SkillPilot Qualitätshandbuch · Band IV

Curriculum-Qualität, Validierung und Champion-Erprobung

QS-Reifegrade M0–M7, QA-Scopes und CQR-Regeln, Graph-/View-Validatoren

(GVR/APV/CPV), semantische Atomizität und menschliche Champion-Erprobung

Geltungsbereich dieses Handbuchs

Dieser Band bündelt die dauerhaften Qualitäts-, Validierungs- und Erprobungsregeln für Skill Pilot-Curricula: das Gesamtkonzept der getrennten QS-Reifegrade `M0`–`M7` und der praktischen Erprobung durch Curriculum-Champions, die detaillierte Semantik der QA-Scopes und `CQR-*`-Regeln im Qualitätsdashboard, die algorithmischen CI-Validatoren (`GVR-*`, `APV-*`, `CPV-*`), den Review-Prozess für semantische Atomizität sowie den operativen Champion-Leitfaden samt zukunftsgerichtetem Vier-Stufen-Modell.

Stand: 11. November 2026 · Lizenz: Apache-2.0 (technische QS- und Validierungsspezifikation; siehe LICENSING.md).

Generierte Statusberichte unter docs/qa-ci/status/ sind abgeleitete Snapshots und keine manuell editierbare Quelle.

Inhaltsverzeichnis

1 Curriculum-Qualität: QS-Reifegrade und menschliche Erprobung 3
1.1 Ziel, Leitprinzipien und QS-Reifegrade M0–M7 . . . 3
1.2 Verbindliche Definition von M7 und Umgang mit Bildern . . . 3
1.3 Menschliche Erprobung durch Curriculum-Champions . . . 4
1.4 Darstellung, Grau-Grün-Skala, Datenschutz und Abnahme . . . 5

2 Curriculum Quality: Reifegrade, QA-Scopes und CQR-Regeln 6
2.1 Grundbegriffe, Bundesland-Abdeckung und Routenmodell . . . 6
2.2 Scope-Reife (M0–M4) und Curriculum-Reife (M0–M7) . . . 7
2.3 Katalog der CQR-*-Regeln und aktive CQR-302-Fachbilanzen . . . 8

3 Graph-, Anwendbarkeits- und Kompositionsansichts-Validierung 10
3.1 CI-Einstiegspunkte, Profile und Basis-DAG-Prüfungen . . . 10
3.2 Stabile Graph-Validierungsregeln (GVR-001 bis GVR-016) . . . 10
3.3 Filter-Projektion (APV-*), Pflichtlernbasis und Assessment-Anwendbarkeit . . . 12
3.4 Kompositionsansichts-Validierung (CPV-000 bis CPV-216) . . . 12

4 Semantische Atomizitätsprüfung 14
4.1 Fachliches Kriterium, Ausschlüsse und Review-Status . . . 14
4.2 Aktive Konfigurationen, Fingerprints und Erweiterungsablauf . . . 14

5 SkillPilot Curriculum-Champions 15
5.1 Aufgaben, Registrierung und praktische Erprobung („Deine menschliche QS“) . . . 15
5.2 Beendigung der Rolle und Aufbau der „Curricula“-Seite . . . 15

6 SkillPilot-Qualitätssicherung: Das Vier-Stufen-Champion-Modell 17
6.1 Einordnung und die vier QS-Stufen . . . 17
6.2 Zusammenspiel und Governance . . . 17

1 Curriculum-Qualität: QS-Reifegrade und menschliche Erprobung

Status und Zusammenspiel

Verbindliches Gesamtkonzept für Issue #49. Die technische Ableitung im Qualitätsdashboard steht in 2, der praktische Ablauf für Curriculum-Champions in 5. Die Umsetzung nutzt vorhandene Qualitätsberichte, Prüfregister, Champion-Zuordnungen und Abschlussnachweise ohne zweite QS-Pipeline oder allgemeines Zertifizierungssystem.

1.1 Ziel, Leitprinzipien und QS-Reifegrade `M0`–`M7`

SkillPilot weist die Qualität einer Skill-Landschaft über zwei **getrennte** Dimensionen aus:

1. **QS-Reifegrad `M0`–`M7`:** Welche verbindlichen Qualitätsprüfungen sind für den aktuellen Inhaltsstand vollständig erfüllt?
2. **Menschliche Erprobung:** Zeigt der Lernfortschritt eines zugeordneten Champions eine begonnene Erprobung, wurde der Beginn ausdrücklich bestätigt oder der gesamte ausgewiesene Lernumfang erfolgreich durchlaufen und bestätigt?

> **Der Reifegrad beschreibt den erreichten Prüfstand. Der Champion-Status beschreibt die praktische Erprobung.** (Beispiel: *Physik · M7 · Menschlich erprobt* — kein Garantie-Siegel für absolute Fehlerfreiheit.)

Die Reifegrade bilden eine kumulative Leiter, die ausschließlich aus den aktuellen zentralen Prüfnachweisen (nie aus historischen Meilensteinen oder manuellen Flags) abgeleitet wird; menschliche Erprobung erzeugt keinen Meilenstein `M8`:

Stufe	Fachliche Aussage
`M0`	Noch kein belastbarer QS-Grundstand.
`M1`	Quellen und extrahierte Lehrplanziele sind erfasst und auf amtliche Quellenlinks rückverfolgbar.
`M2`	Quellenabdeckung, Bundesland-Sichten und relevante Kurszuordnungen sind konsistent.
`M3`	Die erforderlichen Lernwege sind geschlossen und auf atomarer Ebene sauber modelliert.
`M4`	Die erforderlichen Lernwege einschließlich ihrer terminalen Übungs- und Prüfungsziele sind geprüft.
`M5`	Schulgeeigneter Kern-QS-Stand: Alle verbindlichen Kernprüfungen sind bestanden.
`M6`	`M5` einschließlich geprüfter Memory-Entscheidungen, Deck-Zuordnungen und Sichtbarkeit.
`M7`	`M6` einschließlich vollständig abgeschlossener vertiefter Curriculum-QS für sämtliche aktuellen `curricularAtomic`-Lernziele des betrachteten Fachs.

1.2 Verbindliche Definition von `M7` und Umgang mit Bildern

`M7` verlangt, dass **jedes** aktuelle `curricularAtomic`-Lernziel des Fachs gleichzeitig die **Schnittmenge aller fünf Gates** erfüllt (keine Addition oder Mittelung einzelner Gate-Zähler, keine gerundeten Prozentwerte; Teilstände erscheinen z. B. als *M6 · Vertiefte QS: 472 von 478 Lernzielen abgeschlossen*):

Gate	Erforderlicher Nachweis
D – Beschreibungen	Zwei unabhängige Beschreibungsreviews mit geklärter Synthese, gebunden an gültigen Inhalt und Kontext.
P – Verständnisnachweise	Aktuelles, vollständig geprüftes `positive-understanding-evidence-v2`-Profil mit wahrheitsgemäßem Freigabestatus.
A – Atomizität	Aktuelle fachliche Entscheidung zur Abgrenzung und semantisch atomaren Struktur (4).
M – Memory	Aktuelle begründete Entscheidung zur Memory-Notwendigkeit samt zugehörigen Karten-/Sichtbarkeitsbindungen.
V – Visualisierungen	Aktuelle fachliche KI-Bildprüfung am exakten aktiven Asset-Hash mit gültigen Inhaltsbindungen (keine Anerkennung technischer Rückstellungen als Ausnahme).

```
M7 erreicht =
    M6 weiterhin erfuellt
    UND aktuelle Zielmenge eindeutig bestimmt und nicht leer
    UND jedes aktuelle curricularAtomic-Ziel erfuellt alle 5 Gates (D/P/A/M/V)
    UND erforderliche Abschlusspruefungen bestanden
    UND keine offenen M7-relevanten Blocker
```

- **Abgrenzung zu menschlichen Freigaben:** `M7` ist ein maschinelles Abschlussgate und erzeugt keine menschlichen Freigaben (`needs_human_review` wird nicht umgeschrieben; weder `humanApproved` noch `humanIssueIdentified` erfüllt oder blockiert Gate V/M7, während menschliche Befunde separat erhalten bleiben).
- **Bildgrundsätze & separates Release-Gate:** (1) `KEEP` als Standard für gute Bestandsbilder unabhängig von Generator/Alter, (2) fachliches Urteil vor Herkunft, (3) Erzeugung ist keine Freigabe, (4) echte Inhaltsprüfung statt bloßer Hash-Kosmetik, (5) menschliche Befunde bleiben separat wirksam. Der separate CI-Check `checkGoalVisualizationQaApprovalCoverage.ts` fungiert als Bild-Release-Gate (akzeptiert bestehende menschliche oder aktuelle KI-Freigabe, lehnt offene menschliche Fehlerbefunde auch bei erreichtem `M7` ab).

1.3 Menschliche Erprobung durch Curriculum-Champions

Die praktische Erprobung setzt mindestens den Kern-QS-Stand `M5` voraus (kann parallel zum Weg nach `M7` laufen) und kennt drei Zustände:

Zustand	Voraussetzung	Sichtbares Label
Nicht begonnen	Weder Lernfortschritt eines aktiven Champions im Umfang noch bestätigter Start	Basisstatus aus dem QS-Reifegrad
In Erprobung	Aktive, nicht pausierte Champion-Rolle mit Fortschritt im Umfang oder bestätigtem Beginn	**Menschliche QS läuft**
Abgeschlossen	Vollständiger praktischer Durchlauf eines Champions im ausgewiesenen Umfang + Bestätigung	**Menschlich erprobt**

- **Beginnsignal (PO-Entscheidung vom 20. September 2026):** Vorhandener Lernfortschritt (>= 1 abgeschlossenes Ziel im aktuell zugeordneten Prüfumfang einer aktiven Champion-Rolle ab `M5`) zählt automatisch als **Menschliche QS läuft** — unabhängig von Registrierungsdatum oder Alter des Fortschritts. Ohne Fortschritt steht **„Erprobung beginnen“**

bereit; bloße Registrierung, fachfremder Fortschritt, pausierte oder beendete Rollen lösen das Signal nicht aus. Vorhandene Beherrschung ist ein Beginnsignal, kein Abschlussnachweis (auch 100 % importierte/manuelle Mastery allein ergibt niemals „Menschlich erprobt“).

- **Vier Abschlussbedingungen für „Menschlich erprobt“:** (1) vollständiger Durchlauf des ausgewiesenen Prüfumfangs durch **mindestens eine** Person (Teilabschlüsse mehrerer Champions werden nicht addiert), (2) tatsächliche inhaltsgebundene Erprobungsnachweise aus praktischer Bearbeitung, (3) keine bekannten offenen blockierenden Befunde (ein Zielabschluss schließt gemeldete Defekte nicht automatisch) und (4) einmalige ausdrückliche Abschlussbestätigung des Champions (*„Alle Ziele durchlaufen. Erprobung abschließen?“*).
- **Umfang, Änderungen & Pause/Rücktritt:** Ein expliziter Erprobungsvorgang bindet seinen Umfang (z. B. *Physik, Hessen, Sek II* zertifiziert nicht alle Länder/Stufen). Bei inhaltlichen Curriculum-Änderungen fällt `M7` bei offenen Zielen auf den belegten Meilenstein zurück, und für die menschliche Erprobung müssen nur neue/wesentlich geänderte Stationen nacherprobt werden. Pausierte/unvollendete Erprobungen blenden „Menschliche QS läuft“ aus; ein bereits gültig bestätigter Abschluss bleibt auch nach Rücktritt des Champions erhalten.

1.4 Darstellung, Grau-Grün-Skala, Datenschutz und Abnahme

Alle Oberflächen verwenden dieselbe zentrale Ableitung, dieselben Texte und eine geordnete **Grau-Grün-Skala** für `M0` (neutrales Hellgrau) über `M1`–`M4` (stufenweise zunehmendes Graugrün/Grün) und `M5` (mittleres Grün) bis `M6` (kräftiges Grün) und `M7` (sattes Dunkelgrün) — stets barrierefrei zusammen mit Stufennummer und Text im Light- und Dark-Mode. Daneben zeigt das Erprobungsbadge getrennt **Experimentell** (`< M5`, Warnhinweis), **Maschinelle QS** (`>= M5` ohne aktive/abgeschlossene Erprobung, Orange — kombinierbar mit grünem `M7`-Badge), **Menschliche QS läuft** (zurückhaltendes Grün) oder **Menschlich erprobt** (kräftiges Grün mit Abschlusssymbol). Übergeordnete Sammlungen wie *Gymnasium (DE)* werten enthaltene Fächer nicht pauschal auf, sondern fassen sachlich zusammen (z. B. *Menschliche QS in 2 Fächern*). Öffentliche QS-Anzeigen enthalten keinerlei private Lernenden-, Session- oder Chatdaten.

Abnahmebereich	Verbindliche Prüferwartung
`M7`-Vergabe & Zähler	Nur bei gültigem `M6` und strikter 5-Gate-Schnittmenge aller aktuellen Ziele; keine Mittelwerte, Rundungen oder aufgeschobenen Arbeiten als Abschluss.
Freigabestatus	KI-Nachweise werden nie als menschliche Freigaben ausgegeben; offene menschliche Fehlerbefunde bleiben wirksam.
Erprobungsbeginn & -ende	Fortschritt im Umfang (unabhängig vom Registrierungsdatum) oder Startklick löst Beginn aus; Abschluss verlangt vollständigen Einzeldurchlauf, null Blocker und Bestätigung.
Umfang, Sichten & Sammlungen	Teilnachweise bleiben begrenzt, Änderungen entwerten nur betroffene Ziele, gleiche Grau-Grün-Skala überall, keine pauschale Sammelaufwertung.

2 Curriculum Quality: Reifegrade, QA-Scopes und CQR-Regeln

Workbench-Lesart und Konzeptkorrektur vom 4. November 2026

Fachliche Spezifikation der Anzeige unter `/quality-dashboard` und der generierten Snapshots in `docs/qa-ci/status/curriculum-quality-status.json` (Generator: `cd app && npm run quality:curriculum-status` via `app/scripts/generateCurriculumQualityStatus.ts`; Kurzüberblick: Dashboard Status Layer). **Konzeptkorrektur vom 4. November 2026:** Bisherige `M7`-Freigaben oder bestandene Routenprüfungen belegen nicht automatisch, dass Prüfungsaufgaben die selbständige Anwendung sämtlicher implizit anerkannten Kompetenzen gemäß Assessment-Gated Completion absichern; diese Autorenpflicht erfordert ein separates Aufgaben-/Rubrikreview.

2.1 Grundbegriffe, Bundesland-Abdeckung und Routenmodell

Ein **Curriculum** im Dashboard ist eine kanonische `SkillLandscape`-Datei unter `curricula/DE/Gymnasium/canonical/`. Für die **bidirektionale Bundesland-Abdeckung** trennt das Dashboard strikt drei Atomzahlen (`contains` leer, inklusive atomarer Übungs-, Memory- und Assessment-Knoten):

1. **`Roh-Atomar:`** alle atomaren Leaf-Knoten der kanonischen JSON-Datei (Diagnosewert, nicht der Bundesland-Nenner).
2. **`DE-Sicht atomar:`** Vereinigung aller atomaren Knoten aus den nationalen `de-de-*`-Kompositionsansichten.
3. **`Bundesland-Sicht atomar:`** Vereinigung aller atomaren Knoten aus den `de-<land>-*`-Kompositionsansichten eines Bundeslands.

Für jedes deklarierte Bundesland prüft `CQR-003` **beide Richtungen** gegen die im Repository erfassten Source-Snapshots (Vollständigkeit der PDF-Extraktion selbst sichert der Snapshot-/Extract-Ledger):

- **Sicht -> Quelle:** Jedes sichtbare Atom besitzt einen direkten (`provenance`, reviewtes `mapping`) oder explizit reviewten indirekten `requires-closure`-Ersatzbeleg für genau dieses Land (`override`, `child-union` und unreviewte `requires-closure` zählen nicht).
- **Quelle -> Sicht:** Jedes registrierte Originalziel des Bundeslands mappt über seine atomare Source-Closure vollständig auf sichtbare kanonische Atome, und alle aus vorhandenen Source-Snapshots gelesenen Atome sind im Membership-/Closure-Ledger registriert.

Ein **QA-Scope** prüft einen expliziten learner-facing Teilbereich (nicht die Zahl didaktischer Einzelpfade; fehlende QA-Scopes begrenzen den Aggregator auf maximal `M2`):

Scope-ID	Stufe	Atome	Motivationsanker & terminale Autonomie
`canonical-math-sek1`	Sek I	247	`Warum Mathematik? - Entdecken, Muster & Alltag` -> 38 Aufgaben unter `Prüfungen Jahrgangsstufe 5..10`
`canonical-math-sek2`	Sek II	397	`Warum Mathematik? - Denken, Muster & Zukunft` -> atomare Aufgaben unter `Übungen E-Phase`, `Q1..Q4` & `Prozesskompetenzen`
`canonical-physics-sek1`	Sek I	44	`Warum Physik?` -> atomare Aufgaben unter `Übungen Sekundarstufe I Physik`
`canonical-physics-sek2`	Sek II	278	`Warum Physik?` -> atomare Aufgaben unter `Übungen E-Phase` und `Übungen Q1..Q4`

Routenrichtung und PO-Zielnorm (8. November 2026): Gespeicherte Kanten `A.requires = [B]` zeigen vom späteren Ziel zur Voraussetzung (`Motivation <- Voraussetzungen <- atomare Lernziele <- terminale Übung / Klausur`). Während die Übergangsprüfung $R_{\text{effective}}$ geerbte Cluster-`requires` einbezieht, prüft die kanonische Route ausschließlich direkte atomare Kanten $R \cap (A \times A)$. Verbindlicher Migrationspfad nach $R \subseteq A \times A$: zuerst alle reviewten atomaren Voraussetzungen materialisieren/erhalten, danach abgedeckte nichtatomare `requires` entfernen und schließlich unter Erhalt von R_{at}^{+} transitiv reduzieren (siehe Graph-Definition §3.1). Seit dem **11. November 2026** prüft `CQR-001` den erreichten Zustand (atomare Normalform und transitive Minimalität) für jede Wurzel des kanonischen Gymnasialkatalogs; die Migrationsreihenfolge selbst ist nur für Reduktionen belegt, die an das Reduktionsnachweisregister gebunden sind, während `CQR-102` und `GVR-012` weiterhin direkt atomare Routen verlangen.

2.2 Scope-Reife (`M0`–`M4`) und Curriculum-Reife (`M0`–`M7`)

Jede `CQR-*`-Regel liefert `pass`, `warn`, `fail` oder `not_configured`. Seit dem 11. November 2026 setzt die Aufstiegskette die globale atomare Normalform und `G17`-Minimalität über `CQR-001` für jede Wurzel des kanonischen Gymnasialkatalogs durch (ein Verstoß setzt das Curriculum und alle seine Scopes auf `M0`; hart scheitert die CI über die geschützten Floors, Wurzeln außerhalb des kanonischen Gymnasialkatalogs prüft `CQR-001` nicht). Die Regel-Meilenstein-Matrix dokumentiert zusätzlich den Unterschied zwischen Katalogziel und heutiger Aggregatorschwelle (z. B. `CQR-104` ab Curriculum-`M4`, `CQR-203` ab Curriculum-`M5`).

Scope-Stufe	Exakte Bedingung je einzelnem QA-Scope (Skala `M0`–`M4`)
`M0`	`CQR-101` nicht `pass` (effektive Route von Motivation zu terminaler Autonomie noch offen).
`M1`	`CQR-101` `pass`, aber `CQR-102` oder `CQR-103` offen (direkte atomare Route oder Cluster-`requires` offen).
`M2`	`CQR-101..103` `pass`, aber `CQR-104` oder `CQR-201`/`CQR-202` offen (Sichtbarkeit / terminale `examData`).
`M3`	Routen- und Basis-Assessment-Regeln `pass`, aber `CQR-203` noch offen.
`M4`	Sämtliche Routen- und Assessment-Regeln einschließlich `CQR-203` stehen auf `pass`.

Curriculum	Kumulative Bedingung auf Fachebene (Skala M0–M7)
M0	CQR-001 oder CQR-002 verletzt oder Source-Ingestion inkl. amtlicher HTTP(S)-Links (CQR-000) unsauber.
M1	CQR-000..002 sauber, aber Bundesland-View-Abdeckung (CQR-003) oder GK/LK-Konsistenz (CQR-004) offen.
M2	CQR-000..004 sauber; QA-Scopes fehlen noch oder mindestens ein Scope verfehlt CQR-101.
M3	Alle QA-Scopes bestehen CQR-101, CQR-102 und CQR-103, sind aber noch nicht durchgängig exam-mode-fähig.
M4	Alle QA-Scopes >= Scope-M3, aber noch nicht alle Scope-M4 oder CQR-301/401/501 offen.
M5	**Schulgeeigneter Kern-QS-Stand:** alle QA-Scopes auf Scope-M4 plus CQR-301, CQR-401 und CQR-501 pass.
M6	M5 erreicht plus CQR-302 pass (geprüfte Memory-Entscheidungen, Karten-Ledger und View-Sichtbarkeit).
M7	M6 erreicht plus CQR-303 pass (strenger 5-Gate-Abschluss D/P/A/M/V aller aktuellen curricularAtomic-Ziele).

2.3 Katalog der CQR-*-Regeln und aktive CQR-302-Fachbilanzen

Regel	Zielstufe	Geprüfte Invariante und Statuslogik
CQR-000	M1	**Source Snapshot Ingestion:** Lesbare Snapshots in source-landscape-registry.json, strukturierte amtliche HTTP(S)-url in sourceDocument(s) (lokale PDFs sind unversionierter Arbeitscache; G8/G9 über Views/Provenance statt Zielduplikaten) und vollständige Registrierung in source-goal-membership-registry.json & source-goal-closure-registry.json.
CQR-001	M0	**Current Graph Integrity & Atomic Prerequisite Normal Form (G17):** Prüft seit 11.11.2026 (curriculum-quality-v5 über curriculumGraphIntegrity.ts und auditTransitiveMinimality.ts) je kanonischer Wurzel samt benötigter fachfremder Ziele und vererbender Vorfahren: eindeutig auflösbare Ziel-IDs, Zyklenfreiheit von contains und effektivem requires, atomare Normalform jeder verfassten requires-Kante, transitive Minimalität (minimalityFindings = 0), explizite type-Konsistenz sowie Abgleich gegen das digestgebundene Reduktionsnachweisregister (ein fail setzt Curriculum und Scopes auf M0).
CQR-002	M0	**Explicit Type Consistency:** Optionales type: ätomic" verlangt leeres contains, type: "cluster" nicht-leeres contains (mismatches = 0).
CQR-003	M2	**Bundesland Source-Backed View Coverage:** Beidseitige Vollabdeckung zwischen de-<land>-*-Sicht und registrierten Lehrplanatomen ohne Projektionswarnungen/Applicability-Fehler (APV-201-Overlays ersetzen keinen Lehrplanbeleg; detaillierter Audit-Snapshot für Mathematik & Physik unter docs/qa-ci/status/curriculum-source-coverage-audit.{json,md}).
CQR-004	M2	**Course-Level Mapping Consistency:** Source-Ziele mit LK mappen auf LK, GK_LK auf GK+LK, unspecified konservativ auf GK+LK (reine LK-Zuordnung nur mit begründeter courseLevelDecision; partielle Kanten zählen nicht als erledigt).
CQR-101	M3	**Effective Full Route Coverage:** Jedes Scope-Atom erreicht in $R_{\text{effective}}$ rückwärts einen Motivationsanker und in $R^{-1}_{\text{effective}}$ vorwärts mindestens ein terminales Autonomieziel.

Regel	Zielstufe	Geprüfte Invariante und Statuslogik
`CQR-102`	`M3`	**Atomic Direct Route Coverage:** Dieselbe Vorwärts-/Rückwärts-Erreichbarkeit ausschließlich über direkte atomare Kanten $R \cap (A \times A)$ ohne Cluster-Brücken.
`CQR-103`	`M3`	**No Scoped Cluster `requires`:** Kein durch den `clusterSelector` erfasster Cluster trägt eigene `requires`-Einträge (`scopedClusterRequires = 0`).
`CQR-201`	Scope-`M3`	**Terminal Autonomy `examData`:** Jedes atomare Kind der konfigurierten terminalen Autonomie-Cluster besitzt vollständige `examData`.
`CQR-301`	`M5`	**Semantic Atomicity Review Freshness:** Alle relevanten Content-Leaves besitzen aktuelle, fingerprint-gültige `atomic`-Entscheidungen ohne `missing`, `stale`, `obsolete`, `needs_developer_review` oder `non_atomic` (4).
`CQR-302`	`M6`	**Memory-Card Decision Trace:** Semantischer Default `no_memory_needed`; `memory_required` verweist auf existierende, in `visibilityScopes` sichtbare Memory-Knoten und kanonische Decks unter `curricula/DE/Gymnasium/memory-decks/` (neutrale `de_gymnasium_*`-IDs ohne Bundeslandpräfix), während jede behaltene Primärkarte in `*.cards.review.jsonl` über `originGoalId` auf ein `memory_required`-Ziel zurückführt (`remove`-Karten sind aus aktiven Decks entfernt).
`CQR-303`	`M7`	**Deep Curriculum QA Completion:** Projiziert ohne Zweitrechnung `app/scripts/reportDeepUnderstandingRollout.ts`: strikte Schnittmenge der 5 Gates `D/P/A/M/V` über alle aktuellen `curricularAtomic`-Ziele plus 6 bestandene Fach-Validierungschecks (`deferred_provider_limitation` und `deferred_quality_review` bleiben offen; `humanTrialBlockingFindings` wird separat ausgewiesen).
`CQR-401`	`M5`	**Composition View Availability:** Mindestens eine `.view.json` unter `curricula/DE/Gymnasium/composition-views/` für die `landscapeId`.
`CQR-501`	`M5`	**Applicability Warning Debt:** `activeWarnings + obsoleteAcceptedWarnings = 0` gegenüber `docs/qa-ci/applicability-accepted-warnings.json` (`APV-202` zählt als Diagnose, nicht als Warnschuld).

Aktuell fachlich entschiedene `CQR-302`-Bilanzen (Gymnasium DE): Mathematik (750 Ziele: 713 `no_memory_needed` / 37 `memory_required`, 64 Karten, 6 Knoten), Physik (425: 298 / 127, 148 Karten, 5 Knoten), Chemie (376: 322 / 54, 55 Karten, 6 Knoten), Biologie (355: 348 / 7, 17 Karten, 1 Knoten), Informatik (207: 198 / 9, 28 Karten, 5 Knoten, 18 Views), Latein (115: 82 / 33, 34 Karten, 5 Knoten), Deutsch (268: 194 / 74, 48 Karten, 5 Knoten), Geschichte (156: 100 / 56, 57 Karten, 5 Knoten), Politik und Wirtschaft (413: 306 / 107, 62 Karten, 5 Knoten, 14 Views) sowie Wirtschaftswissenschaften (303: 250 / 53, 51 Karten, 5 Knoten).

3 Graph-, Anwendbarkeits- und Kompositionsansichts-Validierung

Autoritative CI-Quelle und Validierungsgrenzen vom November 2026

Maßgebliche Spezifikation für die algorithmische Graph- und Ansichten-Validierung in `.github/workflows/ci.yml` (`graph-validation` & `backend-ci`). Transitive Minimalität (Graph-Definition §3.1) sowie vollständige lokale Prüfungsrouten, geschützte explizite Klausur-/Kartenziele und versionierte Lerneinheitsverträge (Gültigkeitsregeln R1–R5 vom 11. November 2026; Assessment-Gated Completion) sind verbindliche Zielanforderungen für den Validatorausbau. Atomare Normalform und transitive Minimalität (`G17`) werden nicht durch `validate:graph` geprüft; seit dem 11. November 2026 prüft `CQR-001` sie für den kanonischen Gymnasialkatalog (2). Bestehende CI-Regeln ersetzen kein inhaltliches Aufgaben-/Rubrikreview auf selbständige Kompetenzanwendung.

3.1 CI-Einstiegspunkte, Profile und Basis-DAG-Prüfungen

- **Rohgraph-Validator:** `app/scripts/validateGraph.ts` (`npm run validate:graph`) — Profile: `default` (Struktur- und `GVR-*`-Regeln hart `error`) vs. temporärer Migrationsmodus `VALIDATE_GRAPH_STRICT_RULES=0` (`legacy-warn`, wobei **`GVR-012`, `GVR-014`, `GVR-015` und `GVR-016` bedingungslos `error`** bleiben).
- **Filter-Projektions-Validator:** `app/scripts/validateViewFilters.ts` (`npm run validate:view-filters`) für die 17 reviewten kanonischen Gymnasial-Landschaften (`Mathematik`, `Physik`, `Chemie`, `Biologie`, `Informatik`, `Deutsch`, `Englisch`, `Französisch`, `Griechisch`, `Chinesisch`, `Geschichte`, `Politik und Wirtschaft`, `Musik`, `Latein`, `Spanisch`, `Wirtschaft`, `Overview`).
- **Dauermodell- & View-Validatoren:** `app/scripts/reportHeMathDurationProjection.ts --check` (`npm run check:he-math-duration-projection` für Hessen Mathematik Sek-I `G8`/`G9`) und `app/scripts/validateCompositionViews.ts` (`npm run validate:composition-views` für alle `.view.json` unter `curricula/DE/Gymnasium/composition-views/`).
- **Archiv- & Legacy-Handoff-Gates:** `scripts/validate_hessen_upper_secondary_{archive_paths,legacy_refs}.py`, `scripts/validate_hessen_lower_secondary_{archive_paths,legacy_refs}.py` und `scripts/validate_bavaria_gymnasium_{archive_paths,legacy_refs}.py` gegen die expliziten `*-retirement-registry.json`-Allowlists unter `curricula/DE/Gymnasium/provenance/` und `retained-asset-registry.json`.

Immer aktive Kernprüfungen (`error`): JSON-Parsing, Ziel-ID- und logische `shortKey`-Eindeutigkeit, Referenzintegrität und Selbstreferenzschutz für `requires`/`contains`, erlaubte `phase`-/Leitideen-/Kompetenz-Domänen, Zyklenfreiheit von direktem `requires`, `contains` und effektivem `requires`, `curricula/curriculum_manifest.json`-Konsistenz sowie projektspezifische Guards (u. a. Physik-Mathematik-Querverweisprüfung).

3.2 Stabile Graph-Validierungsregeln (`GVR-001` bis `GVR-016`)

Regel	Standard / Scope	Geprüfte strukturelle Bedingung
`GVR-001`	`error` · lokal	Ein Ziel darf keinen seiner `contains`-Vorfahren direkt in `requires` referenzieren.

Regel	Standard / Scope	Geprüfte strukturelle Bedingung
`GVR-002`	`error` · lokal	Phasen-Kompatibilitätslint: Effektive Voraussetzungen zeigen nicht auf spätere Phasen (`E`, `Q1..Q4`, `Abitur`, `S*`, `J*`).
`GVR-003`	`error` · lokal	Ein Ziel darf nicht direkt seinen unmittelbaren `contains`-Elternknoten voraussetzen (Deadlock-Schutz).
`GVR-004`	`error` · `DE_HES_S_GYM_2_*`	Erster atomarer Knoten ist ein Motivationsanker (`Warum`/`Why`; ohne `OVERVIEW`).
`GVR-005`	`error` · `DE_HES_S_GYM_2_*`	Jedes Atom erreicht den Motivationsanker transitiv über effektives `requires` ($R^{+}_{\text{effective}}$).
`GVR-006`	`error` · `DE_HES_S_GYM_2_*`	Ein Ziel darf keines seiner direkten `contains`-Kinder direkt in `requires` voraussetzen (inkl. `OVERVIEW`).
`GVR-007`	`error` · `mit-ocw-*`	MIT-OCW-Modulatome (`module:*`) tragen in `resourceLinks` jeweils `concept` + `practice` + `assessment` auf `https://ocw.mit.edu/courses/...`.
`GVR-008`	`error` · lokal	Ausschließlich kanonisches Top-Level-Feld `resourceLinks` für zielbezogene Hilfslinks zulässig.
`GVR-009`	`error` · lokal	Optionales `type`-Feld stimmt mit struktureller Blatt/Nicht-Blatt-Klassifikation überein (`atomic` gdw. `contains` leer).
`GVR-010`	`error` · `landscapeId`	`shortKey` ist innerhalb der logischen `landscapeId` eindeutig (Sprachdatei-Paare nur bei identischer Ziel-UUID).
`GVR-011`	`error` · Profil-Scopes	Konfigurierte `curricularAtomic`-Ziele erreichen stufengetrennt ihren Motivationsanker über $R^{+}_{\text{effective}}$.
`GVR-012`	**unconditional** `error` · Mathe DE Sek I & II	**Harte Vollrouten-Invariante:** Jedes `curricularAtomic`-Ziel liegt stufenlokal auf einer direkten atomaren `requires`-Route vom `orientation`-Anker zu einem atomaren `practice` `Assessment`-Endpunkt (Sek I: Einzelaufgaben unter `Prüfungen` `Jahrgangsstufe 5..10`; Sek II: atomare Aufgaben unter `Übungen` `E-Phase`, `Q1..Q4`, `Prozesskompetenzen`; exakte `semantic` `Kind`-Klassifikation aller Knoten, keine Cluster-/Struktur-Abkürzungen).
`GVR-013`	`error` · Mathe DE	Kein ausgewähltes Nicht-Memory-Atom verweist mit direktem lokalem `requires` auf einen Clusterknoten.
`GVR-014`	**unconditional** `error` · alle	Motivations-/Orientierungsknoten sind reine, voraussetzungsfreie atomare Einstiegsanker ohne `examData`, `examples`, Memory-/SRS- oder Assessment-Tags.
`GVR-015`	**unconditional** `error` · Mathe DE Sek I & II	Geprüfte zweisprachige Orientierungs-Outlooks (2–4 Pfade mit `curricularArea`-Wurzeln sowie atomaren `curricular` `Atomic-entryGoalIds` und `milestoneGoalIds`, direkte atomare Rückbindung zum Anker, keine internen Begriffe wie `Source-Extraction`; fail-closed Schnitt mit `targetGoalIds` zur Laufzeit).
`GVR-016`	**unconditional** `error` · `exam Data`	GFM-Tabellenintegrität in `taskContent*` und `solutionContent*` (gültige Trennzeile und konsistente Spaltenzahl ab zwei aufeinanderfolgenden Pipe-Zeilen).

3.3 Filter-Projektion (APV-*), Pflichtlernbasis und Assessment-Anwendbarkeit

Regel	Standard	Bedeutung in validate:view-filters & backend-ci
APV-102	error	Ein notwendiges kanonisches Atom fehlt in den persönlichen Erwerbszielen, ausgelieferten Definitionen oder Abschluss-Inputs (erzwungen durch den nativen Backend-Pflichttest).
APV-103	error	Ein sichtbares Ziel ist von der projizierten Wurzel aus nicht erreichbar (ausgeklammerte Altcluster tragen extendedData.applicability Projection = ëxcluded").
APV-201	warning	Expliziter Applicability-Override aktiv (akzeptierte Fälle mit Begründung in docs/qa-ci/applicability-accepted-warnings. json).
APV-202	diagnostic	Sichtbarkeit beruht nur auf partial-Mappings (1:n-Formdiagnose, keine aktive Warnschuld).
APV-203	warning	Kompilierte Anwendbarkeit weicht von committeten Metadaten ab.

- **Vertrag der geschlossenen persönlichen Lernbasis (Product Owner, 10. November 2026):** Gemäß View Projection & Goal Placement muss jedes effektiv notwendige Atom tatsächliches Erwerbsziel im gesamten Persönlichen Curriculum sein — unabhängig von seiner Quell-Jurisdiktion (ohne dass daraus Quellabdeckung für CQR-003 entsteht). Durchgesetzt wird APV-102 in .github/workflows/ci.yml (backend-ci -> ./gradlew check) über FirstMathPrerequisiteReductionTest.currentCatalogLearningScopesRetainEvery CanonicalAcquisitionTarget über alle 20 Fächer und 17 Jurisdiktionswahlen (inkl. Biologie-Regressionsschutz bei entferntem Pflichtziel).
- **Explizite Assessment-Anwendbarkeitsbasis (ruhende Compiler-Unterstützung):** Für atomare Prüfungs-/Übungsziele mit applicabilityFromRequires: true wertet extendedData.assessmentApplicabilityBasis = { kind: älOfGoalApplicability", goalRefs: [...] } ausschließlich die Seed-Eignung aus (weist Zyklen, Duplikate, Fremd- und Memory-Abhängigkeiten ab); die Pflichtlernmenge folgt weiterhin kanonischem requires. Vor jeder produktiven Datenaufnahme sind Beweiserweiterung, APV-Zielprüfung und nativer Vergleich erforderlich.

3.4 Kompositionsansichts-Validierung (CPV-000 bis CPV-216)

validate:composition-views prüft alle .view.json-Dateien unter curricula/DE/Gymnasium/ composition-views/ deterministisch gegen ihren kanonischen Graphen:

Regel	Stufe	Geprüfte Kompositionsbedingung
CPV-000	error	.view.json-Datei konnte nicht geladen oder geparst werden.
CPV-001	error	Pflichtmetadaten der View oder eines Strukturknotens fehlen/sind ungültig.
CPV-002	error	Referenzierte kanonische Teilbaumwurzel existiert nicht im kanonischen Graphen.
CPV-004	error	Zwei referenzierte kanonische Teilbäume überlappen sich oder dieselbe Wurzel wird mehrfach referenziert.
CPV-005	error	Der kompilierte Standardbaum enthält dasselbe kanonische Ziel mehrfach.
CPV-006	error	Ein kanonisches Ziel erhält im kompilierten Baum mehr als einen sichtbaren Elternknoten.
CPV-007	error	Ein leerer Strukturknoten bleibt im sichtbaren View-Baum stehen.
CPV-008	error	Unbekannte projectionRole in einer Kompositionsreferenz.

Regel	Stufe	Geprüfte Kompositionsbedingung
`CPV-009`	`error`	Ein `goalEntry` legt einen `curricularArea`-Cluster opak offen statt ihn über `canonicalSubtree` oder explizite Atome zu entfalten.
`CPV-101`	`warning`	Zu generisches Strukturknoten-Label.
`CPV-102`	`warning`	Kanonische Teilbaumwurzel trägt noch phasen- oder länderspezifischen Titel.
`CPV-210`	`error`	Kanonische Mathe-Sek-I-View zeigt den geprüften Motivationsanker nicht.
`CPV-211`	`error`	Kanonische Mathe-Sek-I-View zeigt nicht alle Jahrgangs-Prüfungsordner samt Einzelaufgaben.
`CPV-212`	`error`	Fehlerhafte Mathe-Sek-I-Prüfungsordnerstruktur (fehlender Jahrgang, nicht-atomare Aufgabe, fehlende `examData`, Cluster-`requires`, Duplikat oder veralteter Sammelendpunkt).
`CPV-213`	`error`	Mathe-Sek-I-View exponiert noch den veralteten Sammelzweig `Übungen Sekundarstufe I`.
`CPV-214`	`error`	Mathe-Sek-II-/CrossStage-View zeigt den geprüften Sek-II-Motivationsanker nicht.
`CPV-215`	`error`	Mathe-Sek-II-/CrossStage-View exponiert keinen atomaren terminalen Prüfungs-/Autonomieendpunkt.
`CPV-216`	`error`	Learner-facing View-Label enthält interne Autorenbegriffe wie `Source-Extraction`.

4 Semantische Atomizitätsprüfung

Regelversion semantic-atomicity-v1

Diese QS-Spur prüft, ob technische Content-Blattziele (`contains` leer) auch **semantisch atomar** sind (`CQR-301` in 2.3). Skripte überwachen ausschließlich Vollständigkeit und Fingerprint-Aktualität; die inhaltliche Entscheidung ist immer fachlich-semantisch.

4.1 Fachliches Kriterium, Ausschlüsse und Review-Status

Nach `semantic-atomicity-v1` ist ein technisches Content-Blattziel genau dann semantisch atomar, wenn es **ein einziges prüfbares fachliches Lernziel** benennt statt mehrerer unabhängiger Routinen (Konjunktionen wie *„berechnen und deuten“* sind Prüfsignale, aber nicht automatisch ein Fehler). Bewusst ausgeschlossen und in eigenen Spuren geprüft sind:

- terminale Übungs- und Prüfungsziele (`Practice`, `Assessment` oder `examData`),
- Motivations- und Orientierungsanker (`Motivation`, `Orientation`),
- Memorisierungs- und SRS-Blattknoten (`memorization` oder `srs-deck:*`).

Review-Status	Bedeutung im JSONL-Ledger
`atomic`	Semantisch atomar freigegeben (`semanticAtomic: true`).
`needs_developer_review`	Unsicherheitsfall zur vertieften Klärung (`semanticAtomic: null`).
`non_atomic`	Zu breit geschnitten; Aufteilung erforderlich (`semanticAtomic: false`).

4.2 Aktive Konfigurationen, Fingerprints und Erweiterungsablauf

Konfigurationen und JSONL-Ledger liegen unter `curricula/DE/Gymnasium/quality/semantic-atomicity/` (u. a. Pilot `canonical-math-j8-linear-functions-pilot`, `canonical-chemistry-sek1-foundations` mit 26 akzeptierten Atomen sowie Vollabdeckungen `canonical-physics-full` und `canonical-math-full`). Die lokale Workbench-Route `/semantic-atomicity-review` dient als Statuseditor; der eigentliche Prüflauf erfolgt per CLI:

```
cd app
npm run quality:semantic-atomicity
npm run quality:semantic-atomicity:check
```

`quality:semantic-atomicity:check` schlägt bei Prozessfehlern fehl (fehlender Datensatz im Scope, veralteter Fingerprint nach Inhaltsänderung, fehlerhafte/doppelte Einträge), während offene `needs_developer_review`- und `non_atomic`-Einträge als sichtbare Arbeitsqueue in `CQR-301` (`M5`) gezählt werden. Jeder Datensatz bindet einen **semantischen Fingerprint** über `title`/`titleEn`, `description`/`descriptionEn`, `shortKey`, `phase`/`area`/Themacode und `nodeKind` (`--write-fingerprints` darf ausschließlich als finaler Buchhaltungsschritt nach tatsächlicher fachlicher Neuprüfung laufen).

Sechs Schritte für neue Teilbäume: (1) `.config.json` unter `curricula/DE/Gymnasium/quality/semantic-atomicity/` anlegen, (2) kanonische Landschaft und Teilbaumwurzeln referenzieren, (3) `.review.jsonl` mit je einem Datensatz pro Content-Leaf erzeugen, (4) `npm run quality:semantic-atomicity -- --config=<pfad>` ausführen, (5) nach fachlicher Entscheidung `--write-fingerprints` schreiben und (6) Konfiguration erst nach abgeschlossenem Erstbatch in die CI aufnehmen.

5 SkillPilot Curriculum-Champions

Rolle und Verknüpfung

Operativer Leitfaden für **SkillPilot Curriculum-Champions**, die praktische Nutzbarkeit und Qualität eines Curriculums verantworten (beliebig viele Champions können sich ein Fach mit unterschiedlichen Schwerpunkten in Inhalt, Didaktik, Community und Tooling teilen). Die verbindlichen Reifegrad- und Erprobungsregeln stehen in 1.

5.1 Aufgaben, Registrierung und praktische Erprobung („Deine menschliche QS“)

Aufgaben eines Champions: (1) das Curriculum im eigenen Einsatzkontext praktisch tragfähig machen, (2) selbst in die Lernendenrolle schlüpfen und den Umfang inklusive verbindlicher Lern- und Prüfungsstationen durcharbeiten, (3) Verbesserungen über GitHub Issues und Pull Requests (`https://github.com/enpasos/skillpilot`) einbringen, (4) Lernende und Lehrkräfte gewinnen sowie (5) Kontakt zu Lehrplan-Herausgebern (Ministerien, Hochschulen) aufbauen.

- **Registrierung auf der Seite „Curricula“:** Erfordert eine **SkillPilot-ID** (öffentlich nur maskiert: erste 5 Zeichen + ...) sowie die Eigentumsbestätigung per **GitHub-OAuth** (Git Hub-ID öffentlich sichtbar).
- **Einstieg „Deine menschliche QS“ (`Your human QA`):** Über **Connect with GitHub** jederzeit erreichbar (auch bei geschlossenem Anmeldeformular; abgelaufene Logins verlangen nur erneutes Anmelden, fehlgeschlagene Ladevorgänge bieten einen Retry-Button statt ausgeblendeter Steuerelemente).
- **Beginnsignal & Umfangsbindung:** Ab erreichtem Kern-QS-Stand `M5` zählt vorhandener Lernfortschritt (>= 1 abgeschlossenes Ziel im aktuellen persönlichen Curriculum-/Themenumfang einer aktiven Rolle) automatisch als **Menschliche QS läuft** — unabhängig vom Registrierungsdatum; ohne Fortschritt steht **Erprobung beginnen** bereit. Eine explizite Erprobungsaktion bindet den Umfang dauerhaft; pausierte oder beendete Rollen werden durch bestehenden Fortschritt nie reaktiviert.
- **Praktische Nachweise vs. bloße Mastery:** Importierte oder manuell hochgesetzte Mastery erzeugt niemals **Menschlich erprobt**; frühere echte Lernabschlüsse zählen nur mit erhaltener Provenienz und aktueller Inhaltsbindung. **Menschlich erprobt** erfordert den vollständigen Nachweis **eines** Champions über den ausgewiesenen Umfang, null offene blockierende Befunde (auch solche außerhalb maschinenlesbarer Ledger) und die ausdrückliche Abschlussbestätigung (`M7` ist weder Startvoraussetzung noch Ersatz für menschliche Erprobung).

5.2 Beendigung der Rolle und Aufbau der „Curricula“-Seite

Rücktrittsablauf (`Stop Championship`): (1) Klick auf *Stop Championship*, (2) Identitätsnachweis per **GitHub-OAuth**, (3) Auswahl einer oder mehrerer aktiver Champion-Zuordnungen und (4) Bestätigung — unvollendete Erprobungen enden als aktiv, während bereits gültig abgeschlossene Erprobungsnachweise und ihre Historie erhalten bleiben.

Die zentrale **„Curricula“-Seite** gliedert sich in vier Bereiche:

1. **Visuelle Einführung:** Vier-Panel-Cartoon (*Nano Banana Pro*) zur Idee der Curriculum-Champions.
2. **Registrierungsaktion:** Button **„Connect with GitHub“** zur OAuth-Verifikation und Rollenanmeldung.

3. **Curriculum-Verzeichnis:** Übersicht aller verfügbaren Curricula samt Zahl atomarer Ziele, aggregierter gemeisterter Achievements, QS-Meilenstein (`M0`–`M7`) und Erprobungsstatus.
4. **Champion-Leaderboard:** Pro Curriculum Liste der registrierten Champions mit öffentlicher GitHub-ID, maskierter SkillPilot-ID sowie Anzahl ihrer GitHub-Issues und Pull Requests.

6 SkillPilot-Qualitätssicherung: Das Vier-Stufen-Champion-Modell

Zukunftsgerichteter Ausbauplan

Zielbild für den stufenweisen Ausbau der Curriculum-QS zwischen algorithmischer CI, KI-Agenten und menschlicher Praxiserprobung. Für die heute produktiv ausgewiesenen Reifegrade und Erprobungsbadges gilt verbindlich 1 (`Level 1a` und `Level 2` sind heute produktive Anker; `Level 1b` und `Level 1c` beschreiben geplante Ausbaustufen).

6.1 Einordnung und die vier QS-Stufen

Damit Fachexpertinnen und -experten beim Übergang von KI-extrahierten Rohgraphen zu schulreifen Skill-Landschaften nicht mit JSON-Formalia oder DAG-Mathematik überlastet werden, gliedert das Zielmodell das frühere `Level 1` in drei technische/agentische Vorstufen (`1a`, `1b`, `1c`) vor dem menschlichen Praxissiegel (`Level 2`):

Stufe	Heutiger Stand	Prüffokus und typische Aufgaben
`Level 1a`: CI-Pipeline	**Produktiv aktiv**	Algorithmische Strukturintegrität ohne Inhaltsdeutung: Zyklenfreiheit in `contains`/`requires`, Schema- und ID-Prüfungen, gültige View-Projektionen (3).
`Level 1b`: Statischer KI-Agent	Zukunftsgerichtet	Statische didaktisch-formale Leitplanken ohne Laufzeitsimulation: Routenabdeckung von Motivation bis Autonomie, saubere Trennung von `sourceRef` und Didaktikmaterial, formale Vollständigkeit von Prüfungs- und Bewertungsschemata.
`Level 1c`: Dynamischer KI-Agent	Zukunftsgerichtet	Simulierte Lernendendurchläufe unter Laufzeitbedingungen: Frontier- und Filterverhalten, Sackgassen/verdeckte Blocker, Prüfungssimulation mit unvollständigen/falschen Antworten sowie SRS-`Memorize`-Abläufe.
`Level 2`: Menschlicher Champion	**Produktiv aktiv**	Reale didaktische Praxiserprobung in WebGUI oder KI-Lerncoach: Tonalität, Altersangemessenheit, Motivation, fachliche Passung und UX mit Rückmeldung über Issues/PRs bis zum Status **Menschlich erprobt** (5).

6.2 Zusammenspiel und Governance

Das Modell folgt einer klaren Mensch-Agenten-Arbeitsteilung:

1. `Level 1a` blockiert mathematisch oder technisch defekte Graphen frühzeitig in der CI.
2. `Level 1b` und `Level 1c` strukturieren künftig formale und simulierte Befunde automatisiert vor.
3. `Level 2` beurteilt die tatsächliche Unterrichts- und Lernqualität am echten Curriculum.
4. Befunde fließen transparent in GitHub Issues und Pull Requests zurück.
5. Menschliche Maintainer entscheiden Konfliktfälle und wahren die fachdidaktische Richtung.