Erwerbsablauf; sie erzeugt keine stillschweigenden Einheitssperren aus atomaren Kanten.

Die atomare Normalform $R \subseteq A \times A$ und die Migrationsreihenfolge aus Abschnitt 3 gelten weiterhin: vollständige atomare Voraussetzungen sichern, dadurch redundante nichtatomare Anforderungen entfernen und erst danach die atomare Relation transitiv reduzieren. Daraus folgt noch keine neue Minimalitätsregel für eine erst zu beschließende Relation von Einheitsvoraussetzungen.

Zugangsprofil noch offen

Eine fachliche Erwerbsordnung ist noch keine technische Zugangssperre. Ob und wann eine Einheitsvoraussetzung einen harten Zugangsschutz, eine *Einheitssperre*, erzwingt, und wie dann direkte Prüfungsversuche behandelt werden, ist **noch nicht entschieden**. Ein solches Profil wäre gesondert zu beschließen und zu prüfen. Die Einheitendefinition führt es nicht ein.

Nur *falls* später ein ausdrückliches Sperrprofil gewählt wird, könnte man für autorisierte Vorgängereinheiten $\mathrm{Pred}(U)$ definieren:

$$\mathrm{Open}(U) = \bigwedge_{V \in \mathrm{Pred}(U)} \mathrm{Cleared}(V), \qquad \mathrm{Cleared}(U) = \mathrm{Open}(U) \wedge \mathrm{Complete}(U).$$

Complete beschreibt die vorhandenen Nachweise, Cleared nur die bedingte Kurspolitik. Weder das Öffnen noch diese abgeleitete Freigabe vergibt Mastery. Ob direkte Prüfungen bei geschlossenem Zugang zulässig bleiben, entscheidet diese bloße Beispielgleichung nicht.

Quellen. Lerneinheiten; Einheitsfolge und Zugangsprofile; Graph-Definition; Anerkennung und globaler Abschluss.

12 Optionale Erwerbs- und Zeitplanung: Reihenfolge und Budget

Dieser Abschnitt beantwortet zwei Planungsfragen: Lassen sich die Ziele eines Plans in der vorgesehenen zeitlichen Reihenfolge überhaupt erwerben, und reicht die verfügbare Zeit dafür? Beide Prüfungen rechnen mit einem Plan, nicht mit dem Lernzustand einer Person.

Status: zusätzliches Planungsprofil

Lerneinheiten tragen den fachlichen Zusammenhang und ihren rekursiven Abschluss. Ein optionaler Zeitplan ordnet deren Erwerbsziele auf Planungsstufen, etwa Schuljahre oder Semester, und prüft verfügbare Zeit. Diese Zuordnung ist keine Definition der Lerneinheiten. Sie verändert weder Grundgraphgültigkeit noch gespeicherte Mastery und führt keine technischen Einheitssperren ein. Ein produktiver neuer Budgetvalidator wird nicht behauptet.

Eine fachliche Einheit kann in verschiedenen Bildungsgängen zu anderen Zeiten erworben werden. Eine Planungsstufe bezeichnet hier nur einen geplanten Zeitraum, bildhaft eine Bauetappe: Kompetenzen bleiben die Bauteile, und ihre fachlichen Voraussetzungen bleiben erhalten. Es folgt daraus keine Pflicht, erst alle Fächer eines Kalenderjahres abzuschließen, bevor irgendein späteres Ziel zugänglich wird.

12.1 Plan, Eintrittsbasis und eindeutiger Ersterwerb

Für einen aufgelösten Plan π seien

$$
\begin{aligned}
&T_\pi \subseteq A && \text{geplante Erwerbsziele,}\\
&B_\pi \subseteq A \setminus T_\pi && \text{ausdrücklich angenommene Eintrittsbasis,}\\
&n_\pi \in \mathbb{N}_{>0}, \qquad \ell_\pi : T_\pi \to \{1,\dots,n_\pi\} && \text{Planungsstufe.}
\end{aligned}
$$

Der Plan nennt also, was erworben werden soll (T_π), was beim Eintritt als vorhanden angenommen wird (B_π) und in welcher der n_π Planungsstufen jedes Ziel erstmals erworben wird (ℓ_π). Die Planungsstufen und ihre Präfixe sind

$$S_i = \{g \in T_\pi \mid \ell_\pi(g) = i\}, \quad S_{<i} = \bigcup_{j<i} S_j, \quad S_{\le i} = \bigcup_{j\le i} S_j.$$

Diese zeitliche Zuordnung (Abbildung 11) referenziert die fachliche Ersterwerbszuordnung der Lerneinheiten, ersetzt sie aber nicht. Jedes Ziel wird im Plan einer ersten Planungsstufe zugeordnet. Ein anderer Bildungsgang darf es anders platzieren. Spätere Wiederholung, Vertiefung oder Anwendung sind zusätzliche Aktivitäten, keine neue Zielidentität. B_π ist eine Planungsannahme; sie schreibt keine Lernergebnisse. Persönliche Lücken in dieser Basis brauchen eine eigene Diagnose und zusätzliche Lernzeit.

12.2 Strukturelle Machbarkeit durch einen Abschlusszeugen

Die angenommene Eintrittsbasis setzt eine Planungsgrenze: Ihre frühere Erwerbsgeschichte wird nicht rekonstruiert. Nur für den hypothetischen Planungstest sei deshalb

$$R_{\mathrm{at}}^{\pi} = \{(a,b) \in R_{\mathrm{at}} \mid a \notin B_\pi\}.$$

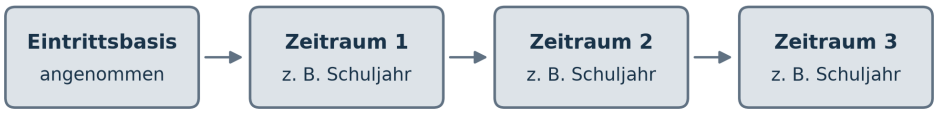


Abbildung 11: Die zeitliche Reihenfolge ist keine rekursive Einheitshierarchie. Pfeile sind keine `requires`-Kanten und führen keine Zugangssperren ein.

Frontier_π ist die Frontier aus (8) mit dieser Relation und ihrer vollständigen transitiven Hülle. Alle Ziele und früheren Planungsstufen behalten ihre transitiven Anforderungen; nur an deklarierten Eintrittskompetenzen endet die Planungsrekonstruktion. Diese Ausnahme erlaubt keinen Stopp an Mastery-Zwischenzielen im wirklichen Lernzustand.

Ein *Abschlusszeuge* einer Planungsstufe ist eine Reihenfolge ihrer Ziele, in der jedes Ziel verfügbar ist, sobald es an der Reihe ist. Eine Planungsstufe S_i mit s_i Zielen ist strukturell machbar, wenn sich ihre Ziele als $a_1, \ldots, a_{s_i}$ aufzählen lassen, sodass

$$a_j \in \text{Frontier}_\pi(B_\pi \cup S_{<i} \cup \{a_1, \ldots, a_{j-1}\}) \qquad (1 \le j \le s_i). \tag{11}$$

Setzt etwa g das Ziel p voraus, liegen beide in derselben Planungsstufe und sind ihre übrigen Voraussetzungen schon erfüllt, dann ist die Reihenfolge p, g ein Abschlusszeuge, die Reihenfolge g, p nicht. Hier gilt der globale Prüfbereich. Vererbte, clusterbezogene und nach Referenzauflösung fachübergreifende Anforderungen bleiben erhalten. Ein Normalmodusfilter würde relevante Anforderungen ausblenden können. Der hypothetische Abschlusszeuge verwendet keine direkten Prüfungssprünge und nimmt keine implizite Anerkennung vorweg.

Zur Diagnose dienen die benötigten Atome, also der atomare Bedarf aus (3) bezüglich der Planrelation:

$$\text{RequiredAtoms}_\pi(g) = \{b \in A \mid (g, b) \in (R^\pi_{\text{at}})^+\}. \tag{12}$$

Aus einem Abschlusszeugen folgt notwendig

$$\forall g \in T_\pi : \quad \text{RequiredAtoms}_\pi(g) \subseteq B_\pi \cup S_{\le \ell_\pi(g)}. \tag{13}$$

Jedes benötigte Atom liegt also in der Eintrittsbasis oder wird spätestens in derselben Planungsstufe erworben. Eine benötigte Kompetenz außerhalb $B_\pi \cup T_\pi$ ist ungeplant; ein benötigtes Ziel mit höherer Planungsstufe ist ein Reihenfolgefehler. Voraussetzungen innerhalb derselben Planungsstufe sind erlaubt. Die Grundgraphgültigkeit einschließlich atomar expandierter Zyklen muss vor dieser Mengenprüfung bereits festgestellt sein. Der explizite Zeuge verbindet die Zuordnung mit einem tatsächlich möglichen Erwerbsweg.

Ein endlicher Prüfalgorithmus startet für jede Planungsstufe mit dem hypothetischen Stand $W^{(0)} = B_\pi \cup S_{<i}$ und wiederholt

$$W^{(r+1)} = W^{(r)} \cup \big(S_i \cap \text{Frontier}_\pi(W^{(r)})\big).$$

Er ist erfolgreich genau dann, wenn sein Fixpunkt ganz S_i enthält. Die Verfügbarkeit eines noch offenen Ziels kann durch zusätzliche Erfüllungen nicht verschlechtert werden. Deshalb kann jede gleichzeitig hinzugefügte Menge auch nacheinander erworben werden. Ein vorhandener Abschlusszeuge kann umgekehrt nicht vorzeitig an diesem Verfahren scheitern. Das Verfahren ist ein *hypothetischer* Lerndurchlauf; es ändert keine persönlichen Daten. Im rein atomaren DAG liefert eine voraussetzungsgetreue topologische Ordnung den bekannten Spezialfall.

12.3 Aufwand, Reserve und Budget

Strukturelle Machbarkeit beweist noch nicht, dass ein Schuljahr zeitlich ausreicht. Jede Zeitbehauptung nennt Referenzlernende, Eintrittsbedingungen, Ziel- und Wahlauswahl, Kalender, Schätzmethode und Unsicherheit. Diese deklarierten Schätzannahmen des Plans π fassen wir als Θ_π zusammen. Für eine tatsächliche Aktivität h bezeichnet $\widehat{t}_h(\Theta_\pi) \geq 0$ ihre unter diesen Annahmen geschätzte Dauer. Alle Größen müssen in derselben kalibrierten Zeiteinheit vorliegen:

$$\mathrm{Work}_\pi(i;\Theta_\pi) + \mathrm{Reserve}_\pi(i) \leq \mathrm{Budget}_\pi(i), \qquad i = 1, \ldots, n_\pi. \tag{14}$$

Dabei sind Work ≥ 0, Reserve ≥ 0 und Budget > 0. Reserve ist geschützt und wird nicht gleichzeitig als verplanbare Zeit ausgegeben. Ein Nullpuffer ist möglich, aber offenzulegen. Bereits im Arbeitsaufwand enthaltene Prüfungsvorbereitung oder Wiederholung darf nicht ein zweites Mal als Reservebedarf gezählt werden.

Ein erklärtes Aktivitätenmodell kann $\mathrm{Work}_\pi(i;\Theta_\pi) = \sum_{h\in\mathcal{H}_i} \widehat{t}_h(\Theta_\pi)$ verwenden. $\mathcal{H}_i$ enthält jeden tatsächlichen Aufwand genau einmal: Ersterwerb, gezielte Übung, Abruf, Prüfung und weitere geplante Arbeit. Dasselbe kanonische Atom wird nicht in Mathematik und Physik zweimal als Ersterwerb gezählt; eine zusätzliche Anwendung in Physik kann dennoch eigenständige Zeit kosten. Unkalibrierte „Zielpunkte“ oder `weight`-Werte sind keine Minutenschätzung. Tabelle 5 veranschaulicht die getrennte Verbuchung von Arbeit und Reserve.

Tabelle 5: Rechenbeispiel: Work = 60 und Reserve = 10 passen in Budget = 75. Die erfundenen Zahlen demonstrieren nur die Rechnung, keine empirisch abgesicherte Dauer eines Skill Pilot-Curriculums.

Illustrative Planung	Stunden	Bedeutung
Ersterwerb	42	Bereits um gemeinsame Ziele bereinigt
Übung und Anwendung	12	Zusätzliche Tätigkeiten
Prüfung und Wiederholung	6	Im Arbeitsaufwand enthalten
Geschützte Reserve	10	Nicht für obige Arbeit verplant
Verfügbare Zeit	75	Nach Kalenderausschlüssen

Ein Gesamtbudget genügt nicht, wenn Fächer, Räume oder Termine eigene bindende Grenzen haben. Für eine zusätzlich deklarierte Fächerzuordnung müssen auch die jeweiligen $\mathrm{Work}_{i,s} + \mathrm{Reserve}_{i,s} \leq \mathrm{Budget}_{i,s}$ gelten, ohne Doppelzählung gemeinsam zugeordneter Zeit. Ein Kalenderplan muss außerdem Voraussetzungen vor der konkreten Anwendung bereitstellen.

12.4 Gültigkeitsanspruch und Abschlussgrenzen

Ein Zeit- und Erwerbsplan ist unter diesem optionalen Profil gültig, wenn er sowohl strukturell als auch unter seinen erklärten Annahmen zeitlich machbar ist. Ohne belastbare Aufwandsschätzung ist allein die strukturelle Aussage zulässig. Der Anspruch bindet Plan, Curriculumfassung,

aufgelösten Umfang und Schätzannahmen. Er garantiert keine identische Lerngeschwindigkeit für jede Person.

Der Abschluss der fachlichen Lerneinheit folgt den rekursiven Zieltyp- und Kinderpflichten aus Abschnitt 11. Ein Kalenderabschnitt kann mehrere Einheiten enthalten; eine Einheit kann sich über mehrere Kalenderabschnitte erstrecken. Aus diesem Zeitprofil folgt keine pauschale Voraussetzung des gesamten vorigen Jahres für jedes spätere Lernziel.

Quellen. Lerneinheiten; Graph-Definition; Zeitachse und Kapazität.

13 Implizite Beherrschung durch gültige lokale Prüfungen

Verbindliche Konzeptkorrektur vom 4. November 2026

Ein ausdrücklicher Erfolg an einem Inhaltsziel belegt Verstehen. Eine gültige Abschlussprüfung kann selbstständige Anwendung der zugehörigen Kompetenzen belegen. Diese implizite Beherrschung ist global ebenso wirksam: Sie erfüllt künftige Voraussetzungen und zählt zum IST. Prüfungs- und Memorierziele selbst bleiben ausschließlich ausdrücklich zu bestehen.

Die Grundidee zeigt eine Lerneinheit mit der Kette Q → B → A: Das Prüfungsziel Q setzt das Inhaltsziel B voraus, und B setzt A voraus. Solange Q offen ist, fragt die Prüfung ihre Voraussetzungen B und A noch nach. Hat die Person Q bestanden und ist der lokale Vertrag der Einheit gültig, dann gelten B und A als selbstständig angewandt und damit als implizit beherrscht, auch ohne eigenes ausdrückliches Ergebnis. Die folgenden Unterabschnitte machen daraus eine Mengenformel und nennen die fachlichen Bedingungen, unter denen sie ausgewertet werden darf.

Der Product Owner hat diese Anerkennungsregel am 11. November 2026 bestätigt: Ein eigenes gewöhnliches Ziel gilt als anerkannt, sobald keine offene eigene Prüfung und kein offenes eigenes Memorierziel seiner Einheit es noch benötigt. Gehören die Prüfungen Q_1 und Q_2 zur selben Einheit und setzen beide A voraus, bleibt A nach bestandener Q_1 offen, bis auch Q_2 bestanden ist (Abbildung 15); ausdrückliche Mastery von A bleibt jederzeit möglich. Tragfähig ist die Regel nur in Einheiten, die die Gültigkeitsbedingungen aus Abschnitt 13.3 erfüllen.

Der gespeicherte binäre Zustand m bleibt unverändert das einzige Zielergebnis. Die neue Semantik leitet zusätzliche Erfüllung ab, ohne Rückwärtsschreiben von Mastery, zusätzliche Qualifikationsdatensätze, manuelle Freistellungsprofile oder zweite Teilprüfungen einzuführen. Auf der geprüften Hauptlinie ist dieses Konzept **noch nicht implementiert**. Maßgeblich ist die aktuelle Konzeptspezifikation.

13.1 Vertrag, Zielumfang und geschützte Zieltypen

Lokaler Vertrag. Ein *lokaler Vertrag* gehört zu einer autoritativen Lerneinheit U aus Abschnitt 11. Er bindet deren eigene Erwerbsziele $\mathrm{Own}(U)$, die kanonischen Identitäten, die Curriculumrevision und die fachlich geprüfte Bedeutung der eigenen Prüfungen. Andere Quellen nennen ihn auch Anerkennungs- oder Erwerbsvertrag. Der Gesamtumfang $T(U)$ enthält zusätzlich die Ziele der Kindeinheiten. Er ist *kein* vergrößerter Ersatzvertrag der Elterneinheit für die Anerkennung. Ein späterer Integrationsanspruch erweitert die Kindverträge nicht rückwirkend. Eine Anzeige, ein temporärer Fokus oder die aktuell ausgewählten Planwurzeln bestimmen diese Zuordnung nicht neu.

Geschützte Ziele. Seien $Q \subseteq A$ die autoritativ bestimmten Prüfungsziele und $A_{\mathrm{mem}} \subseteq A$ die Memorierziele; $K = G \setminus A$ bleibt die Menge der strukturellen Cluster. Für die eigenen geschützten Ziele gelten

$$Q_U = \mathrm{Own}(U) \cap Q, \qquad A_{\mathrm{mem},U} = \mathrm{Own}(U) \cap A_{\mathrm{mem}}, \qquad P_U = Q_U \cup A_{\mathrm{mem},U}.$$

P_U schützt *alle* eigenen Prüfungs- und Memorierziele vor implizitem Bestehen. Ein Erfolg an einer anderen Prüfung ersetzt weder deren eigene Prüfung noch den verifizierten Abruf ihrer Karten. Orientierung bleibt ein eigener motivationaler Zieltyp, keine dritte Schutzklasse. Ein Orientierungsmarker darf in I_U liegen; er ist dann abgeleitet erledigter Einstieg, kein fachlicher

Kompetenznachweis und keine Behauptung einer tatsächlich geführten Motivationsinteraktion. Unterstützung außerhalb $T(U)$ vergrößert den Gesamtabschlussnenner nicht. Eine Kompetenz außerhalb $\mathrm{Own}(U)$ wird in diesem eigenen Vertrag nicht implizit anerkannt; für Ziele der Kinder gelten deren eigene Verträge. Die übrigen eigenen Ziele, also Inhaltsziele und gegebenenfalls Orientierungsziele, heißen im Folgenden *nicht geschützt*.

Verwendete Relation. Die folgenden Formeln verwenden die vollständig atomar expandierte und vererbte Voraussetzungsrelation R_{at} aus Abschnitt 2.3. Sie umfasst auch versteckte und fachübergreifende Unterstützung. Alle Referenzen müssen auflösbar und die normalisierte Relation muss azyklisch sein. Die Prüfung der gesamten Voraussetzungshülle geschieht vor einer bloßen Anzeigeeinschränkung.

13.2 Transitive offene Nachfrage und implizite Menge

Für eine Menge $X \subseteq A$ bezeichne $\mathrm{Reach}^*_{R_{\mathrm{at}}}(X)$ die Menge X selbst zusammen mit allem, was ihre Elemente direkt oder transitiv voraussetzen:

$$\mathrm{Reach}^*_{R_{\mathrm{at}}}(X) = X \cup \{b \in A \mid \exists a \in X : (a, b) \in R_{\mathrm{at}}^+\}.$$

Mit der globalen ausdrücklichen Mastery-Menge $M = \{a \mid m(a) = 1\}$ sei

$$N_U = \mathrm{Reach}^*_{R_{\mathrm{at}}}(P_U \setminus M), \tag{15}$$

$$I_U = \mathrm{Own}(U) \setminus (M \cup P_U \cup N_U). \tag{16}$$

N_U ist die *offene Nachfrage*: die noch offenen geschützten Ziele von U samt ihrem atomaren Bedarf. I_U ist die *implizite Menge*. Ein eigenes Ziel gehört genau dann zu I_U, wenn es

1. nicht schon ausdrücklich gemeistert ist,
2. nicht geschützt ist und
3. von keinem offenen geschützten Ziel der Einheit mehr benötigt wird.

Die reflexive Erreichbarkeit enthält die offenen Wurzeln selbst und *alle* ihre transitiven Voraussetzungen. Die Traversierung stoppt **nicht** an einem gemeisterten Zwischenziel oder an der Grenze von $\mathrm{Own}(U)$. Dadurch bleibt I_U unverändert, wenn eine redundante Kante hinzugefügt oder für die vorgeschriebene transitive Minimalität wieder entfernt wird. Es gilt stets $I_U \cap M = \varnothing$ und $I_U \cap P_U = \varnothing$.

Abbildung 12 rechnet beide Fälle der Kette $\mathsf{Q} \to \mathsf{B} \to \mathsf{A}$ mit $\mathrm{Own}(U) = \{\mathsf{Q}, \mathsf{B}, \mathsf{A}\}$ und $P_U = \{\mathsf{Q}\}$ durch. In Fall A ist nur B ausdrücklich gemeistert. Die offene Prüfung Q fragt weiterhin B und A nach: $N_U = \{\mathsf{Q}, \mathsf{B}, \mathsf{A}\}$ und $I_U = \varnothing$. In Fall B ist Q bestanden. Es gibt kein offenes geschütztes Ziel mehr: $N_U = \varnothing$ und $I_U = \{\mathsf{A}, \mathsf{B}\}$.

Aufwand. Seien $V_U^{\mathrm{reach}} = \mathrm{Reach}^*_{R_{\mathrm{at}}}(P_U \setminus M)$ die erreichbaren atomaren Knoten und $E_U^{\mathrm{reach}} = \{(a, b) \in R_{\mathrm{at}} \mid a \in V_U^{\mathrm{reach}}\}$ deren ausgehende Voraussetzungskanten. Ein direkter Algorithmus besucht jeden solchen Knoten und jede solche Kante höchstens einmal. Einschließlich der Verarbeitung von $\mathrm{Own}(U)$ für die gesamte Menge I_U benötigt er $O(|\,\mathrm{Own}(U)| + |V_U^{\mathrm{reach}}| + |E_U^{\mathrm{reach}}|)$ Schritte, global höchstens $O(|A| + |R_{\mathrm{at}}|)$. Eine explizite quadratische Speicherung der transitiven Hülle ist dafür nicht nötig.

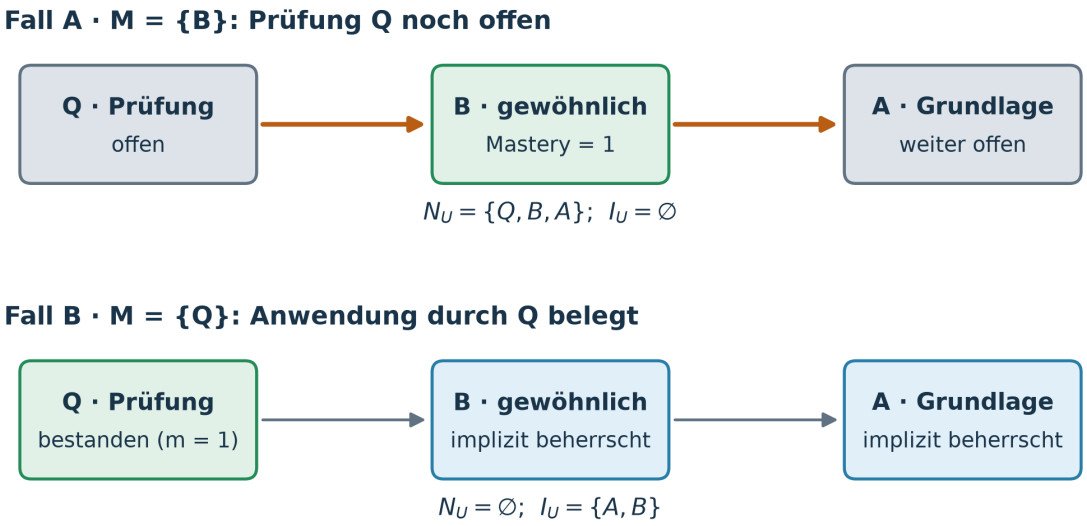


Abbildung 12: Zwei unabhängige Ausgangslagen für Q → B → A: Mit $M = \{B\}$ bleibt A offen; mit $M = \{Q\}$ trägt Q die implizite Anwendung von A und B. Dies ist keine zeitliche Folge: Ein schon ausdrücklich bestandenes B bliebe beim späteren Bestehen von Q in M. Die direkte Kante Q → A wäre redundant.

13.3 Warum der Skill-Graph allein noch keinen Anwendungsnachweis liefert

Die Mengenformel darf nur für einen gültigen fachlichen Vertrag ausgewertet werden. Die Ownerentscheidung vom 11. November 2026 fasst dessen Bedingungen in fünf Regeln und legt fest, wo jede durchgesetzt wird (Tabelle 6): Die Anerkennungsregel ist nur tragfähig, wenn Einheiten diese Regeln hart erfüllen.

Strukturbedingungen (R1, R3, R4). Jedes Inhaltsziel in Own(U) braucht einen lokalen Pfad zu mindestens einer lokalen Abschlussprüfung aus Q_U: Eine eigene Prüfung der Einheit muss es direkt oder transitiv voraussetzen (R1). Ein Pfad allein zu einem Memorierziel genügt nicht: Verifizierter Abruf beweist noch keine selbstständige Anwendung. Ein bloß isoliertes Endziel ohne lokalen Prüfungspfad ist ein Vertragsfehler, kein automatisch beherrschtes Ziel. Das Fehlen eines späteren Verbrauchers ist allein kein Nachweis einer Kompetenz. Eine zusätzliche, frei wählbare Maske für „anerkennungsfähige“ Teilziele existiert nicht: Die Formel gilt für den vollständigen gültigen eigenen Vertrag.

Sei Cov(q) die Menge der Ziele, deren selbstständige Anwendung eine Prüfung q laut ihrem geprüften Deckungsanspruch prüft. R3 verlangt, dass q jedes dieser Ziele direkt oder transitiv voraussetzt. Damit gehört die Prüfung, die ein Ziel tatsächlich prüft, zu den offenen geschützten Zielen, auf welche die Anerkennungsregel wartet: Solange eine eigene Prüfung q offen ist, bleibt jedes eigene Ziel aus Cov(q) in N_U. Ein fehlender Pfad ist ein Befund für das fachliche Review, kein Anlass für eine redundante direkte Kante. R4 macht den Vertrag eindeutig: Ein Ziel ohne oder mit mehreren direkt zuständigen Einheiten gehört zu keinem gültigen lokalen Vertrag.

Inhaltsbedingung (R2). Für jedes eigene gewöhnliche Ziel muss mindestens eine eigene Prüfung, die es voraussetzt, einen geprüften Nachweis tragen, dass ihre realen Aufgaben und ihr reguläres

Tabelle 6: Gültigkeitsbedingungen einer Lerneinheit und ihre Durchsetzung (Ownerentscheidung vom 11. November 2026). Auf der Hauptlinie setzt noch kein Validator eine davon durch.

Regel	Anforderung	Verortung
R1	Jedes eigene gewöhnliche Inhaltsziel liegt auf einem Voraussetzungspfad von mindestens einer eigenen Prüfung der Einheit, direkt oder transitiv; ein Pfad, der nur zu einem Memorierziel führt, zählt nicht.	Gültigkeitsbedingung der Einheitendefinition, in derselben Klasse wie Azyklizität: hart ab der ersten verfassten Einheit; eine verletzende Einheit wird nicht in die Hauptlinie übernommen.
R2	Für jedes eigene gewöhnliche Ziel hat mindestens eine eigene Prüfung, die es voraussetzt, einen geprüften Nachweis, dass ihre Aufgaben und ihre reguläre Bewertung das Ziel wirklich prüfen.	Meilenstein `M5` (Prüfungsfreigabe und Deckungsmetadaten), aktuelle zielgenaue Bindung bei `M7`; ohne diesen Nachweis erreicht das Curriculum den Meilenstein nicht.
R3	Eine Prüfung beansprucht Deckung nur für Ziele, die sie direkt oder transitiv voraussetzt: $\mathrm{Cov}(q) \subseteq \{b \in A \mid (q,b) \in R_{\mathrm{at}}^{+}\}$.	Wie R1.
R4	Jedes Erwerbsziel hat genau eine direkt zuständige Einheit.	Wie R1.
R5	Ein späterer Neuzuschnitt von Einheiten oder spätere Kanten verleihen vorhandenen Ergebnissen nie zusätzliche Anerkennung; der Vertrag ist versioniert.	Laufzeitvertrag; Vorbedingung, bevor implizite Anerkennung produktiv eingeschaltet wird.

Bewertungsraster die selbstständige Anwendung dieser Kompetenz tatsächlich verlangen (R2). Diese Anforderung macht einen Orientierungsmarker nicht nachträglich zu einer prüfbaren Fachkompetenz. Wesentliche Kompetenzen dürfen nicht vollständig fehlen und durch Punkte aus anderen Aufgabenteilen kompensiert werden. Der lokale `requires`-Pfad, Titel, `coveredGoalIds`, eine Bestehenspunktzahl oder die formale DAG-Gültigkeit beweisen das nicht. Ein unabhängiges fachliches Review prüft Aufgaben, Lösungen, Bewertungsraster und die behauptete Anwendungsabdeckung zusammen. Zu prüfen ist jede Bestehenskombination, die ein Ziel nach der Mengenformel freigibt; die vereinigten Inhalte aller Prüfungen allein genügen dafür nicht.

Kein zweiter Status. Der reguläre Prüfungserfolg bleibt derselbe binäre Erfolg der gesamten Prüfung. Die strengere Anwendungsbedeutung liegt im vorab geprüften Inhalt des lokalen Vertrags, nicht in einem zusätzlichen pro Person zu speichernden Qualifikationsstatus oder einer zweiten Folgeprüfung. Eine historische Prüfung ohne dieses Review erhält die stärkere Bedeutung nicht nachträglich allein durch ein neues Diagramm oder eine Softwareänderung.

Folge. Implizite Anerkennung gibt es nur in Einheiten, deren Vertrag R1–R4 mit geprüfter Deckung erfüllt. Andernfalls bleiben die eigenen gewöhnlichen Ziele der Einheit offen – ausdrücklich gemeistert werden können sie weiterhin --, und der Verstoß hält das Curriculum vom jeweiligen Meilenstein fern (Tabelle 6). Ein Ziel, das keine Prüfung abdeckt, bleibt deshalb offen *und* ist ein Regelverstoß; es wird nie ohne Nachweis anerkannt. Abschnitt 13.4 behandelt R5.

13.4 Globale Wirkung und dauerhafte Vertragsbindung

Die Menge $\mathcal{U}_{\mathrm{valid}}$ umfasst die für diese Person an ihre jeweilige Revision gebundenen, dauerhaft anwendbaren autoritativen lokalen Verträge, nicht beliebige besuchte Ansichten oder sämtliche neuesten Inhaltsfassungen. Es gilt

$$M_{\text{eff}} = M \cup \bigcup_{U \in \mathcal{U}_{\text{valid}}} I_U.$$

Die Vereinigung umfasst nicht nur die gerade angezeigten Lerneinheiten oder den aktuellen Plan im Personal Curriculum. Vertrag, Revision und Nachweisbedeutung müssen nach einem Auswahlwechsel weiter verfügbar sein. Die Ableitung wird immer aus den ausdrücklichen Ergebnissen und ihren gültigen Verträgen berechnet; frühere implizite Mengen werden nicht als neue Mastery-Eingaben zurückgespeist.

Eine spätere Lerneinheit U2 mit einer weiteren Prüfung q_2 darf eine bereits aus U1 belegte Anwendung a nicht wieder öffnen (Abbildung 13). Vielmehr erfüllt a die Voraussetzung von q_2. Bei festem Vertragsbestand kann zusätzliche ausdrückliche Mastery M_{eff} nur vergrößern: Die Menge offener geschützter Wurzeln wird kleiner, ihre transitive Nachfrage nimmt ab. Ein aus I_U herausfallendes neu ausdrücklich bestandenes Ziel bleibt über M enthalten.

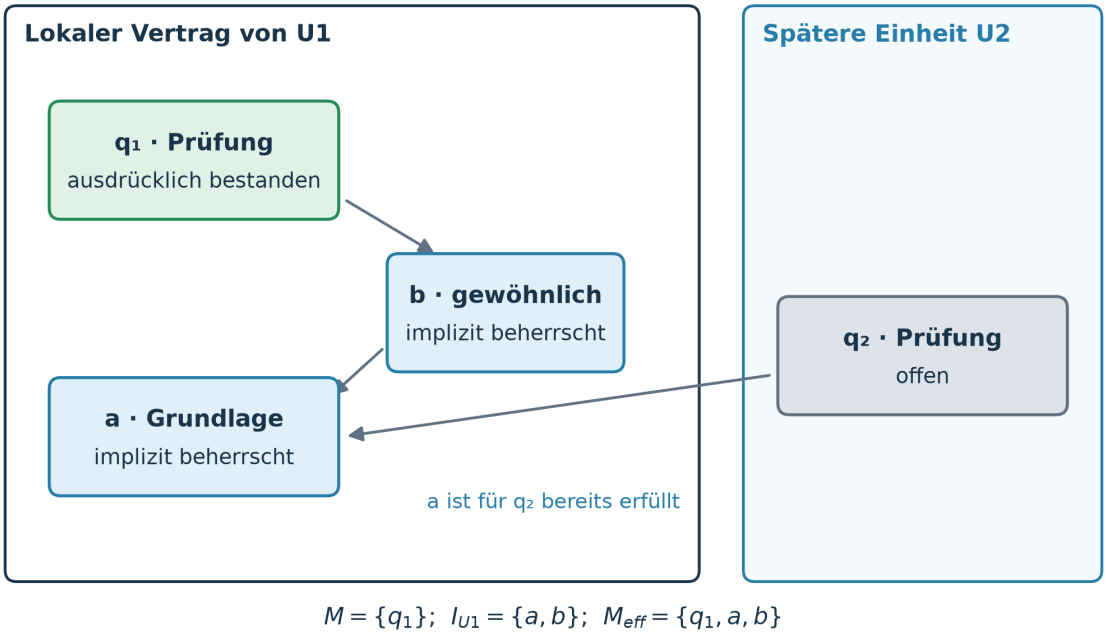


Abbildung 13: U1 erkennt a und b nach seinem eigenen gültigen Vertrag an. Die offene spätere Prüfung q_2 verhindert diese Anerkennung nicht. Eine neue Anzeige oder Planwahl löscht den weiter auswertbaren Vertrag von U1 nicht.

Eine stabile Prüfungsziel-ID braucht eine stabile Anerkennungsbedeutung. Wechselnde Aufgabenvarianten müssen denselben qualifizierten Vertrag erfüllen. Neue fachliche Anerkennungsansprüche dürfen alte Prüfungs-Mastery nicht stillschweigend aufwerten. Sie brauchen eine neue Prüfungsidentität oder eine ausdrücklich geprüfte Migration der vorhandenen Bedeutung. Dafür wird kein zusätzlicher Qualifikationsdatensatz pro Lernendem eingeführt. Ist die historische Nachweisbedeutung ungeklärt, bleibt der ausdrückliche Erfolg erhalten; die zusätzliche höhere Anwendung wird nicht erfunden. Berechtigte Ergebnis- oder Inhaltskorrekturen sind von einem bloßen späteren Verbraucher- oder Planwechsel zu unterscheiden.

Nach Regel R5 verleihen ein späterer Neuzuschnitt von Einheiten oder spätere Kanten vorhandenen Ergebnissen nie zusätzliche Anerkennung; der Vertrag ist versioniert. Dieser Laufzeitvertrag ist Vorbedingung, bevor implizite Anerkennung produktiv eingeschaltet wird.

13.5 Geschützte Ziele und vollständiger Abschluss

Anerkennung ist noch kein Abschluss. Der ganze Abschluss folgt rekursiv aus Gleichung (10): Alle eigenen Ziele müssen erfüllt und alle Pflichtkinder abgeschlossen sein. Bei festem globalem M_{eff} ist dies gleichbedeutend mit $T(U) \subseteq M_{\text{eff}}$, sofern sämtliche Kinderpflichten als Zielpflichten in diesem Umfang enthalten sind. Bei vollständigem Abschluss gilt für die eigenen geschützten Ziele $P_U \subseteq M$.

Sind alle eigenen Prüfungen und Karten bestanden, ist $N_U = \varnothing$; ein gültiger eigener lokaler Vertrag kann damit seine nicht geschützten Ziele vervollständigen. Der Abschluss der Kinder folgt daraus **nicht**. Eine eigene Syntheseprüfung der Elterneinheit kann offen bleiben, während Inhaltsziele der Kinder bereits global anerkannt sind. Umgekehrt ersetzt ihr Bestehen keine offene Prüfungs- oder Memorierpflicht eines Kindes.

Offene geschützte Ziele im selben Vertrag. Ein offenes eigenes Memorierziel verhindert den ganzen Einheitsabschluss, blockiert aber nicht die Ableitung eines anderen Inhaltsziels, solange es dieses nicht transitiv benötigt (Abbildung 14). Benötigt ein offenes Memorierziel dagegen ein Inhaltsziel direkt oder transitiv, bleibt dieses Ziel in der offenen Nachfrage. Auch mehrere Prüfungen mit gemeinsamer Grundlage müssen in diesem lokalen Vertrag sämtlich bestanden sein, bevor die Grundlage aus der offenen Nachfrage herausfällt.

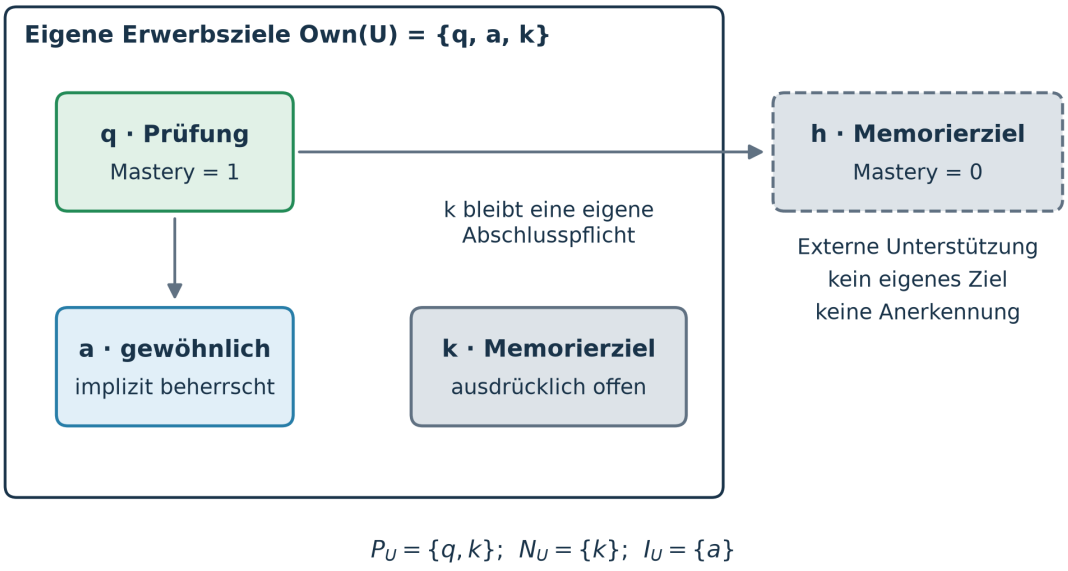


Abbildung 14: Die Prüfung `q` ist ausdrücklich bestanden und trägt die Anwendung von `a`. Das unabhängige Memorierziel `k` bleibt offen und blockiert den ganzen Einheitsabschluss. Die Unterstützung `h` außerhalb des Zielumfangs wird nicht anerkannt.

Dies unterscheidet Prüfungen im *selben* Vertrag von einer späteren Prüfung in einer anderen Lerneinheit (Abbildung 13). Abbildung 15 zeigt zwei aufeinanderfolgende Ergebnisse bei unverändertem lokalem Umfang und ohne weitere Abschlusspflichten.

Der Vergleich mit Abbildung 13 setzt bereits fachlich begründete und unabhängig gültige lokale Verträge voraus: Eine später offene Prüfung eines anderen Vertrags nimmt eine dort schon belegte

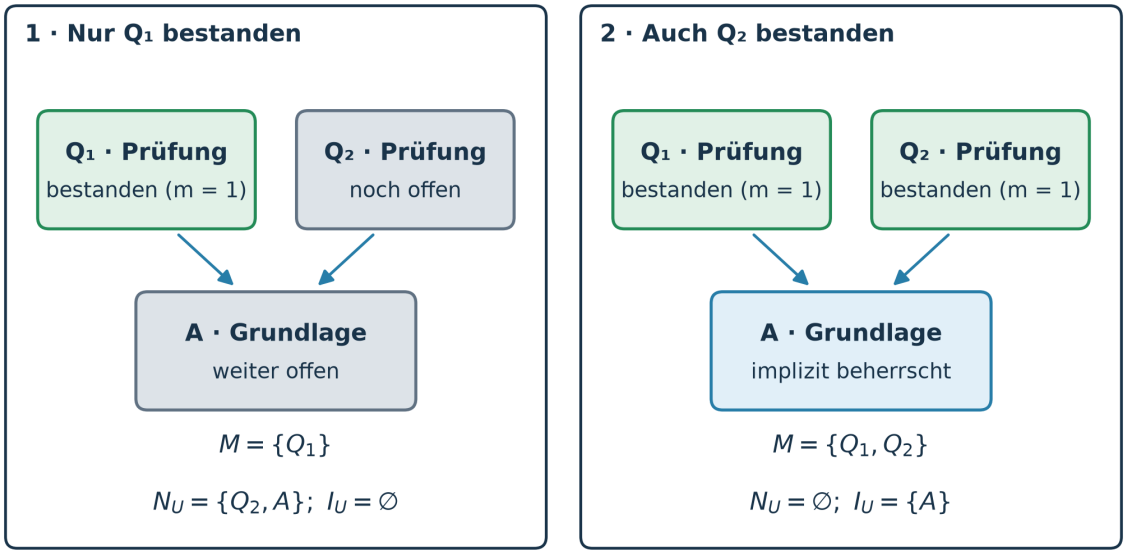


Abbildung 15: Q_1 und Q_2 benötigen im selben gültigen lokalen Vertrag A. Nach Q_1 bleibt A wegen der offenen Q_2 in der offenen Nachfrage. Erst nach beiden Prüfungen wird A implizit global beherrscht. Der ausdrückliche Erfolg von Q_1 bleibt dabei erhalten; es gibt hier keine weiteren geschützten Ziele.

Anerkennung nicht zurück. Im selben Vertrag zählt dagegen die gesamte noch offene Nachfrage. Daraus folgt keine Anweisung, Prüfungen oder Lerneinheiten für einen gewünschten Recheneffekt aufzuteilen oder neu anzuordnen.

Zugang zu Prüfungen. Der bisherige direkte Prüfungszugang bleibt der Ausgangspunkt des aktuellen Lernablaufs. Aufgabenverfügbarkeit, Authentifizierung, Sitzungszuordnung und ausdrückliche Auswahl bleiben erforderlich. Die Entscheidung über harte Einheitssperren und direkte Prüfungsversuche unter einem solchen optionalen Profil steht noch aus (Abschnitt 11). Die rekursive Einheitendefinition führt weder einen neuen Ausschluss noch einen verdeckten Umgehungsweg ein. Der normale Lernzugang verwendet M_{eff} und die transitive effektive Relation; die eigenständige Fokusregel mit Normalmodus und striktem Modus bleibt erhalten.

13.6 Gesamt-IST und datierte Periodenereignisse

Für eine fest benannte Plan-Zielmenge T_{Plan} zählt der Gesamt-IST die effektiv beherrschten Ziele des Plans:

$$H_{\text{gesamt}} = |T_{\text{Plan}} \cap M_{\text{eff}}|.$$

Die Vereinigung vor dem Schnitt verhindert Doppelzählung von expliziten und impliziten Beiträgen sowie überlappenden Verträgen. Eine gesonderte Ansicht nur ausdrücklicher Ergebnisse muss ihren abweichenden Zähler ausweisen.

Eine laufende Periode zählt dagegen ausschließlich tatsächlich datierte explizite Abschlussereignisse nach ihrem Ereignisvertrag. Eine neu abgeleitete Anwendung, mitgebrachte Vorarbeit oder nachträglich erweiterte Plananzeige ist kein zusätzlicher tatsächlicher Abschluss in dieser Periode (Abbildung 16).



Abbildung 16: Gesamtstand und Periodenleistung haben verschiedene Zähler. Im Beispiel sind 7 von 10 Planzielen effektiv beherrscht, 4 davon ausdrücklich und 3 implizit. Die laufende Periode zählt nur die 2 datierten ausdrücklichen Abschlüsse gegen ihr Pensum von 3 Zielen. Die drei impliziten Beiträge erhöhen den Gesamt-IST, erzeugen aber keine datierten expliziten Abschlussereignisse in der laufenden Periode.

Der gemeinsame Lernplanstatusvertrag beschreibt die Oberflächen. Statische Vertragsdaten können nach Revision zwischengespeichert werden; abgeleitete Ergebnisse sind keine zweite gespeicherte Wahrheit. Ungültige oder ungeklärte Verträge bleiben als Einschränkung erkennbar. Maschinenprüfungen der Formeln ersetzen weder unabhängiges Inhaltsreview noch menschliche Erprobung oder Lernwirksamkeit.

Quellen. Anerkennung und globaler Abschluss; Produktentscheidung vom 4. November 2026; Lernplanstatus.

A Regeln und Meilensteine

Dieser Anhang ist das Nachschlageregister aller 145 Graphregeln (`GD-*`) dieses Dokuments. Er beantwortet für jede Regel drei Fragen: Was ist verlangt, in welches Prüfgebiet gehört die Pflicht, und was belegen die vorhandenen Prüfungen davon tatsächlich?

So ist eine Zeile zu lesen. Jede `GD-*`-Zeile verbindet eine Pflicht mit ihrem vorgesehenen Prüfgebiet (*Soll*), vorhandenen Prüfungen (*Ist*) und deren Aussagegrenzen: **Kennung** (`GD-`, der Buchstabe des Dokumentteils und eine laufende Nummer: `C` für den formalen Kern, `X` für den Kontext, `U` für die Lerneinheiten, `P` für die Planung, `A` für die Anerkennung impliziter Beherrschung und `D` für die Dokumentanhänge); **Ampel** (technischer Durchsetzungsgrad auf der Hauptlinie: `HART` für im gesamten erklärten Bereich fail-closed erzwungene Regeln, `TEIL` für teilweise, profil- oder floorgebunden hart gegatete Regeln, `OFFEN` für verbindliche Pflichten ohne ausgewiesenes hartes Gate der Kernaussage und `OPT/DOK` für optionale Profile, offene Politik oder Dokumentprüfungen); **Pflicht** (die Regel in Kurzform); **Soll** (das Prüfgebiet, dem die Pflicht zugeordnet ist: ein Meilenstein `M0`–`M7` oder eines der Kürzel aus Abschnitt A.2); **Ist und Lücke** (was vorhandene Prüfungen davon belegen und was offen bleibt); **Fundstelle** (der benannte Abschnitt, in dem die Regel steht). Die Zeilen sind im Telegrammstil gehalten und verwenden einige Kurzwörter: *Unit* für Lerneinheit, *Exam* oder *Assessment* für Prüfung oder Prüfungsziel, *Memory* für Memorierziel oder Memorierung, *Normal* und *Strict* für Normalmodus und strikten Modus, *Closure* für Hülle, *Scope* für Prüfumfang oder Geltungsbereich, *Runtime* für Laufzeit, *Ganzheitssperre* für Einheitssperre und *Humantrial* für menschliche Erprobung.

Meilensteine und Regelfamilien. Die Meilensteine `M0`–`M7` ordnen die maschinelle Curriculum-QA; Laufzeitverträge, Konzepte, optionale Profile sowie Artefakt- und Dokumentpflichten sind gesondert ausgewiesen. Die beiden vorhandenen Regelfamilien heißen *Curriculum-Quality-Review* (`CQR`) und *graph-validation rollout rule* (`GVR`): Sie bezeichnen curriculare Qualitätsprüfungen beziehungsweise Prüfregeln des Graphvalidators. Die Legende in Abschnitt A.2 erklärt die hier verwendeten Codes mit ihrem jeweiligen Umfang.

Eine Zuordnung ist kein Bestehen. Die Zuordnung benennt das Prüfgebiet jeder Pflicht. Die daneben ausgewiesenen vorhandenen Gates belegen ausschließlich ihren tatsächlichen Umfang. Eine verbindliche, noch nicht vollständig gegatete Regel ist keine bereits bestandene Prüfung. `M0` ist ein möglicher unvollständiger Ausgangsstand, kein Gütesiegel. Profilgebundene Routengates gelten in ihren benannten QA-Scopes. Die globale Basisprüfung auf vollständige atomare Normalform und transitive Minimalität (Prüfcode `G17`) muss dagegen den vollständigen deklarierten kanonischen Fachbestand einschließlich relevanter fachfremder Voraussetzungen und vererbender Vorfahren erfassen; eine QA-Profil-Auswahl oder ein Teilscan genügt dafür nicht.

Basis vor jedem Meilenstein. Die vollständige atomare Normalform und eine vollständige Minimalitätsprüfung sind Sollbasis vor jedem Aufstieg zu `M1`–`M7`. Ein `G17`-Verstoß oder eine unvollständige Prüfung sperrt im betroffenen Fach jeden Meilensteinpass `M1`–`M7`; einzelne Quellen- oder Reviewchecks können gleichwohl für sich bestehen. Der atomare Zielzustand $R \subseteq A \times A$ ist verbindlich. Zuerst werden vollständige atomare Voraussetzungen hergestellt oder erhalten, danach dadurch redundante nichtatomare Anforderungen entfernt und erst dann die feste atomare Relation transitiv reduziert. Ein geerbter Alternativpfad allein erlaubt keine Löschung einer atomaren Route. `CQR-102` und `GVR-012` bleiben direkt atomar.

Memorierziele. Kartenwiederholungen gehören zum Lernprozess. Der Abschluss eines Memorierziels benötigt seinen eigenen ausdrücklichen Prüfnachweis; spätere Fälligkeit allein nimmt ihn nicht zurück. Gewöhnliche abgeschlossene Ziele erhalten keine Wiederholungsfälligkeit oder daraus abgeleitete Mastery-Rücknahme. Eine neue Prüfungsentität oder ein neues Schema folgt daraus nicht.

Umfang des Registers. Die 145 stabilen `GD-*`-IDs erschließen alle sechs Hauptteile des Kompendiums. Fundstellen verwenden benannte Abschnitte statt veränderlicher Zeilennummern. Laufzeitverträge, neue Anerkennungs- und Einheitensemantik, optionale Planung sowie Veröffentlichungs- und Dokumentpflichten erhalten keine erfundene Zuordnung zu `M7`; wo der Product Owner ein Zielgebiet festlegt, etwa `M5`/`M7` für den Deckungsnachweis von Lerneinheiten (R2), weist die Zeile aus, dass es noch nicht durchgesetzt wird. Fachliche Richtigkeit, menschliche Erprobung und Lernwirksamkeit bleiben eigenständige Nachweise.

A.1 Ampelschaltung: Was heute wirklich hart erzwungen wird

Viele der 145 `GD-*`-Regelgruppen bündeln einen technisch gegateten Strukturkern mit weitergehenden Laufzeit-, Migrations- oder Fachpflichten. Die vierstufige Ampel macht deshalb sowohl je Einzelgate als auch je Regelgruppe sichtbar, wo bereits ein technisch hartes (fail-closed) Gate greift und wo Grenzen oder offene Pflichten bestehen.

Ampel	Bedeutung für Durchsetzung und CI
○○● HART	**Vollständig hart erzwungen.** Die gesamte Kernaussage ist in ihrem erklärten Gegenstandsbereich technisch fail-closed gegatet; keine wesentliche Teilpflicht der Zeile bleibt offen. Global in Graph-, Schema-, UUID- und Kompositionsvalidatoren (`validate:graph`, `validate_schemas.py`, `validate_goal_ids_uuid.py`, `validate:composition-views`): JSON/Schema, UUID-Format, auflösbare Referenzen, Selbstreferenzschutz, getrennte DAGs (`contains`, direktes/geerbtes `requires`), `GVR-001/003/008/009/010/014/016` sowie Duplikat-, Ein-Eltern- und Nichtleere-Regeln kompilierter Sichten (`CPV-001.` `.008`). Vollständig abgedeckte Einzelgruppen: **GD-C05**, **GD-C07**, **GD-X07**.
○●○ TEIL	**Teilweise, profil- oder floorgebunden hart erzwungen.** Ein benannter Teil bricht bei Verstoß fail-closed ab, gilt aber nur für geschützte Fächer/Profile oder deckt nur den Struktur-/Artefaktanteil ab. Reifegrad-Floors (`check:curriculum-maturity-floors`) und Status-Diff sperren Rückschritte für **zehn Gymnasialfächer** (5 auf `M7`: Mathematik, Physik, Chemie, Biologie, Wirtschaftswissenschaften; 5 auf `M6`: Deutsch, Geschichte, Informatik, Latein, Politik und Wirtschaft); seit 11. November 2026 wendet `CQR-001` zusätzlich die `G17`-Prüfung (atomare Normalform und transitive Minimalität) auf jede kanonische Gymnasialwurzel an, hart über diese Floors (**GD-C11, C15–C17, U13**); `GVR-012/013` gelten hart in Mathematik, `GVR-006` im Hessen-Rollout, `validate:view-filters` (`APV-102/103`) für kanonische Gymnasialsichten; hinzu kommen der Hüllencompiler L (10. November 2026) sowie Content-Package-, Lizenz-, Paket- und Release-Prüfer (**54 Gruppen**).

Ampel	Bedeutung für Durchsetzung und CI
●○○ OFFEN	**Verbindlich, Kernpflicht noch ohne hartes Gate.** Normativ verbindliche Soll-, Laufzeit- oder Konzeptregel ohne übergreifend belegtes fail-closed Gate in diesem Register. Atomare Expansion vor der Hülle in der Ergebnisableitung (**GD-C13**), offene Cluster-Atomisierung in `goalEntry` (**GD-X09**), Clustererfüllung über alle Atome statt `isCoreForPrereqs` (**GD-C26**), noch nicht implementierte globale Anwendungsanerkennung samt den Einheitsgültigkeitsregeln R1–R5 vom 11. November 2026 (**GD-A01–A18, C25, C30, X18, X32, X36**), rekursive `LearningUnits` samt Zweck- und Grenzkriterium (**GD-U01–U12, U15**) sowie reine Laufzeit-, Dialog- und Kantenbegründungsverträge (**60 Gruppen**).
○○○ OPT/DOK	**Kein produktives Pflicht-Gate.** Bewusst optionale Planung, ausdrücklich unentschiedene Sperrpolitik oder reine Dokument-/Modellprüfung außerhalb der Curriculum- und Laufzeitgates. Optionale Erwerbs- und Zeitplanung (**GD-P01–P11, X33–X35, X37**), unentschiedene Einheitssperre (**GD-U14**) sowie Anhangs-, Modellchecker- und PDF-Buildregeln (**GD-D01–D12**; Build- und Modellskript prüfen lokal fail-closed, reine `docs/**`-Änderungen sind in `ci.yml` ausgenommen; **28 Gruppen**).

Gesamtregister: 3 `HART`, 54 `TEIL`, 60 `OFFEN`, 28 `OPT/DOK` (Summe: **145 Regelgruppen**).

A.2 Kurzübersicht der Prüfgebiete

Kürzel	Ampel	Bedeutung
M0-Basis, vor M1	●●○ TEIL	**Prüfpflicht:** Identität, Referenzen, Struktur und Grundgraph; vollständige atomare Normalform und Minimalitätsprüfung als Sollbasis jedes höheren Meilensteinpasses; Gültigkeit jeder verfassten Lerneinheit (R1, R3, R4). **Ist-Grenze:** Schema- und Graphvalidatoren prüfen Kernteile über alle geladenen Skill-Landschaften hart; `CQR-002` prüft explizite Typen kanonischer Gymnasialwurzeln; seit 11. November 2026 ergänzt `CQR-001` die vollständige `G17`-Prüfung für jede Wurzel des vollständigen kanonischen Gymnasialkatalogs (ein Verstoß setzt das Fach auf `M0`; in der CI hart über die zehn geschützten Floors). Nichtkanonische Wurzeln haben kein `G17`-Gate; ein Einheitenvalidator (R1, R3, R4) fehlt.
`M1`	●●○ TEIL	**Prüfpflicht:** Lesbares, nachvollziehbar registriertes Quelleninventar. **Ist-Grenze:** `CQR-000` über die zehn geschützten Floors und Status-Diff hart; noch kein Nachweis fachlich korrekter Mappings.
`M2`	●●○ TEIL	**Prüfpflicht:** Beidseitig quellenbelegte Sichten, Kursniveau-Mapping und Plausibilität. **Ist-Grenze:** `CQR-003/004/005` über geschützte Floors hart, jeweils mit ihrer tatsächlichen Statuslogik.
`M3`	●●○ TEIL	**Prüfpflicht:** Zusätzliche vollständige direkt atomare Orientierungs- und Terminalrouten in den benannten Scopes. **Ist-Grenze:** `CQR-101/102/103` in zwölf Profilen; `GVR-012/013` nur in Mathematikprofilen. Die globale Sollbasis wird dadurch nicht vollständig gegatet.
`M4`	●●○ TEIL	**Prüfpflicht:** Sichtbare Routenendpunkte und konkrete terminale Aufgaben. **Ist-Grenze:** Tatsächlich `CQR-104/201/202` über geschützte Floors; Katalogziel von `104` ist `M3`. Keine Sitzungskonformität bewiesen.

Kürzel	Ampel	Bedeutung
M5	TEIL	**Prüfpflicht:** Assessmentfreigabe/-deckung, aktuelle Atomaritätsreviews, Sichten und bereinigte Warnschuld; geprüfte Anwendungsdeckung jedes eigenen gewöhnlichen Einheitsziels (R2). **Ist-Grenze:** Tatsächlich CQR-203/301/401/501 sowie Kompositions-/Filtervalidatoren; Katalogziel von 203 ist M4, View-Dateizählung allein genügt nicht. R2 wird nicht geprüft: Es sind keine Einheiten verfasst.
M6	TEIL	**Prüfpflicht:** Begründete Memoryentscheidung, rückverfolgbare Karten/Decks und erforderliche Sichtbarkeit. **Ist-Grenze:** CQR-302 auf allen zehn geschützten M6/M7-Floors plus Kartenreviewcheck; keine Aussage über persönliche Fälligkeit oder Masteryentzug.
M7	TEIL	**Prüfpflicht:** Gleichzeitig aktuelle D/P/A/M/V-Nachweise für alle aktuellen curricularAtomic-Ziele, Pflichtchecks und keine Blocker; aktuelle zielgenaue Bindung des R2-Deckungsnachweises. **Ist-Grenze:** CQR-303 auf fünf M7-Floors unter allen unteren Stufen; keine Humanfreigabe, Erprobung, Wirkung oder allgemeine Runtimekonformität. Keiner der sechs Pflichtchecks deckt R2 ab.
Stufenübergreifend	TEIL	**Prüfpflicht:** Lernzustand, Erfüllung, Frontier, Personal Curriculum, Rollen, Fokus, Zieltyp- und Persistenzverträge; versionierte Anerkennungsverträge (R5). **Ist-Grenze:** Hüllencompiler (10. November 2026), Rückfall auf den Ausgangsumfang nicht kompilierbarer Kontexte (11. November 2026) und Sicht-/Rollenchecks belegt; übrige Laufzeit-/Interaktionsnachweise separat, kein pauschales Curriculum-M-Gate; R5 ist Vorbedingung, bevor Anerkennung eingeschaltet wird.
Konzept / optional	OFFEN OPT/DOK	**Prüfpflicht:** Neue globale Anerkennung, rekursive Units (OFFEN) sowie optionale Zeit-/Budgetplanung und offene Unit-Zugänge (OPT/DOK). **Ist-Grenze:** Keine implementierte neue Semantik oder harte Sperre aus M7 ableiten.
Artefakt / Dokument	TEIL OPT/DOK	**Prüfpflicht:** Austausch, Veröffentlichung, Rechte, Datenschutz (TEIL) und Dokumentabschluss (OPT/DOK). **Ist-Grenze:** Paket-, Lizenz- und Releasechecks in CI; lokaler Dokumentbuild ist keine Veröffentlichung oder Hostannahme.

A.3 Gatebezug und tatsächliche Reichweite

Die stabilen Codes benennen einzelne vorhandene Prüfungen (Reifegrad- und Routendokumentation, Graphregelverzeichnis). Die Legende erklärt jeden Code; der anschließende Zuordnungsschlüssel ordnet deren tatsächliche Wirkung auf die Meilensteine ein. Die Legende umfasst genau die in diesem Register zitierten acht GVR- und achtzehn CQR-Codes; weitere Validatorregeln werden dadurch weder eingeführt noch als geprüft behauptet.

Gate	Ampel	Tatsächliche Reichweite
GVR-001	HART	Ein Ziel darf keinen eigenen contains-Vorfahren direkt voraussetzen; lokale Skill-Landschaft (alle geladenen Skill-Landschaften).
GVR-003	HART	Ein Ziel darf seinen direkten contains-Elternknoten nicht direkt voraussetzen; lokale Skill-Landschaft (alle geladenen Skill-Landschaften).

Gate	Ampel	Tatsächliche Reichweite
GVR-006	TEIL	Ein Ziel darf kein direktes `contains`-Kind direkt voraussetzen; benannter Hessen-Rolloutbestand.
GVR-009	HART	Ein gespeicherter Strukturtyp muss zur Einordnung als Blatt oder Cluster passen; lokale Skill-Landschaft (alle geladenen Skill-Landschaften).
GVR-010	HART	Ein optionaler `shortKey` muss innerhalb der logischen Skill-Landschaft eindeutig sein; Sprachfassungen desselben Ziels dürfen dasselbe Paar verwenden.
GVR-012	TEIL	Harte vollständige direkte Atomroute für jedes ausgewählte Fachatom zwischen stufengleicher Orientierung und terminaler Autonomie; kanonische Mathematik Sek I und Sek II getrennt.
GVR-013	TEIL	Direkte lokale Voraussetzungen ausgewählter atomarer Nicht-Memory-Quellen müssen atomare Ziele haben; konfigurierte Mathematikprofile, kein globaler Kantencheck.
GVR-014	HART	Orientierungsziele sind voraussetzungsfreie Atome ohne Prüfungs-, Memory-, Beispiel- oder Assessmentmetadaten; alle geladenen Skill-Landschaften.
CQR-000	TEIL	Quelleninventare sind lesbar, mit amtlichen HTTP(S)-Quellen verknüpft und ihre extrahierten Ziele registriert.
CQR-001	TEIL	Seit 11. November 2026: Jede deklarierte Wurzel des vollständigen aktuellen kanonischen Gymnasialkatalogs besteht samt benötigter fachfremder Ziele und vererbender Vorfahren die gemeinsame Referenz- und effektive DAG-Prüfung, die atomare `requires`-Normalform, die Typkonsistenz und die transitive Minimalität (`G17`).
CQR-002	TEIL	Gespeicherte Strukturtypen stimmen mit der atomaren beziehungsweise Clusterstruktur überein.
CQR-003	TEIL	Bundeslandsichten sind atomar quellenbelegt und decken die registrierten Originalziele vollständig ab; Prüfung in beide Richtungen.
CQR-004	TEIL	Oberstufen-Quellziele passen zum `GK`/`LK`-Mapping der kanonischen Ziele; fehlende Kursangaben gelten für `GK`/`LK`, sofern keine geprüfte `LK`-Ausnahme vorliegt.
CQR-005	TEIL	Extrahierte Zielzahlen sind gegenüber der geprüften `HE`/`BW`-Vergleichsbasis plausibel oder ihre Abweichungen ausdrücklich geprüft.
CQR-101	TEIL	Vollständige Routen über effektive, auch geerbte Voraussetzungen verbinden Motivation und terminale Autonomie; konfigurierte QA-Scopes.
CQR-102	TEIL	Vollständige Routen über direkt verfasste atomare Voraussetzungen verbinden Motivation und terminale Autonomie; konfigurierte QA-Scopes.
CQR-103	TEIL	Die im QA-Scope ausgewählten Cluster tragen keine `requires`; kein globaler Nachweis für sämtliche Autorenkanten.
CQR-104	TEIL	Motivation und terminale Autonomie sind in den relevanten lernendenseitigen Kompositionssichten sichtbar; entsprechend konfigurierte Scopes.
CQR-201	TEIL	Terminale Autonomieziele der konfigurierten Scopes besitzen `exam Data`.
CQR-202	TEIL	Deren Prüfungsaufgaben sind konkret für den Prüfungsmodus nutzbar und keine Platzhalter.
CQR-203	TEIL	Deren Prüfungsmetadaten nennen Freigabestatus, abgedeckte Ziele, Inhaltsbereiche und Anforderungsniveau.

Gate	Ampel	Tatsächliche Reichweite
CQR-301	TEIL	Konfigurierte Atomaritätsreviews sind vollständig, aktuell und ohne offene Reviewbefunde.
CQR-302	TEIL	Memory-Entscheidungen, benötigte Karten und Decks sind rückverfolgbar; erforderliche Memorierziele sind in den konfigurierten Sichten sichtbar.
CQR-303	TEIL	Für einen nichtleeren aktuellen Bestand an curricular Atomic-Zielen liegen D/P/A/M/V gemeinsam vor, alle Pflichtchecks sind bestanden und es gibt keine Blocker; maschinelle QA, keine Humanfreigabe.
CQR-401	TEIL	Kompositionssicht-Dateien sind vorhanden; die tatsächliche Dateizählung beweist keine vollständige fachliche Sichtfreigabe.
CQR-501	TEIL	Aktive Applicability-Warnungen sind bereinigt und akzeptierte Warnungsnachweise passen zu den aktuellen Befunden.

A.4 Zuordnungsschlüssel

Die Registerzeilen nennen Prüfgebiete mit den folgenden elf Kürzeln. Jeder Absatz erklärt ein Kürzel mit seinen vorhandenen Prüfungen und deren Grenze.

BASIS. CQR-001 (Referenzen, effektiver DAG, atomare Normalform, explizite Typen und transitive Minimalität, also G17, über den vollständigen kanonischen Gymnasialkatalog seit 11. November 2026) und CQR-002 (explizite Strukturtypen) tragen Katalogziel M0. validate:graph hat weitere eigenständige GVR-/Integritätsprüfungen über alle geladenen Skill-Landschaften. Die Einheitsgültigkeit (R1, R3, R4) ist hier zugeordnet, hat aber noch keinen Validator. Daraus folgt keine vollständige Prüfung sämtlicher mathematischer oder Laufzeitregeln.

QUELLE. CQR-000 → M1; CQR-003/004/005 → Katalogziel M2. Erfasst werden Quelleninventar, View-Abdeckung, Kursniveau-Mapping und Plausibilität; die konkrete Statuslogik ist nicht überall gleich streng. Fachliche Richtigkeit folgt nicht allein aus der technischen Evidenzprüfung.

ROUTE. CQR-101/102/103 → M3, nur konfigurierte QA-Scopes. CQR-102 benutzt ausschließlich direkt verfasste atomare Kanten; CQR-103 verbietet **requires** auf den selektierten Clustern. GVR-012/013 sind zusätzliche begrenzte Profile, kein globaler Vollständigkeitsnachweis. CQR-104 hat Katalogziel M3, blockiert in der tatsächlichen Curriculum-Promotionskette erst M4.

EXAM. CQR-201/202/203 haben Katalogziel M4. 201/202 sind tatsächlich Voraussetzung für Curriculum-M4; 203 erst zusammen mit den Kernreviews für M5. Metadaten-/Task-Readiness-Prüfungen beweisen weder korrekte Benotung in einer Sitzung noch unabhängige Anwendungsdeckung jeder Bestehenskombination.

SICHT. CQR-401 und CQR-501 → M5. 401 zählt vorhandene View-Dateien, nicht deren vollständige fachliche Freigabe. Eigenständige validate:composition-views-/validate:view-filters-Gates prüfen weitere, jeweils begrenzte Struktur- und Projektionspflichten. Keine pauschale Gleichsetzung mit allen Laufzeitregeln.

REVIEW. CQR-301 → M5 (aktuelle semantische Atomaritätsentscheidungen), CQR-302 → M6 (Memory-Entscheidungen/Karten/Sichtbarkeit), CQR-303 → M7 (vollständige aktuelle D/P/A/M/V-Schnittmenge mit erforderlichen Checks und ohne Blocker). M7 bleibt maschinelle Curriculum-QA.

RT. Stufenübergreifender Laufzeit-/Interaktionsvertrag; kein Curriculum-M-Gate für diese Gesamtaussage benannt. Die einzelnen Implementierungen und Tests müssten separat nachgewiesen werden. Ihr Vorhandensein ist keine aktuelle Konformitätsprüfung.

KONZEPT. Verbindlich beschrieben, aber neue globale Anerkennung / rekursive Unit-Semantik laut Dokument noch nicht produktiv implementiert. Kein bestehendes Curriculum-M-Gate. Struktur- oder Inhaltsanteile dürfen für eine spätere Umsetzung zuständigen Prüfgebieten zugeordnet werden, ohne M7-Erfüllung zu erfinden.

OPTIONAL. Optionales Planungsprofil bzw. noch unentschiedene Ganzheitszugangspolitik. Kein Curriculum-M-Gate; keine neue harte Sperre aus dem Dokument ableiten.

ARTEFAKT. Eigenständiger Veröffentlichungs-, Austausch-, Rechte- oder Datenschutzvertrag; keine automatische M0–M7-Zuordnung. Ein spezifischer Paket-/Releasecheck muss mit seinem eigenen Umfang belegt werden.

DOKUMENT. Dokumentbuild, Formelmodell oder Diagrammprüfung; kein Curriculum-M-Gate und kein Runtime-/Wirksamkeitsbeleg.

A.5 Tatsächliche Aufstiegskette und weitere Gates

Für die tatsächliche Aufstiegskette sind die Funktionen `deriveScopeMaturity` und `deriveCurriculumMaturity` im Statusgenerator maßgeblich; die Katalogmetadaten allein berechnen keinen Reifegrad. Die tatsächliche Aufstiegskette verlangt CQR-104/201/202 erst für Curriculum-M4 und CQR-203 mit den Kernreviews für M5; die Katalogziele von 104 (M3) und 203 (M4) sind davon zu unterscheiden.

- **M0 → M1:** CQR-001/002 und CQR-000 müssen `pass` sein. Die beiden Graphregeln tragen Katalogziel M0; seit 11. November 2026 enthält CQR-001 die G17-Prüfung, deren Verstoß auch jeden Scope auf M0 setzt.
- **M1 → M2:** CQR-003 muss `pass` sein; CQR-004 blockiert bei `fail`, CQR-005 bei `warn`. `not_configured` dieser beiden Regeln blockiert im Aggregator nicht eigenständig.
- **M2 → M3:** Routenprofile müssen vorhanden sein; CQR-101/102/103 müssen in jedem konfigurierten Scope `pass` sein.
- **M3 → M4:** Vorhandene CQR-104 und CQR-201/202 müssen in jedem Scope `pass` sein. CQR-104 hat abweichend Katalogziel M3.
- **M4 → M5:** Alle Scope-CQR-203 sowie CQR-301/401/501 müssen `pass` sein. CQR-203 hat abweichend Katalogziel M4; CQR-401 zählt registrierte View-Dateien.
- **M5 → M6:** Zusätzlich CQR-302 `pass`.
- **M6 → M7:** Zusätzlich CQR-303 `pass`: nichtleerer aktueller `curricularAtomic`-Nenner, vollständige D/P/A/M/V-Schnittmenge, alle sechs Pflichtchecks und keine Blocker.

- Fehlende Routenprofile begrenzen einen sonst quellenreifen Stand auf `M2`. `CQR-004` blockiert im Aggregator bei *fail*, `CQR-005` bei *warn*; deren `not_configured` blockiert dort nicht eigenständig. `CQR-401` zählt View-Dateien. Quellenabdeckung bindet vorhandene parsebare registrierte Snapshots, nicht allein die vollständige Extraktion amtlicher PDF.
- Routen werden in zwölf expliziten Profilen für zehn Curricula geprüft: Mathematik und Physik jeweils Sek I/Sek II; Chemie und Biologie jeweils Sek II; Wirtschaftswissenschaften, Politik und Wirtschaft, Informatik, Geschichte, Deutsch und Latein jeweils stufenübergreifend. `GVR-012/013` gelten nur in ihren Mathematikprofilen (`GVR-012` bleibt auch im Legacy-Warnmodus ein Fehler); `GVR-013` umfasst direkte lokale atomare Quellen für Nicht-Memory-Atome, nicht sämtliche Fächer, Clusterquellen oder fachübergreifenden Kanten. `CQR-103` prüft die jeweils selektierten Cluster. Den atomaren Zielzustand $R \subseteq A \times A$ gatet `CQR-001` (nur kanonischer Gymnasialkatalog, hart über Floors); die geordnete Migration ist nur für an das Reduktionsnachweisregister gebundene Reduktionen belegt.
- Der Minimalitätsauditor läuft auch eigenständig mit CLI-/Kontrakttests (Checkmodus scheitert an Findings, Reportmodus kann Findings mit Exitcode `0` ausgeben); die CI führt seine Tests aus (`test:transitive-minimality`). Seit 11. November 2026 ist sein Nullbefund je kanonischer Gymnasialwurzel zusammen mit der atomaren Normalform über den Graphintegritätsadapter Teil von `CQR-001`; wo `CQR-001` besteht, fällt das bisherige Kriterium roher Kanten mit atomarer Minimalität zusammen. Vor den Statuszeilen prüft der Generator das Reduktionsnachweisregister gegen den vollständigen aktuellen kanonischen Katalog und bricht bei jeder Abweichung ab.
- Die Befehle `quality:curriculum-status`, `quality:curriculum-status:check` und `check:curriculum-maturity-floors` sind im Befehlsregister hinterlegt. Der Statusproducer berechnet und schreibt den Bericht; fachliche Warnungen oder Fehler senken die Reife, ohne allein seinen Exitcode zu ändern. Der CI-Workflow prüft anschließend über den Floorchecker die Floorpolicy und den Commitvergleich der erzeugten Dateien. Die Floorprüfung vertraut auf die numerisch berechnete Reife und identifiziert genau einen passenden Facheintrag; sie berechnet keine eigene `CQR-/G17`-Entscheidung. Fünf Curricula sind auf `M7` und fünf auf `M6` geschützt; Experimentalstände ohne Floor bleiben als `M0` berichtbar. Eigenständige Graph-, Routen-, Quellen-, Filter- und Kompositionschecks sind zusätzliche CI-Gates, keine automatisch weiteren `CQR`-Regeln.

Die Workflowtrigger sind manuell, Push nach `main` und Pull Request nach `main` unter den jeweiligen Pfadfiltern. Reine Dokumentänderungen sind grundsätzlich ausgenommen, erzeugte QA-Statusdateien wieder eingeschlossen. Kein bestehender CI- oder Buildbefund bestätigt allein alle Laufzeit-, Fach- und Wirkungsregeln.

Kennung / Ampel	Regel (Telegrammstil)	Prüfgebiet	Durchsetzung und Grenze

A.6 C – Formaler Kern

Kennung / Ampel	Regel (Telegrammstil)	Prüfgebiet	Durchsetzung und Grenze
GD-C01 TEIL §1.1	Endlicher Zielgraph (G, C, R); genau `contains` und `requires` sind verfasste Zielkanten. Inverse und nichtleere transitive Hülle sind eigene Operationen. DAG-Prüfungen gelten den jeweils benannten Relationen, nicht pauschal $C \cup R$.	`BASIS` (M0-Basis); semantische Definition stufenübergreifend	`BASIS`, `GVR-008` und Schema erzwingen endliche Zielmengen, zulässige Kantenfelder und getrennte DAGs; die mathematische Operationssemantik ist kein eigener `CQR`-Pass.
GD-C02 TEIL §1.1	`contains`: Elternziel → Kind; `requires`: abhängiges Ziel → Voraussetzung. Eine Lernablaufdarstellung in Gegenrichtung muss die Umkehrung ausweisen.	`BASIS` (M0-Basis) / Darstellung stufenübergreifend	`BASIS`/`ROUTE` verwenden die Richtung; Beschriftung ist keine `CQR`-Prüfung.
GD-C03 TEIL §1.2	Kanonische UUID-Identität ist injektiv und bleibt über Sprache, Platzierung und Ansicht erhalten; lokale Formelbuchstaben definieren kein anderes Speicherformat.	`BASIS` (M0-Basis); Identitätserhalt zusätzlich `RT`/ `ARTEFAKT`	`BASIS` sowie UUID- und View-Validatoren erzwingen ID-Format und Eindeutigkeit, nicht allein alle Versions-/ Migrationsgarantien.
GD-C04 TEIL §1.2	Basisattribute sind total: ID, Titel, strikt positives Gewicht. `description` ist verständlich und überprüfbar; `examples` sind Referenzen, kein Qualitäts- oder Kompetenznachweis.	`BASIS` (M0-Basis) für Form/ Datendomäne; M7 für aktuelle Inhaltsnachweise	Schema erzwingt die Pflichtfelder, `REVIEW` (auf M7-Floors) aktuelle Inhaltsnachweise; strikt positives Gewicht und Textgüte sind nicht global für alle Bestände gegatet.
GD-C05 HART §1.2	Optionaler `shortKey` ist je logischer Skill-Landschaft eindeutig; wiederholte Sprachdateien dürfen dasselbe ID-/`shortKey`-Paar verwenden.	`BASIS` (M0-Basis)	Durch `GVR-010` in `validate:graph` über alle geladenen Skill-Landschaften samt Lokalisierungsgrenze hart erzwungen.
GD-C06 TEIL §1.2	`phase` ist Kompatibilitäts-/ Anzeigemetadatum, keine Identität oder Sequenzierung. `area`/`tags` ersetzen keine autoritative Zieltyp-/ Scopeentscheidung; `level` ist Schwierigkeit; `core` entscheidet nicht allein den gewählten Pflichtumfang; `weight` bedeutet Fortschrittsanteil, weder Dauer noch Nachweisstärke; neue optionale Materialien gehören in Inhaltspakete.	Stufenübergreifender Modellvertrag; M2/M5 für jeweilige Mapping-/ Sichtbelege; Materialvertrag `ARTEFAKT`	Content-Package-Validator und `GVR-008` sichern die Materialtrennung; kein einzelnes Gate prüft sämtliche Feldbedeutungen. Zu Quellen/ Materialien siehe `GD-X38`–`GD-X43`.
GD-C07 HART §1.3	Strukturell atomar genau bei fehlenden `contains`-Kindern; sonst Cluster. Polyhierarchie erlaubt; explizite Typen müssen passen. Pädagogische Arten sind keine neuen Strukturtypen oder Programmeinheiten.	`BASIS` (M0-Basis)	Strukturtyp, Blatt-/ Clustereinordnung, Polyhierarchie und Trennung von Programmeinheiten durch `GVR-009`, `CQR-002` und Schema global hart erzwungen; semantische Arten regelt `GD-C08` gesondert.
GD-C08 TEIL §1.3	Ein Blatt ist nicht schon semantisch atomar; mehrere unabhängige Teilkompetenzen können die Inhaltsprüfung verfehlen.	M5, vertiefte aktuelle Bindung M7 (`REVIEW`)	Durch `CQR-301` und `CQR-303` über die zehn geschützten M6/M7-Floors hart abgesichert; ungeschützte Bestände bleiben darunter, der Strukturtyp allein reicht nicht.

Kennung / Ampel	Regel (Telegrammstil)	Prüfgebiet	Durchsetzung und Grenze
GD-C09 TEIL §2.1	`Anc`/`Desc` verwenden nichtleere `contains`-Pfade; Atoms(a) = $\{a\}$, sonst atomare Nachfahren. Im endlichen DAG hat jeder Cluster Blätter; Mengen zählen Mehrfachpfade nur einmal. Kinderlos heißt Atom, nicht leerer Cluster.	`BASIS` (M0-Basis); `RT` für Auswertung	`BASIS` belegt Strukturteile, nicht sämtliche Aggregationspfade.
GD-C10 TEIL §2.2	Mehrere Voraussetzungen gelten konjunktiv. Alternativen benötigen einen eigenen Auswahlvertrag; R ist azyklisch.	`BASIS` (M0-Basis); Auswahlvertrag separat	`BASIS` für DAG; keine stillschweigende ODER-Semantik.
GD-C11 TEIL §2.2; §2.3	Alle fachlichen Voraussetzungen werden im Zielzustand vollständig zwischen atomaren Lernzielen verfasst: $R \subseteq A \times A$. Clustervererbung bleibt Übergangsmechanismus und ersetzt keine vollständige atomare Modellierung. Keine atomare Route zugunsten einer geerbten Repräsentation entfernen.	`BASIS` (M0-Basis/ Soll, vor M1): notwendige Voraussetzung der vollständigen `G17`-Prüfung; keine Verschiebung auf M3	Seit 11. November 2026 meldet `CQR-001` jede verfasste Anforderung mit nichtatomarem Quell- oder Voraussetzungsziel für jede kanonische Gymnasialwurzel samt benötigter Hülle; ein Befund setzt das Fach auf `M0`. Die CI scheitert daran nur über die geschützten Floors; andere kanonische Fächer berichten `M0`, nichtkanonische Wurzeln werden nicht geprüft. `ROUTE` prüft zusätzlich Teilscopes.
GD-C12 TEIL §2.3	Effektive direkte Anforderungen sind eigene plus alle von `contains`-Vorfahren geerbten; mehrere Eltern liefern Mengenvereinigung. Vererbung und transitive Hülle sind verschieden.	`BASIS` (M0-Basis für gültigen Übergangsbestand); `RT`	`validate:graph` prüft effektive Zyklen; das ist kein Beleg sämtlicher Laufzeitauswertungen.
GD-C13 OFFEN §2.3	Erst effektive Anforderungen atomar expandieren, dann transitive Hülle bilden; weiterführende Anforderungen expandierter Atome bleiben enthalten. Mastery eines Zwischenziels beendet die Hülle nicht.	`BASIS` (M0-Basis/ Soll für normalisierte Gültigkeit); `RT`/ `KONZEPT` für Ergebnisableitung	Nicht pauschal durch `CQR-001` oder historischen `G17`-/Completion-Test gedeckt.
GD-C14 TEIL §3.1	`contains`, direktes `requires` und effektives `requires` sind azyklisch; auch durch atomare Expansion entstehende Selbst-/ Rückabhängigkeiten sind ungültig.	`BASIS` (M0-Basis)	`BASIS` und effektive DAG-Prüfungen bestehen nur mit ihren tatsächlich geprüften Relationen; vollständige atomare Expansion gesondert belegen.
GD-C15 TEIL §3.1	Direkte und von Vorfahren geerbte gleiche Anforderung sind lokal doppelt. Bei Migration darf die Beseitigung dieser Doppelung die vollständige atomare Repräsentation nicht zurücknehmen.	`BASIS` (M0-Basis/ Soll, vor M1, gemeinsam mit der atomaren Normalform)	`CQR-001` meldet redundante verfasste Anforderungen einschließlich Doppelungen geerbter Anforderungen sowie nichtatomare Anforderungen in kanonischen Gymnasialwurzeln (hart über geschützte Floors); gelieferte Entfernungen sind an das nachgespielte Reduktionsnachweisregister gebunden. Nichtkanonische Wurzeln werden nicht geprüft.

Kennung / Ampel	Regel (Telegrammstil)	Prüfgebiet	Durchsetzung und Grenze
GD-C16 TEIL §3.1	Transitive Minimalität ist verbindlich. Erst vollständige atomare Voraussetzungen herstellen/erhalten, danach redundante nichtatomare Anforderungen entfernen, danach atomare transitive Reduktion. Der bisherige rohe Ursprungskantentest mit geerbtem Alternativpfad allein rechtfertigt keine Atomkantenlöschung.	BASIS (M0-Basis/Soll, vor M1): vollständige G17-Prüfung am atomaren Zielstand; Verstoß oder unvollständige Prüfung sperrt jeden Fach-Meilensteinpass M1–M7	Seit 11. November 2026 führt CQR-001 die vollständige G17-Prüfung (atomare Normalform und transitive Minimalität einschließlich benötigter fachfremder Ziele und vererbender Vorfahren) für jede Wurzel des vollständigen kanonischen Gymnasialkatalogs aus; ein Verstoß setzt das Fach auf M0 und sperrt so M1–M7, ein unvollständiger Katalog bricht den Statuslauf ab. In der CI hart nur über die geschützten Floors; andere kanonische Fächer berichten M0, nichtkanonische Wurzeln werden nicht geprüft. Das Bestehen belegt den erreichten Zustand; die Migrationsreihenfolge ist nur für an das Nachweisregister gebundene Reduktionen belegt. CQR-102/GVR-012 bleiben direkt atomar.
GD-C17 TEIL §3.1	Reduktion einer festen atomaren Relation erhält deren Hülle. Bei Änderungen des gemischten Bestands Vererbung/Expansion neu berechnen; atomaren Bedarf und einschlägige Scope-/Anwendbarkeits-/Frontierverträge erhalten. Alte Clusterknoten-Erreichbarkeit ist keine allgemeine Erhaltungsinvariante.	Stufenübergreifender Migrationsvertrag; seine Erfüllung trägt den atomaren G17-Zielstand als BASIS (M0-Basis/Soll vor M1)	Registrierte Voraussetzungsreduktionen des kanonischen Gymnasialkatalogs werden in jedem Statuslauf mit ihren Zeugen gegen digestgebundene Ausgangs- und Ist-Dokumente nachgespielt; ein Fehler bricht den Lauf ab. Das deckt den Hüllenanteil gelieferter Reduktionen. Den Erhalt der weiteren Scope-, Anwendbarkeits- und Frontierverträge belegt das nicht allgemein, ebenso wenig für nichtkanonische Wurzeln; ein raw/effective Reachability-Vergleich allein beweist die zulässige Migration nicht.
GD-C18 TEIL §3.1	Identitäten und Referenzen sind auflösbar; unbekannte Ziele gelten nicht als erfüllte Voraussetzungen.	BASIS (M0-Basis) + RT	BASIS für Referenzen; Fail-closed-Laufzeitsemantik separat.
GD-C19 TEIL §3.2	Ein-Eltern-Baum ist optionales Zusatzprofil, keine globale DAG-Pflicht. Verbot eigener Vorfahren ist profilbezogen; eigene Nachfahren können schon effektive Selbstabhängigkeit erzeugen.	BASIS (M0-Basis für tatsächliche Zyklen); Zusatzprofil separat	GVR-001/003/006 haben deklarierte Scopes; keine generelle Baumforderung.
GD-C20 TEIL §3.2	Graphgültigkeit, Projektionsgültigkeit und vollständige Lernbarkeit aus erklärtem Eintrittszustand sind verschiedene Aussagen. Atomare Selbstabhängigkeit und leerer Einstieg können Lernbarkeit widerlegen.	BASIS (M0-Basis) + SICHT; Lernbarkeitsprofil separat	Ein einzelner grüner Validator beweist nicht alle drei.
GD-C21 TEIL §3.3	Jedes nicht ausdrücklich ausgenommene Atom liegt auf direkter atomarer Route Orientierung → Atom → terminale Autonomie. Ausnahmen brauchen dokumentierten maschinenlesbaren Auswahlvertrag; Cluster sind keine Routenbrücken.	M3 (ROUTE)	ROUTE; GVR-012 nur im deklarierten Profil. Formel ist Strukturkriterium, kein Didaktikbeweis.

Kennung / Ampel	Regel (Telegrammstil)	Prüfgebiet	Durchsetzung und Grenze
GD-C22 TEIL §3.3	Routenprofile bestimmen Stufe, Zielarten, Reihenfolge und Prüfumfang. Memory-Unterstützung ist nur bei Bedarf, keine überall verpflichtende Zwischenstufe.	M3 (ROUTE); Memory-Inhaltsentscheidung M6 (REVIEW)	CQR-101/102/103 und GVR-012/013 gelten scoped; CQR-302 separat.
GD-C23 OFFEN §3.3	Clusterübersichten dürfen aus atomarer Erreichbarkeit abgeleitet werden. Existenzielle Zusammenfassung ist keine universelle Voraussetzung; Prozentabdeckung braucht erklärten Nenner; keine neuen Cluster-`requires`.	Stufenübergreifende Darstellung; Verbot neuer Cluster-Autorenkanten folgt aus BASIS (M0-Basis/Soll vor M1)	Kein CQR-Pass allein für Darstellungssemantik.
GD-C24 OFFEN §4.1	Genau ein gespeicherter binärer Zustand pro Atom; Teilbewertung schafft keine dritte Masterystufe. Gewöhnliche Erfolge belegen Verstehen, Sondertypen nutzen eigene Abschlussverträge.	RT, stufenübergreifend	Kein Curriculum-M-Gate; siehe Zieltypregister.
GD-C25 OFFEN §4.1	M_{eff} ist ausdrückliche Mastery vereinigt mit Ableitungen dauerhaft gültiger lokaler Verträge. Wirkt global auf Voraussetzungen/IST und über Fokuswechsel; keine synthetischen Masterydatensätze. Orientierung bedeutet nur erledigten Einstieg.	KONZEPT, kein M-Gate	Neue globale Anerkennung ausdrücklich noch nicht implementiert; M7 beweist sie nicht.
GD-C26 OFFEN §4.1	Sat(g) genau bei nichtleerer atomarer Basis vollständig in M_{eff}. Gemeistertes abhängiges Inhaltsziel allein belegt Voraussetzungen nicht; Clusterabschluss schreibt Kinder nicht zurück.	RT/KONZEPT	Anhang B nennt historische Abweichung core-basierter Clusteraggregation; aktuelle Konformität separat.
GD-C27 OFFEN §4.2	Globale Frontier enthält unbeherrschte Atome mit sämtlichen transitiven effektiven atomaren Voraussetzungen; kein Stopp an gemeisterten Zwischenzielen, keine Erfüllung durch bloße Teilbearbeitung.	RT/KONZEPT	Kein Curriculum-M-Gate für diese Gesamtaussage.
GD-C28 OFFEN §4.2	Separate Clusterfrontier benutzt eigene/geerbte atomare Basis samt transitiver Hülle und ersetzt atomare Lernfrontier nicht. UI kann weitere explizite Auswahlregeln anwenden.	RT	Keine Gleichsetzung mathematischer Frontier mit jedem Menü.
GD-C29 TEIL §4.3	Gewichteter Fortschritt zählt eindeutige Zielatome, nicht zugleich Cluster und Kinder. Nur positive Gewichte; leere Zielmenge erhält keinen erfundenen 100%-Wert. Einheitliche Gewichte sind Domänenkonvention, keine Pflicht; Personal Curriculum bestimmt Pflichtumfang. Fortschrittsanteil ist weder individuelle Teilmastery noch Note/Wahrscheinlichkeit.	RT; Attributbasis BASIS (M0)	Schema fordert numerisches `weight`, der Hüllencompiler (10. November 2026) fixiert den persönlichen Nenner L; kein globales Gate für positives Gewicht und alle Anzeigeformeln.
GD-C30 OFFEN §4.3	Segmentierung darf ausdrückliche und implizite Beiträge trennen, Gesamtfortschritt zählt beide. Ein nur ausdrücklicher Zähler muss als solcher bezeichnet sein.	RT/KONZEPT	Neue gemeinsame Anerkennung nicht durch M7 oder bestehende Anzeige belegt.

Kennung / Ampel	Regel (Telegrammstil)	Prüfgebiet	Durchsetzung und Grenze
GD-C31 TEIL §5.1	Filter ist Prädikat; Applicability ist partielle dimensionale Zuordnung. Fehlende Dimension uneingeschränkt, vorhandene leere Wertemenge schließt konkrete Werte aus, ALL ignoriert Einschränkung nur als Abfragewert und wird nicht gespeichert. Ungeklärte persönliche Stufe bleibt ungeklärt.	SICHT/RT; M2/ M5 nur jeweilige Quellen-/ Warnschuldanteile	Filtervalidator und CQR-501 prüfen kompilierte Anwendbarkeit in kanonischen Scopes; kein pauschaler Beleg sämtlicher Laufzeitfilterfälle.
GD-C32 TEIL §5.1	Applicability-Overrides begründen Ausnahmen; Runtime verwendet kompilierte Anwendbarkeit. Sichtbarkeit beweist keine Quellenabdeckung.	M2 (QUELLE) für Quellenbeleg; M5 (SICHT) für Warnschuld; RT	QUELLE/SICHT getrennt; akzeptiertes Overlay ersetzt keine CQR-003-Abdeckung.
GD-C33 TEIL §5.2	Vollständige transitive atomare Hülle vor Sicht-/Fokusbeschränkung erhalten; globale Vererbung und Expansion gehen voraus. Nach Ownerregel vom 10. November 2026 bildet sie mit den gewählten Ausgangszielen den festen persönlichen Lernumfang L. Ausgeblendete Kinder machen Cluster nicht zu Atomen.	SICHT/RT	Vollständige Hüllen- und Identitätserhaltung separat prüfen; die bestehende opake goal Entry-Atomisierung ist eine offene Implementierungslücke.
GD-C34 OFFEN §5.3	Normalmodus beschränkt global berechnete transitive atomare Anforderungen auf Fokusendpunkte; leere relative Basis blockiert nicht. Strict prüft globale Voraussetzungen bei Kandidaten im Fokus. Strict-Frontier ist Teilmenge der Normalfrontier. Ausgeblendete Voraussetzungen werden nicht gemeistert.	RT/KONZEPT	Kein Curriculum-M-Gate. Die globale Closure vor Filterung ist gesondert zu prüfen.
GD-C35 OFFEN §5.3	Bei $g \to x \to p$ und Fokus $\{g, p\}$ bleibt p im Normalmodus erforderlich; Strict prüft zusätzlich x. Mastery von x entfernt die transitive Forderung an p nicht.	RT/KONZEPT	Eigenständiger Transitivitätsfall, nicht durch direktes Nachbarschaftsgate bewiesen.
GD-C36 OFFEN §5.4	Globale Diagnose nennt alle fehlenden transitiven Atome und unterscheidet innen/außen. Direkte Clusterlisten genügen nicht; Diagnose erzeugt weder Kanten noch Mastery und ist nicht identisch mit Normalmodusblockern.	RT	Kein Curriculum-M-Gate.

A.7 X – Kontext, Sicht, Zieltypen, Herkunft und Qualität

Kennung / Ampel	Regel (Telegrammstil)	Prüfgebiet	Durchsetzung und Grenze
GD-X01 TEIL §6	Ziele, Programme, Platzierungen, Kompetenzachsen und Kompositionssicht haben getrennte Aufgaben. Umordnung erzeugt keine neue Kompetenz und löscht keine Ergebnisse; breite Taxonomiekategorien sind keine konkreten Kompetenzen.	Stufenübergreifender Modellvertrag; M5-Soll (SICHT) für bereitgestellte Sichten	Schema und Kompositionsvalidator trennen die Ebenen strukturell; eine vollständige Migration aller Bestände ist nicht behauptet.
GD-X02 TEIL §6.1	Identität bleibt über neue Platzierung erhalten. Programmtyp exam ist kein Prüfungsziel; phase erzeugt keine contains-/requires-Kanten. Historische Jahresbäume sind Kompatibilität, keine dauerhafte fachliche Identität.	BASIS (M0-Basis für Identität); SICHT/RT für Projektion	BASIS/SICHT nur Teilpflichten.
GD-X03 TEIL §6.2	programUnits bilden Baum/Wald; goalPlacements unterscheiden primary, secondary und assessed. Zusätzliche Relevanz/Prüfungsbezüge erzeugen keine sichtbaren Zielkopien.	M5-Soll / SICHT	Schema und Kompositionsvalidator erzwingen Struktur und Duplikatfreiheit kompilierter Sichten; CQR-401 allein zählt nur Dateien.
GD-X04 TEIL §6.2	Im aufgelösten Kontext genau ein passender primärer Anker; fehlende Platzierung erlaubt keinen erfundenen Elternknoten. Mehrere passende primäre Platzierungen brauchen geprüfte Auflösung. Kontext ändert Ziel-ID nicht.	M5-Soll / SICHT	Platzierungs-/Projektionschecks separat; keine automatische Reviewbehauptung.
GD-X05 OFFEN §6.2	Inhaltsansicht folgt contains, Programmansicht Einheiten/ Platzierungen, Kompetenzansicht Katalog-/Kompetenzreferenzen. Kindreihenfolge kommt aus deklarierter Datenordnung; topologische Lernreihenfolge ist eine gesonderte Ansicht.	SICHT/RT	Kein allgemeines M-Gate für alle Darstellungssemantiken.
GD-X06 TEIL §6.3	Kompositionssichten enthalten Struktur/Reihenfolge und kanonische Referenzen, keine neu verfassten Atome oder requires. Renderer darf maßgebliche Sicht nicht durch Titel-/ Phasen-/Platzierungsheuristik ersetzen.	M5-Soll (SICHT); RT	Kompositionsvalidator erzwingt referenzbasierte Sichten ohne eigene Atome oder requires; der UI-Renderer-Vertrag bleibt gesondert.
GD-X07 HART §6.3	Aufgelöster Standardbaum zeigt jedes Ziel höchstens einmal und unter höchstens einem Elternknoten. Polyhierarchie benötigt deterministisch geprüfte Auflösung; Rollenauflösung allein legitimiert keine Duplikate.	M5-Soll / SICHT	Durch CPV-004/005/006 im Kompositionsvalidator für alle Kompositionssichten hart erzwungen; keine globale Ein-Eltern-Pflicht für kanonische Ziele.
GD-X08 TEIL §6.3	Früh kompilieren: Kontext/Sicht auswählen, Referenzen und vollständige Voraussetzungshülle auflösen, explizite Rollen und sichtbare Eltern prüfen, Ergebnis vor UI-Rendering validieren.	M5-Soll / SICHT	Kompositions-, Rollen- und Filterchecks prüfen die statische Kompilierung kanonischer Sichten; CQR-401 zählt nur Dateien, die fachübergreifende APV-102-Anpassung ist offen.

Kennung / Ampel	Regel (Telegrammstil)	Prüfgebiet	Durchsetzung und Grenze
GD-X09 ●○○ OFFEN §6.3	Kein kanonischer Cluster darf durch `goalEntry` oder Anzeigeverdichtung zum eigenständig abschließbaren Ersatzatom werden; die Regel gilt unabhängig von einem Semantic-Kind-Review. Kanonische Atombasis und erforderliche Voraussetzungsketten bleiben erhalten. Keine neuen View-`requires` oder Masteryübertragung auf Kinder.	M5-Soll / SICHT	CPV-009 sperrt nur `curricular Area` in Sichten; die bestehende Cluster-Atomisierung in der Laufzeit ist noch nicht korrigiert, kein M7-Nachweis.
GD-X10 ●○○ OFFEN §7.1	Katalognavigation liegt vor Personalisierung. Level 1 Basiscurriculum, Level 2 backendverantworteter dauerhafter Umfang, Level 3 temporärer Fokus mit einem aktiven Atom, Level 4 binäres Ergebnis an stabiler ID. Sicht-/Fokuswechsel erhält Ergebnisse, Clusterstand ist abgeleitet.	RT, kein Curriculum-M-Gate	Keine vollständige Implementierungsaussage aus QA-Reife.
GD-X11 ●○○ OFFEN §7.1	LK ist Fachattribut, keine implizite Stufe; fehlende Stufe bleibt offen. Level-2-Änderung revalidiert Fokus/ aktives Ziel, vergibt/löscht keine globalen Ergebnisse. Konfiguration erfolgt in vorgesehenen Skill Pilot-Oberflächen, nicht selbständig im OpenAI-V1-Coach.	RT	Anbieter-/Autorisierungsvertrag ist kein M7-Gate.
GD-X12 ○●○ TEIL §7.1	L umfasst Ausgangsziele und alle notwendigen atomaren Voraussetzungen, unabhängig von Mastery; gemeisterte Ziele bleiben erfüllt im Nenner. Fokus verengt nur Arbeit, nicht Gesamtfortschritt oder Abschluss. Notwendige offene Atome brauchen ein Erwerbsziel im Gesamtplan; jede kanonische ID zählt einmal.	SICHT/RT; M2/ M5 nur konkrete View-Anteile	Ownerregel vom 10. November 2026; Backend/WebGUI umgesetzt. Vollständige native, Curriculum- und Remote-Abnahme separat; CQR-Reife ist dafür kein Nachweis.
GD-X13 ○●○ TEIL §7.2	Verfasste Fachrollen und ihre Spezifität bleiben: fehlende Rolle `target`, direktes `goalEntry` vor Teilbaum, nähere Wurzel vor breiterer, bei Gleichstand `target`. Keine Ableitung aus Alter/Phase. Die ausdrückliche persönliche Hüllenregel ergänzt notwendige Ziele; fachlokales `prerequisiteOnly` ist bei Erwerbsziel anderswo in L zulässig.	SICHT/RT	CPV-008, Rollentests und Hüllencompiler prüfen `projection Role` und Spezifität; kein einzelnes CQR-Gate beweist sämtliche Überlappungsfälle.

Kennung / Ampel	Regel (Telegrammstil)	Prüfgebiet	Durchsetzung und Grenze
GD-X14 TEIL §7.2	Verfasste Ausgangsreferenzen bleiben hart geprüft. Die kompilierte Zielrolle eines notwendigen Atoms mit geprüftem kanonischem Pfad und Herkunft genügt ohne manuelle Referenz je Atom. Unbekannte Referenzen, Zyklen und fehlende oder nicht erreichbare notwendige Atome sind Fehler von Validierung, Curriculum-QA und nativer Abnahme; nach der Entscheidung vom 11. November 2026 behält ein Lesezugriff auf einen nicht strikt kompilierbaren Lernkontext den geprüften Ausgangsumfang ohne abgeleitete Hülle, beansprucht keine Lernbasis, bietet kein Ziel mit gebrochenem Bedarf an und protokolliert einmal je Curriculum und Fehlercode. Fehler der Ausgangsauswahl bleiben hart. Normalmodus ignoriert gültige Außenfokusanforderungen weiterhin.	Stufenübergreifender Projektions-/ RT-Vertrag	CPV-002 und validate:graph erzwingen Referenz- und Zyklusfehler, die persönliche Hülle (10. November 2026) und der Rückfall auf den Ausgangsumfang (11. November 2026, b511654efb, mit Regressionstests) sind im Backend umgesetzt; Anwendbarkeits- und Migrationsabnahme bleiben gesondert.
GD-X15 TEIL §7.3	Applicability beschreibt belegte Sichtbarkeit, Platzierung strukturellen Ort, keines bedeutet Mastery. Deklarierte Mappingvererbungsgrenzen schützen Ergänzungszweige vor falscher breiter Provenienz; direkte Quellen bleiben. Lokale Endpunktsichtbarkeit darf unter eigenem Vertrag aus requires folgen, beweist aber keine Quellenabdeckung.	M2 (QUELLE) für Quellenbelege; M5 (SICHT) für Warnschuld/ Sichten; RT	QUELLE/SICHT; Grenzen und abgeleitete Applicability sind keine automatische CQR-003-Erfüllung.
GD-X16 OFFEN §7.4	Fokus ist Union ausgewählter sichtbarer Wurzeln/Nachkommen innerhalb des Personal Curriculum. Normal prüft interne transitive effektive Anforderungen, Strict global; Ignorieren außen vergibt keine Mastery.	RT	Verweis auf GD-C33–GD-C35, kein zusätzlicher Curriculum-M-Gate.
GD-X17 OFFEN §7.4	Fokusausweitung folgt eindeutigem sichtbarem Elternpfad, ist echte Obermenge mit mindestens einem offenen Ziel; ersetzt nur betroffene Mehrwurzelzweige und erhält unabhängige Wurzeln. Coach übernimmt vollständige Backendoption und wartet auf Zustimmung.	RT	Eigenständige Backend-/ Interaktionskonformität, kein M-Gate.
GD-X18 OFFEN §7.4	Erst tatsächlicher Fokusabschluss rechtfertigt Ausweitung; leere Frontier kann Blockade sein. Neue Voraussetzungen werden regulär geprüft; bloßes Nachfolger-Mastery wirkt nicht rückwärts, gültig anerkannte Anwendung bleibt dagegen global erhalten und wird nicht wieder geöffnet.	RT/KONZEPT	Globale Anerkennung noch Konzept; Abschluss-/ Leermengenunterscheidung separat.

Kennung / Ampel	Regel (Telegrammstil)	Prüfgebiet	Durchsetzung und Grenze
GD-X19 TEIL §8	Graph erhält zieltypgerecht aufgelöstes binäres Ergebnis, beurteilt Antworten/Gespräche/Karten nicht selbst. Gewöhnliches Verstehen muss verlangte Aspekte abdecken; einzelne richtige Aufgabe ist nicht automatisch Gesamtbeherrschung, aber auch keine unbegründete Mindestaufgabenzahl.	RT; inhaltliche positive Nachweise M7 (REVIEW)	CQR-303/P prüft Inhaltsprofile, nicht tatsächlichen Lernerfolg jeder Sitzung.
GD-X20 OFFEN §8.1	Ausreichend belegter Erfolg wird unmittelbar gespeichert; erst bestätigte Speicherung erlaubt Erfolgsaussage. Zusätzliche Speicherzustimmung ist keine Abschlussbedingung. Neues Thema erst nach backendgewähltem Angebot und erkennbarem Einverständnis.	RT	Persistenz-/Coachvertrag, kein M-Gate.
GD-X21 TEIL §8.2	Orientierung vermittelt ehrliche positive Möglichkeiten, prüft weder Vorwissen noch Fachkompetenz/ Abruf/Transfer; keine Motivationsprozente. Reine voraussetzungsfreie atomare Einstiege ohne Prüfungs-/Memory-Metadaten.	BASIS (M0-Basis)/M3 (ROUTE) für Struktur; RT für Gespräch	GVR-014 strukturell; Routenprofile für Einbettung; Dialogqualität nicht dadurch bewiesen.
GD-X22 OFFEN §8.2	Interesse wählen beginnt Vertiefung statt Abschluss. Konkrete Verbindung, persönliche Reaktion; nach sinnvoller Antwort oder explizitem Ausstiegswunsch positive Zusammenfassung mit gesondertem Abschlussangebot; erst weitere Zustimmung schließt ab. Nicht auf Inhaltsziele übertragen.	RT	Kein Curriculum-M-Gate für Interaktionsfolge.
GD-X23 OFFEN §8.2	Beim echten Einstieg ohne Fachfortschritt sind offene Orientierungsziele einzige auswählbare Frontierziele; bestehender Fortschritt führt nicht zurück zur Einstiegssperre.	RT	GVR-Routen-/Orientierungsstruktur beweist keine personalisierte Frontiereintrittslogik.
GD-X24 TEIL §8.3	Memorierziel bündelt erforderliche Karten. SRS-Übung und kontrollierter verifizierter Abruf sind getrennte Prozesszustände; Umdrehen/ Selbsteinschätzung ist kein Abrufnachweis. Genau ein Zielergebnis, keine zusätzlichen Masterystufen.	RT; M6 (REVIEW) nur Memory-Inhaltsbegründung	CQR-302 prüft keine individuellen SRS-/Prüfergebnisse.
GD-X25 OFFEN §8.3	Wiederholungen gehören zum Karteikartenlernen; der Abschluss des Kartenziels benötigt seinen eigenen ausdrücklichen Prüfnachweis. Spätere Fälligkeit allein nimmt diesen Abschluss nicht zurück. Gewöhnliche abgeschlossene Ziele erhalten keine Wiederholungsfälligkeit und keine daraus abgeleitete Mastery-Rücknahme; freiwillige Wiederholung bleibt davon getrennt.	RT, bindende Ownerentscheidung; kein Curriculum-M-Gate	Individueller Übungsprozess und dauerhaftes Zielergebnis sind getrennt. Historische Codebeschreibungen sind datierte Befunde, keine abweichende Sollregel. Der Vertrag benötigt keine zusätzliche Prüfungsentität und kein neues Schema; eine Beschreibung ist kein Implementierungsnachweis.

Kennung / Ampel	Regel (Telegrammstil)	Prüfgebiet	Durchsetzung und Grenze
GD-X26 TEIL §8.3	Erforderliches Deck muss vollständig aufgelöst und gültig sein; fehlende Karten dürfen nicht als leeres automatisch abgeschlossenes Deck gelten.	M6 (REVIEW) für verfasste Deckintegrität; RT für individuellen Abschluss	Memory-Card-Reviewcheck und CQR-302 erzwingen verfasste Deckintegrität in CI bzw. M6/M7-Floors; der individuelle Laufzeitabschluss bleibt getrennt.
GD-X27 OFFEN §8.3	Beschriebener SRS-Prozess hält Intervall, Wiederholungszähler, Ease und nächste Fälligkeit; ohne Zustand fällig, erfolgreiche Übung verlängert, unzureichende Übung setzt Folge zurück. Zeitplanung ersetzt keinen verifizierten Abruf.	RT	Dokumentierter Prozess, kein M6-Beweis seiner Laufzeitkonformität; kein Masteryentzug daraus ableiten.
GD-X28 OFFEN §8.3	Kontrollierter Abruf darf beim aktiven Memoryziel trotz offener SRS-Warteschlange beginnen. Zuerst Frage, eigenständige Antwort, dann erwartete Antwort und Abrufbewertung. Bestehen aktualisiert Übungsspur; Fehlschlag betrifft Kartenprozess.	RT	Kartenprozess und Zielabschluss sind getrennte Aussagen. Bloße spätere Fälligkeit nimmt einen Abschluss nicht zurück; ein neuer Masteryentzug wird hier nicht eingeführt.
GD-X29 TEIL §8.4	Examziel hat Aufgabe, Lösung und Raster; gültige Schrittpunkte ergeben $score = \min(\sum_j p_j, maxPoints)$, bestanden ab *passingPoints*. Formel legitimiert weder erfundene/negative Punkte noch Inhaltsänderung.	M4/M5 (EXAM) für verfasste examData; RT für Bewertung	Schema, GVR-016 (Tabellen global) und EXAM (in Scopes/Floors) prüfen examData; die tatsächliche Sitzungsbewertung ist kein M-Gate.
GD-X30 OFFEN §8.4	Normaler Lernzugang prüft transitive effektive Voraussetzungen. Bewusst gewählter direkter Prüfungsversuch wird durch fehlende Vorbereitungsmastery nicht gesperrt; Aufgabe, Scope und autorisierte Sitzung bleiben erforderlich. Direkter Zugang ist keine globale Anerkennung.	RT	Keine M7-Zusage; ganzheitliches späteres Sperrprofil bleibt offen.
GD-X31 OFFEN §8.4	Prüfung zeigt vollständige unveränderte Aufgabe, ohne inhaltliche Hilfe; vollständige Abgabe nach Raster. Erfolg sofort speichern/ Bestätigung abwarten. Fehlversuch speichert weder Ergebnis noch Punkte und lässt vorherige Mastery bestehen.	RT	Metadatenchecks beweisen keine Sitzungskonformität.
GD-X32 OFFEN §8.4	Feedback enthält Ergebnis/Punkte/ Begründung/Lösung; neues Material nach Entscheidung. Unbegrenzte Wiederholung bleibt möglich; bekannte Lösung erzeugt keine neue Ergebnisstufe. Höhere Anwendungsanerkennung benötigt geprüften lokalen Inhaltsvertrag, keinen zweiten Personstatus oder Folgeprüfung.	RT/KONZEPT; unabhängige Inhaltsprüfung separat	EXAM/CQR-303 sind kein Vollbeleg der neuen Anerkennungsbedeutung.
GD-X33 OPT/DOK §9	Zeitplan bindet Zielumfang, Curriculumrevision, Kalender, Kapazität und Planversion. Absolute Daten gehören nicht auf kanonische Ziele/Cluster/Placements; andere Zeitplanung ändert Identität nicht.	OPTIONAL/RT	Kein Curriculum-M-Gate.

Kennung / Ampel	Regel (Telegrammstil)	Prüfgebiet	Durchsetzung und Grenze
GD-X34 ○○○ OPT/DOK §9	Zeitplanung ist zusätzliche Ausführungsplanung, keine fünfte Personalisierungsstufe. Sie priorisiert verfügbare Ziele, erzeugt weder `requires` noch Frontier oder Ergebnisse; Erwerb muss vor geplanter Verwendung liegen.	OPTIONAL/RT	Kein neuer Zugangsvalidator dadurch behauptet.
GD-X35 ○○○ OPT/DOK §9	Tatsächliche Minuten nach Kalenderausfällen; Aktivitäten, Reserve und verbindliche Fachbudgets ohne Doppelzählung einpassen.	OPTIONAL	Ausführliche Formeln GD-P07–GD-P09, kein M-Gate.
GD-X36 ●○○ OFFEN §9	Plan-Soll und IST benutzen denselben benannten Umfang. Explizite und gültig implizite Ergebnisse bilden Gesamt-IST; manuelle Unterrichtsabdeckung ersetzt/ versteckt keinen Abschluss. Fehlende Ergebnisse erkennbar, Revisionen deuten Historie nicht um.	RT/KONZEPT	Neuer globaler IST nicht durch M7 bestätigt.
GD-X37 ○○○ OPT/DOK §9	Lokaler Planungspilot und angestrebte backendverantwortete Architektur getrennt; Einheitendefinition behauptet keine implementierte fachübergreifende Budgetprüfung.	OPTIONAL/ DOKUMENT	Lokaler Pilot und Zielarchitektur sind als unterschiedliche Implementierungsstände auszuweisen.
GD-X38 ○●○ TEIL §10.1	Offizielle Quelle begründet Ziel, eigenes Bild erklärt, Material unterstützt Erwerb. Keines davon ist persönlicher Kompetenznachweis.	M1/M2 (QUELLE) Quellen; M7 (REVIEW) Bild-QA; RT-Grenze	QUELLE, Bild-QA/REVIEW und Content-Package-Validator sichern die getrennten Verweisarten in ihren Scopes; keines beweist persönliche Kompetenz.
GD-X39 ○●○ TEIL §10.1	Materialien referenzieren Curriculum, nicht umgekehrt Anbieterwahl. Neue optionale externe Materialien in getrennten Paketen mit stabilen Ziel-IDs; Paketwahl ändert weder Scope noch `requires`/Mastery/ Abschluss; Materiallücken sperren Lernen nicht.	ARTEFAKT/RT	Content-Package- und Link-Migrationscheck erzwingen getrennte Pakete mit stabilen Ziel-IDs in CI; kein M-Gate für den gesamten Runtimevertrag.
GD-X40 ○●○ TEIL §10.1	Quellen/Mappings/Provenienz bleiben am Curriculum; eigene Bilder behalten kanonischen Qualitätsvertrag. Legacylinks begründen keine dauerhafte zweite Autorenarchitektur. Linklieferung beweist keinen gelesenen Inhalt.	M1/M2/M7 (QUELLE/REVIEW) jeweilige Evidenz; ARTEFAKT	GVR-008 verbietet Legacy-Ziellinks global, QUELLE und Bild-QA prüfen Evidenz in ihren Scopes; der Inhaltszugriff des Coaches ist nicht gegatet.
GD-X41 ○●○ TEIL §10.2	Nachvollziehbare Herkunftskette: Ziel → Quelle → konkreter Abschnitt → Extraktion → geprüfte Mappingentscheidung. 1:1, teilweise, aggregierend oder aufgeteilt begründen; nicht fälschlich alles wortgleich.	M1/M2 (QUELLE)	QUELLE; technische Vollständigkeit ist nicht allein fachliche Quellenprüfung.
GD-X42 ●○○ OFFEN §10.2	Bei `requires`/`contains` zwischen ausdrücklich belegter Quelle und fachlicher Modellierungsentscheidung unterscheiden. Keine erfundene Provenienz; ungeklärte/veraltete/ widersprüchliche Evidenz bleibt sichtbar.	M2-Soll (QUELLE) für Provenienz; M3 (ROUTE) für Sequenzierungsreview	Kein heutiges CQR-Gate belegt automatisch jede einzelne Kantenbegründung.

Kennung / Ampel	Regel (Telegrammstil)	Prüfgebiet	Durchsetzung und Grenze
GD-X43 TEIL §10.2	Menschenlesbare Begründung ist abgeleitete Sicht strukturierter Evidenz, kein zweites führendes Register. Referenzen/Fingerprints konsistent in Dokument/Export/ Runtime; MEM/FWU-Abgleich ersetzt Quellenroute nur mit geprüftem Scopevertrag.	M1/M2 (QUELLE) + ARTEFAKT/RT	Source-Rationale- und Paketkonformitätschecks prüfen Konsistenz in abgedeckten Scopes; kein pauschaler Ersatznachweis über alle Austauschformate.
GD-X44 TEIL §10.3	Parser-, Referenz-, Zyklus-, Projektions-, Routen- und Inhaltsprüfungen haben verschiedene Aussagen und benötigen benannten Umfang. Einzelnes Migrationsgate oder Strukturpass bestätigt nicht alles.	Stufenübergreifend (BASIS/ ROUTE/SICHT/ REVIEW)	BASIS/ROUTE/SICHT/REVIEW ausdrücklich getrennt.
GD-X45 TEIL §10.3	Fünf aktuelle Inhaltsnachweise: D fachlich klare Beschreibung, P beobachtbare Verständnisleistung, A angemessener Zuschnitt, M begründeter Memorybedarf, V fachlich passendes gebundenes Bild.	M5 A, M6 M, M7 gleichzeitiger D/P/ A/M/V-Abschluss (REVIEW)	REVIEW erzwingt A (M5), M (M6) und den gleichzeitigen D/P/A/M/ V-Schnitt (M7) ohne Mittelung auf den geschützten M6/M7-Floors; ungeschützte Bestände bleiben darunter.
GD-X46 TEIL §10.3	M7 ist vollständiger geltender maschineller Abschluss samt unteren Reifegraden für erklärten Scope. Keine Humanfreigabe, menschliche Erprobung oder Lernwirksamkeit; KI-Übereinstimmung ersetzt verpflichtende Menschenentscheidung nicht.	M7-Grenze (REVIEW); menschliche Evidenz außerhalb M0–M7	CQR-303 erzwingt den maschinellen M7-Abschluss auf den fünf M7-Floors; Humanfreigabe, Erprobung und Lernwirksamkeit liegen außerhalb M0–M7.
GD-X47 TEIL §10.3	Reviews binden genaue Gegenstandsrevision; alter Bildhash bestätigt neues Bild nicht. Inhalts-/ Prerequisiteänderungen können Evidenz entwerten, technischer Umzug braucht eng begründete Kompatibilität; kein pauschales Hashauffrischen.	M5/M6/M7 je Reviewart (REVIEW)	REVIEW prüft aktuelle Bindungen; fachliche Änderungsbewertung nicht aus bloßem Hashersatz ableiten.
GD-X48 TEIL §10.4	Fachliche Änderungen in kanonischen Autorenquellen, Artefakte neu erzeugen; veröffentlichte historische Archive unverändert.	ARTEFAKT	Plugin-Freeze-, Release-, Zielbuch- und Status-Diff-Checks schützen kanonische Neuerzeugung und Archiv-Unveränderlichkeit in ihren CI-Pfaden; keine Publikationsautorisation.
GD-X49 TEIL §10.4	JSON-/Ontologiepakete aus gleichem fachlichen Stand; JSON-Runtime normativ. Roundtrip erhält Identitäten, Relationen, Rollen, Texte und fachliche Felder gemäß Gleichheitsvertrag: Texte semantisch gleich, binäre Assets bytegleich. Keine abweichende Laufzeitsemantik.	ARTEFAKT	Paketvertrags- und Konformitätschecks prüfen JSON-/ Ontologie-Parität in CI (Routine-CI im Schnellmodus); der vollständige Standalone-Roundtrip bleibt eigener Releasebeleg.
GD-X50 TEIL §10.4	Externe Zielreferenzen vollständig schließen, auch fachübergreifende Voraussetzungen; keine leeren Platzhalter. Vollständige Paketclosure bestimmt noch keine Personal-Curriculum-Targets.	BASIS (M0-Basis für Referenzen) + ARTEFAKT/SICHT	validate:graph, Standalone-Builder-Tests und Hüllencompiler prüfen Referenzschluss in ihren Scopes; Paketclosure und Level-2-Targets bleiben getrennt.

Kennung / Ampel	Regel (Telegrammstil)	Prüfgebiet	Durchsetzung und Grenze
GD-X51 TEIL §10.4	Prüf-/Releaseaussage nennt Artefakt, Scope, Version und Quellenbindung. Lokaler Build beweist weder Hostanzeige noch Wirkung; Kompendium erteilt keine Release-/Produktionsfreigabe.	ARTEFAKT/ DOKUMENT	Release-, Submission- und Zielbuch-Prüfer binden Artefakt-, Versions- und Quellenhashes in CI; Prosaaussagen, Hostanzeige und Produktionsfreigabe liegen außerhalb.
GD-X52 TEIL §10.5	Funktion bestimmt Lizenz: Software/ technische Schemas/Devdoku/ funktionale Coachanweisung Apache-2.0; eigene Skill-Landschaft/Inhalte/ didaktische Medien CC-BY-4.0. Keine pauschale Doppellizenz. Drittrechte bleiben; Quelle/KI-Herkunft beweist Rechte/Qualität nicht; Export führt Lizenz/Herkunft/Änderungen mit.	ARTEFAKT	Eigenlizenz- und Paketchecks erzwingen Apache-2.0-/CC-BY-4.0-Deklarationen abgedeckter Repo-Artefakte in CI; eine Drittrechteprüfung ersetzt kein M-Gate.
GD-X53 TEIL §10.5	Private Ergebnisse, Sitzungen und Gespräche fallen weder unter öffentliche Inhaltslizenz noch in öffentliche Quellen-/Reviewpakete.	ARTEFAKT/RT	Submission-ZIP-Audit und Paketvertragschecks weisen fremde/ private Dateien in CI ab; der gesamte Laufzeit-Datenschutz ist kein M7-Beleg.

A.8 U – Rekursive Lerneinheiten

Kennung / Ampel	Regel (Telegrammstil)	Prüfgebiet	Durchsetzung und Grenze
GD-U01 OFFEN §11	LearningUnit verbindet Lernversprechen, eigene Ziele und optionale Untereinheiten rekursiv. Kalenderabschnitte sind keine Synonyme; Personalisierung, QA-Reife und Schwierigkeit behalten eigene Bedeutungen.	KONZEPT, kein M-Gate	Kein behauptetes Runtimefeature.
GD-U02 OFFEN §11.1	Motivation erklärt Nutzen vor Einzelangeboten. Nur echtes Orientierungsziel nutzt dessen Ergebnisvertrag; synthetische Überschrift ist kein Ziel. Abgeleiteter Abschluss behauptet kein tatsächlich geführtes Motivationsgespräch.	KONZEPT/RT	Keine neue Orientierungs-Mastery aus Unit-Anzeige.
GD-U03 OFFEN §11.1	Aggregat braucht keine neue Prüfung. Zusätzlicher Integrationsanspruch kann Syntheseprüfung benötigen; eigene neue Kompetenz braucht Erwerbszuordnung und gültige Prüfungsdeckung. Reine Synthese erzwingt keine künstlichen gewöhnlichen Ziele oder erneutes Bestehen der Kinder.	KONZEPT; Inhaltsprüfung eigenständig	EXAM/M7 beweisen keinen vollständigen Unit-Vertrag.
GD-U04 OFFEN §11.2	Own(U) sind eigene atomare Ziele, Children(U) verpflichtende Kinder nach aufgelöster Wahl. $T(U) = \mathrm{Own}(U) \cup \bigcup_{V \in \mathrm{Children}(U)} T(V)$ ist nicht leer. Strukturmarker sind keine Ziele; Aggregat darf leeres Own(U) bei nichtleerem Kinderumfang haben.	KONZEPT	Eigener künftiger Strukturvertrag, kein heute vorhandener CQR-Gate.

Kennung / Ampel	Regel (Telegrammstil)	Prüfgebiet	Durchsetzung und Grenze
GD-U05 ●○○ OFFEN §11.2	R4: Jedes Erwerbsziel hat genau eine direkt zuständige Einheit, die kleinste zuständige autoritative Einheit. Elternsicht macht Kindziele nicht zu eigenen Erwerbszielen; überlappende Referenzen werden mengenweise vereint, Fokuswechsel verändert Zuordnung/Anerkennungsvertrag nicht.	BASIS (Gültigkeitsbedingung jeder verfassten Einheitendefinition, Klasse der Azyklizität): hart ab der ersten verfassten Einheit; eine verletzende Einheit wird nicht übernommen	Keine Einheitendefinitionen und kein Einheitenvalidator auf der Hauptlinie; die Verortung verlangt eine fail-closed Prüfung ab der ersten verfassten Einheit. Kein zweiter Fortschritts-/Erwerbszähler aus Mehrfachsicht.
GD-U06 ●○○ OFFEN §11.2	R1: Jedes eigene gewöhnliche Inhaltsziel liegt auf einem Voraussetzungspfad von mindestens einer eigenen Prüfung der Einheit, direkt oder transitiv; ein Pfad nur zu einem Memorierziel zählt nicht. Die geprüfte Anwendungsdeckung einer solchen Prüfung ist R2 (GD-A08). Ohne beides ungültiger Vertrag; freie Anerkennungsmaske ersetzt sie nicht.	BASIS (Gültigkeitsbedingung jeder verfassten Einheitendefinition, Klasse der Azyklizität): hart ab der ersten verfassten Einheit; eine verletzende Einheit wird nicht übernommen; Inhaltsanteil R2 siehe GD-A08	Keine Einheitendefinitionen und kein Einheitenvalidator auf der Hauptlinie; ROUTE/EXAM prüfen verwandte Eigenschaften, nicht diese Einheitsbedingung. Kein erfundenes M7-Gate.
GD-U07 ●○○ OFFEN §11.2	Autoritative Program-/Placement- oder geprüfte Composition-Struktur definiert Einheit. Aufgeklappter oder beliebiger `contains`-Cluster tut dies nicht; allgemeine Clustererfüllung bleibt gesondert.	KONZEPT/SICHT	Keine automatische Runtimeklassifikation aller Cluster als Unit.
GD-U08 ●○○ OFFEN §11.3	Complete(U) genau bei eigenen Zielen in M_{eff} und allen Pflichtkindern abgeschlossen. Keine zusätzlich gespeicherte Unit-Mastery und kein Rückwärtsschreiben auf Kinder.	KONZEPT	Dokumentmodellprüfung ist kein Runtime- oder M-Gate.
GD-U09 ●○○ OFFEN §11.3	Prüfung und Memory bleiben explizit; Elternprüfung ersetzt weder Kindprüfung noch verifizierten Abruf. Syntheseprüfung ist eigene Zusatzpflicht; reine Kartensammlung beweist keine Anwendung. Kind-Recallpflicht darf nicht zum künstlichen Kindabschluss auf Eltern verschoben werden.	KONZEPT/RT	Nicht aus M6-Kartenreview oder M7-Inhaltsstatus als erfüllt ableiten.
GD-U10 ●○○ OFFEN §11.4	Eigene gewöhnliche Kompetenzen können vor unabhängigem Memory-/Kind-/Elternabschluss anerkannt werden. Nur eigene Ziele des lokalen Vertrags anerkennen; kein zweiter Elternvertrag über gesamten Nachfahrenumfang. Offene Synthese nimmt gültige Kindanerkennung nicht zurück.	KONZEPT	Globale Wirkung noch nicht implementiert; siehe GD-A10–GD-A14.
GD-U11 ●○○ OFFEN §11.5	Ausdrücklich autorisierte ganze Unit-Voraussetzung meint Vollabschluss und liegt außerhalb C/R. Atomare Voraussetzung fordert nur Kompetenz, nicht ganze fremde Einheit; Compiler/Coach dürfen dies nicht vermischen.	KONZEPT; Zugangspolitik OPTIONAL	Keine neue harte Sperre durch atomare Kante.

Kennung / Ampel	Regel (Telegrammstil)	Prüfgebiet	Durchsetzung und Grenze
GD-U12 ●○○ OFFEN §11.5	Einheitshierarchie azyklisch. Behauptete ungeteilte Unit-Abschlussfolge zusätzlich auf Blockzyklen prüfen; atomarer DAG reicht nicht. Zyklische Gruppierung verlangt andere Gruppierung oder feineren Ablauf, erzeugt keine implizite Ganzheitssperre.	KONZEPT / bedingter Strukturvertrag	Endliches Dokumentmodell prüft Beispiele, kein produktiver Unit-Validator behauptet.
GD-U13 ●●○ TEIL §11.5	Gemeinsame transitive Minimalität bleibt für verfasste `requires` verbindlich, in Übereinstimmung mit atomarer Zielregel/Migrationsfolge. Keine neue Minimalitätsregel für erst zu beschließende Ganzheitszugangsrelation.	BASIS (M0-Basis/ Soll vor M1 wie GD-C11/GD-C16); Unitrelation OPTIONAL	Der Anteil verfasster `requires` wird wie in GD-C11/GD-C16 durchgesetzt (CQR-001, hart über geschützte Floors, nur kanonischer Gymnasialkatalog); eine Unitrelation zum Prüfen existiert nicht. Der gemeinsame Minimalitätsverweis autorisiert keine Atomkantenlöschung zugunsten verbliebener geerbter Clusteranforderungen.
GD-U14 ○○○ OPT/DOK §11.5	Hartes Unit-Zugangsprofil und direkter Examzugriff sind unentschieden. Beispiel $\text{Open}(U) = \bigwedge_{V \in \text{Pred}(U)} \text{Cleared}(V)$ und $\text{Cleared} = \text{Open} \wedge \text{Complete}$ gilt nur bei später autorisiertem Profil. Complete ist Nachweisstand, Cleared Kurspolitik; keines vergibt Mastery. Formel entscheidet Exam-Ausnahme nicht.	OPTIONAL, kein Curriculum-M-Gate	Keine technische Sperre autorisiert oder implementiert behaupten.
GD-U15 ●○○ OFFEN §11; §11.1	Eine Einheit sichert die selbstständige Anwendung ihres Versprechens, bevor geplantes Lernen darauf aufbaut; ihre Prüfungen machen wesentliche Fehlvorstellungen sichtbar, eine Lücke führt zu gezieltem Weiterlernen und frischer gleichwertiger Prüfung. Grenzen folgen fachlich bedeutsamen Erkenntnisübergängen, nicht vorhandenen Prüfungen, Zielquoten, Überschriften oder Kantendichte; Kanten werden nie für einen Zuschnitt geändert. Es gilt der reguläre Bewertungsvertrag: keine verdeckte Bestehensregel, kein zweites gespeichertes Ergebnis.	KONZEPT; inhaltliches Review (REVIEW) getrennt; keine Zugangssperre	Didaktisches Gestaltungs- und Reviewkriterium; kein Validator und kein M-Gate prüft Einheitsgrenzen oder Zweck, und auf der Hauptlinie ist keine Einheit verfasst.

A.9 P – Optionale Erwerbs- und Zeitplanung

Kennung / Ampel	Regel (Telegrammstil)	Prüfgebiet	Durchsetzung und Grenze
GD-P01 ○○○ OPT/DOK §12	Optionaler Zeitplan ordnet Unit-Erwerb Kalenderstufen zu; definiert Units nicht, verändert weder Grundgraphgültigkeit noch Mastery und führt keine Ganzheitssperren oder pauschalen Jahresabschlusszwang ein.	OPTIONAL	Kein neuer produktiver Budgetvalidator behauptet.

Kennung / Ampel	Regel (Telegrammstil)	Prüfgebiet	Durchsetzung und Grenze
GD-P02 ○○○ OPT/DOK §12.1	Plan: atomare Erwerbsziele T, disjunkte erklärte Eintrittsbasis B, positive Stufenzahl, eindeutige Erststufe je Ziel; Stufen/Präfixe aus ℓ. Spätere Übung/Anwendung ist Aktivität, keine neue ID. B schreibt keine Ergebnisse; persönliche Basislücken brauchen Diagnose/Zeit.	OPTIONAL	Kein Curriculum-M-Gate.
GD-P03 ○○○ OPT/DOK §12.2	Hypothetische Relation entfernt ausgehende Anforderungen nur an erklärter Eintrittsbasis B. Sonst volle transitive Hülle einschließlich früherer Stufen; Ausnahme ist keine Erlaubnis, reale Mastery-Zwischenziele als Traversierungsstopp zu verwenden.	OPTIONAL	Reine Planungsrekonstruktion, kein Runtime-Masteryvertrag.
GD-P04 ○○○ OPT/DOK §12.2	Abschlusszeuge ordnet sämtliche Stufenziele so, dass jedes in globaler Frontier mit B, früheren Stufen und bisherigen Zeugenatomen liegt. Geerbte, Cluster- und fachübergreifende Anforderungen erhalten; keine Normalmodusausblendung, direkten Examsprünge oder vorweggenommene Anerkennung.	OPTIONAL	Kein Curriculum-M-Gate; nicht durch aktuellen UI-Lernpfad belegt.
GD-P05 ○○○ OPT/DOK §12.2	Benötigte Atome sind volle Hülle der Planrelation. Notwendig: Bedarf jedes Ziels liegt in B oder spätestens eigener Stufe. Außerhalb ungeplant, höhere Stufe Reihenfolgefehler, gleiche Stufe erlaubt. Graph-/ Expansionsgültigkeit vor Closureprüfung erforderlich.	OPTIONAL	Voraussetzung ist Strukturprüfung, nicht schon Zeitmachbarkeit.
GD-P06 ○○○ OPT/DOK §12.2	Endlicher Fixpunkt startet mit B plus früheren Stufen und fügt jeweils verfügbare aktuelle Ziele hinzu; erfolgreich genau bei ganzer Stufe. Verfügbarkeit monoton, parallele Menge sequenzierbar; hypothetischer Test ohne Lernerdatenänderung. Atomarer DAG hat topologische Ordnung als Spezialfall.	OPTIONAL/ DOKUMENT	Algorithmische Spezifikation, kein behaupteter Produktionsvalidator.
GD-P07 ○○○ OPT/DOK §12.3	Zeitbehauptung nennt Referenzlernende, Eintritt, Ziel-/ Wahlauswahl, Kalender, Schätzmethode, Unsicherheit; gleiche kalibrierte Zeiteinheit. Work ≥ 0, Reserve ≥ 0, Budget > 0; Work + Reserve $\leq$ Budget. Reserve geschützt, Null offengelegt, kein doppelt verbuchter Prüfungs-/ Wiederholungsaufwand.	OPTIONAL	Ohne belastbare Schätzung keine Zeitgültigkeit, kein M-Gate.
GD-P08 ○○○ OPT/DOK §12.3	Aktivitätenmodell zählt tatsächlichen Aufwand einmal: Erwerb, Übung, Abruf, Prüfung, weitere Arbeit. Gemeinsames kanonisches Atom nicht fachübergreifend doppelt erwerben; zusätzliche Anwendung kann Zeit kosten. `weight`/unkalibrierte Zielpunkte sind keine Minuten.	OPTIONAL	Modell-/Datengrundlage muss separat belegt werden.

Kennung / Ampel	Regel (Telegrammstil)	Prüfgebiet	Durchsetzung und Grenze
GD-P09 ○○○ OPT/DOK §12.3	Rechenbeispiel ist keine empirische Curriculumsdauer. Zusätzlich bindende Fach-/Raum-/Terminbudgets erfüllen, geteilte Zeit nicht doppelt zählen; konkrete Voraussetzung vor geplanter Anwendung bereitstellen.	OPTIONAL	Gesamtbudget allein genügt bei weiteren Grenzen nicht.
GD-P10 ○○○ OPT/DOK §12.4	Gültigkeit des optionalen Plans verlangt strukturelle und zeitliche Machbarkeit unter gebundenen Annahmen. Ohne belastbare Zeitdaten nur Strukturbehauptung; Claim bindet Plan/Revision/Scope/Schätzannahmen und garantiert keine gleiche Lerngeschwindigkeit.	OPTIONAL	Kein M7-/Wirksamkeitsnachweis.
GD-P11 ○○○ OPT/DOK §12.4	Unit-Abschluss folgt eigenen und Kinderpflichten; Units und Kalenderabschnitte können sich überkreuzen. Zeitprofil erzeugt keine Volljahresvoraussetzung für spätere Ziele.	OPTIONAL/ KONZEPT	Zugangspolitik bleibt separat.

A.10 A – Implizite Beherrschung durch lokale Prüfungsverträge

Kennung / Ampel	Regel (Telegrammstil)	Prüfgebiet	Durchsetzung und Grenze
GD-A01 ●○○ OFFEN §13	Ausdrücklicher gewöhnlicher Erfolg belegt Verstehen, gültige lokale Prüfung selbstständige Anwendung; beide global wirksam. Ein binärer gespeicherter Zustand, keine Rückwärtsschreibungen, Zusatzqualifikation, manuelle Freistellungsprofile oder zweite Teilprüfung. Prüfungs- und Memorierziele selbst bleiben explizit.	KONZEPT, kein M-Gate	Neue Semantik ausdrücklich noch nicht implementiert; bestehende Tests nicht umdeuten.
GD-A02 ●○○ OFFEN §13.1	Lokaler Vertrag bindet autoritative eigene Unit-Ziele, kanonische IDs, Curriculumrevision und geprüfte Bedeutung eigener Exams. Gesamter Kinderumfang ist kein vergrößerter Elternanerkennungsvertrag; Anzeige/Fokus/Planwurzeln ändern Zuordnung nicht.	KONZEPT	Künftiger Vertrags-/Versionsnachweis, kein CQR-401- oder M7-Ersatz.
GD-A03 ●○○ OFFEN §13.1	Prüfungs- und Memorierziele autoritativ bestimmen; $P_U = Q_U \cup A_{\text{mem},U}$ schützt alle eigenen Ziele dieser Typen vor implizitem Bestehen. Orientierung ist keine Schutzklasse, aber ihr abgeleiteter Marker behauptet weder Kompetenz noch Gespräch. Externe Unterstützung vergrößert Abschlussnenner nicht und fremde Own-Ziele werden lokal nicht anerkannt.	KONZEPT	Memory-Inhaltsreview allein belegt diese Anerkennungslogik nicht.

Kennung / Ampel	Regel (Telegrammstil)	Prüfgebiet	Durchsetzung und Grenze
GD-A04 ●○○ OFFEN §13.1	Vollständig atomar expandierte/geerbte Relation einschließlich versteckter und fachübergreifender Unterstützung; alle Referenzen auflösbar, normalisierter Graph azyklisch. Gesamte Hülle vor Anzeigeeinschränkung.	BASIS (M0-Basis/Soll für Eingaben); KONZEPT für Nutzung	BASIS ist kein Vollbeleg des Anerkennungsnormalisierers.
GD-A05 ●○○ OFFEN §13.2	$N_U = \text{Reach}^*_{R_{at}}(P_U \setminus M)$ enthält offene geschützte Wurzeln selbst und alle Voraussetzungen, ohne Stopp an gemeisterten Zwischenzielen. $I_U = \text{Own}(U) \setminus (M \cup P_U \cup N_U)$; I_U disjunkt von M und P_U. Redundante Kanten ändern bei gleicher Hülle das Ergebnis nicht.	KONZEPT; Formelprüfung DOKUMENT	Bisherige Freistellungslogik ist kein Beleg dieser Formel.
GD-A06 ●○○ OFFEN §13.2	Nachfragealgorithmus besucht die erreichbaren Atome V_U^{reach} und deren ausgehende R_{at}-Kanten E_U^{reach} höchstens einmal. Für das gesamte I_U kommt die Verarbeitung von $\text{Own}(U)$ hinzu: $O(\lvert\text{Own}(U)\rvert + \lvert V_U^{\text{reach}}\rvert + \lvert E_U^{\text{reach}}\rvert)$. Keine explizite quadratische Closure erforderlich.	KONZEPT / algorithmischer Vertrag	Dokumentmodellprüfung, kein gemessener Produktionsleistungsnachweis.
GD-A07 ●○○ OFFEN §13.3	Die Formel wird nur für Einheiten ausgewertet, deren Vertrag R1–R4 (GD-U06, GD-A08, GD-A18, GD-U05) mit geprüfter Deckung erfüllt. Sonst bleiben die eigenen gewöhnlichen Ziele offen und der Verstoß hält das Curriculum vom jeweiligen Meilenstein fern; ein von keiner Prüfung gedecktes Ziel bleibt offen und ist ein Regelverstoß, nie nachweisfrei anerkannt. Fehlender späterer Verbraucher beweist nichts; keine frei gewählte Anerkennungsmaske.	KONZEPT für das Anerkennungstor; Verstöße zählen gegen BASIS (R1, R3, R4) bzw. M5/M7 (R2)	Anerkennung ist nicht implementiert und kein Einheitenvalidator existiert; ROUTE ist strukturell verwandt, nicht gleichbedeutend mit lokalem Unit-Vertrag.
GD-A08 ●○○ OFFEN §13.3	R2: Für jedes eigene gewöhnliche Ziel hat mindestens eine eigene Prüfung, die es voraussetzt, einen geprüften Nachweis, dass Aufgaben und reguläre Bewertung das Ziel wirklich prüfen; keine wesentliche Kompetenz vollständig durch fremde Punkte kompensierbar. `requires`-Pfad/Titel/`coveredGoalIds`/Punkteschwelle/DAG beweisen das nicht. Unabhängiges Review aller Aufgaben/Lösungen/Raster und jeder freigebenden Bestehenskombination, nicht bloß Gesamtinhaltsunion.	M5 (EXAM/REVIEW: Prüfungsfreigabe und Deckungsmetadaten), aktuelle zielgenaue Bindung M7 (REVIEW); ohne Nachweis erreicht das Curriculum den Meilenstein nicht	CQR-203 prüft Freigabestatus und Deckungsmetadaten terminaler Prüfungen in konfigurierten Scopes, CQR-303 aktuelle zielgenaue D/P/A/M/V-Nachweise; keiner prüft einheitslokale Deckung, und keiner der sechs M7-Pflichtchecks ist ein Deckungscheck. Heute nicht durchgesetzt.
GD-A09 ●○○ OFFEN §13.3	Regulärer Prüfungserfolg bleibt ein binärer Gesamterfolg. Stärkere Bedeutung sitzt im vorab geprüften Inhalt, nicht in einem zweiten Personstatus; historische ungeprüfte Prüfung wird nicht durch Diagramm/Software nachträglich qualifiziert.	KONZEPT/RT	Die stärkere Prüfungsbedeutung sitzt im geprüften Inhalt; daraus folgt kein zweiter gespeicherter Personstatus.

Kennung / Ampel	Regel (Telegrammstil)	Prüfgebiet	Durchsetzung und Grenze
GD-A10 ●○○ OFFEN §13.4	Die gültige Vertragsmenge $\mathcal{U}_{\text{valid}}$ ist personen-/revisionsgebunden und dauerhaft; nicht nur aktuelle Ansicht/ Plan oder alle neuesten Fassungen. $M_{\text{eff}} = M \cup \bigcup_{U \in \mathcal{U}_{\text{valid}}} I_U$; Vertrag/ Revision/Bedeutung bleiben nach Auswahlwechsel verfügbar. Ableitung nur aus expliziten Ergebnissen, keine Rückfütterung früherer impliziter Mengen.	RT/KONZEPT: versionierte Vertragsbindung (R5, GD-A12) ist Vorbedingung, bevor implizite Anerkennung produktiv eingeschaltet wird	Noch nicht produktiv behauptet; kein Curriculum-M-Gate.
GD-A11 ●○○ OFFEN §13.4	Spätere Prüfung/Unit öffnet anerkanntes Ziel nicht wieder. Bei festen Verträgen kann zusätzliche explizite Mastery M_{eff} nur vergrößern; Zielwechsel von I_U nach M verliert keine Erfüllung.	KONZEPT; Monotonieformel DOKUMENT	Endliche Modellprüfung ≠ Runtimekonformität.
GD-A12 ●○○ OFFEN §13.4	R5: Ein späterer Neuzuschnitt von Einheiten oder spätere Kanten verleihen vorhandenen Ergebnissen nie zusätzliche Anerkennung; der Vertrag ist versioniert. Stabile Exam-ID hat stabile Anerkennungsbedeutung, Varianten erfüllen gleichen Vertrag. Neue Ansprüche brauchen neue Assessmentidentität oder geprüfte Migration; ungeklärte historische Bedeutung lässt expliziten Erfolg erhalten, erfindet keine höhere Anwendung. Berechtigte Korrektur getrennt von bloßem Plan-/ Verbraucherwechsel.	RT (Laufzeitvertrag): Vorbedingung, bevor implizite Anerkennung produktiv eingeschaltet wird; ARTEFAKT für Vertragsversionen	Nicht implementiert; es gibt noch keine einschaltbare Anerkennung. Kein zusätzlicher personeller Qualifikationsdatensatz; kein stilles historisches Upgrade.
GD-A13 ●○○ OFFEN §13.5	Vollabschluss rekursiv; bei vollständiger Zielpflichtrepräsentation äquivalent zu $T(U) \subseteq M_{\text{eff}}$, eigene P_U dann in M. Eigene bestandene Prüfungs- und Memorierziele machen N_U leer und können eigene gewöhnliche Ziele anerkennen, nicht Kinder abschließen. Offene Elternsynthese widerruft Kindanerkennung nicht; Elternpass ersetzt keine Prüfungs- oder Memorierziele der Kinder.	KONZEPT	Dokumentformel, kein bestehendes M7-Feature.
GD-A14 ●○○ OFFEN §13.5	Offenes eigenes Memory blockiert Gesamtabschluss, aber andere Anerkennung nur bei transitivem Bedarf an ihr. Gemeinsame Grundlage bleibt benötigt, solange irgendein lokaler offener geschützter Verbraucher sie fordert. Späterer Verbraucher in anderem Vertrag hebt bestehende Anerkennung nicht auf.	KONZEPT	Lokaler Vertrag und spätere Unit nicht zusammenwerfen.

Kennung / Ampel	Regel (Telegrammstil)	Prüfgebiet	Durchsetzung und Grenze
GD-A15 ●○○ OFFEN §13.5	Direkter Examzugriff bleibt Ausgangspunkt mit Aufgabe/Auth/Sitzung/ausdrücklicher Auswahl. Optionale Ganzheitssperre unentschieden, Unitkonzept schafft weder Sperre noch Umgehung. Normaler Lernzugang nutzt M_{eff} und volle effektive Transitivität mit separater Normal-/Strict-Fokusregel.	RT/KONZEPT/ OPTIONAL	Kein M-Gate und keine Zugangsentscheidung in dieser Dokuänderung.
GD-A16 ●○○ OFFEN §13.6	Gesamt-IST zählt $\lvert T_{\text{Plan}} \cap M_{\text{eff}} \rvert$, vorher Union zur Vermeidung doppelter expliziter/impliziter/ Vertragsbeiträge. Nur-explizit braucht eigenen Nenner/Zählerhinweis. Laufende Periode zählt tatsächlich datierte explizite Abschlussereignisse, keine neu abgeleiteten Beiträge, Vorarbeit oder spätere Scopeausweitung.	RT/KONZEPT	M7 prüft keine personelle Plan-/ Periodenstatistik.
GD-A17 ●○○ OFFEN §13.6	Statische Vertragsdaten revisionsgebunden cachebar; abgeleitete Ergebnisse sind keine zweite gespeicherte Wahrheit. Ungültige/ungeklärte Verträge bleiben als Einschränkung sichtbar. Maschinenformeltests ersetzen weder unabhängiges Inhaltsreview noch Humantrial/Wirkung.	KONZEPT/ DOKUMENT; Evidenzgrenze stufenübergreifend	Kein Curriculum-M-Gate für gesamte Persistenz-/ Kommunikationspflicht.
GD-A18 ●○○ OFFEN §13.3	R3: Eine Prüfung beansprucht Deckung nur für Ziele, die sie direkt oder transitiv voraussetzt: $\text{Cov}(q) \subseteq \{b \in A \mid (q,b) \in R_{\text{at}}^{+}\}$. So gehört die Prüfung, die ein Ziel tatsächlich prüft, zu den offenen geschützten Zielen, auf welche die Anerkennungsregel wartet. Ein fehlender Pfad ist ein Befund für das fachliche Review, nie Anlass für eine redundante Direktkante.	BASIS (Gültigkeitsbedingung jeder verfassten Einheitendefinition, Klasse der Azyklizität): hart ab der ersten verfassten Einheit; eine verletzende Einheit wird nicht übernommen	Keine Einheitendefinitionen und kein Einheitenvalidator auf der Hauptlinie. Verwandt: CQR-104 bindet nur für terminale Prüfungen der kanonischen Wirtschaftswissenschaften jeden coveredGoalIds-Eintrag an einen sichtbaren Voraussetzungspfad von der Prüfung aus; CQR-203 prüft nur das Vorhandensein von Deckungsmetadaten.

Kennung / Ampel	Regel (Telegrammstil)	Prüfgebiet	Durchsetzung und Grenze

A.11 D – Dokumentanhänge: Status, Prüfstrategie, Quellen und Abschluss

Kennung / Ampel	Regel (Telegrammstil)	Prüfgebiet	Durchsetzung und Grenze
GD-D01 ○○○ OPT/DOK Anhang B	Implementierungsstatus an benannten gelesenen Stand binden. Historischer Commit `616324e857` und Manifest sind keine Aussage zum heutigen `HEAD`. Dokumentbuild beweist keine Runtimekonformität/Deployment; globale Anerkennung bleibt als unimplementiert gekennzeichnet.	`DOKUMENT`	Datierte Implementierungsbefunde sind keine aktuelle Konformitätsprüfung.
GD-D02 ○○○ OPT/DOK Anhang B	Historische Abweichungen einzeln ausweisen: Completion-Traversierungsstopp, neue Schutzmenge und lokale Deckung, bisher kontextbezogene Freistellung statt globaler Vertragsmenge, unvollständige Gültigkeitsbelege, `core`-bevorzugende Clusteraggregation statt aller Atome. Keine Testexistenz als Lösung ausgeben.	`DOKUMENT`/ `KONZEPT`	Datierte Befunde, nicht automatisch aktuelle Fehler-/ Passliste.
GD-D03 ○○○ OPT/DOK Anhang B	Der Memory-Zieltyp hat einen eigenen ausdrücklichen Abschlussnachweis; Wiederholungsfälligkeit ist keine Rücknahme abgeschlossener Mastery. Gewöhnliche abgeschlossene Ziele erhalten keine solche Fälligkeit. Units bleiben nicht implementiertes Konzept; Ganzheitssperren und Examzugriff darunter sind offen, Zeitplanung bleibt gesondert.	`DOKUMENT`/ `KONZEPT`/ `OPTIONAL`	Die bindende Memoryentscheidung bleibt von datierten Implementierungsbefunden getrennt. Eigener Kartenabschluss, Wiederholungsprozess und offene Unit-Zugangspolitik sind gesonderte Verträge.
GD-D04 ○○○ OPT/DOK Anhang C	Modellchecker ist mathematische Referenzprüfung, liest keine Lernerdaten und verändert keine Runtime. Endliche DAG-/Mastery-/ Schutzmengenprüfung gilt nur unter lokal vollständiger Assessmentabdeckung; angegebene 5.222 Fälle sind ein datierter Dokumentbefund.	`DOKUMENT`	Kein Curriculum-`M`-Gate, keine vollständige Produktionsverifikation.
GD-D05 ○○○ OPT/DOK Anhang C	Reduktions-/Closure- und Vererbungsgegenbeispiele belegen genau ihre Formelaussagen. Vorhandener roher Kanten-/ Vererbungstest beweist die neue atomare Priorität nicht. Bericht muss neue Norm und begrenzten Modelltest auseinanderhalten.	`DOKUMENT`; `G17`-Sollbasis (`BASIS`) vor M1 bleibt separat, M3 (`ROUTE`) betrifft zusätzliche Routen	Der begrenzte Modelltest belegt seine benannten Formelaussagen, keinen implementierten Gate für die neue atomare Reihenfolge.

Kennung / Ampel	Regel (Telegrammstil)	Prüfgebiet	Durchsetzung und Grenze
GD-D06 ○○○ OPT/DOK Anhang C	Monotonie, Schutz der Prüfungs- und Memorierziele, rekursive Unitfälle, Blockgruppierung, spätere Verträge/ externe Unterstützung und Fehlerfälle sind getrennte mathematische Prüfaussagen. 128/948 Fälle sind keine vollständige Curriculum-/ Runtimekonformität; Blockprüfung erzeugt keine Sperrpolitik.	DOKUMENT	Historische Modellzahlen nur als solche, kein frischer Run behauptet.
GD-D07 ○○○ OPT/DOK Anhang C	Diagrammprüfung vergleicht gezeigte Mengen und bei `--check` PNG-Bytes. Das beweist weder Aufgabenqualität noch Benotungszuverlässigkeit/ Identitätskontrolle/Wirkung. Unabhängiges Inhaltsreview und künftige Runtime-/Sicherheits-/ Concurrency-/UI-Prüfungen separat.	DOKUMENT	Kein M7-, Host- oder Humantrial-Beleg.
GD-D08 ○○○ OPT/DOK Anhang D	Symboltabelle konsistent halten: K sind strukturelle Cluster, A_{mem} und $A_{\text{mem},U}$ Memorierziele, Cards(g) deren Karten. R_{at} ist die atomare Relation, M/M_{eff} explizit/effektiv, Own /T direkt/gesamt. $m = 0$ schließt implizit nicht aus. Begriffsdefinitionen begründen keine zusätzlichen Ergebnisarten.	DOKUMENT	Konsistenzverweis auf GD-C/U/A, keine neue eigenständige Inhaltsregel.
GD-D09 ○○○ OPT/DOK Anhang E	Kapitelquellen benennen fachliche Verantwortung; Querverweis ist keine Implementierungsbehauptung optionaler Konzepte. Keine Norm aus nicht gelesener externer Quelle im Register stillschweigend ergänzen.	DOKUMENT	Quellenregister, kein M-Gate.
GD-D10 ○○○ OPT/DOK Anhang E	Ursprungsabbildungen/zusätzliche deterministische PNGs korrekt zuordnen; Formeln/Legenden maßgeblich, Bilder erzeugen keine extra Kanten. Technischer Text/Build Apache-2.0, didaktische Bilder CC-BY-4.0 bei vorhandenen Rechten; Herkunft/Version kenntlich.	DOKUMENT/ ARTEFAKT	Bildbyte-/Lizenzgrenzen unabhängig von Curriculum-M7.
GD-D11 ○○○ OPT/DOK Anhang F	Wrapper bindet Kapitel/PNG; Buildvoraussetzungen und benannte Befehle dokumentieren. Mehrfachlauf löst Referenzen; Manifest bindet Eingaben/PDF per SHA-256 samt Datum/Tools. Verschiedene Te X-Versionen garantieren keine identischen PDF-Bytes.	DOKUMENT	Buildkonformität, kein Runtime-/ Inhaltspass.
GD-D12 ○○○ OPT/DOK Anhang F	Dokumentabschluss: fehlerfreier LaTe X-Lauf, aufgelöste Verweise, keine ungeprüften überbreiten/-hohen Boxen, visuelle PDF-Sichtung. Formelprüfung ergänzt, ersetzt weder Runtime- noch unabhängige fachliche/ empirische Validierung.	DOKUMENT	Dokumentbezogene Abschlusskriterien, außerhalb Curriculum-M0–M7.

Vollständigkeits- und Aussagegrenze. Das Register enthält 36 Kern- (C), 53 Kontext- (X), 15 Unit- (U), 11 Planungs- (P), 18 Anerkennungs- (A) und 12 Dokumentgruppen (D), insgesamt

145 Regelgruppen. Eigenständige Unterpflichten bleiben in den Zeilen erhalten; wiederholte Erläuterungen und Beispiele gehören zu denselben Pflichten. Die Zuordnung behauptet weder vollständige Durchsetzung noch einen aktuellen CI-, Runtime-, Release- oder Wirkungsnachweis.

Quellen. Statusgenerator (Regelkatalog, `deriveScopeMaturity`, `deriveCurriculumMaturity`); Graphvalidator; Minimalitätsauditor; Graphintegritätsadapter; Reduktionsnachweisregister; Floorchecker; Floorpolicy; Kompositionsvalidator; Filtervalidator; Schemavalidator; UUID-Validator; Content-Package-Validator; Paketvertragscheck; Eigenlizenzcheck; Befehlsregister; CI-Workflow; Reifegrad- und Routendokumentation; Graphregelverzeichnis; Markdownmatrix.

B Statusabgleich und Grenzen der Aussagen

Stand dieser Fassung. Dieser Anhang hält fest, an welchen Repository-Ständen die Aussagen des Dokuments geprüft wurden und wo die gelesene Implementierung vom beschriebenen Modell abweicht (`GD-D01`). Diese gemeinsame Single-Source-Fassung führt die Konzeptkorrektur vom 4. November, die Festlegung der atomaren Normalform und die Meilensteinzuordnung vom 8. November, die Präzisierung des Projektionsvertrags vom 9. November den geschlossenen persönlichen Lernumfang vom 10. November sowie die Entscheidungen vom 11. November 2026 zu nicht strikt kompilierbaren Lernkontexten und zur Gültigkeit von Lerneinheiten für Web und PDF zusammen. Seit dem 11. November 2026 setzt `CQR-001` zudem `G17` für den kanonischen Gymnasialkatalog durch. Backend und WebGUI verwenden nun die feste atomare Voraussetzungshülle; der Hüllencompiler PersonalCurriculumLearningScope.java nutzt die vorhandene kanonische Normalisierung. Lokale Regressionen prüfen Lernbarkeit, Planung, Fokus, Referenzfehler und die Auslieferung fachfremder Grundlagen. Vollständige native, Curriculum- und Remote-CI-Abnahme sowie die Anpassung der Anwendbarkeits- und Migrationsprüfung bleiben getrennt erforderlich. Die neue globale Anwendungsanerkennung ist **noch nicht implementiert**. Ein lesbarer Beleg oder ein erfolgreicher Dokumentbuild beweist weder Laufzeitkonformität noch Deployment.

Verbindliche Entscheidungen des Product Owners.

- **4. November 2026:** Implizite Beherrschung durch gültige lokale Prüfungen belegt selbstständige Anwendung und wirkt global (M_{eff}); die transitive Minimalität bleibt Pflicht. Prüfungs- und Memorierziele bleiben geschützt: Bei Memorierzielen begründet allein der verifizierte Abschlussabruf den Zielabschluss, und spätere Kartenfälligkeit nimmt ihn nicht zurück (Abschnitte 3, 8 und 13; `GD-D03`).
- **7. November 2026:** Jede erreichbare Voraussetzung eines sichtbaren Ziels benötigt in der Fach-Kompositionssicht eine ausdrückliche Projektionsrolle (`target` oder `prerequisiteOnly`); an der Kompilationsgrenze des gesamten Personal Curriculum ergänzt und präzisiert die Hüllenregel vom 10. November 2026 diese Pflicht (Abschnitt 7.2).
- **8. November 2026:** Atomare Normalform $R \subseteq A \times A$ als verbindlicher kanonischer Zielzustand ohne Cluster-Ausnahme, geordnete Migrationsreihenfolge und Zuordnung aller 143 Regelgruppen zu Prüfgebieten und Meilensteinen (Abschnitte 2 und 3, Anhang A).
- **9. November 2026:** Projektionen erhalten die vollständige Voraussetzungshülle; ein kanonischer Cluster wird durch eine Kompositionssicht niemals zu einem atomaren Laufzeitziel (Abschnitte 5 und 6.3).
- **10. November 2026:** Der persönliche Lernumfang auf Level 2 ist $L = \text{Closure}(S)$ über dem unbeschnittenen kanonischen Skill-Graphen, unabhängig von Mastery fest bestimmt und mit abgeleiteten Zielrollen für alle notwendigen Voraussetzungsatome versehen (Abschnitte 5 und 7).

- **11. November 2026 (Lernkontext):** Harte Hüllenfehler gehören in Validierung, Curriculum-QA und native Abnahme, nicht in Lesezugriffe von Lernenden. Ist der kanonische Graph eines Lernkontexts nicht strikt kompilierbar, behält die Laufzeit den geprüften Ausgangsumfang ohne abgeleitete Hülle, beansprucht keine Lernbasis, bietet kein Ziel mit gebrochenem Bedarf an und protokolliert den Fehler einmal je Curriculum und Fehlercode; Fehler der Ausgangsauswahl bleiben hart (Abschnitt 7.2).
- **11. November 2026 (Lerneinheiten):** Die Anerkennungsregel vom 4. November bleibt: Ein eigenes gewöhnliches Ziel gilt als anerkannt, sobald keine offene eigene Prüfung und kein offenes eigenes Memorierziel seiner Einheit es noch benötigt (setzen die Prüfungen Q_1 und Q_2 derselben Einheit beide A voraus, bleibt A offen, bis beide bestanden sind). Die auf dem archivierten Branch von Pull Request #83 als „Zielentscheidung vom 6. November 2026“ geführte Alternative – sofortige Anerkennung aus der qualifizierten Deckungsliste einer einzelnen bestandenen Prüfung, auch als Nachweis durch eine Eltern- oder Fremdeinheit – wurde geprüft und **nicht übernommen**. Tragfähig ist die Anerkennung nur in Einheiten, die die Regeln R1–R5 erfüllen: R1, R3 und R4 als harte Gültigkeitsbedingungen ab der ersten verfassten Einheit, R2 bei M5 mit aktueller zielgenauer Bindung bei M7, R5 als Laufzeitvorbedingung, bevor Anerkennung produktiv eingeschaltet wird; der Zweck einer Einheit ist eine tragfähige Grundlage, bevor geplantes Lernen darauf aufbaut (Abschnitte 11 und 13.3).

Gelesene Stände. Die technischen Befunde dieses Anhangs und des Regelregisters beziehen sich auf fünf konkret benannte Stände des Repositorys; keiner davon ersetzt einen frischen Gesamtabnahmelauf über dem jeweils aktuellen `HEAD`:

- `616324e857` – Historischer Implementierungsabgleich der Laufzeitabweichungen in der nachstehenden Vergleichstabelle; kein neuer vollständiger Abnahmelauf der Laufzeit.
- `3b71ee9370` – Basisabgleich der Gatezuordnung in Anhang A gegen die Hauptlinie.
- `68db5bf499` – Gesonderter Projektionsbefund vom 9. November 2026 zu direkten `goalEntry`-Referenzen auf kanonische Cluster.
- `cacf323919` – Hauptlinienstand mit dem Hüllencompiler $L = \mathrm{Closure}(S)$ (Entscheidung vom 10. November 2026) sowie Referenzstand der Ampelbilanz und dieser Single-Source-Zusammenführung.
- `44c5b06b77` – Hauptlinienstand dieser Fassung (11. November 2026) mit dem Standard-`G17`-Meilensteingate (`15f74ef564`, Pull Request #119), den reparierten Daten der geschützten Fächer (Pull Request #121) und dem Rückfall auf den Ausgangsumfang (`b511654efb`); Grundlage des Regelabgleichs vom 11. November. Die Laufzeitbefunde der nachstehenden Tabelle wurden an diesem Stand nicht erneut geprüft.

Gesonderter Projektionsbefund vom 9. November 2026. Am gelesenen Stand `68db5bf499` lädt `CompletionCanonicalGraphResolver` Voraussetzungsketten rekursiv. Die View-Projektion in `LearnerService` und der Resolver behandeln direkte `goalEntry`-Referenzen auf kanonische Cluster jedoch weiterhin als atomare Laufzeitziele ohne deren Kinder. Der historische Nachweis zum paketgebundenen Runtime-Katalog, zu Offerings und Kompositionssichten (Implementierungsarbeitspaket DPK-006c-c) beschreibt diese Altimplementierung; er belegt nicht die nun ausdrücklich geforderte Erhaltung der kanonischen atomaren Zielbasis. Die Korrektur und ihr nativer Nachweis stehen aus. Dieser gezielte Leseabgleich aktualisiert nicht die übrigen historischen Implementierungsbefunde der folgenden Tabelle.

Bereich	Verbindliche Darstellung hier	Geprüfter Repository-Stand
Abschlussrechnung (Transitivität)	Vollständige transitive offene Nachfrage $N_U = \mathrm{Reach}^*_{R_{\mathrm{at}}}(P_U \setminus M)$ ohne Stopp an gemeisterten Zwischenzielen.	`CompletionEvaluator.evaluate AutomaticGraph` stoppt an gemeisterten Zwischenzielen: In $\mathsf{Q} \to \mathsf{B} \to \mathsf{A}$ mit nur B gemeistert wird A dort entlassen, während die neue Formel A für die offene Prüfung Q benötigt hält. Der historische Profilpfad im selben Service ist ein anderer Algorithmus und setzt den neuen Vertrag ebenfalls nicht um.
Geschützte Ziele und lokale Deckung	Die Schutzmenge $P_U = Q_U \cup A_{\mathrm{mem},U}$ schützt alle eigenen Prüfungs- und Memorierziele; jedes eigene Inhaltsziel verlangt lokale Prüfungsdeckung in $\mathrm{Own}(U)$, ohne reine Aggregate oder Elternsynthesen zu künstlichen Verträgen über alle Nachkommen zu machen.	Der bisherige automatische Pfad beginnt allein bei offenen Prüfungszielen; der gemeinsame Schutz ausgewählter Memorierziele und die lokale Vertragsdeckung sind in der Laufzeit noch nicht umgesetzt. Für die Gültigkeitsregeln R1–R5 vom 11. November 2026 gibt es noch keinen Validator.
Globale Wirkung (M_{eff})	Personen- und revisionsgebundene globale Vereinigung $M_{\mathrm{eff}} = M \cup \bigcup_{U \in \mathcal{U}_{\mathrm{valid}}} I_U$ wirkt dauerhaft auf Folge-Frontier, Fokuswechsel und Gesamtfortschritt ohne synthetische `Mastery`-Datensätze.	**Noch nicht implementiert.** Bisherige kontextbezogene Freistellung ist nicht die dauerhaft vertragsgebundene Menge M_{eff}; Folge-Frontier, Gesamt-IST, Vertragsrevision und historische Bedeutung müssen gemeinsam umgesetzt und geprüft werden.
Atomare Normalform und Minimalität (G17)	Vollständige atomare Normalform $R \subseteq A \times A$, geordnete Migration (atomare Voraussetzungen materialisieren, Clusterkanten entfernen, transitiv reduzieren) und transitive Minimalität als Pflichtbasis vor Reifegrad M1.	Seit `15f74ef564` (mit Pull Request #119 und #121 auf der Hauptlinie, 11. November 2026) führt `CQR-001` die `G17`-Prüfung (atomare Normalform, transitive Minimalität, explizite Typen, einschließlich benötigter fachfremder Ziele) für jede Wurzel des vollständigen kanonischen Gymnasialkatalogs aus und setzt ein verletzendes Fach auf M0; in der CI hart über die zehn geschützten Floors. Im Status vom 11. November 2026 bestehen die zehn geschützten Fächer sowie Italienisch, Polnisch, Russisch und Tschechisch; Chinesisch, Englisch, Französisch, Griechisch, Musik, Spanisch und die Gymnasial-Übersichtswurzel scheitern und stehen auf M0. Nichtkanonische Wurzeln haben kein `G17`-Gate; die Migrationsreihenfolge ist nur über das Reduktionsnachweisregister belegt (Anhang A).

Bereich	Verbindliche Darstellung hier	Geprüfter Repository-Stand
Clustererfüllung (Sat)	Der normative Kern verlangt alle atomaren Nachfahren $\text{Atoms}(g) \subseteq M_{\text{eff}}$.	Die gelesenen Backendpfade filtern rekursiv mit der privaten Hilfsmethode `isCoreForPrereqs`: Vorhandene Kinder ohne Tags oder mit Tag `GK` verdrängen übrige Kinder; andernfalls zählen alle vorhandenen Kinder. Ein boolesches `core`-Attribut wird dort nicht gelesen. Das ist nicht dieselbe Aggregation.
Memorierung und Kartenfälligkeit	Der eigene erfolgreiche Abschlussabruf (`RecallPassed`) begründet den Zielabschluss; spätere SRS-Kartenfälligkeit ist kein Mastery-Entzug, und gewöhnliche Ziele erhalten keine Wiederholungsfälligkeit (`GD-D03`).	Die ältere Fälligkeits-Sollformel ist überholt; eine historische Ableitung allein aus Abrufflags in `useSrs Mastery.ts` beweist noch nicht den vollständigen Laufzeitvertrag über alle Pfade.
Rekursive Lerneinheiten (`LearningUnit`)	Rekursive Ziel- und Kinderstruktur mit eindeutigem Ersterwerb $\text{Own}(U)$, abgeleitetem Abschluss $\text{Complete}(U)$ und getrenntem optionalem Zeit-/Budgetprofil; Einheitssperren und direkter Prüfungszugang darunter bleiben unentschieden.	Verbindliches Strukturkonzept; **noch keine behauptete Laufzeitfunktion** und kein produktiver Unit-Validator. R1, R3 und R4 sind ab der ersten verfassten Einheit fail-closed zu prüfen (Entscheidung vom 11. November 2026).
Direkte Clusterreferenzen in Sichten	Eine Kompositionssicht macht einen kanonischen Cluster niemals zum Atom; $\text{Atoms}(g)$ bleibt erhalten (`GD-X09`).	Am Stand `68db5bf499` behandeln `LearnerService` und `Completion CanonicalGraphResolver` direkte `goalEntry`-Referenzen auf kanonische Cluster noch als kinderlose Laufzeitatome; Korrektur und nativer Nachweis stehen aus.
Persönlicher Lernumfang ($L = \text{Closure}(S)$)	Gültige Ausgangsziele S werden im unbeschnittenen kanonischen Graphen abgeschlossen ($L = \text{Closure}(S)$), unabhängig von Mastery fixiert und mit abgeleiteten Zielrollen für notwendige Atome versehen.	In Backend (`PersonalCurriculum LearningScope.java`) und WebGUI (`cacf323919`) mit lokalen Regressionen umgesetzt; vollständige native, Curriculum- und Remote-CI-Abnahme sowie Anpassung der Anwendbarkeits-/ Migrationsprüfer bleiben getrennt. Seit `b511654efb` (11. November 2026) behält ein Lernkontext, dessen kanonischer Graph nicht strikt kompilierbar ist, den geprüften Ausgangsumfang ohne abgeleitete Hülle und beansprucht keine Lernbasis.
Fokus und Filtermodi (Normal vs. Strikt)	Level-3-Fokus begrenzt Kandidaten bei festem Level-2-Nenner L; Normalmodus prüft im Fokus, strikter Modus global; Fokusausweitung erfolgt erst nach tatsächlichem Fokusabschluss.	In Laufzeit und WebGUI über ausdrücklichem M umgesetzt; nutzt noch nicht M_{eff} und unterliegt den genannten `isCoreForPrereqs`- und `goalEntry`-Grenzen.

Bereich	Verbindliche Darstellung hier	Geprüfter Repository-Stand
Didaktische Routen ($O_k \to a \to Z_k$)	Jedes nicht ausgenommene Atom liegt innerhalb seines Routenprofils auf einer direkten atomaren Kette von Orientierungsanker zu terminalem Autonomieziel.	Geprüft in zwölf konfigurierten QA-Profilen für zehn Gymnasialfächer (`CQR-101`–`CQR-104`) sowie hart über `GVR-012` in Mathematik; Curricula ohne Routenprofil bleiben höchstens M2.
Prüfungsaufgaben und Anwendungsdeckung	Freigebende Prüfungen müssen jede anerkannte wesentliche Kompetenz unter jeder Bestehenskombination unabhängig abverlangen (`GD-A08`).	`CQR-201`–`CQR-203` sichern `examData`, konkrete Aufgabenbereitschaft und Metadaten auf geschützten Floors, beweisen aber weder Live-Sitzungsbenotung noch Nichtkompensierbarkeit jeder Rubrikkombination. Nur für terminale Prüfungen der kanonischen Wirtschaftswissenschaften bindet `CQR-104` jeden `coveredGoalIds`-Eintrag an einen sichtbaren Voraussetzungspfad (verwandt mit R3).
Optionale Erwerbs- und Zeitplanung	Optionale Kalenderstufen prüfen strukturelle Abschlusszeugen über B_π und Work + Reserve $\leq$ Budget nur unter ausdrücklich deklarierten Schätzannahmen Θ_π.	Optionales Planungsprofil (`GD-P01`–`GD-P11`); kein produktives Curriculum- oder Laufzeit-Budgetgate behauptet, und `weight` bedeutet niemals Minuten.
Gesamt-IST vs. Periodenleistung	Der Gesamt-IST zählt $\lvert T_{\text{Plan}} \cap M_{\text{eff}} \rvert$ (mit optionalem nur-ausdrücklichem Planzähler $\lvert T_{\text{Plan}} \cap M \rvert$ samt Kennzeichnung), laufende Perioden zählen allein datierte ausdrückliche Abschlüsse.	Aktuelle Cockpit- und Geschwindigkeitsansichten zählen ausdrückliche Abschlussereignisse; die getrennte explizite/implizite Darstellung setzt die Umsetzung von M_{eff} voraus.
Reifegrade M0–M7 und Qualitäts-Floors	Maschinelle Curriculum-QA M0–M7 bleibt strikt getrennt von menschlicher Freigabe, Erprobung und Laufzeitkonformität.	CI schützt zehn Gymnasialfächer über checkCurriculumMaturityFloors.ts (5 auf M7, 5 auf M6) samt Status-Diff; ungeschützte Experimentalstände bleiben auf M0 berichtbar, reine `docs/**`-Änderungen sind in `ci.yml` ausgenommen.

Prüfbare Codeanker. PersonalCurriculumLearningScope.java; CompletionEvaluator.java; LearnerService.java; useSrsMastery.ts; validateGraph.ts; Mastery.java. Die verlinkte Hauptlinie entwickelt sich weiter. Das erzeugte Build-Manifest bindet die bei der jeweiligen Dokumentkompilierung tatsächlich gelesenen Eingabedateien per SHA-256.

Quellen. AGENTS.md, §2; completion-semantics-clarification-2026-11-04.md; dual-curriculum-package-implementation-status.md; PersonalCurriculumLearningScope.java; CompletionEvaluator.java.

C Prüfstrategie für die Abschlussberechnung

Das begleitende check-assessment-model.py ist eine mathematische Referenzprüfung mit der Python-Standardbibliothek. Es prüft die Formeln aus Abschnitt 13 an kleinen endlichen Modellen, liest keine Lernerdaten und ändert keinen Laufzeitzustand (`GD-D04`).

- **Endliche Modellprüfung.** Alle DAGs bis vier Knoten in topologischer Ordnung mit jeder Belegung von Mastery- und Schutzmenge, soweit die lokalen Inhaltsziele vollständig durch eigene Prüfungen gedeckt sind: 5 222 gültige Fälle. Traversierung und statische transitive Hülle liefern dieselbe implizite Menge I_U.
- **Minimalität.** Die transitive Reduktion ist minimal und erhält die Hülle. Redundante Kanten der normalisierten Relation ändern die Anerkennung nicht. Der ältere Vererbungsgegenfall ist eine Diagnose des Übergangsbestands; dieser begrenzte Modelltest belegt nicht die neue atomare Migrationspriorität (`GD-D05`).
- **Globale Monotonie.** Zusätzliche ausdrückliche Mastery öffnet bei festen gültigen Verträgen keine effektiv beherrschte Arbeit erneut. Prüfungs- und Memorierziele werden nie implizit bestanden (`GD-D06`).
- **Rekursive Einheiten.** 128 Belegungen des Mechanik-Beispiels prüfen Abschluss Complete(U), eigene Anerkennung I_U und ausdrückliche Kindpflichten. Ein Aggregat braucht keine eigene Prüfung; eine reine Synthese braucht keine neuen Inhaltsziele.
- **Einheitsgruppierung.** 948 Gruppierungsfälle vergleichen den Block-DAG mit einer vollständigen Blockreihenfolge. Ein Gegenbeispiel zeigt einen azyklischen atomaren DAG mit zyklischer Blockzusammenfassung; keine technische Sperrpolitik wird daraus abgeleitet.
- **Konkrete Gegenbeispiele.** Kein Stopp an gemeisterten Zwischenzielen; lokale Anerkennung trotz offener späterer Prüfung; dauerhafte Vertragsvereinigung, künftige Voraussetzungen, Schnitt mit der Plan-Zielmenge und externe Unterstützung außerhalb von Own(U).
- **Ungültige Eingaben.** Zyklen, unbekannte Referenzen und ungedeckte lokale Inhaltsziele schlagen definiert als Fehler fehl und führen nie zu automatischer Beherrschung.

Die Diagrammerzeugung in generate-completion-diagrams.py prüft die konkret gezeigten Mengen und vergleicht mit `--check` die frisch gerenderten PNG-Bytes (`GD-D07`). Diese Modell- und Diagrammtests prüfen weder reale Aufgabenqualität noch Benotungszuverlässigkeit, Identitätskontrolle oder pädagogische Wirkung. Die geforderte unabhängige Inhaltsprüfung bleibt ein eigener Schritt; Laufzeitintegration sowie deren Sicherheits-, Nebenläufigkeits- und Oberflächentests bleiben gesonderte Implementierungsarbeit.

Quellen. check-assessment-model.py; generate-completion-diagrams.py.

D Begriffe und Symbole

D.1 Begriffe

Die erste Tabelle erklärt die Begriffe in der Reihenfolge, in der das Dokument sie einführt, und nennt die englischen Fachbezeichnungen. Die zweite Tabelle listet die Formelzeichen. Keine dieser Definitionen begründet eine zusätzliche Ergebnisart: Gespeichert wird je atomarem Ziel allein das binäre Ergebnis m.

Begriff	Bedeutung
Lernziel, Ziel (*goal*)	Knoten des Skill-Graphen mit stabiler UUID-Identität.
atomares Ziel, Atom (*atomic goal*)	Ziel ohne `contains`-Kinder. Nur Atome tragen ein gespeichertes Ergebnis.
Cluster (*cluster goal*)	Ziel mit `contains`-Kindern; gliedert, wird aber nicht selbst gemeistert.
Containment	Die Hierarchie der verfassten `contains`-Kanten.
Anforderung, Voraussetzung (*requires*, *prerequisite*)	Die Kante $(g, p) \in R$ ist eine Anforderung von g; das Ziel p ist eine Voraussetzung von g.

Begriff	Bedeutung
verfasst, abgeleitet (*authored*, *derived*)	Verfasst sind nur die gespeicherten Kanten in C und R. Alles andere wird daraus berechnet.
geerbte, effektive Anforderung (*inherited*, *effective*)	Geerbt ist eine Anforderung, die ein Ziel von einem `contains`-Vorfahren übernimmt. Effektiv sind eigene und geerbte Anforderungen zusammen.
atomare Basis (*atomic basis*)	Bei einem Atom das Ziel selbst, bei einem Cluster seine atomaren Nachfahren.
atomarer Bedarf (*atomic demand*)	Alle Atome, die ein Ziel direkt oder transitiv voraussetzt; unabhängig vom Lernzustand.
atomare Normalform (*atomic normal form*)	Die Eigenschaft $R \subseteq A \times A$: Alle verfassten Anforderungen verbinden Atome.
Zielzustand, Übergangsbestand (*target state*, *transitional data*)	Zielzustand ist der angestrebte Zustand der kanonischen Daten: atomare Normalform und transitive Minimalität. Übergangsbestand sind Daten mit Clusteranforderungen.
transitive Minimalität (*transitive minimality*)	Keine verfasste Anforderung ist über die übrigen bereits erreichbar.
Orientierungsanker, terminales Autonomieziel (*motivation anchor*, *terminal autonomy goal*)	Anfangs- und Endpunkte einer didaktischen Route.
Mastery (*explicit mastery*)	Das gespeicherte ausdrückliche Ergebnis eines Atoms: geschafft oder noch nicht geschafft.
implizite Beherrschung (*implicit mastery*)	Aus bestandenen Prüfungen eines gültigen lokalen Vertrags abgeleitete Beherrschung; bei Inhaltszielen belegt sie selbstständige Anwendung.
effektiv beherrscht (*effective mastery*)	Ausdrücklich gemeistert oder implizit beherrscht. Beide wirken gleich.
Erfüllung (*satisfaction*)	Ein Ziel oder Cluster ist erfüllt, wenn seine atomare Basis effektiv beherrscht ist.
Frontier	Die nächsten verfügbaren Atome: selbst offen, Bedarf erfüllt.
Filter, Fokus (*filter*, *focus*)	Ein Filter wählt einen Ausschnitt des Skill-Graphen. Der Fokus ist der vorübergehende Arbeitsbereich einer Person (Level 3).
Normalmodus, strikter Modus (*optimistic*, *strict* oder *pessimistic mode*)	Der Normalmodus prüft Voraussetzungen innerhalb des Ausschnitts, der strikte Modus alle.
Personalisierungsstufe, Level (*level of personalization*)	Vier Stufen: Basiscurriculum, Personal Curriculum, Fokus mit aktivem Ziel, Mastery.
Personal Curriculum (*personal curriculum*)	Verbindliche persönliche Zielauswahl einschließlich ihrer notwendigen atomaren Voraussetzungen auf Level 2; bei fester Konfiguration unabhängig von Mastery. Vorhandene Anerkennung zählt als erfüllt.
Projektion, Kompositionssicht (*projection*, *composition view*)	Eine Projektion leitet für einen aufgelösten Kontext den sichtbaren Baum ab. Die Kompositionssicht legt dessen oberen Aufbau geprüft fest.
Projektionsrolle (*projection role*)	`target`: Lernziel der Sicht. `prerequisiteOnly`: fachlokale Voraussetzungshilfe; notwendige Atome haben dennoch ein Erwerbsziel im vollständigen Personal Curriculum.
Anwendbarkeit (`applicability`)	Kompilierte Angabe, in welchem Kontext ein Ziel sichtbar ist.
Programmeinheit, Platzierung (`programUnits`, `goalPlacements`)	Organisatorischer Abschnitt wie Jahrgang oder Semester; Zuordnung eines Ziels zu einem solchen Abschnitt.

Begriff	Bedeutung
Zieltyp (*node type*)	Pädagogische Art eines Atoms: Inhaltsziel, Orientierungsziel, Memorierziel oder Prüfungsziel.
Inhaltsziel (*ordinary subject goal*)	Das gewöhnliche fachliche Lernziel; in Abbildungen „gewöhnlich“.
verifizierter Abruf, Abschlussabruf (*verified recall*)	Kontrollierter Abruf einer Karte ohne Kartenhilfe; im Projektglossar auch „geprüfter Abruf“. Der Abschlussabruf über alle erforderlichen Karten schließt ein Memorierziel ab.
direkter Prüfungszugang (*direct assessment access*)	Ein bewusst gewählter Prüfungsversuch wird durch fehlende Vorbereitung nicht gesperrt.
Lerneinheit, Kindeinheit, Pflichtkind (*learning unit*, *child unit*, *required child*)	Autorisierte fachliche Einheit mit Lernversprechen; ihre Untereinheiten; die verpflichtenden unter ihnen.
Aggregat, Synthese (*aggregate*, *synthesis*)	Ein Aggregat fasst Kindeinheiten nur zusammen. Eine Syntheseeinheit prüft zusätzlich deren Integration.
lokaler Vertrag (*local recognition contract*)	Bindet die eigenen Ziele einer Lerneinheit, ihre Revision und die fachlich geprüfte Bedeutung ihrer Prüfungen; in anderen Quellen auch Anerkennungs- oder Erwerbsvertrag.
Gültigkeitsregeln R1–R5 (*unit validity rules*)	Die fünf Bedingungen vom 11. November 2026, ohne die implizite Anerkennung nicht tragfähig ist: Prüfungspfad für jedes eigene gewöhnliche Ziel (R1), geprüfter Deckungsnachweis (R2), Deckung nur innerhalb der Voraussetzungen der Prüfung (R3), genau eine direkt zuständige Einheit (R4) und versionierter Vertrag (R5).
geschütztes Ziel (*protected goal*)	Prüfungs- oder Memorierziel; wird nie implizit bestanden.
offene Nachfrage (*open demand*)	Die noch offenen geschützten Ziele einer Lerneinheit samt ihrem atomaren Bedarf.
Verbraucher (*consumer*)	Ein Ziel, das ein anderes voraussetzt, aus Sicht dieser Voraussetzung.
Einheitsvoraussetzung, Einheitssperre (*whole-unit prerequisite*, *entry lock*)	Ausdrücklich autorisierte Voraussetzung zwischen ganzen Lerneinheiten; eine daraus abgeleitete harte Zugangssperre. Ob es solche Sperren gibt, ist nicht entschieden.
Planungsstufe, Eintrittsbasis, Abschlusszeuge (*period*, *entry basis*, *witness*)	Zeitraum eines optionalen Zeitplans; als vorhanden angenommene Kompetenzen; Reihenfolge, die den Erwerb einer Planungsstufe als möglich belegt.
Plan-Soll, IST, Gesamt-IST	Das Soll ist der geplante Stand eines benannten Umfangs, der IST der erreichte. Der Gesamt-IST zählt die effektiv beherrschten Ziele eines Plans.
Profil (*profile*)	Benannter Satz zusätzlicher Regeln, der nur dort gilt, wo er ausdrücklich gewählt ist; etwa ein Routen-, Validator- oder Planungsprofil.
Scope, QA-Scope (*scope*, *QA scope*)	Der benannte Prüfumfang einer Regel oder eines Profils.
Gate (*gate*)	Automatische Prüfung, deren Scheitern einen Meilenstein oder einen Build blockiert.
Reifegrad, Meilenstein (*maturity level*, *milestone*)	Stufe M0 bis M7 der maschinellen Curriculum-QA; Anhang A nennt sie Meilensteine. M7 ist kein menschlicher Wirksamkeitsnachweis.

D.2 Symbole

Die folgende Tabelle fasst alle Formelzeichen zusammen (Graph in Abschnitten 1 bis 3, Lernzustand und Filter in Abschnitten 4 und 5, Personal Curriculum in Abschnitt 7, Zieltypen in

Abschnitt 8, Lerneinheiten und implizite Beherrschung in Abschnitten 11 und 13, Planung in Abschnitt 12).

Hinweis zur vereinheitlichten Notation. Frühere englische Einzel-Markdown-Entwürfe schrieben $D(g)$ für den atomaren Bedarf, $U(T)$ für die Voraussetzungshülle einer Teilmenge, M_A für die ausdrückliche Mastery-Menge, M_k und T_k (bzw. M und T) für Orientierungsanker und terminale Autonomieziele eines Routenprofils sowie K für Memorierziele. Die gemeinsame Single-Source-Spezifikation vereinheitlicht diese Zeichen in Web und PDF durchgängig auf RequiredAtoms(g), Closure(T), M, O_k und Z_k (bzw. O und Z) sowie A_{mem}, damit $K = G \setminus A$ eindeutig die Menge der strukturellen Cluster und M eindeutig die ausdrückliche Mastery bezeichnet. Die unveränderte statische Originalabbildung `06-available-next-goals.png` (Abbildung 8) zeigt weiterhin die historische Beschriftung M_A, worauf ihre Bildunterschrift ausdrücklich hinweist.

Symbol	Bedeutung
G, A, K	Ziele, strukturelle Atome, Cluster; $K = G \setminus A$.
C, R	Verfasste Kanten: Enthaltensein (`contains`) und direkte Anforderungen (`requires`).
X^+, X^{-1}	Nichtleere transitive Hülle und Umkehrrelation einer Relation X.
Anc(g), Desc(g)	Vorfahren und Nachfahren entlang `contains`.
Atoms(g)	Atomare Basis; bei einem Atom die einelementige Menge.
R_{eff}, $R_{\text{inherited}}$	Effektive Anforderungen und ihr geerbter Anteil; $\text{Pre}_{\text{eff}}(g)$ sind die effektiven Voraussetzungen von g.
R_{at}	Vollständig atomar expandierte effektive Relation, auch in den Abschlussformeln.
R_A	Direkt atomar verfasste Anforderungen $R \cap (A \times A)$.
$B(g)$, RequiredAtoms(g)	Atomare Basis der effektiven Voraussetzungen von g und atomarer Bedarf (in früheren englischen Einzelentwürfen $D(g)$).
O, Z, E_{route} (O_k, Z_k)	Orientierungsanker, terminale Autonomieziele und ausgenommene Unterstützungsziele (bzw. je Routenprofil k; in früheren englischen Einzelentwürfen M und T bzw. M_k und T_k).
m, M	Gespeicherter binärer Zustand je Atom und Menge seiner ausdrücklichen Erfolge. $m(a) = 0$ schließt implizite Beherrschung nicht aus. In früheren Einzelentwürfen sowie in den statischen Abbildungen 8 und 9 steht M_A.
M_{eff}	Globale Vereinigung ausdrücklicher und gültig abgeleiteter impliziter Beherrschung.
$\text{Sat}(g, M_{\text{eff}})$	Erfüllung eines Ziels oder Clusters.
Frontier, Frontier_K	Nächste verfügbare Atome; abgeleitete Clusterverfügbarkeit.
$P(S)$, $w(a)$	Gewichteter Fortschritt über eine Zielmenge S; Fortschrittsgewicht eines Atoms a.
F, G_F, A_F	Filterprädikat, ausgewählte Ziele, ausgewählte Atome.
Applicability, D, V_d	Anwendbarkeit, Dimensionsmenge und Vokabular einer Dimension. In Abschnitt 5 ist Q die aktive Filterauswahl.
Closure(T)	Ausgewählte Atome T samt ihrem atomaren Bedarf (in früheren englischen Einzelentwürfen $U(T)$).
S, L	Vereinigung der gültigen atomaren Ausgangsziele der gewählten geprüften Fächersichten und daraus geschlossener persönlicher Lernumfang $L = \text{Closure}(S)$ auf Level 2.
$\text{Frontier}_{\text{opt}}$, $\text{Frontier}_{\text{strict}}$	Frontier im Normalmodus und im strikten Modus.
Missing, MissingAtoms	Unerfüllte effektive Voraussetzungsknoten; fehlende Atome des Bedarfs.
Cards(g)	Vollständig aufgelöste gültige Menge der erforderlichen Karten des Memorierziels g.
RecallPassed(g)	Ausdrücklich festgestellter erfolgreicher Abschlussabruf über Cards(g).

Symbol	Bedeutung
score, *passed*	Punktzahl und Bestehen eines Prüfungsziels; *maxPoints* und *passingPoints* stammen aus dem Bewertungsraster.
U, $\mathrm{Own}(U)$, $T(U)$	Lerneinheit, eigene atomare Erwerbsziele und Gesamtumfang einschließlich der Kinder; $\mathrm{Children}(U)$ sind die Pflichtkinder.
$\mathrm{Complete}(U)$	Rekursiv abgeleiteter Abschluss; keine zusätzlich gespeicherte Unit-Mastery.
Q, A_{mem}	In Abschnitt 13 die Mengen der atomaren Prüfungsziele und der atomaren Memorierziele (in früheren Einzelentwürfen stand K für Memorierziele).
Q_U, $A_{\mathrm{mem},U}$, P_U	Eigene Prüfungs-, Memorier- und gemeinsame Schutzmenge; $A_{\mathrm{mem},U} = \mathrm{Own}(U) \cap A_{\mathrm{mem}}$.
$\mathrm{Reach}^{*}_{R_{\mathrm{at}}}(X)$	Die Menge X samt allem, was ihre Elemente direkt oder transitiv voraussetzen.
N_U	Offene Nachfrage: vollständige transitive Nachfrage der offenen eigenen geschützten Ziele, ohne Stopp an gemeisterten Zwischenzielen.
I_U	Implizite Menge: eigene nicht geschützte Ziele außerhalb von M und N_U. Bei Inhaltszielen belegt sie lokal abgeleitete Anwendung. Keine zusätzliche gespeicherte Ergebnisart.
$\mathrm{Cov}(q)$	Geprüfter Deckungsanspruch einer Prüfung q: die Ziele, deren selbstständige Anwendung ihre Aufgaben und reguläre Bewertung prüfen; nach Regel R3 nie größer als $\{b \in A \mid (q, b) \in R^{+}_{\mathrm{at}}\}$. Erzeugt allein keine Anerkennung.
$\mathcal{U}_{\mathrm{valid}}$	Personen- und revisionsgebundene, dauerhaft anwendbare autoritative lokale Verträge; nicht nur aktuell sichtbare Einheiten oder deren neueste Fassungen.
T_{Plan}, H_{gesamt}	Plan-Zielmenge und Zahl ihrer effektiv beherrschten Ziele.
T_π, B_π, ℓ_π	Geplante Erwerbsziele, Eintrittsbasis und optionale kalenderbezogene Planungsstufen; n_π ist ihre Anzahl, S_i die Zielmenge der Stufe i.
R^{π}_{at}, $\mathrm{Frontier}_\pi$, $\mathrm{RequiredAtoms}_\pi$	Planrelation ohne die Anforderungen der Eintrittsbasis; zugehörige Frontier und zugehöriger Bedarf.
$W^{(r)}$	Hypothetischer Stand des Prüfalgorithmus nach r Schritten.
Θ_π, $\widehat{t}_h(\Theta_\pi)$	Deklarierte Schätzannahmen des Plans und darunter geschätzte nichtnegative Dauer der Aktivität h; $\mathcal{H}_i$ sind die Aktivitäten der Stufe i.
Work, Reserve, Budget	Arbeitsaufwand, geschützte Reserve und verfügbare Zeit einer Planungsstufe.

E Quellenzuordnung und Abbildungen

Die zweisprachigen Kapitel unter `docs/concept/skill-graph/source/` bilden die alleinige verfasste Single-Source-Grundlage für die Web-Dokumentation und die PDF-Kompendien (source/README.md) und verknüpfen sie mit den spezialisierten Fachverträgen im Repository (`GD-D09`). Querverweise benennen die jeweilige fachliche Verantwortung; sie behaupten nicht, dass alle optionalen oder konzeptionellen Teile bereits produktiv implementiert seien.

Teil	Maßgebliche Quellen	Rolle
Formaler Kern und Filter (§§1–5)	`source/chapters/00-frontmatter.{de,en}.md`, `source/chapters/01-core.{de,en}.md` (spec-manifest.json).	Kanonische Single-Source-Definition von Zielen, `contains`, `requires`, Vererbung, atomarer Expansion, Gültigkeit, Frontier und Filtermodi für Web und PDF.
Schichten und Migration (§6)	`source/chapters/02-context.{de,en}.md`; General Goal System and Migration; Canonical Gymnasium Rollout.	Trennung von Ziel-, Programm-, Platzierungs-, Kompetenzachsen- und Kompositionssicht-Schicht sowie Rollout-Politik kanonischer Skill-Landschaften.
Sichten und persönliche Auswahl (§7)	`source/chapters/02-context.{de,en}.md`; View Projection and Goal Placement; Levels of Personalization.	Projektionsvertrag, `projectionRole`, Personalisierungsstufen Level 1–4, geschlossener Lernumfang $L = \text{Closure}(S)$ und Fokuswechsel.
Zieltypen und Evidenz (§8)	`source/chapters/02-context.{de,en}.md`; Node Types; AGENTS.md.	Pädagogische Zieltypen (Inhalts-, Orientierungs-, Memorier- und Prüfungsziele), verifizierter Abruf und binäre Ergebnissemantik.
Rekursive Lerneinheiten (§11)	`source/chapters/03-learning-units.{de,en}.md` (source/README.md); Gestaltungskriterien und Beispiele (englisch).	Kanonische Single-Source-Definition rekursiver `Learning Unit`-Einheiten, eindeutiger Ersterwerbszuordnung $\text{Own}(U)$, abgeleiteten Abschlusses $\text{Complete}(U)$ und offener Einheitszugangspolitik; Gestaltungskriterien und durchgearbeitete Kandidaten.
Optionale Zeitplanung (§§9, 12)	`source/chapters/04-planning.{de,en}.md`; Curriculum Time Axis and Pacing; Unified Learning Plan Status.	Optionale Kalenderstufen, Eintrittsbasis B_π, struktureller Abschlusszeuge und Zeitbudget unter deklarierten Schätzannahmen Θ_π.
Implizite Beherrschung (§13)	`source/chapters/05-assessment.{de,en}.md`; Completion Semantics Clarification (2026-11-04); Exam Preparation Planning.	Kanonische Single-Source-Spezifikation lokaler Prüfungsverträge, transitiver Nachfrage N_U, impliziter Menge I_U und globaler Menge M_{eff} für Web und PDF.
Herkunft und Materialien (§10)	Source and Resource Links; Content Integration; Human-Readable Source Rationales.	Strikte Trennung zwischen amtlicher Quellenherkunft (`sourceRef`), optionalen Inhaltspaketen und verständlichen Quellen- bzw. Kantenbegründungen.

Teil	Maßgebliche Quellen	Rolle
Bilder und Zielbücher (§10)	Atomic Goal Visualizations; Learning-Goal Book and Evidence-Review Pipeline.	Governance atomarer Lernziel-Visualisierungen sowie D/P/A/M/V-Evidenz- und Reviewpipeline bis Reifegrad M7.
Validierung und QA (§§3, 10, Anhang A)	Graph Validation Rules; Curriculum Quality Maturity and Routes; Semantic Atomicity Review.	Strukturregeln `GVR-*`, Qualitätsregeln `CQR-*`, Aufstiegskette M0–M7, geschützte Floors und semantische Atomaritätsprüfung.
Austausch und Rechte (§10)	Dual Curriculum Package Releases; MEM/FWU Roundtrip Plan; LICENSING.md.	Duale JSON- und Ontologie-Releasepakete, verlustarme Austauschgrenzen sowie Lizenz- und Datenschutzregeln (`Apache-2.0` / `CC-BY-4.0`).
Regelregister, Glossar und Build (Anhänge A–F)	`source/rules-and-gates.json`, glossary-and-symbols.json, implementation-status.json, figures.json, Glossary.	145 `GD-*`-Regeln mit Ampelstatus, Begriffs- und Symbolverzeichnis, datierter Implementierungsabgleich, Abbildungsnachweise und Single-Source-Buildvertrag.

Die sieben englisch beschrifteten statischen didaktischen Graphabbildungen (`01-skill-graph-overview.png` bis `07-filter-modes.png`: Abbildungen 1, 2, 3, 4, 6, 8 und 9) stammen aus dem Abbildungsbestand `docs/concept/skill-graph/assets/graph-definition/` (*SkillPilot: Graph Definition*, Fassung vom 29. Oktober 2026) und werden unverändert mit zweisprachigen Erläuterungen aus figures.json eingebunden. Die zehn zusätzlichen zweisprachigen Diagramme (`00-title-skill-graph.{de,en}.png` für das Titelblatt sowie `08-transitive-demand.{de,en}.png` bis `16-recursive-learning-unit.{de,en}.png` zu transitivem Bedarf, lokaler Anerkennung, geschützten Zielen, Periodenleistung, Kalenderplanung, atomarer Expansion, geerbter Redundanz, geteilten Prüfungen und rekursiven Lerneinheiten) werden deterministisch mit Matplotlib durch generate-completion-diagrams.py als PNG erzeugt. Maßgeblich sind die Formeln und Bildlegenden; die Abbildungen behaupten keine zusätzlichen Kanten oder Anforderungen (`GD-D10`). Technischer Text, Formelspezifikation, strukturierte Quelldateien und Build-Werkzeuge stehen unter `Apache-2.0`; die eigenen didaktischen Illustrationen unter `CC-BY-4.0`, soweit die entsprechenden Rechte vorliegen. Lizenztexte und Abgrenzung: LICENSE, LICENSES/CC-BY-4.0.txt und LICENSING.md. Quellenhinweis für die Illustrationen: *SkillPilot, enpasos – Enterprise Patterns & Solutions GmbH, Graph Definition* (statische Originalabbildungen `01`–`07`: Fassung vom 29. Oktober 2026; zweisprachige generierte Diagramme `00`, `08`–`16` sowie Single-Source-Zusammenführung: diese Dokumentfassung, `CC-BY-4.0`).

F Dokument bauen und prüfen

Alle zweisprachigen Web-Seiten und PDF-Ausgaben entstehen aus der einzigen verfassten Quelle unter `docs/concept/skill-graph/source/` (source/README.md, spec-manifest.json). Der Compiler `docs/concept/skill-graph/build_spec.py` prüft die 1:1-Strukturparität zwischen Deutsch (`DE`) und Englisch (`EN`), übersetzt Kapitel und strukturierte JSON-Quellen in Mk Docs-Markdown sowie LuaLaTeX-Quellen und bindet die statischen Originalabbildungen (`01`–`07`)

sowie die zweisprachig generierten Bitmap-PNGs (00, 08–16) aus docs/concept/skill-graph/assets/graph-definition/ ein. Vom Repositorywurzelverzeichnis aus:

- python3 docs/concept/skill-graph/build_spec.py --web-and-tex – prüft mit reiner Python-Standardbibliothek die DE/EN-AST-Parität und erzeugt sämtliche zweisprachigen Mk Docs-Webseiten sowie die LaTeX-Zwischendateien unter tmp/skill-graph-document/.
- python3 docs/concept/skill-graph/latex/check-assessment-model.py – führt die endliche mathematische Referenzprüfung zu Abschnitt 13 aus.
- python3 docs/concept/skill-graph/latex/generate-completion-diagrams.py --check – prüft die deterministisch gerenderten zweisprachigen PNG-Diagramme ohne Dateiveränderung.
- python3 docs/concept/skill-graph/build_spec.py --all – führt Paritätsprüfung, Formelmodelltest, zweisprachige PNG-Erzeugung, Web-Markdown-Generierung und den mehrstufigen LuaLaTeX-Build für die deutsche (skillpilot-graph-definition.pdf, skillpilot-graph-definition.de.pdf) und englische (skillpilot-graph-definition.en.pdf) PDF-Ausgabe samt .build.json-Manifesten aus (GD-D11).

Für --web-and-tex und die Formelprüfung genügt Python 3; der vollständige --all-Lauf benötigt zusätzlich Matplotlib sowie LuaLaTeX mit deutscher (ngerman) und englischer (english) Sprachunterstützung und den Präambelpaketen. Mehrere LaTeX-Läufe lösen alle Querverweise auf; die erzeugten .build.json-Manifeste binden Eingabedateien, SOURCE_DATE_EPOCH, Werkzeugversionen und PDF-Prüfsummen per SHA-256. Über unterschiedliche TeX-Live-Versionen hinweg ist identische PDF-Bytefolge nicht garantiert. Sämtliche generierten Web-Markdown-Dateien, generierten Diagramm-PNGs (00, 08–16), .tex-Zwischendateien, PDFs und Build-Manifeste sind per .gitignore ausgeschlossene Build-Artefakte und werden niemals von Hand editiert oder committet.

Zum vollständigen Dokumentabschluss gehören ein fehlerfreier Build, aufgelöste Verweise, die Prüfung auf überbreite oder überhohe Boxen und eine visuelle Sichtung beider PDF-Ausgaben (GD-D12). Technischer Spezifikationstext, Schemata und Build-Skripte stehen unter Apache-2.0 (LICENSE), eigene didaktische Abbildungen unter CC-BY-4.0 (LICENSES/CC-BY-4.0.txt, LICENSING.md). Build- und Formelprüfungen ergänzen die Dokument-QA, ersetzen aber weder Laufzeittests noch unabhängige fachliche und empirische Validierung.

Quellen. source/README.md; spec-manifest.json; check-assessment-model.py; LICENSING.md.