

# **Lehrprojekt-Reflexionsberichte im Rahmen des Zertifikatsprogramms "Zukunftsorientierte Hochschullehre durch Technologieintegration" des Zentrums für Hochschullehre der Universität Bayreuth**

Ausgabe IX – September 2026

Zertifikatsteilnehmer:  
Martin Hillenbrand, Ökologische  
Ressourcentechnologie (Prof. Helbig)

Fokus des Lehrprojekts:  
Skalierbare Nähe? Bedarfsgetriebene Skalierung  
individueller Betreuung im forschungsnahen  
Masterseminar mit Miro-Boards, Flipped-  
Classroom-Elementen und strukturiertem Peer-  
Feedback



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) (CC BY 4.0). This license enables reusers to distribute, remix, adapt, and build upon the material in any medium or format, so long as attribution is given to the creator. The license allows for commercial use.

## Inhaltsverzeichnis

|                                                                                                                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Zentrum für Hochschullehre.....                                                                                                                                                                                                             | 3  |
| Zertifikatsprogramm „Zukunftsorientierte Hochschullehre durch Technologieintegration“ .....                                                                                                                                                 | 4  |
| Kurzfassung des Lehrprojekt-Reflexionsberichts .....                                                                                                                                                                                        | 6  |
| Reflexionsbericht von Martin Hillenbrand: Skalierbare Nähe? Bedarfsgetriebene Skalierung<br>individueller Betreuung im forschungsnahen Masterseminar mit Miro-Boards, Flipped-Classroom-<br>Elementen und strukturiertem Peer-Feedback..... | 7  |
| 1. Ausgangslage und bisherige Lehrerfahrungen.....                                                                                                                                                                                          | 7  |
| 2. Motivation und Fragestellung des Lehrprojekts.....                                                                                                                                                                                       | 9  |
| 3. Konzeption und Durchführung des Lehrprojekts .....                                                                                                                                                                                       | 10 |
| 3.1 e-Learning Portal.....                                                                                                                                                                                                                  | 12 |
| 3.2 Miro-Board .....                                                                                                                                                                                                                        | 13 |
| 3.2.1 Miro-Board Seminareröffnungsteil.....                                                                                                                                                                                                 | 14 |
| 3.2.2 Miro-Board kontinuierlicher studentischer Arbeitsbereich .....                                                                                                                                                                        | 16 |
| 3.2.3 Miro-Board Seminareinheiten.....                                                                                                                                                                                                      | 18 |
| 3.2.4 Grundlagen des wissenschaftlichen Arbeitens.....                                                                                                                                                                                      | 18 |
| 3.2.5 Bearbeitung der Seminararbeit.....                                                                                                                                                                                                    | 19 |
| 3.2.6 Diskussionsformate Rollenspiel-Debatte und Jigsaw.....                                                                                                                                                                                | 20 |
| 4. Evaluation des Lehrprojekts .....                                                                                                                                                                                                        | 24 |
| 4.1 Miro-Likert Check-ins .....                                                                                                                                                                                                             | 24 |
| 4.2 Zwischenevaluierung .....                                                                                                                                                                                                               | 25 |
| 4.3 ZHL-Hospitation.....                                                                                                                                                                                                                    | 26 |
| 4.4 Selbsteinschätzung des Betreuungsteam.....                                                                                                                                                                                              | 26 |
| 4.5 Standardisierte Lehrveranstaltungsevaluation am Semesterende.....                                                                                                                                                                       | 27 |
| 4.6 Studentische Selbsteinschätzung zur Lernzielerreichung.....                                                                                                                                                                             | 28 |
| 4.7 Qualität der benoteten Leistungen .....                                                                                                                                                                                                 | 28 |
| 5. Reflexion und Ausblick.....                                                                                                                                                                                                              | 30 |
| 5.1 Abweichungen vom Plan im Verlauf des Semesters.....                                                                                                                                                                                     | 30 |
| 5.2 Was sich bewährt hat.....                                                                                                                                                                                                               | 31 |
| 5.3 Generative KI als eigenständiges didaktisches Handlungsfeld .....                                                                                                                                                                       | 32 |
| 5.4 Lehren aus und geplante Änderungen für die nächste Durchführung.....                                                                                                                                                                    | 33 |
| 5.5 Grenzen des Formats .....                                                                                                                                                                                                               | 35 |
| 6. Fazit .....                                                                                                                                                                                                                              | 37 |
| 7. Erklärung zu generativer KI und KI-gestützten Technologien im Manuskripterstellungprozess<br>39                                                                                                                                          |    |
| 8. Literatur.....                                                                                                                                                                                                                           | 39 |
| 9. Appendix .....                                                                                                                                                                                                                           | 45 |

## **Zentrum für Hochschullehre**

Die Lehrprojekt-Reflexionsberichte von Teilnehmenden des Zertifikatsprogramms "Zukunftsorientierte Hochschullehre durch Technologieintegration" werden vom Zentrum für Hochschullehre an der Universität Bayreuth veröffentlicht.

Das Zentrum für Hochschullehre bietet hochschuldidaktische Serviceleistungen für alle Lehrenden an. Die Aktivitäten und Angebote umfassen neben den klassischen Fortbildungsangeboten, Projekte zur Weiterentwicklung von Lehre mit Lehrstühlen, Lehrberatungen und Coachings von Einrichtungen und Einzelpersonen sowie Austauschformate im weiten Feld der Hochschullehre. Durch den Erwerb von Zertifikaten können alle Lehrenden ihr Engagement und ihre Kompetenzen im Bereich der Lehre sichtbar machen. Somit versteht sich das ZHL als Servicestelle, die sich um jegliche Lehrthemen an der Universität Bayreuth kümmert. Alle Aktivitäten drehen sich ums Entwickeln, Unterstützen und Austauschen von Lehre nach den Wünschen und Anforderungen der Lehrenden.

## **Zertifikatsprogramm „Zukunftsorientierte Hochschullehre durch Technologieintegration“**

Das Zertifikatsprogramm "Zukunftsorientierte Hochschullehre durch Technologieintegration" der Universität Bayreuth bietet Lehrenden eine strukturierte und individuelle Weiterbildungsmöglichkeit. Ziel des Programms ist es, die Integration moderner Technologien in der Hochschullehre zu fördern, um die Lehrqualität zu verbessern und den Lernprozess der Studierenden zu unterstützen.

### **Programmstruktur**

Das Programm besteht aus folgenden Komponenten:

1. **Individuelles Lernportfolio:** Ein digitales Portfolio begleitet die Teilnehmenden durch das gesamte Programm. Es dient dazu, den individuellen Lernfortschritt zu dokumentieren und zu reflektieren. Das Portfolio bietet Raum für die schriftliche Bearbeitung relevanter Inhalte und unterstützt die Teilnehmenden dabei, ihre eigenen Entwicklungsziele zu verfolgen und zu evaluieren.
2. **Beratungsgespräche:** Individuelle Beratungsgespräche bieten den Teilnehmenden die Möglichkeit, maßgeschneiderte Unterstützung und Feedback zu erhalten. Diese Gespräche finden mit einer Hochschuldidaktikerin bzw. einem Hochschuldidaktiker statt und zielen darauf ab, die eigene Lehre weiterzuentwickeln. Zusätzlich werden Austauschphasen mit Kolleginnen und Kollegen organisiert, die Rückmeldungen zu den eigenen Ideen und Überlegungen ermöglichen. Durch Hospitationen erhalten die Teilnehmenden hochschuldidaktisches Feedback und können dadurch wichtige Erkenntnisse für die künftige Lehre ableiten.
3. **Lehrprojekt:** Während des Zertifikatsprogramms entwickeln die Teilnehmenden mit hochschuldidaktischer Unterstützung ein persönliches Lehrprojekt. Dieses wird auf Grundlage der Selbstlerninhalte und Beratungsgespräche konzipiert, anschließend in der eigenen Lehre umgesetzt und abschließend mittels Feedback von Studierenden, einer hochschuldidaktischen Perspektive sowie durch eine eigene Reflexion evaluiert. Ziel ist es, für die Lehrperson selbst innovative Lehrkonzepte begleitet auszuprobieren und weiterzuentwickeln und dadurch die Integration digitaler Technologien zu fördern.
4. **Veröffentlichung:** Die Ergebnisse des Lehrprojekts werden abschließend in Form einer Scholarship of Teaching and Learning (SoTL) Publikation auf EPub der Universität Bayreuth sichtbar gemacht. Diese Veröffentlichung dient dazu, die eigenen Erkenntnisse und Erfahrungen mit der wissenschaftlichen Gemeinschaft zu teilen und zur Weiterentwicklung der Hochschullehre beizutragen.

5. Hochschuldidaktische Seminare: Die Teilnahme an Workshops und Seminaren zu digitalen Medien und Technologien in der Lehre bietet den Teilnehmenden die Möglichkeit, ihre Kenntnisse und Fähigkeiten im Umgang mit digitalen Lehr-Lernformaten zu erweitern und innovative Ansätze für die eigene Lehre zu entwickeln. Diese Veranstaltungen, die jedes Semester wechseln, werden auf der Website [profilehreplus.de](https://profilehreplus.de) angeboten.

Das Zertifikatsprogramm umfasst mindestens 60 Arbeitseinheiten, abhängig vom Umfang des persönlichen Lehrprojekts.

### Zielgruppen

Das Programm richtet sich sowohl an Lehrende, die neu in der Hochschullehre sind, als auch an erfahrene Dozierende, die ihre Lehre auf das nächste Level heben möchten. Es bietet maßgeschneiderte Inhalte und Unterstützung, um didaktische Kompetenzen im Umgang mit digitalen Werkzeugen zu erweitern und innovative Lehrkonzepte zu entwickeln. Das Zertifikatsprogramm ist flexibel angelegt und kann so bestmöglich in den beruflichen Alltag der Teilnehmenden integriert werden.

### Zielsetzung

Am Ende des Programms haben die Teilnehmenden ein individuelles Lehrprojekt mit digitalen Ressourcen konzipiert, durchgeführt, evaluiert und veröffentlicht. Sie haben ihre Kenntnisse und Kompetenzen im Umgang mit digitalen Lehr-Lernformaten, Methoden und Technologien erweitert und sind besser auf die Herausforderungen der zukunftsorientierten Hochschullehre vorbereitet.

### Begleitung

Das Zertifikatsprogramm wird von Arianna Mangili begleitet, die den Teilnehmenden mit ihrer Expertise zur Seite steht und sie durch den gesamten Prozess unterstützt. Die im Rahmen des Programms erscheinenden Veröffentlichungen werden von Arianna Mangili herausgegeben.

Im Anschluss erhalten die Teilnehmenden, die das Zertifikatsprogramm durchlaufen haben, ein offizielles Zertifikat der Universität Bayreuth mit der Unterschrift von Prof. Dr. Leible (Präsident) sowie Prof. Dr. Ulm (Vizepräsident für Lehre und Studierende). Das Zertifikat kann für Bewerbungen eingesetzt werden und zeigt die Kompetenz für die zukunftsorientierte Gestaltung von Lehrveranstaltungen unter Einbindung digitaler Technologien.

Weitere Details zum Zertifikatsprogramm finden Sie auf der [ZHL-Website des Zentrums für Hochschullehre der Universität Bayreuth](#).

## Kurzfassung des Lehrprojekt-Reflexionsberichts

Der vorliegende Reflexionsbericht dokumentiert das Re-Design des Masterseminars „Critical Raw Materials“ an der Universität Bayreuth. Ausgangspunkt war ein realer Bedarf, da die Teilnehmendenzahl vom Sommersemester 2025 (eine Teilnehmerin) auf das Sommersemester 2026 (16 Studierende) stieg, bei ausgeprägter fachlicher und kultureller Heterogenität der internationalen Masterkohorte. Das bisherige, auf intensiver Einzelbetreuung basierende Seminarkonzept war damit nicht mehr tragfähig.

Das Re-Design kombinierte fünf Elemente: ein strukturiertes E-Learning-Portal als zentrale, verlässliche Informationsquelle; verbindliche vorgelagerte Fachlektüre mit Diskussionsimpulsen (Flipped-Classroom-Elemente); strukturierte Diskussionsformate (u. a. Gruppenpuzzle, Stakeholder-Debatte); sitzungsbezogene kollaborative Miro-Boards für Check-ins, Gruppenarbeit und Peer-Feedback; sowie studentisch produzierte Video-Zwischenpräsentationen mit strukturiertem Peer-Feedback vor der benoteten Abschlussleistung.

Die mehrstufige Evaluation zeigt, dass die Betreuungsqualität trotz der deutlich größeren Gruppe hoch blieb (Betreuung 5,0/5; individuelles Feedback im Mittel 4,1/5) und die wahrgenommene Klarheit der Arbeitsaufträge im Anschluss an eine gezielte Nachsteuerung im Semesterverlauf deutlich stieg (von rund 3,9 auf über 5,0 auf einer Skala von 0 bis 6). Das Video-Format mit Peer-Feedback erhielt die besten Bewertungen der gesamten Erhebung (5,45–5,50/6). Als wichtigstes strukturelles Verbesserungspotential erwies sich die Sequenzierung von Seminar und begleitender Vorlesung. Darüber hinaus wurden die Voraussetzungen strukturierter Peer-Formate (Teilnahmeverbindlichkeit) sowie der Bedarf an einer expliziten didaktischen Begleitung beim Umgang mit generativer KI deutlich. Der Bericht leitet daraus konkrete Änderungen für die nächste Durchführung ab. Angesichts von 16 Teilnehmenden ohne Kontrollgruppe bleiben alle Aussagen deskriptiv-explorativ.

## **Reflexionsbericht von Martin Hillenbrand: Skalierbare Nähe? Bedarfsgetriebene Skalierung individueller Betreuung im forschungsnahen Masterseminar mit Miro-Boards, Flipped-Classroom-Elementen und strukturiertem Peer-Feedback**

### **1. Ausgangslage und bisherige Lehrerfahrungen**

Die Lehrtätigkeit des Autors am Lehrstuhl für Ökologische Ressourcentechnologie (Prof. Dr.-Ing. Helbig) umfasst in erster Linie die Konzeption und Durchführung forschungsorientierter Seminare sowie die Betreuung von Abschlussarbeiten. Seit mehreren Jahren werden digitale Technologien gezielt und zweckorientiert eingesetzt, beispielsweise das E-Learning-Portal der Universität Bayreuth als zentrales Lernmanagementsystem und zuverlässige Informationsquelle für Materialien, Links und Ankündigungen, Miro Boards, Zoom und MS Teams für die Zusammenarbeit und Kommunikation mit Studierenden, asynchrone, videobasierte Lehrveranstaltungen, darunter häufig genutzte Videovorträge zum wissenschaftlichen Arbeiten und zur Visualisierung wissenschaftlicher Daten, CustomGPTs sowie LearnAssist.de als LLM-basierter Prüfungstrainer (Fey, 2026). Was die Arbeit mit generativer KI angeht, gab es sowohl produktive Erfahrungen, wie die bereits erwähnten Custom GPTs zur Selbsteinschätzung und Verbesserung von Forschungsfragen der Studierenden, KI-gestützte Literaturrecherchen und LLM-basierte Wissensmanagementsysteme (eigenes LLM-generiertes Obsidian-Wiki, das auf AstroHans (2026) „Karpathy Second Brain“-Ansatz basiert), als auch Beobachtungen, die einen bewussteren didaktischen Ansatz nahelegen. Werden KI-Werkzeuge ohne Anleitung eingesetzt, kann die eigenständige Auseinandersetzung mit den Inhalten, und damit der Lernerfolg, in den Hintergrund treten. Diese Entwicklung wird inzwischen auch empirisch untersucht (Kosmyrna et al., 2025). Ein unmittelbares Vorprojekt war die Entwicklung eines KI-basierten Klausurtrainers (Fey, 2026) für die Lehrveranstaltung „Nachhaltige Materialien und Produktion“. Die Studierenden beantworteten dort offene Klausurfragen und erhielten automatisiertes, punktebasiertes Feedback auf Grundlage hinterlegter Musterlösungen. Beobachtet wurde ein positiver, jedoch nicht kausal interpretierbarer Notentrend bei den Nutzenden bei zugleich erheblichem didaktischem Steuerungsaufwand.

Weitere Erfahrungen mit der Durchführung von Seminaren und der Nutzung des E-Learning-Portals im Kontext des Flipped-Classroom-Konzepts stammen aus den vorangegangenen Seminaren „Industrial Ecology“ und „Critical Raw Materials“.

Das Seminar „Critical Raw Materials“ (3 ECTS, eingebettet in ein 5-ECTS-Modul mit begleitender Vorlesung) führt Masterstudierende an die Kritikalitätsbewertung von Rohstoffen heran. Sie lernen, etablierte Bewertungsmethoden einschließlich der zugrunde liegenden Daten zu verstehen und zu interpretieren (Graedel et al., 2012, 2015; Helbig, Bruckler, et al., 2021; Nassar et al., 2025), die Einstufung kritischer Rohstoffe unter anderem

im Kontext des Critical Raw Materials Act (CRMA, 2024) einzuordnen, Risiko-Mitigationsstrategien aus Unternehmens- sowie Länderperspektive abzuleiten (Hillenbrand et al., 2027). Das Seminar begleitet die Studierenden im Laufe des Semesters durch den Prozess einer eigenständigen Kritikalitätsbewertung eines individuell zugewiesenen Rohstoffs, beginnend mit der Formulierung einer eigenen Forschungsfrage über die Datenerhebung und -analyse bis hin zu einer benoteten Abschlusspräsentation und einer Seminararbeit. Im Sommersemester 2025 wurde dieses Format mit einer einzigen Teilnehmerin umgesetzt, was eine entsprechend intensive, fast mentorähnliche Einzelbetreuung erforderte.

## 2. Motivation und Fragestellung des Lehrprojekts

Für das Sommersemester 2026 hatten sich zunächst 18 Studierende angemeldet, von denen sich 16 tatsächlich einschrieben, was einer Versechzehnfachung der Kohortengröße entsprach und mit hoher Heterogenität hinsichtlich ihrer bisherigen Erfahrungen einherging. Die Studierenden des internationalen Masterstudiengangs „Digitalization & Sustainability in Materials Science & Engineering, Master of Science (M.Sc.)“ (DSMSE) bringen Bachelorabschlüsse aus unterschiedlichen Fachrichtungen, von unterschiedlichen Universitäten und aus unterschiedlichen Kulturräumen mit. Das Vorwissen zur Rohstoffkritikalität war, wie erwartet, durchgehend gering, die Vorerfahrung mit wissenschaftlicher Arbeit und englischsprachigem Präsentieren hingegen sehr unterschiedlich. Offene Diskussionsrunden mit intensiver Einzelbetreuung im bisherigen Stil waren mit 16 Personen nicht mehr praktikabel, gleichzeitig sollte die hohe, individuelle Betreuungsqualität, die den Wert des Seminars ausmacht, erhalten bleiben.

Daraus ergaben sich zwei Fragestellungen:

- F1. Inwieweit lässt sich durch ein bedarfsorientiertes und technologiegestütztes Redesign des Seminars, mit der Integration bereits etablierter Elemente aus dem vorherigen Kurs und der Einführung neuer Tools wie kollaborative Miro-Boards sowie der Erstellung von Videobeiträgen durch die Studierenden, auch in einer größeren und heterogenen Gruppe eine individuelle Betreuung sowie qualitativ hochwertige Diskussionen ermöglichen?*
- F2. Welchen Beitrag leisten strukturierte, technologiegestützte Diskussions- und Kollaborationsformate (u. a. Jigsaw-Gruppen, Rollenspiel-Debatte, Peer-Feedback über Miro) zum Erwerb übergeordneter Meta-Kompetenzen, insbesondere im Bereich des wissenschaftlichen Diskutierens sowie der kritischen Daten- und Informationsbewertung mit zusätzlichem Fokus auf den Einsatz generativer KI bei fachlich heterogenen internationalen Masterstudierenden?*

Die Formatwahl stützte sich auf einschlägige Evidenz, dass aktivierende Formate rezeptiven Formaten die Lernergebnisse betreffend überlegen sind (Deslauriers et al., 2019; Freeman et al., 2014). Strukturierte Peer-Formate wie Jigsaw-Gruppen wurden explizit für heterogene Gruppen entwickelt (Aronson et al., 1978). Flipped-Classroom-Elemente verlagern die Wissensaneignung in die Vorbereitung und schaffen Präsenzzeit für Anwendung und Diskussion (Lage et al., 2000). Konzeptfragen mit Peer-Diskussion, wie beispielsweise bei Rollenspiel-Debatten oder Fishbowl-Diskussionsrunden, machen Verständnislücken sichtbar (Crouch & Mazur, 2001). Zugleich knüpft das Projekt an Erfahrungen aus der SoTL-Berichtsreihe an, etwa zu digitalen Beteiligungstools in größeren Gruppen (Bommel, 2025) zu asynchronen Selbstlerneinheiten (Jochem, 2025) und zu KI-gestützter Lernbegleitung (Höllerich, 2026).

Zugleich berücksichtigt das Vorgehen die zweite Leitlinie von Angelo und Cross (1993): „Don't make self-assessment into a self-inflicted chore or burden.“ Aus diesem Grund stützte sich die Bewertung des Lehrprojekts in erster Linie auf Methoden, die sich bereits in früheren Seminaren bewährt hatten.

### 3. Konzeption und Durchführung des Lehrprojekts

Die Lernziele des Seminars wurden kompetenzorientiert entsprechend einer aufsteigenden Skala kognitiver Anforderungen formuliert und auf die Lehr-Lern-Aktivitäten sowie die Prüfungsformate abgestimmt (im weiteren Sinne des Constructive Alignment nach Biggs (1996)). Als Ordnungsrahmen dient die Taxonomie der kognitiven Lernziele, die Bloom et al. (1971) in sechs Ebenen unterteilt. **Wissen** als bloßes Abrufen von Fakten und Begriffen, **Verständnis** als niedrigste Stufe des Verstehens, **Anwendung** als Einsatz von Abstraktionen in konkreten Situationen, **Analyse** als Zerlegung eines Themas in seine Bestandteile, **Synthese** als Zusammenfügen von Elementen zu einer zuvor nichtexistierenden Struktur und **Bewertung** als begründete Beurteilung des Wertes von Materialien und Methoden. In der Überarbeitung der Taxonomie werden die Ebenen als Aktivitäten formuliert und ihre Rangfolge geändert. „Synthese“ wird unter „**Erschaffen**“ subsumiert, das nun die oberste Stufe darstellt, während „**Bewerten**“ auf die fünfte Stufe rückt (Anderson et al., 2001). Die Lernziele dieses Seminars entsprechen der überarbeiteten Fassung und decken die Ebenen „**Verstehen**“, „**Anwenden**“, „**Analysieren**“, „**Bewerten**“ und „**Erschaffen**“ ab. Ein Lernziel auf der Ebene des reinen „**Erinnerns**“ wurde bewusst nicht formuliert, da Faktenwissen im gesamten Seminar als Mittel und nicht als Zweck behandelt wird und eine Wissensgrundlage ohnehin durch die Vorlesung und das Selbststudium geschaffen wird.

Die fünf Lernziele verteilen sich wie in Tabelle 1 erkennbar auf die Ebenen der überarbeiteten Taxonomie nach Anderson et al. (2001). Diese Einteilung ist als Hinweis auf die Schwerpunktsetzung zu verstehen, da sich die Ebenen in der Praxis überschneiden (Anderson et al., 2001).

Dieser Ablauf erklärt auch grob die Reihenfolge der Meilensteine im gesamten Seminar. Die ersten Einheiten konzentrieren sich auf das Verstehen und Anwenden, während die eigenständige Forschung als oberstes Lernziel die gesamte zweite Hälfte des Semesters umfasst und über ein Exposé, eine Zwischenpräsentation und eine Seminararbeit schrittweise entwickelt wird.

Ein übergreifendes Ziel aller Einheiten war die kritische Bewertung von Daten, Visualisierungen und Informationsquellen, einschließlich KI-generierter Inhalte. Dieses Ziel liegt taxonomisch auf der Ebene des Bewertens, der Fähigkeit, Einschätzungen auf Grundlage selbst definierter oder vorgegebener Kriterien vorzunehmen (Bloom et al., 1971) und ist somit eine Voraussetzung für die Lernziele (1) und (4). Wer die einer Kritikalitätsbewertung zugrunde liegenden Daten nicht kritisch hinterfragen kann, ist weder in der Lage, die Einschätzungen anderer zuverlässig zu interpretieren, noch eine eigene fundierte Analyse durchzuführen.

In der ersten Seminareinheit legten die Studierenden zudem ihre eigenen (Lern-)Ziele fest, die sie im Laufe des Seminars erreichen sollten. Die von ihnen wahrgenommene Erreichung sowohl ihrer individuellen Ziele als auch der festgelegten Lernziele des Seminars wurde in der letzten Seminareinheit abgefragt und ist in Abschnitt 4 aufgeführt.

Tabelle 1 Zuordnung der Lernziele zu den Lernziel-Taxonomie-Stufen nach Anderson et al. (2001); Englische Begriffe und Erklärungen wurden ins Deutsche übersetzt.

| Lernziel                                                                                          | Kategorie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Kognitive Prozesse                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| (1) Kritikalitätsbewertungen samt Daten und Verfahren verstehen und interpretieren                | <b>Verstehen:</b> Inhalte aus Anweisungen erschließen, einschließlich mündlicher, schriftlicher und grafischer Kommunikation. Verstehen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Interpretieren (2.1 interpreting), Vergleichen (2.6 comparing)                             |
| (3) Begründen, warum Rohstoffe als kritisch gelten, und dies Dritten erläutern                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Erklären (2.7 explaining), Exemplifizieren (2.2 exemplifying)                              |
| (4) Eigene Kritikalitätsbewertungen mit etablierten Methoden durchführen und bei Bedarf anpassen  | <b>Anwenden:</b> Ein Verfahren in einer bestimmten Situation durchführen oder anwenden. Mit Anteilen des <b>Bewertens:</b> Entscheidungen auf Grundlage von Kriterien und Standards treffen.                                                                                                                                                                                                                                                                        | Ausführen (3.1 executing), Implementieren (3.2 implementing), Kritisieren (5.2 critiquing) |
| (2) Strategien zur Risikominderung und Anpassung aus Unternehmens- und Ländersicht definieren     | <b>Analysieren:</b> Das Material in seine Bestandteile zerlegen und ermitteln, in welcher Beziehung die Teile zueinander sowie zu einer Gesamtstruktur oder einem Gesamtzweck stehen.<br><b>Bewerten:</b> Entscheidungen auf Grundlage von Kriterien und Standards treffen.<br><b>Erschaffen:</b> Elemente so zusammenfügen, dass sie ein zusammenhängendes oder funktionales Ganzes bilden; Elemente zu einem neuen Muster oder einer neuen Struktur neu anordnen. | Zuschreiben (4.3 attributing), Kritisieren (5.2 critiquing), Generieren (6.1 generating)   |
| (5) Eigene wissenschaftliche Untersuchung konzipieren, durchführen und professionell präsentieren | <b>Erschaffen:</b> Elemente so zusammenfügen, dass sie ein zusammenhängendes oder funktionales Ganzes bilden; Elemente zu einem neuen Muster oder einer neuen Struktur neu anordnen.                                                                                                                                                                                                                                                                                | Generieren (6.1 generating), Planen (6.2 planning), Produzieren (6.3 producing)            |

Abbildung 1 stellt die Rolle der Studierenden im Seminar anhand von vier Aspekten dar: die **eigenständige Forschung**, das Verfolgen **der eigenen Lernziele**, die individuelle und kollektive **Leistung** als Ausschöpfung des vorhandenen **Potenzials** durch das Beheben von **Störungen** sowie eine offene **Fehlerkultur**, die das Benennen und Beheben dieser Störungen ermöglicht.

## Role of the students

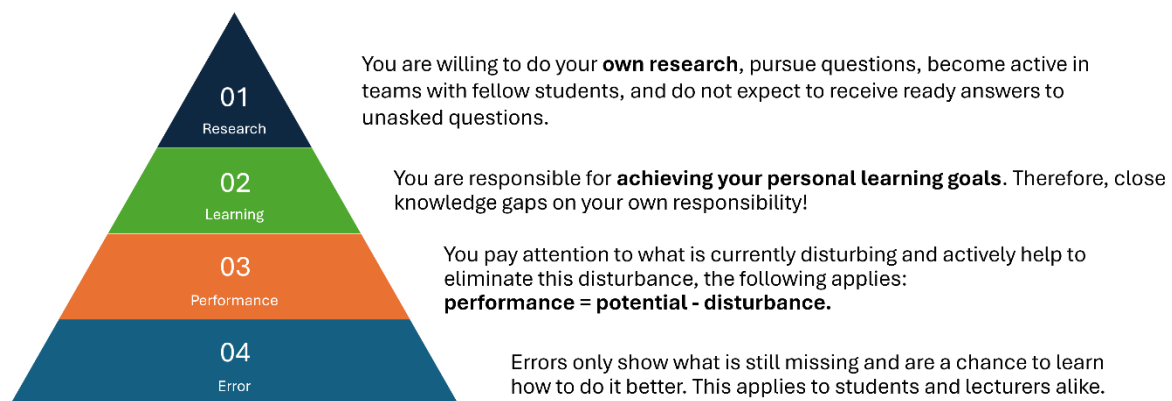


Abbildung 1 Die Rolle der Studierenden im CRM-Seminar

Die Eröffnungseinheit legte gezielt Artefakte für das Semesterende an, insbesondere ein Tafelbild, in dem die Studierenden ihre alltäglichen Interaktionen mit kritischen Rohstoffen auf einer Wichtigkeits-Kritikalitäts-Matrix darstellten. Die Abschlusseinheit griff dieses Tafelbild erneut auf und visualisierte die veränderte Einordnung auf Grundlage der während des Seminars erworbenen zusätzlichen Kenntnisse und Fähigkeiten (siehe Abbildung 3, im oberen linken Bereich innerhalb des grünen Kastens).

Als Lerninfrastruktur diente das E-Learning-Portal der Universität Bayreuth (Universität Bayreuth, 2026a) sowie ein Miro-Board je Seminareinheit (Miro DACH GmbH, 2026).

### 3.1 e-Learning Portal

Ein klar strukturiertes E-Learning-Portal diene als zentrale Informationsquelle und als kontinuierlicher Lernbegleiter über das Semester hinweg (Abbildung 2). Es enthielt eine wöchentliche Struktur, sämtliche Materialien, Ankündigungen und Diskussionsimpulse sowie bedarfsweise eigens erstellte Instruktionsvideos, unter anderem zum Zugang zu den USGS Mineral Commodity Summaries 2026 (U.S. Geological Survey, 2026), zur Berechnung des Herfindahl-Hirschman-Index, zu politischen Risikoindikatoren und zum Indikator „Mangel an Substitutionsmöglichkeiten“.

**NEXT session on the 28.04.2026**

- Please ensure you are able to work in Miro Boards for this session (e.g. bring a Laptop)
- ~~You can access the Miro Board here:~~ A PDF backup of the Miro Board for this session is available for your documentation below.



2026-04-28 Slides CRM Seminar Session 2



2026-04-28 Miro Board Session 2

**Next session on the 05.05.2026**

- As discussed during the last seminar session, the seminar will start at 10:15 and go till 11:45 from this session on.
- Please ensure you are able to work in Miro Boards for this session (e.g. bring a Laptop)
- ~~You can access the Miro Board here:~~ A PDF backup of the Miro Board for this session is available for your documentation below.



Literature for the 05.05.2026



2026-05-05 Slides CRM Seminar Session 3



2026-05-05 Miro Board Session 3

**Next session on the 12.05.2026**

- Please prepare the following and be ready to discuss it in your small group:
  - Revised research question
  - Sub-research questions and the general direction of your seminar paper
  - Initial list of preliminary indicators, based on the lecture, the Graedel paper, and your literature research

Bullet points or short notes are sufficient. No slides or formal presentation required.

**Update your research question in the Miro Board before the seminar.**

Please also ensure that you:

- Bring a laptop suitable for both spreadsheet work (data research) and browser-based Miro access
- ~~can access the Miro Board in advance:~~ link A PDF backup of the Miro Board for this session is available for your documentation below.



2026-05-12 Slides CRM Seminar Session 4 (updated)

Abbildung 2 E-Learning-Portal mit Wochenstruktur

### 3.2 Miro-Board

Seminareinheitenspezifische Miro-Boards dienten als zentrale, kollaborative Arbeitsbereiche. Sie umfassten Check-in-Skalen und eine Frage-und-Antwort-Runde zu Beginn jeder Einheit, Arbeitsflächen mit Zeitvorgaben und Farbcodierung, die Möglichkeit zum asynchronen Kommentieren zwischen den Seminareinheiten, PDF-Sicherungen zur Dokumentation im E-Learning-Portal sowie ein farbcodiertes Betreuungssystem. Ein Beispiel für eine durch ein Miro-Board unterstützte Seminareinheit ist die Einheit vom 14.07.2026, dargestellt in Abbildung 3. Das Board ist in einen Eröffnungsteil (orange umrandet), einen inhaltlichen Hauptteil (grün umrandet) und einen über alle Seminareinheiten hinweg gleichbleibenden, kontinuierlichen Arbeitsbereich der

Studierenden für die Seminararbeit (blau umrandet) unterteilt. Die einzelnen Teilbereiche werden in den Abbildungen 4, 5 und 6 im Detail erläutert.

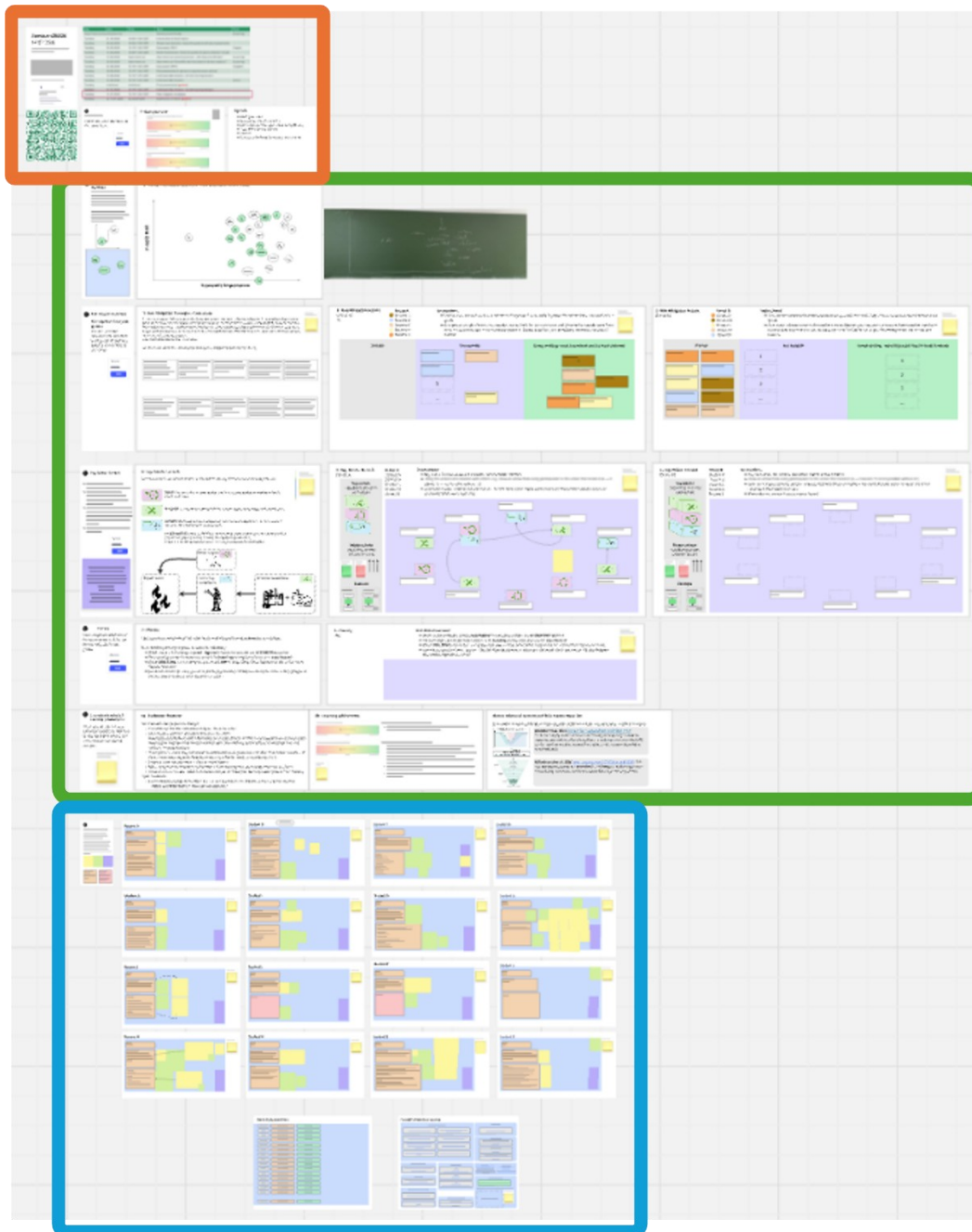


Abbildung 3: Beispiel Miro-Board der letzten Seminareinheit (Namen anonymisiert). In Orange umrandet ist der Seminareröffnungsteil mit QR-Code des Miro-Boards, Informationen zur Seminareinheit, Link zum E-Learning-Portal, Zeitplan und Likert-Skala (siehe Detailgrafik in Abbildung 4). Der Inhalt der Seminareinheit ist grün umrandet (siehe Detailgrafik im Appendix, Abbildung 16). Blau umrandet ist der kontinuierliche Arbeitsbereich der Studierenden (siehe Detailgrafik im Appendix, Abbildung 17).

### 3.2.1 Miro-Board Seminareröffnungsteil

Jede Einheit folgte einem festgelegten Ablauf. Beginnend mit einem Seminareröffnungsteil, der in Abbildung 3 orange umrandet ist und in Abbildung 4 ausführlich erläutert wird. Der

Miro-Board-Ausschnitt aus Abbildung 4 wird zu Beginn jeder Seminareinheit per Beamer übertragen, sodass Studierende sofort erkennen können, ob sie sich im richtigen Seminarraum befinden (Abbildung 4, grün umrandet), und mit Hilfe des QR-Codes (Abbildung 4, orange umrandet) das richtige Miro-Board öffnen können.

Der Miro-Check-in mit drei Likert-Skalen („I reached my learning goals for the last seminar session“, „I feel ready for today's seminar“, „The assignment from last week was completely clear to me“) diente mehreren Zwecken. Er stellte sicher, dass alle Studierenden Zugriff auf das Board hatten und dass technische Probleme bereits zu Beginn der Sitzung behoben werden konnten. Da die Abfrage bereits während der Ankunftsphase ausgefüllt wurde, ließen sich spätere Verzögerungen im Seminarablauf minimieren. Inhaltlich bot der Check-in einen ersten Einblick in den Stand der Gruppe, ob die Lernziele der vorangegangenen Einheit aus Sicht der Studierenden erreicht wurden (Frage 1), ob sie sich auf die aktuelle Einheit vorbereitet fühlten (Frage 2) und ob die Arbeitsaufträge im Vorfeld klar waren (Frage 3). Auf dieser Grundlage konnten Hindernisse für den Lernfortschritt frühzeitig erkannt und beseitigt werden. Anschließend folgte eine mündliche Diskussion über etwaige offene Fragen aus der vorherigen Einheit oder der Vorlesung. Je nach Ergebnis der Abfrage wurde diesem Teil mehr oder weniger Zeit gewidmet. Einzelne Fragen zur Seminararbeit, die für die erfolgreiche Teilnahme an der aktuellen Einheit nicht erforderlich waren, wurden auf die Zeit nach der Seminareinheit verschoben. Der Eröffnungsteil endete mit einer expliziten Erwähnung der Lernziele der Sitzung.

**Seminar CRM26**  
14.07.2026  
Miro Board for the seminar session  
Critical Raw Materials

Access to the eLearning course:

**Annahesseite | e-Learning**  
e-Learning LBT und e-Learning  
Seminar zum Thema  
Batterietechnik und -materialien  
Batterietechnik

| Day                            | Date          | Time             | Topic                                                           | More      |
|--------------------------------|---------------|------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| Asynchronous eLearning lecture |               |                  | Working scientifically                                          | eLearning |
| Tuesday                        | 21.04.2026    | 10:00-11:30 CEST | Introduction & thesis topics                                    |           |
| Tuesday                        | 28.04.2026    | 10:00-11:30 CEST | Thesis topic decision, research question & thesis requirements  |           |
| Tuesday                        | 05.05.2026    | 10:15-11:45 CEST | Discussion CRM 1                                                | Copper    |
| Tuesday                        | 12.05.2026    | 10:00-11:30 CEST | Short Presentation: research question & data collection results |           |
| Tuesday                        | 19.05.2026    | Asynchronous     | Asynchronous eLearning lecture - „Working scientifically“       | eLearning |
| Tuesday                        | 26.05.2026    | Asynchronous     | Asynchronous „Scientific data visualization & data analysis“    | eLearning |
| Tuesday                        | 02.06.2026    | 10:15-11:45 CEST | Discussion CRM 2                                                | Tungsten  |
| Tuesday                        | 09.06.2026    | 10:15-11:45 CEST | Mid presentation (in person or asynchronous online)             |           |
| Tuesday                        | 16.06.2026    | 10:15-11:45 CEST | Individual Q&A Session / On-site working session                |           |
| Tuesday                        | 23.06.2026    | 10:15-11:45 CEST | Individual Q&A Session                                          | online    |
| Tuesday                        | Individual    | Individual       | Final presentation (graded)                                     |           |
| Tuesday                        | 07.07.2026    | 10:15-11:45 CEST | Individual Q&A Session / On-site working session                |           |
| Tuesday                        | 14.07.2026    | 10:15-11:45 CEST | Risk mitigation strategies                                      |           |
| Tuesday                        | by 17.07.2026 | by 23:59 CEST    | Submission of thesis (graded)                                   |           |

**Share your vote!**  
Place your vote one each of the three bars

1 - Share your vote!

Q1: I reached my learning goals for the last seminar session

Q2: I feel ready for today's seminar

Q3: The assignment from last week was completely clear to me

**Agenda**

1. Share your vote!
2. Recap: Criticality of materials
3. Risk Mitigation Strategies - Case study (20 min)
4. Tag, Relate, Re-rank (20 min)
5. Plenary
6. Evaluation feedback & Learning achievements

Abbildung 4 Seminareinführungsteil des Beispiel Miro-Boards der letzten Seminareinheit (siehe Übersichtsgrafik in Abbildung 3). Grün umrandet die Basisinformationen der Seminareinheit mit einem Link zum entsprechenden Abschnitt im E-Learning-Portal. Orange umrandet einen QR-Code des Miro-Boards selbst. Gelb umrandet der Semester-Zeitplan des Seminars mit einer Markierung der aktuellen Einheit. Blau umrandet eine Likert-Skala-Umfrage zum Seminaranfang. Die Agenda der jeweiligen Seminareinheit ist lila umrandet.

### 3.2.2 Miro-Board kontinuierlicher studentischer Arbeitsbereich

In Abbildung 5 ist der kontinuierliche Arbeitsbereich der Studierenden für die jeweiligen Seminararbeiten dargestellt. Der Arbeitsbereich wird jeweils von Miro-Board zu Miro-Board über alle Seminareinheiten hinweg übertragen, sodass Studierende immer mit der jeweils aktuellen Version im Miro-Board der aktuellen Seminareinheit arbeiten können.

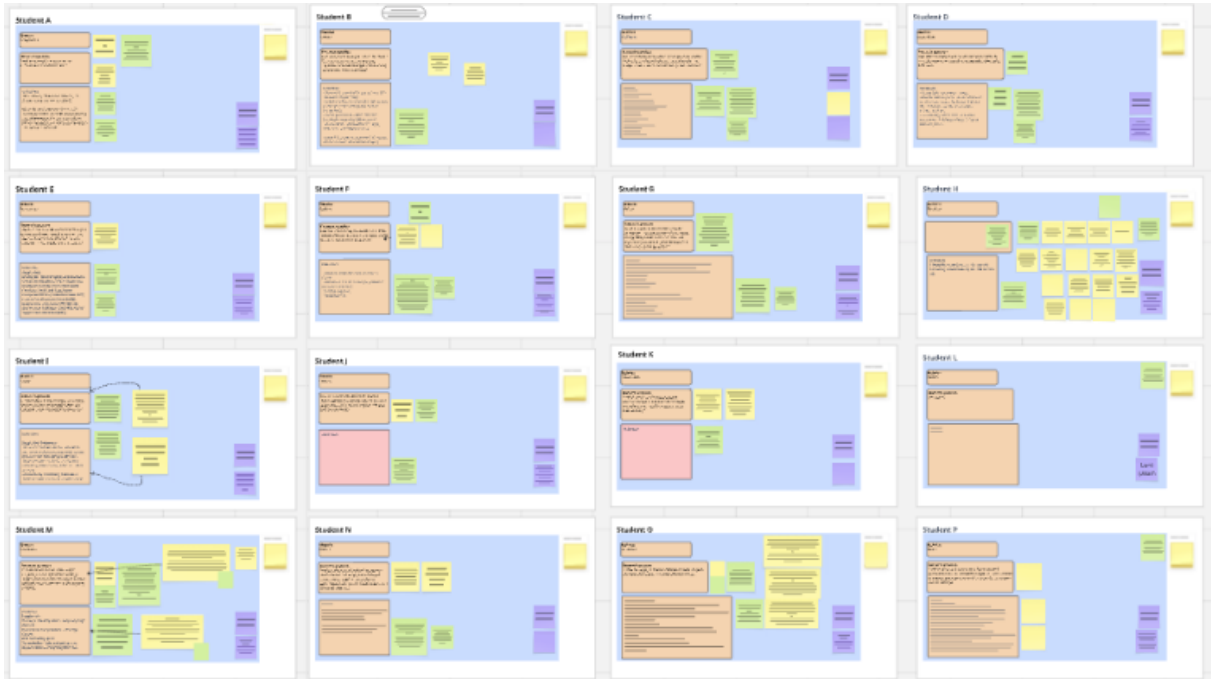


Abbildung 5: Beispiel des kontinuierlichen Studierendenarbeitsbereichs des Miro-Boards der letzten Seminareinheit. Die einzelnen Kacheln beinhalten die jeweiligen Arbeitsbereiche der einzelnen Studierenden zu deren Seminararbeitsthemen.

In Abbildung 6 wird eine Einzelansicht eines studentischen Studierendenarbeitsbereichs gezeigt. Jede am Seminar teilnehmende Person verfügt über eine eigene Arbeitskachel, die über die verschiedenen Seminareinheiten hinweg gleichbleibt und deren Inhalt von einer Seminareinheit zur nächsten übertragen wird. Der kontinuierliche Arbeitsbereich dient somit als Plattform für die kontinuierliche Arbeit am Thema der Seminararbeit sowie für die Reflexion darüber. Die orangefarbenen Kästchen enthalten die aktuellen Entscheidungen und den aktuellen Stand der Studierenden. Das zu untersuchende Element, das in den ersten Seminarsitzungen als thematischer Schwerpunkt der Seminararbeit vereinbart und definiert wurde, ist im obersten orangenen Kasten festgelegt. Die aktuelle Forschungsfrage sowie die Auswahl geeigneter Indikatoren für die jeweilige Kritikalitätsanalyse befinden sich in den beiden orangefarbenen Kacheln darunter und können und sollten im Laufe des Semesters weiter verfeinert und ausgearbeitet werden. Die gelben Post-its enthalten Kommentare anderer Studierender und sollen eine Diskussion über den jeweiligen Ansatz anregen. Da alle Studierenden vor ähnlichen Herausforderungen stehen, etwa bei der Auswahl geeigneter Indikatoren, werden Austausch und Zusammenarbeit gefördert. Die grünen Post-its enthalten Kommentare des Betreuungsteams, etwa Vorschläge, Fragen oder Anleitungen. Die violetten Post-its enthalten allgemeine Hinweise zu weiterführender Literatur, Quellen und Tipps. Da jede am Seminar teilnehmende Person eine eigene Kachel

hat, kann sich das Betreuungsteam schnell einen Überblick über den aktuellen Stand jeder Seminararbeit verschaffen und gezielte Unterstützung und Anleitung geben. Die Kacheln sollen die Studierenden zudem dazu anregen, während des gesamten Semesters zu ihren Seminararbeitsthemen zu recherchieren, insbesondere da der Fortschritt ihrer Kommilitonen transparent gemacht wird. Die Intensität der Betreuung und der Aufwand für das Betreuungsteam sollen dadurch ebenfalls über das gesamte Semester verteilt werden, anstatt sich auf das Semesterende zu konzentrieren. Ebenfalls können dadurch allgemeine Fragen und Unklarheiten, beispielsweise zu einzelnen Indikatoren und deren Berechnung, zeitnah adressiert und über bedarfsgerechte Lehrmaterialien, wie beispielsweise Videolektionen allen Studierenden gleichzeitig zur Verfügung gestellt werden, wodurch sich die Anzahl wiederkehrender Fragen verringert, die in der direkten Beratung nur einzeln beantwortet werden können.

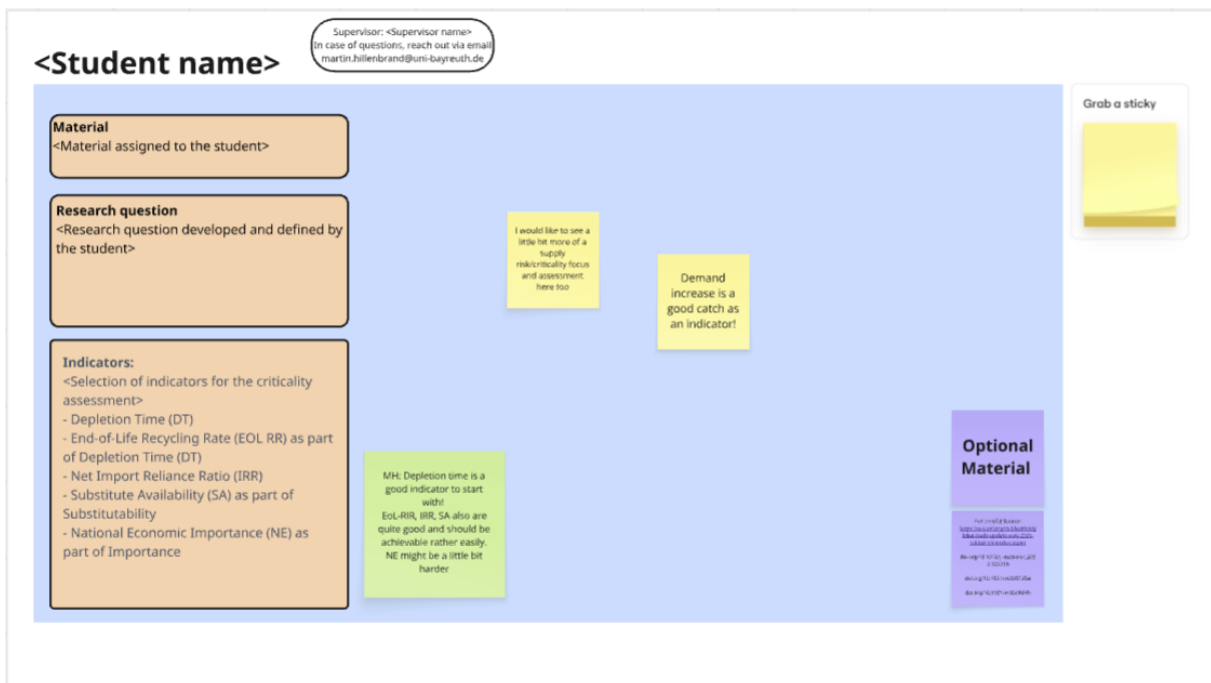


Abbildung 6 Beispiel einer anonymisierten studentischen Arbeitskachel des kontinuierlichen Arbeitsbereichs des Miro-Boards der letzten Seminareinheit. Die orangenen Boxen enthalten die jeweiligen aktuellen Entscheidungen zum Seminararbeitsthema (Element), zur aktuellen Forschungsfrage sowie zur aktuellen Auswahl von Indikatoren für die Kritikalitätsanalyse. Die gelben Post-its enthalten Kommentare der anderen Studierenden. Die grünen Post-its enthalten Kommentare des Betreuungsteams. Die lila Post-its enthalten Hinweise auf optionale weiterführende Literatur, Quellen und Tipps.

Unterhalb der studentischen Arbeitskacheln befindet sich eine Übersicht über weitere hilfreiche allgemeine Quellen (Abbildung 7). In diesem Abschnitt sind Links und Ressourcen von allgemeinem Interesse aufgeführt. Auch die Lehrvideos aus dem E-Learning-Portal sind hier ebenfalls aufgeführt. Studierende können auch außerhalb der Seminareinheiten zusätzliche Unterstützung und Instruktionen anfordern. Diese werden entsprechend je nach Bedarf vorbereitet und zur Verfügung gestellt, wie etwa die Videos zum Zugang zu den USGS Mineral Commodity Summaries (U.S. Geological Survey, 2026) oder zur Berechnung einzelner Indikatoren wie dem HHI.

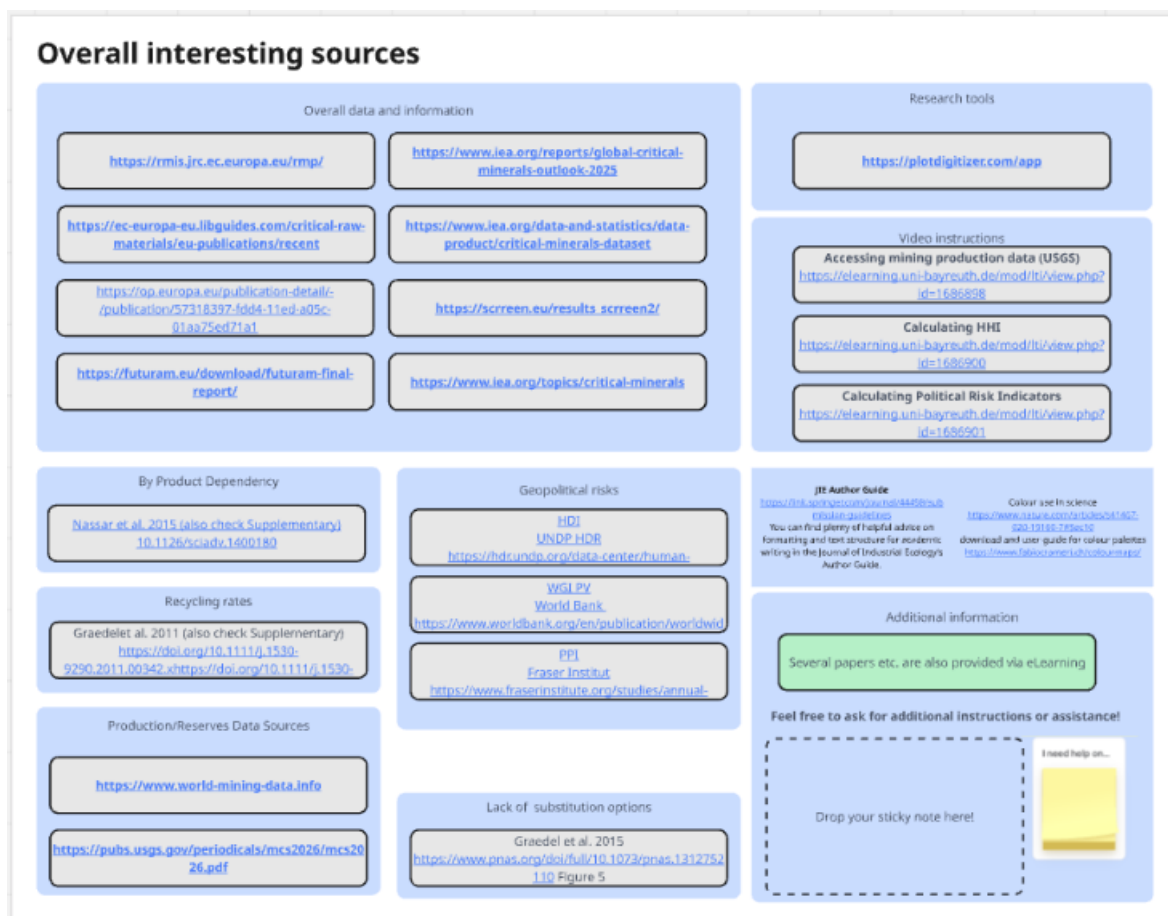


Abbildung 7 Übersicht von gruppierten, weiterführenden allgemeinen Quellen mit der Möglichkeit, zusätzliche Informationen anzufordern

### 3.2.3 Miro-Board Seminareinheiten

Das Seminar ist entsprechend dem in Abbildung 4 gelb markierten Zeitplan in einzelne Seminereinheiten gegliedert. Diese Einheiten lassen sich grob in drei Gruppen einteilen:

1. Die **Grundlagen wissenschaftlichen Arbeitens** (asynchrone Einheiten zum wissenschaftlichen Arbeiten sowie zur Datenvisualisierung und -verarbeitung),
2. die **Bearbeitung der Seminararbeit** (Einführung und Themenvorstellung, Themenverteilung und Forschungsfragen definieren, wissenschaftliches Präsentieren, Zwischen- und Abschlusspräsentationen, freie Arbeitssitzungen und Frage-Antwort-Runden) und
3. sowie die thematischen **Diskussionsformate** (Diskussionseinheiten CRM 1 und CRM 2, Risikominderungsstrategien)

### 3.2.4 Grundlagen des wissenschaftlichen Arbeitens

Aufgrund der Heterogenität der Studierendengruppe steht ein forschungsorientiertes Seminar vor verschiedenen Herausforderungen, insbesondere hinsichtlich der Grundlagen wissenschaftlichen Arbeitens. Die Einführung des Bachelor- und Master-Systems im Rahmen des Bologna-Prozesses hat zu einer theoretischen Vereinheitlichung der Studiengänge und Abschlüsse in ganz Europa geführt. Während innerhalb Deutschlands und im Fachbereich

Naturwissenschaften, sowie in den Ingenieurwissenschaften, die im Bachelorstudium vermittelten Grundlagen der wissenschaftlichen Arbeit in der Regel ausreichend sind, kann dies für Bachelorabschlüsse von Hochschulen außerhalb Deutschlands oder der EU nicht automatisch vorausgesetzt werden. Für einige Studierende ist es daher notwendig, im Rahmen des Seminars eine Grundlage für wissenschaftliches Arbeiten zu schaffen, während für andere eine Auffrischung der Grundlagen ebenfalls von Vorteil ist. Durch die Bereitstellung von videobasierten Selbstlernmodulen zu wissenschaftlichen Forschungsmethoden, wissenschaftlicher Datenverarbeitung und Visualisierung, kombiniert mit ergänzenden Materialien und einem hohen Maß an studentischem Engagement, lassen sich die meisten Lücken aus dem Bachelorstudium schließen, sodass die Studierenden im Rahmen des Seminars erfolgreich und eigenständig ein Forschungsthema bearbeiten, dokumentieren und präsentieren können. Da die Studierenden die Video-Selbstlernmodule wiederholen oder einzelne Abschnitte überspringen können, können sie in einem Tempo lernen, das ihrem aktuellen Wissensstand entspricht, und bei Bedarf grundlegende Inhalte später im Semester wiederholen, ohne den regulären Seminarablauf zu unterbrechen oder zu verzögern.

### *3.2.5 Bearbeitung der Seminararbeit*

Der Forschungsprozess der Studierenden ist in eine Reihe aufeinanderfolgender Meilensteine gegliedert. Die Studierenden bereiten die gemeinsame Themenzuweisung vor, indem sie für zwei Elemente (Seminararbeitsthemen) mögliche Forschungsfragen entwickeln und diese in Gruppen diskutieren. Dadurch wird sichergestellt, dass sich die Studierenden bereits in einem frühen Stadium gründlich mit dem Thema vertraut machen und Recherchen durchführen. Die Themenvergabe erfolgt über das Miro-Board und ist in Abbildung 3 im blauen Kasten auf der linken unteren Seite zu sehen. Darüber hinaus wird allen Studierenden nach der endgültigen Themenvergabe eine von drei Betreuungspersonen zugewiesen. Diese unterstützen anschließend und geben Anleitung bei der weiteren Ausarbeitung und Konkretisierung der Forschungsfragen. Dafür kann, neben der entsprechenden Bearbeitung innerhalb der ersten Seminareinheiten, vor allem der kontinuierliche studentische Arbeitsbereich im Miro-Board genutzt werden (siehe Abbildung 5). Das gleiche Verfahren wird sowohl bei der Vorauswahl der Indikatoren als auch bei der iterativen Verfeinerung des Forschungsprojekts angewendet. Um sicherzustellen, dass die Arbeit an den Forschungsthemen frühzeitig beginnt, erstellen die Studierenden außerdem ein einseitiges Forschungsexposé, zu dem sie anschließend individuelles schriftliches Feedback vom Betreuungsteam erhalten. Eine von den Studierenden erstellte Video-Zwischenpräsentation (maximal 10 Minuten) ersetzt den herkömmlichen Zwischenvortrag. Strukturiertes Peer-Feedback, das in vier Kategorien in Geber-Empfänger-Matrizen gegliedert ist, und wahlweise, als rein schriftliches, asynchrones oder als mündliches Feedback in studentischen Feedbackgruppen durchgeführt wird, fördert den Austausch und das Lernen über die eigenen Präsentationsstile. Anschließend wird das studentische Feedback durch ausführliche Rückmeldung des Betreuungsteams

ergänzt (Abbildung 8).

Abbildung 8 zeigt ein Beispiel-Board mit vier Peer-Feedback-Matrizen. Die Matrizen sind in vier Quadranten angeordnet:

- General Feedback:** Enthält eine Tabelle mit Spalten für Feedback von Studierenden (Anonymized Student response) und Feedback vom Betreuungsteam (hellgrüne Post-it).
- Presentation Structure Feedback:** Enthält eine Tabelle mit Spalten für Feedback von Studierenden (Anonymized Student response) und Feedback vom Betreuungsteam (hellgrüne Post-it).
- Methodological and Expertise Feedback:** Enthält eine Tabelle mit Spalten für Feedback von Studierenden (Anonymized Student response) und Feedback vom Betreuungsteam (hellgrüne Post-it).
- Slides and Style Feedback:** Enthält eine Tabelle mit Spalten für Feedback von Studierenden (Anonymized Student response) und Feedback vom Betreuungsteam (hellgrüne Post-it).

Jede Matrix hat eine Spalte für 'Feedback given by' (Studient 1 bis 4) und eine Spalte für 'Feedback given by' (Studient 1 bis 4). Die Matrizen sind mit 'No video/presentation available' beschriftet. Die Matrizen sind in vier Quadranten unterteilt: General Feedback, Presentation Structure Feedback, Methodological and Expertise Feedback und Slides and Style Feedback.

Abbildung 8 Beispiel Board der 4 Peer-Feedback Matrizen, wobei das Feedback der Studierenden auf gelben Post-it und das Feedback des Betreuungsteam auf hellgrünen Post-it vermerkt ist.

Individuelle Betreuung wurde durch Gruppen Frage-Antwort Runden vor Ort, bedarfsorientierte Einzeltermine über MS Teams sowie kontinuierliche Kanäle für Fragen (Miro, E-Mail) skalierbar organisiert. Der Einsatz generativer KI war ausdrücklich erlaubt, unterlag jedoch engen Grenzen und Vorgaben und wurde in einen pädagogischen Kontext eingebettet. KI-Werkzeuge durften zur Vorbereitung, Recherche, sowie zur Unterstützung bei der Datenverarbeitung und -strukturierung genutzt werden. Die vollständige Verantwortung für die Richtigkeit der Ergebnisse, Berechnungen und Abbildungen lag weiterhin bei den Studierenden. Der Text der Seminararbeit musste eigenständig verfasst werden. Die Nutzung generativer KI-Systeme zur Umformulierung, Übersetzung sowie zur Rechtschreib- und Grammatikkorrektur blieb weiterhin erlaubt. Jede Nutzung musste über eine „Declaration of Authorship“ angegeben werden.

### 3.2.6 Diskussionsformate Rollenspiel-Debatte und Jigsaw

Für die Diskussionsrunden bereiteten die Studierenden zentrale Publikationen (Achzet & Helbig, 2013; Graedel et al., 2012; Helbig, Bruckler, et al., 2021; Helbig et al., 2018; Helbig, Schrijvers, et al., 2021; Hillenbrand et al., 2024; Leal-Ayala et al., 2015; Nassar et al., 2012, 2025; SCREEN, 2024; Tang et al., 2020) mit teamspezifischen Lesefoki (Jigsaw-Methode nach Aronson et al. (1978)) und Leitfragen verbindlich vor, um die Präsenzzeit für Anwendung und Diskussion nutzen zu können (Lage et al., 2000).

Ein Beispiel für eine solche Diskussionseinheit ist in Abbildung 9 (Arbeitsauftrag der Diskussionseinheit) und in Abbildung 10 (Studentischer Arbeitsbereich der Diskussionseinheit) dargestellt. Dabei ist zu beachten, dass der eigentliche Lernprozess durch die Diskussion der Studierenden stattfindet, während die Arbeit am Miro-Board lediglich der Unterstützung dieses Prozesses dient.

**3 Risk Mitigation Actions**

**Get together into your groups.**  
Present your two actions to the others in your group. As a group, select and prioritize all 10 actions.

⌚ Timer

**10 mins**

Start

**3 - Risk Mitigation Strategies - Case study**

You are the supply-chain risk team of a European automotive-electronics manufacturer. Your products depend on a small set of critical raw materials, among them tantalum, tungsten and rare earth elements (REE), concentrated in a few supplier countries. A sudden export restriction in a key supplier country has physically cut off part of your input supply with little warning. Production lines are at risk within weeks. You have high internal decision-making authority and a normal corporate budget.

Your task today: decide how to respond.

Another team within the company has already pre-selected the following 10 actions:

|                                                                                                                                             |                                                                                                                                                  |                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Use stockpile</b> Deploy accumulated material reserves during a supply disruption to bridge the gap.<br>Horizon: immediate (<1 month)    | <b>Stockpile build-up</b> Build and maintain material reserves beyond standard requirements as a physical buffer.<br>Horizon: medium (1-5 years) | <b>Activate backup facilities</b> Switch production to standby facilities when primary sites are disrupted.<br>Horizon: medium (1-5 years)   | <b>Construction &amp; maintenance of backup facilities</b> Build and maintain standby production facilities that can be activated if primary sites fail.<br>Horizon: medium (1-5 years)  | <b>Multi-region sourcing</b> Source the material from suppliers spread across several geographic regions to cut concentration risk.<br>Horizon: short (1-12 months) |
| <b>Purchase timing</b> Time procurement orders to exploit favourable market windows or pre-empt shortages.<br>Horizon: immediate (<1 month) | <b>Substitution R&amp;D</b> Run R&D to develop materials or technologies that can replace the critical input.<br>Horizon: long (>5 years)        | <b>Spot market procurement</b> Buy the material on the open spot market when contracted supply falls short.<br>Horizon: immediate (<1 month) | <b>Supply-chain forecasting &amp; risk analytics</b> Use analytics and scenario modelling to forecast supply risks and plan for disruptions proactively.<br>Horizon: short (1-12 months) | <b>Long-term supply contracts</b> Negotiate long-duration agreements to secure price, volume and priority access.<br>Horizon: short (1-12 months)                   |

Abbildung 9 Gruppenarbeitsauftrag der Diskussionseinheit eines Anwendungsfalls zum Thema Risikomanagementstrategien

**3 - Risk Mitigation Actions**  
(Group B)

**Group B**

- Student A
- Student B
- Student C
- Student D
- Student E

**Instructions:**

- Each person presents their two actions to the group (1 min each). Say what the action does, not whether it is good.
- As a group: (a) split the ten into suitable / not suitable for your situation, and (b) rank the suitable ones from most to least important to reduce the supply risk. Decide based on your knowledge from the course and instinct.

Questions, Comments, etc.

**Storage**

|                                       |                                           |
|---------------------------------------|-------------------------------------------|
| Purchase timing                       | Use stockpile                             |
| Spot market procurement               | Multi-Region sourcing                     |
| Active backup facilities              | Substitution R&D                          |
| Long-term supply contracts            | Stockpile build-up                        |
| Construction & maintenance of back up | Supply-chain forecasting & risk analytics |

**Not suitable**

1

2

3

...

**Group ranking - most important (top) to least (bottom)**

1

2

3

...

Abbildung 10 Beispiel des studentischen Arbeitsbereichs der Diskussionseinheit für den Gruppenarbeitsauftrag

Die definierten Diskussionsformate dienen dazu, die Beteiligung zu strukturieren und die Studierenden dazu anzuregen, auf der Grundlage ihres erworbenen Wissens Argumente zu formulieren und verschiedene Perspektiven abzuwägen. Zu den didaktischen Maßnahmen gehörten: auf Fragen basierende Diskussionen zu Fachartikeln, bei denen offene Fragen auf einem „Parkplatz“ gesammelt wurden, eine durch die Fishbowl-Methode angeregte Stakeholder-Rollenspiel-Debatte (Abbildung 11) mit verteilten Rollenkarten, der Vorbereitung in Experten-Kleingruppen, festen Redezeiten sowie einer abschließende Abstimmung beinhaltete (Hillenbrand et al., 2026), sowie eine Jigsaw-Einheit zur Fallstudie „Wolfram“ (Abbildung 12), bei der Experten-Kleingruppen jeweils eine spezifische

Publikation analysierten und ihre Ergebnisse anschließend in gemischten Gruppen austauschten, angeleitet durch Synthesefragen, die auf einen Methodenvergleich abzielten (Aronson et al., 1978).

**Share your open questions for paper 1:**  
 Task 1: Share your open questions for paper 1.  
 Task 2: Share your open questions for paper 1.

**What open questions about the 1st paper do you have?**  
 Methodology of Metal Criticality Determination  
 In your opinion, what are the main challenges in the field of metal criticality determination? How do you think the methodology of metal criticality determination should be improved? (Share your thoughts in the discussion area.)

**Anonymized Student response: Lorem Ipsum**

**Share your open questions for paper 2:**  
 Task 1: Share your open questions for paper 2.  
 Task 2: Share your open questions for paper 2.

**What open questions about the 2nd paper do you have?**  
 Criticality of the Geological Copper Family  
 In your opinion, what are the main challenges in the field of geological copper family criticality? How do you think the methodology of geological copper family criticality should be improved? (Share your thoughts in the discussion area.)

**Anonymized Student response: Lorem Ipsum**

**Serious Game**  
 Task 1: Share your open questions for paper 3.  
 Task 2: Share your open questions for paper 3.

**Serious Game**  
 Should arsenic be regulated as a critical raw material at the EU level, given Nassar et al. 2012's findings?  
 In your opinion, what are the main challenges in the field of arsenic regulation? How do you think the methodology of arsenic regulation should be improved? (Share your thoughts in the discussion area.)

**Stakeholder Roles:**

- Solar Forum, Sun-empowered design** (Students 1-4)
- Vollgasstrom** (Students 1-3)
- Steel & aluminium / Methodology critics** (Students 1-3)
- Environmental NGOs** (Students 1-3)

Abbildung 11 Beispiel eines Arbeitsauftrags für eine durch die Fishbowl-Methode angeregte Stakeholder-Rollenspiel-Diskussionsrunde

**2 - Discussion Tungsten**

Try grouping your answers by how they relate to the effort. Name each group clearly and give it a name (e.g., a Miro frame, or a one-page summary that another student could understand without having read the paper. You will use this output to teach the mixed group).

**Task 1 - Expert team (20 minutes).**  
Get together with the other students who read the same paper (your team). Together, agree on answers to the five general guiding questions and the paper-specific questions. Produce one shared output, e.g., a Miro frame, or a one-page summary that another student could understand without having read the paper. You will use this output to teach the mixed group.

**General guiding questions**

1. What is the paper's central claim about tungsten criticality? State it in one sentence.
2. What method or indicator set does the paper use to reach that claim? Name the variables and how they aggregate.
3. What evidence (numbers, trade data, flow data) does the paper give for tungsten specifically? List the three most important figures.
4. What mitigation, policy, or technical action does the paper recommend?
5. Where does the paper acknowledge or fail to acknowledge its own limitations? Name

**Team 1: EU regulatory perspective:**  
Source: SCREEN Factsheet Tungsten

**Team 1 guiding questions**

1. Is tungsten critical for the EU? Why?
2. Which end-use sector drives the value?
3. What EU sourcing countries are listed, and what is the import-reliance figure?
4. What does the factsheet say about recycling input rate (EoL-RIR)?

**Team 1 members**

- Student 1
- Student 2
- Student 3
- Student 4

**Team 2: Global material flow / material efficiency**  
Source: Leal-Ayala et al. 2015

**Team 2 guiding questions**

1. What are the main loss points in the global tungsten flow?
2. What is the estimated additional recycling potential the paper identifies?
3. What data limitations do the authors explicitly flag?

**Team 2 members**

- Student 1
- Student 2
- Student 3
- Student 4

**Team 3: US national security**  
Source: Nassar et al. 2020

**Team 3 guiding questions**

1. Where does tungsten sit in the Disruption Potential / Trade Exposure / Economic Vulnerability space?
2. What is the probability-weighted net decrease in US GDP attributed to a tungsten disruption?

**Team 3 members**

- Student 1
- Student 2
- Student 3
- Student 4

**Team 4: China dominance / dynamic MFA**  
Source: Tang et al. 2020

**Team 4 guiding questions**

1. The dynamic MFA covers 1949–2017. What does the paper claim happens to Chinese tungsten dominance going forward, and why?
2. What is the reported Chinese EoL recycling rate for tungsten, and how does the paper explain it?
3. How much tungsten has been lost from the Chinese system (mining, production, EoL) according to the MFA?

**Team 4 members**

- Student 1
- Student 2
- Student 3
- Student 4
- Student 5

**Team 1 frame**

Anonymized Student response: Lorem Ipsum

**Team 2 frame**

Anonymized Student response: Lorem Ipsum

**Team 3 frame**

Anonymized Student response: Lorem Ipsum

**Team 4 frame**

Anonymized Student response: Lorem Ipsum

Anonymized Student response: Lorem Ipsum

Abbildung 12 Beispiel eines Teil-Arbeitsauftrags für Jigsaw-Diskussionsgruppen

## 4. Evaluation des Lehrprojekts

Die Evaluation folgte einem mehrstufigen Ansatz:

1. Mündliche Fragerunde zu Beginn jeder Einheit;
2. Miro-Likert-Check-ins zu Beginn jeder Einheit (die Studierenden bewerten sich selbst auf kontinuierlichen Skalen mit Werten von 0 bis 6);
3. Zwischenevaluation zur Semestermitte („Mid-seminar survey - Have your say!", n = 10);
4. Hospitation mit anschließendem Feedback durch das ZHL;
5. Selbsteinschätzung des Betreuungsteams
6. Miro-Likert-Check zur Erreichung der Lernziele am Semesterende
7. Standardisierte Lehrveranstaltungsevaluation am Semesterende
8. Qualität der benoteten Leistungen (Seminararbeit und -präsentation)

Wiederkehrende Kurzabfragen wie die Miro Likert Check-ins entsprechen etablierten Classroom-Assessment-Techniken (Angelo & Cross, 1993).

### 4.1 Miro-Likert Check-ins

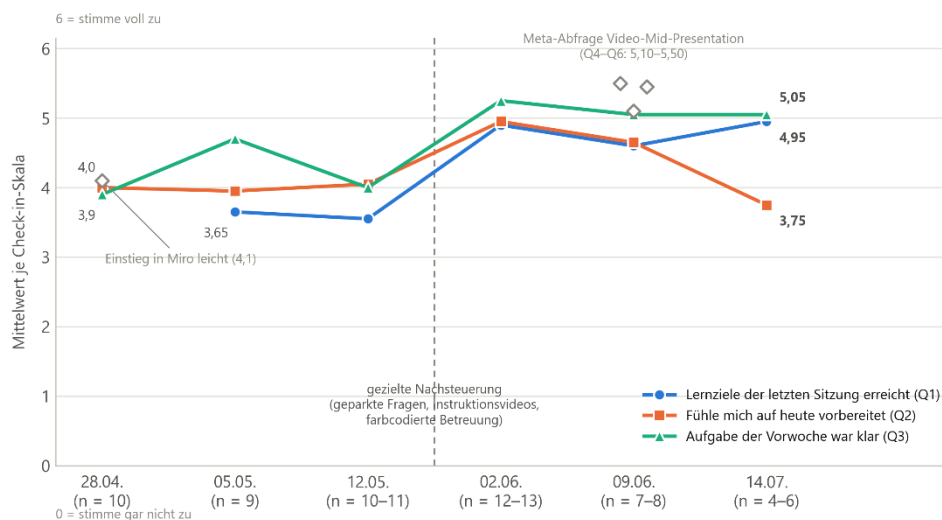


Abbildung 13 Verlauf der Miro-Check-ins zu Beginn jeder Seminareinheit von sechs relevanten Präsenztermine (Mittelwerte; kontinuierliche Skala von 0 = „stimme gar nicht zu“ bis 6 = „stimme voll zu“, nachträglich aus den Markerpositionen digitalisiert). Nach gezielten Anpassungen dem 12.05. und dem 02.06. (systematische Klärung offener Fragen, Instruktionsvideos, farbcodiertes Betreuungssystem) stiegen die Bewertungen für erreichte Lernziele (Q1) und Klarheit der Arbeitsaufträge (Q3) deutlich an und blieben bis zum Semesterende über 4,5. Rauten kennzeichnen einmalige zusätzliche Fragen (Miro-Einführung am 28.04.; Meta-Abfrage zur Video-Mid-Presentation am 09.06.). Der Rückgang bei Q2 am 14.07. spiegelt die Beteiligungsdynamik der letzten Sitzung wider (n = 4-6).

Die Zeitreihe der Check-ins spiegelt den Semesterverlauf wider. In der Anfangsphase (28.04., 05.05. und 12.05.) lagen die Bewertungen für die erreichten Lernziele (3,55 bis 3,65) und die Klarheit der Arbeitsaufträge (3,90 bis 4,70) im mittleren Bereich. Dies steht im Einklang mit der später explizit geäußerten Rückmeldung, wonach zu diesem Zeitpunkt die methodischen Grundlagen noch fehlten (siehe Kapitel 3, Lernzielebene „Erinnern“). Nach

gezielten Anpassungen, bestehend aus der systematischen Klärung noch offener Fragen, der Bereitstellung auf die Bedürfnisse der Studierenden zugeschnittener Lehrmaterialien, wie beispielsweise Instruktionsvideos zur Berechnung des Herfindahl-Hirschman-Index (HHI), dem Einsatz von zusätzlichem Betreuungspersonal und der Einführung des farbcodierten Betreuungssystems, stiegen beide Werte zum 02.06. deutlich auf 4,90 beziehungsweise über 5,0 und blieben bis zum Ende des Semesters auf einem hohen Niveau. Die Umfrage zur Video-Zwischenpräsentation ergab die höchsten Werte der gesamten Erhebung. Die Nützlichkeit der Vorbereitung und Durchführung wurde mit 5,50 bewertet, während die Aussage, dass Zwischenpräsentation und das Feedback vor der bewerteten Abschlusspräsentation sinnvoll waren, mit 5,45 bewertet wurde. Lediglich die technischen Aspekte der Videoerstellung (Aufnahme und Upload) erzielten mit 5,1 einen etwas niedrigeren Wert, was mit den beschriebenen Einschränkungen und Herausforderungen beim Upload von Videos im E-Learning-Portal übereinstimmt.

## 4.2 Zwischenevaluierung

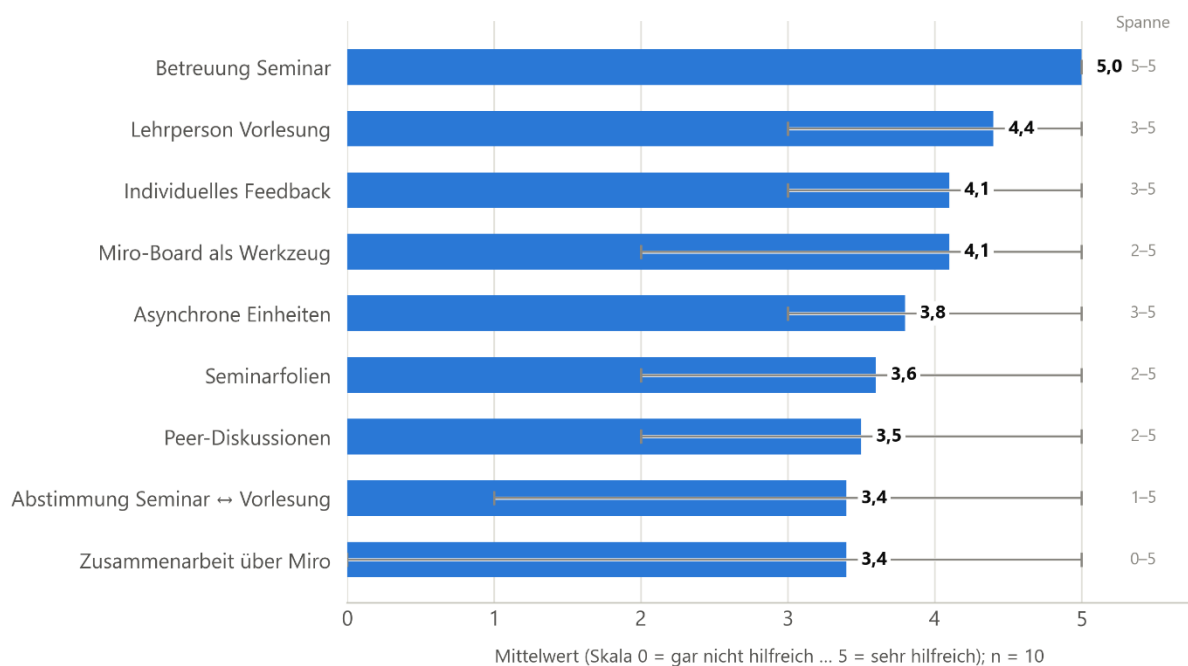


Abbildung 14 Ergebnisse der anonymen Zwischenevaluierung („Mid-seminar survey - Have your say!", n = 10 von 16 Teilnehmenden). Dargestellt sind die Mittelwerte für jeden Punkt auf einer sechsstufigen Skala (0 = gar nicht hilfreich bis 5 = sehr hilfreich), absteigend sortiert. Die schmalen Linien kennzeichnen die Spannweite der einzelnen Antworten. Der Punkt „Betreuung Seminar“ wurde mit dem Höchstwert (5,0) bewertet, während die Abstimmung von Seminar und begleitender Vorlesung mit 3,4 den niedrigsten Mittelwert sowie mit 1 den niedrigsten Einzelwert erhielt. Auffällig sind die großen Spannweiten bei der Zusammenarbeit im Miro-Board (0 bis 5) und bei den Peer-Diskussionen (2 bis 5). Beide Formate wurden von den Studierenden sehr unterschiedlich wahrgenommen.

Die teils anonyme Zwischenevaluierung (n = 10), sichtbar in Abbildung 14, bestätigte die Stärken des Konzepts, deckte zugleich jedoch seine wichtigste Schwachstelle auf. Positiv bewertet wurden das Miro-Board als Werkzeug (im Mittel 4,1 von 5) und das individuelle Feedback (4,1 von 5); die Betreuung erhielt einhellig die Höchstnote (5,0 von 5). Mehrere

Studierende würdigten ausdrücklich den erkennbaren Aufwand, der in die Vorbereitung geflossen war. Kritisch beurteilt wurde die zeitliche Abfolge von Seminar und Vorlesung (Durchschnittswert 3,4 bei einem Minimum von 1). Das Seminar setzte methodische Kenntnisse voraus (siehe Kapitel 3, Lernzielebene „Erinnern“), die in der begleitenden Vorlesung, teils bedingt durch Feiertage, erst zu einem späteren Zeitpunkt behandelt wurden was zum Beispiel durch die folgende Rückmeldung deutlich wird: „I was totally lost at first because I hadn't learned about the assessment methods before the seminars.“ Dementsprechend wurden die frühen Peer-Diskussionen als wenig produktiv beschrieben, solange keine gemeinsame Wissensbasis vorhanden war. Ab der Mitte des Semesters verbesserte sich die Situation spürbar. Darüber hinaus regten die Studierenden eine Konsolidierung des Toolsets an, konkret durch die Verwendung weniger paralleler Werkzeuge (z.B. Powerpoint und Miro gleichzeitig) sowie eine stärkere Integration der Funktionen in Miro. Zudem wünschten sie sich früheres individuelles Feedback insbesondere zur Themenauswahl am Anfang des Semesters.

### 4.3 ZHL-Hospitation

Als Feedback nach der ZHL-Hospitation wurde zurückgemeldet, dass der Auftritt selbstbewusst und souverän war, wobei Lautstärke und Betonung gut eingesetzt wurden und die Struktur der Einheit überzeugte. Als Verbesserungsvorschlag wurde, vorgeschlagen, die Miro-Likert-Skalen bei "Share your vote" anonym zu konfigurieren, um ehrliches Abstimmungsverhalten zu ermöglichen. Zudem sollten Zeitvorgaben für Aufgaben klar festgelegt werden, wobei eine offizielle Zeitbegrenzung von 15 Minuten vorgesehen, intern jedoch 20 Minuten eingeplant werden, sodass bei Bedarf noch 5 Minuten Pufferzeit gewährt werden können. Die Mischung aus Partnerarbeit, Plenum und Gruppenarbeit wird als erfolgreich bewertet, da sie unterschiedlichen Persönlichkeitstypen gerecht wird. Zusätzlich sollten die Motivation und die Persönlichkeit der Studierenden künftig bei der Methodenwahl berücksichtigt werden. Ergänzend wurde vorgeschlagen, Rollen in der Gruppenarbeit vorab gezielt zuzuteilen, um zu verhindern, dass stets dieselben Personen die Gruppenführung übernehmen, sowie die Gruppengröße auf unter 5 Personen zu reduzieren, um die Resilienz gegenüber dem Ausfall einzelner Studierender zu erhöhen.

### 4.4 Selbsteinschätzung des Betreuungsteam

Das Betreuungsteam des Lehrstuhls meldete zurück, dass die strukturierten Feedback-Matrizen die Qualität der Rückmeldungen gegenüber unstrukturierten Runden erhöht haben. Zugleich wurde der Vor- und Nachbereitungsaufwand der Boards sowie die weiterhin intensive individuelle Betreuung als hoch eingeschätzt, sodass für eine dauerhafte Verstetigung eine weitere Aufwandsreduktion oder eine Begrenzung der Teilnehmendenzahl erforderlich ist.

## 4.5 Standardisierte Lehrveranstaltungsevaluation am Semesterende

Die offizielle Endevaluierung fand ausschließlich schriftlich statt. Die Evaluationsergebnisse wurden in der letzten Seminareinheit an die Studierenden zurückgespiegelt, und die daraus abgeleiteten Änderungen wurden vorgestellt und diskutiert. Die Ergebnisse und die daraus abgeleiteten Maßnahmen sind im Abschnitt 5. 4 aufgeführt.

Die Endevaluation erfolgte mittels handschriftlich ausgefüllter Bögen (Standardbögen der Fakultät für Ingenieurwissenschaften). Zurückgegeben wurden sechs Bögen von sechzehn Studierenden (Rückmeldequote 37,5 %). Das Instrument ist rein qualitativ und umfasst acht Freitextfragen sowie vier Ankreuzitems, darunter zwei Fragen, die ausdrücklich den Einsatz digitaler und didaktischer Werkzeuge betreffen. Alle Antwortenden waren Masterstudierende des Studiengangs DSMSE, vier gaben an, immer teilgenommen zu haben, zwei regelmäßig.

Die drei inhaltlichen Ankreuzitems wurden einstimmig bejaht. Alle sechs Antwortenden konnten jederzeit offene Fragen stellen, erhielten die Materialien rechtzeitig und hielten sie für die Prüfungsvorbereitung geeignet.

Der Einsatz digitaler Werkzeuge wurde in allen sechs Bögen positiv bewertet („useful and helpful, they are interactive and interesting“; „They were really interactive and helped a lot.“). Das Miro-Board wurde mehrfach namentlich hervorgehoben („Really good. Miro-Boards are nice.“). Ebenso einhellig fiel die Rückmeldung zur Betreuung aus, auf die Frage nach der gewünschten Rolle der Lehrperson äußerte kein Bogen einen Änderungswunsch, die prägnanteste Formulierung lautet „A helpful guide (A role that was perfectly played)“.

Zwei Bögen bemängelten die Übersichtlichkeit des Miro-Boards („could be streamlined to be a bit more focused“; „sometimes it was a bit overwhelming to find where to do something ... always a new link but parts were still of the old board“), zwei die Arbeitsbelastung, und einer wünschte ausdrücklich frühere individuelle Rückmeldung („earlier direct feedback from supervisor“) sowie mehr Orientierung zu Beginn der Seminararbeit. Hinzu kamen zwei konkrete organisatorische Hinweise darauf, dass Arbeitsaufträge konsequent am Ende der Sitzung angekündigt und nicht nur im E-Learning hinterlegt werden sollten. Ebenfalls sollten Arbeitsanweisungen und formale Anforderungen dauerhaft sichtbar auf der Kursseite im E-Learning-Portal stehen und nicht erst im Upload-Dialog erscheinen.

Zwei Befunde sind für die Weiterentwicklung besonders relevant. Erstens formulierte ein Bogen auf die Frage nach künftig gewünschten Werkzeugen einen Wunsch, das über das bisherige Angebot hinausweist: „Miro, Kahoot, are supporting my learning process. How to use AI scientifically would be great.“ Zweitens taucht die in der Zwischenevaluation am häufigsten erwähnte Kritik an der Sequenzierung von Seminar und Vorlesung in keinem der sechs Bögen mehr auf. Angesichts des geringen Rücklaufs, der Selbstselektion der Antwortenden und der unterschiedlichen Erhebungsinstrumente ist das ein Hinweis auf die Wirkung der unterjährigen Anpassungen, kein Wirkungsnachweis.

## 4.6 Studentische Selbsteinschätzung zur Lernzielerreichung

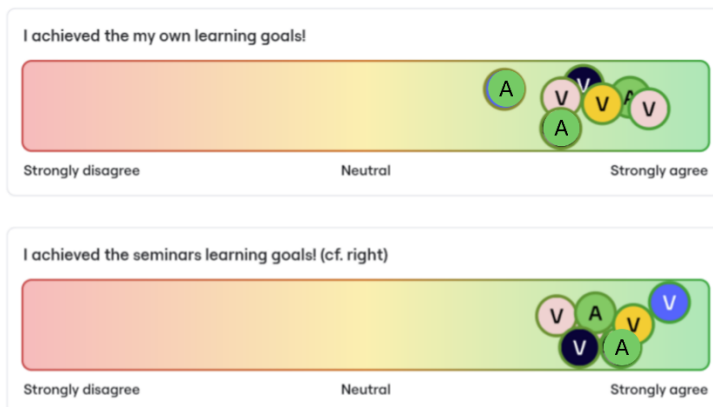


Abbildung 15 Selbsteinschätzung zur Erreichung der Lernziele in der letzten Seminareinheit (n = 7 von 16 Teilnehmenden). Aufgrund der geringen und selbstselektiven Beteiligung an der Abschlusssitzung ist die Darstellung nicht repräsentativ für die Gesamtkohorte.

Die abschließende Selbsteinschätzung (Abbildung 15) hinsichtlich der zu Semesterbeginn kommunizierten Lernziele fiel durchweg positiv aus. Dabei ist zu berücksichtigen, dass in der letzten Seminareinheit mehrere Studierende nicht anwesend waren.

## 4.7 Qualität der benoteten Leistungen

Nicht alle Studierenden haben die Prüfungsleistungen im Seminar erfolgreich abgelegt. Die Gründe dafür sind komplex. Hierzu zählen die große Spannbreite der Vorerfahrungen im wissenschaftlichen Arbeiten und Präsentieren, die individuelle Belastung durch Lohnarbeit, andere Vorlesungen und Seminare sowie individuelle Sondersituationen im Verlaufe des Semesters. In Einzelfällen wurden, nach Einschätzung des Betreuungsteams, Arbeitsschritten weitgehend an generative KI delegiert, wodurch es schwierig wurde, sich eigenständig mit den Inhalten auseinanderzusetzen und so zentrale Lernziele zu erreichen. Eine studentische Selbstauskunft aus dem Feedback führt auf: „I found it very difficult to write a proper academic paper entirely on my own without the assistance of AI tools.“ Diese Rückmeldung ist als Ausdruck einer veränderten Lernrealität zu interpretieren, auf die die Lehre gestaltend antworten muss (vergleiche Kapitel 5).

Angelo and Cross (1993) schlagen vor, die Auswertung eines Lehrprojekts entlang von drei Fragensgruppen zu strukturieren:

- Fragen zu den Studierenden,
- Fragen zu den Lehrinhalten und
- Fragen zur eigenen Lehre.

Auf das vorliegende Seminar angewendet, ergibt sich das folgende Bild.

**Fragen zu den Studierenden:**

Die Selbsteinschätzung in der Abschlusseinheit und der Verlauf der Check-Ins zeigen, dass die Mehrheit der Kohorte die Lernziele erreicht hat. Erfolgreiche Lernprozesse zeigten sich durch die regelmäßige Teilnahme, den früheren Abschluss der Seminararbeit und die aktive Nutzung der Unterstützungsangebote. Studierende, die den Seminareinheiten ohne Abmeldung fernblieben, konnten die versäumten Informationen nur teilweise kompensieren. Leider mussten zwei der Seminararbeitsabschlusspräsentationen als nicht bestanden bewertet werden, sowie eine der Seminararbeiten selbst. Die Durchschnittsnote der Präsentationen liegt bei 2,1 und die der Seminararbeiten bei 2,2. Dass Studierende die Seminararbeitsabschlusspräsentationen nicht bestanden haben, war sowohl für dieses Seminar als auch für das beteiligte Betreuungsteam einmalig. Mit wenigen Ausnahmen haben alle Studierenden die Nutzung generativer KI in unterschiedlichem Umfang angegeben.

**Fragen zu den Lehrinhalten:**

Die zentralen methodischen Inhalte, insbesondere die Kritikalitätsbewertung, die Indikatorenauswahl und die Datenrecherche, wurden in den Zwischenschritten des Forschungsprozesses im Laufe des Semesters sichtbar umgesetzt. Das Betreuungsteam hat den Eindruck, dass die kritische Bewertung von Datenquellen bei den Studierenden, die generative KI in erheblichem Umfang nutzten, schwächer ausgeprägt war. Die Mehrheit der Studierenden erreichte ein gutes bis sehr gutes Niveau hinsichtlich der Lernziele, einschließlich der Metaziele im Zusammenhang mit der KI-Nutzung sowie der Daten- und Informationsnutzung und der Interpretationsfähigkeiten.

**Fragen zur eigenen Lehre:**

Die Wirkung der Lehre hängt wesentlich von der Sequenzierung der Inhalte ab. Die daraus abgeleiteten Änderungen sind in Abschnitt 5.4 zusammengefasst.

## 5. Reflexion und Ausblick

Im Folgenden werden „Abweichungen vom Plan im Verlauf des Semesters“, „Was sich bewährt hat“, „Generative KI als eigenständiges didaktisches Handlungsfeld“, „Lehren aus und geplante Änderungen für die nächste Durchführung“ sowie „Grenzen des Formats“ vorgestellt.

### 5.1 Abweichungen vom Plan im Verlauf des Semesters

Die folgenden Abweichungen von der Planung sind dokumentationswürdig.

Ursprünglich war der Einsatz datenspeichernder und dienstanbieterunabhängiger Etherpads als Kollaborationstool geplant. Da diese jedoch nicht über die Möglichkeit verfügen, Elemente für die Bearbeitung zu sperren, was bereits bei einfachen Aufgaben wie der kollaborativen Vergabe von Seminarthemen zu Herausforderungen geführt hat, wurde frühzeitig auf das Tool Miro Board umgestellt.

Die beiden asynchronen Lehreinheiten (wissenschaftliches Arbeiten; Datenvisualisierung) konnten zunächst nicht wie geplant über den im E-Learning-Portal integrierten Panopto-Server bereitgestellt werden. Das Upload-Limit der zentralen Videoplattform (200 MB) erforderte eine Komprimierung, was zu Bild- und Tonproblemen führte (asynchrone Bild- und Tonspuren). Als pragmatische Lösung dienten YouTube-Playlists. Die gleiche Einschränkung betraf auch den Video-Upload von Studierenden, wobei der klassische Datenaustausch über rechtskonforme Datenaustauschsysteme wie die universitätseigene Dropbox-Alternative MyFiles erfolgte (Universität Bayreuth, 2026b). Das zeigt, wie stark scheinbar unbedeutende Infrastrukturdetails didaktische Bausteine beeinflussen können.

Die Zwischenevaluation war anfänglich nicht anonym konfiguriert. Die Anonymisierung wurde am 09.06.2026 nachträglich aktiviert. Sechs Rückmeldungen wurden dadurch namentlich erfasst, vier anonym. Der Vergleich beider Phasen zeigt ein weitgehend unverändertes Bewertungsniveau bei deutlich ausführlicherem Freitextfeedback in der anonymen Phase (1.440 gegenüber 247 Zeichen je Person). Für die Praxis bedeutet dies, dass Voreinstellungen digitaler Werkzeuge keine technische Nebensache sind, sondern eine didaktische Entscheidung, die aktiv getroffen werden muss.

Zwei Präsenztermine (23.06., 07.07.) entfielen aufgrund unvorhergesehener Einschränkungen seitens der Seminarleitung und wurden durch individuelle MS-Teams-Q&A-Termine ersetzt, während der Seminarraum für selbstorganisiertes Arbeiten geöffnet war. Da beide Seminartermine erfolgreich von Vor-Ort auf einen hybriden Betrieb umgestellt werden konnten, ist dies ein Hinweis darauf, dass das Toolset auch bei Ausfällen eine kontinuierliche Begleitung ermöglicht.

Das häufige und nicht angekündigte Fernbleiben einzelner Studierender erforderte kurzfristige Umgruppierungen sowie Anpassungen der Seminarinhalte. In den Jigsaw-Runden konnten die Expertenrollen zeitweise nicht besetzt werden. Zusätzlich entstand

erheblicher Mehraufwand bei der individuellen Betreuung, da abwesende Studierende zentrale Informationen nicht erhielten und sich nicht erkennbar darum bemühten, diese über Mitstudierende nachzuholen. Das Betreuungsteam versuchte, diese Lücken aufzufangen. Die Abwesenheiten spiegeln sich jedoch erkennbar im Wissens- und Fähigkeitsstand und damit auch in den Bewertungen der Seminararbeiten und Abschlusspräsentationen wider. Dieser Aspekt wird in Kapitel 5.4 im Zusammenhang mit der Frage der Teilnahmeverbindlichkeit aufgegriffen.

Nach den ersten Seminareinheiten, als sich die große Heterogenität der Studierendengruppe hinsichtlich der Vorerfahrungen mit wissenschaftlichen Arbeiten und der besondere Betreuungsaufwand der Kohorte herauskristallisierten, wurden zwei weitere Kolleginnen des Lehrstuhls herangezogen, um den trotzdem nötigen hohen Betreuungsaufwand sicherstellen zu können.

## 5.2 Was sich bewährt hat

Mehrere Designelemente haben sich im ersten Durchlauf bewährt und werden unverändert übernommen.

Die mündlichen Fragerunden und Miro-Check-ins zu Sitzungsbeginn sowie die Zwischenevaluation mit anschließender Rückspiegelung an die Studierenden sind die Elemente mit dem am klarsten dokumentierten Verlauf. Probleme werden sichtbar, solange sie im laufenden Semester noch zu beheben sind. Nach der Nachsteuerung zwischen dem 12.05. und dem 02.06. stiegen die Werte für die erreichten Lernziele von 3,55 auf 4,90 und für die Klarheit der Arbeitsaufträge von 4,00 auf 5,25. Beide Werte blieben bis zum Semesterende auf einem hohen Niveau (Abbildung 13). Da mehrere Maßnahmen gleichzeitig wirkten und keine Kontrollgruppe existierte, ist dieser Verlauf ein Hinweis auf die Wirksamkeit des Vorgehens und kein Wirkungsnachweis für ein einzelnes Element.

Die Video-Zwischenpräsentation mit strukturiertem Peer-Feedback erhielt die höchsten Werte der gesamten Erhebung: 5,50 für die Nützlichkeit der Vorbereitung und Durchführung und 5,45 für die Platzierung vor der benoteten Abschlussleistung. Das Betreuungsteam berichtet ergänzend, dass die Geber-Empfänger-Matrizen die Qualität der Rückmeldungen gegenüber unstrukturierten Feedbackrunden verbessert haben.

Das E-Learning-Portal als einzige verbindliche Informationsquelle und die Meilensteinstruktur mit frühem Exposé haben sich in der Endevaluation bewährt. Alle sechs Antwortenden gaben an, die Materialien rechtzeitig erhalten zu haben und sie für die Prüfungsvorbereitung geeignet zu halten.

Der Werkzeugeinsatz insgesamt wurde in allen sechs Bögen der Endevaluation positiv bewertet; das Miro-Board wurde mehrfach namentlich genannt. Die Kritik der Studierenden richtete sich an die Struktur und den Zeitpunkt des Einsatzes, die Werkzeuge selbst wurden nicht in Frage gestellt. Die daraus abgeleiteten Konsequenzen finden sich im Abschnitt 5.4. Abschließend hat sich die inhaltliche Klammer zwischen Eröffnungs- und Abschluss Sitzung bewährt. Das in der ersten Einheit gemeinsam erstellte Tafelbild zur Wichtigkeits-

Kritikalitäts-Matrix wurde in der letzten Einheit erneut aufgegriffen und machte den Zuwachs an Wissen und Urteilsfähigkeit für die Studierenden selbst explizit sichtbar.

### 5.3 Generative KI als eigenständiges didaktisches Handlungsfeld

Der Einsatz generativer KI kristallisierte sich im Projekt als eigenständiger pädagogischer Schwerpunkt heraus. Dabei wurden zwei Muster beobachtet: Studierende, für die die KI als produktiver Arbeitspartner diente und deren Fortschritt erkennbar davon profitierte, sowie Studierende, bei denen die KI-Nutzung Teile ihrer eigenen Auseinandersetzung mit dem Lehrstoff ersetzte, was das Erreichen zentraler Lernziele erschwerte. Diese Beobachtung deckt sich mit ersten experimentellen Erkenntnissen zu den kognitiven Kosten des unbegleiteten KI-Einsatzes beim wissenschaftlichen Schreiben (Kosmyna et al., 2025) sowie mit Erfahrungen aus dieser SoTL-Berichtsreihe (Höllerich, 2026; Schruhl-Hildebrand, 2025). Die pädagogische und didaktische Konsequenz sollte allerdings nicht darin bestehen, die KI-Nutzung einzuschränken, was zudem kaum durchsetzbar wäre, sondern sie aktiv zu gestalten. Der verantwortungsvolle Umgang mit generativer KI wurde bereits im Seminar thematisiert und ist unter definierten Bedingungen erlaubt. Dies soll auch in Zukunft beibehalten und durch eine verbindliche Schulung zum wissenschaftlich und ethisch angemessenen KI-Einsatz ergänzt werden (siehe Abschnitt 5.4).

Mehrere aktuelle Modelle und Frameworks existieren, die versuchen, den sinnvollen Einsatz von KI anhand verschiedener Rollendefinitionen (Mollick & Mollick, 2023), der Einordnung von Tätigkeiten als delegierbar und kognitiv bei den Studierenden verbleibend (Zyphur, 2026) oder der prinzipiellen Einordnung der eigenen Lehre auf einer Skala von „No AI“ über „AI assisted editing“ bis „Full AI“ (Furze et al., 2024) zu definieren. Für eine allgemeine zukünftige verbesserte Steuerung des Einsatzes und der entsprechenden Schulung der Studierenden, ist im Appendix in Tabelle 2 ein mögliches Mapping der Lehrzielkategorien nach Anderson et al. (2001) mit ausgewählten KI-Rollen Tutor, Kritiker und Generator (Mollick & Mollick, 2023) aufgeführt. Grundprinzipien und Handlungsmaximen die sich als prinzipiell sinnvoll herausgestellt haben sind die **Sicherstellung der Reproduzierbarkeit**, daher keine Verwendung von KI, um Datenvisualisierungen zu generieren, sondern Verwendung von KI zur Generierung von beispielsweise Python-Code der Grafiken generiert. Keine Übernahme von Datenpunkten oder Quellen die durch KI-Systeme identifiziert wurden ohne **Verifikation in der Quelle selbst**. Sicherstellung, dass KI generierter **Programmiercode im Detail erklärt** werden kann. Abschließend bleibt die Frage nach der geeigneten Prüfungsform offen. Mit der bewerteten Abschlusspräsentation wurde bereits ein Element gestärkt, in dem das eigenständige Verständnis unmittelbar sichtbar und bewertbar wird. Höllerich (2026) schlägt für diesen Zweck ein vergleichbares Vorgehen vor. Ob die schriftliche Seminararbeit in ihrer derzeitigen Form noch geeignet ist, die Erreichung der Lernziele auf den Ebenen „Anwenden“, „Analysieren“, „Bewerten“ und „Erschaffen“ zu prüfen, lässt sich nach nur einem Durchlauf des Seminars nicht abschließend beantworten und sollte bei der nächsten Durchführung gezielt beobachtet werden.

## 5.4 Lehren aus und geplante Änderungen für die nächste Durchführung

Aus den Evaluationsergebnissen, der Hospitationsrückmeldung und der Selbsteinschätzung des Betreuungsteams ergeben sich die folgenden Änderungen, die bei der nächsten Durchführung umgesetzt werden sollen:

1. Anpassung der Sequenzierung. Die Vorlesung wird an den Semesterbeginn verschoben, sodass in den ersten beiden Wochen etwa vier Vorlesungstermine stattfinden und die methodischen Grundlagen vor den ersten Diskussions- und Peer-Formaten vorliegen. Reine Seminareinheiten wandern in die zweite Semesterhälfte. Dies verschafft den Studierenden zugleich einen Überblick über verschiedene Bewertungsmethoden, bevor Thema und Forschungsfrage festgelegt werden.
2. Veränderung des methodischen Einstiegs. Die Yale-Methodik wird nicht mehr als erste Bewertungsmethode vorgestellt, da die Kohorte erkennbar an der zuerst vorgestellten Methode ankerte und diese später überproportional häufig wählte. Zukünftig sollte der Einstieg zum Beispiel über die letzte lehrstuhleigene Publikation und die aktuell verwendete Methodik erfolgen, etwa in Form eines Foreshadowings, etwa nach Hillenbrand et al. (2024).
3. Bessere Regelung der Verbindlichkeit und der Gruppenbildung. Künftig arbeiten feste Stammgruppen, die entlang der mitgebrachten Kompetenzprofile zusammengesetzt werden, etwa aus Ingenieurwesen, Wirtschaft, Recht und Informatik. Die Gruppengröße wird auf unter fünf Personen begrenzt, um den Ausfall einzelner Studierender besser abzufedern. Ergänzend werden eine verbindliche Mindestteilnahme an etwa 70 Prozent der Einheiten und der Pflichtelemente sowie ein von Beginn an explizites Erwartungsmanagement zu Umfang, Beteiligung, KI-Einsatz und den zu erbringenden Leistungen eingeführt. Strukturierte Peer-Formate setzen Verbindlichkeit voraus: Bleiben eingeplante Expertenrollen unbesetzt, verliert das Format seine Grundlage.
4. Konsolidierung des Toolset. Statt eines Boards je Sitzung kommt ein durchgängiges Miro-Board für das gesamte Semester zum Einsatz, mit klar abgegrenzten Bereichen je Seminareinheit, gesperrten Altinhalten, einem dauerhaft verfügbaren Studierendenbereich und einem konsistenten Farbkonzept. Die individuellen Board-Bereiche werden direkt im E-Learning-Portal verlinkt. Präsentationsfolien werden so weit wie möglich in das Board integriert, um die Anzahl paralleler Werkzeuge zu verringern. Erläuterungen zu Abbildungen sollen künftig direkt im Board hinterlegt werden. Diese Konsequenz deckt sich mit Erfahrungen aus der Berichtsreihe, wonach der Nutzen digitaler Boards wesentlich von der früheren Einführung und einer klaren Struktur abhängt (Awal, 2025) und dass Methodenvielfalt gegen Vertiefung und Übersichtlichkeit abzuwägen ist (Walentowitz, 2025). Ein zweites, nicht für Studierende zugängliches Board kann vom Betreuungsteam im Vorfeld zur Vorbereitung, Entwicklung und Anpassung der jeweiligen Seminareinheit genutzt werden, und die Inhalte können kurz vor der Einheit in das eigentliche Miro-Board

übertragen werden. Regelmäßige Back-ups der ausgefüllten Boards sind insbesondere für die Dokumentation sinnvoll.

5. Back-Ups der Miro-Boards: Beim Einsatz von Miro-Boards am besten immer das cleane Miro-Board von vor der Einheit zusätzlich abspeichern, damit es in den kommenden Semestern auch ohne viel Aufwand eingesetzt werden kann.
6. Individuelles Feedback zur Themen- und Forschungsfragenwahl früher im Semester verankert. Das bisherige Vorgehen über das Miro-Board hat sich für diesen Zweck in dieser Form als unzureichend erwiesen. Geprüft wird, das Feedback zum Forschungsexposé nach dem Muster der Zwischenpräsentation zu organisieren, also durch strukturiertes Peer-Feedback in Kleingruppen. Dies würde das Peer-Learning stärken und zugleich die Belastung des Betreuungsteams verringern. Ergänzend ist eine verbindliche Fixierung der Forschungsfrage zu einem festgelegten Zeitpunkt vorgesehen, um diesen Arbeitsschritt klar abzuschließen. Die Studierenden merkten im mündlichen Abschlussfeedback an, dass die Möglichkeit zur Peer-Zusammenarbeit über das Miro-Board toll ist, aber erst zu spät erkannt wurde und das volle Potential daher nicht genutzt wurde. Ob die geplanten Änderungen diesen Zustand verändern, sollte weiterhin im Blick behalten werden.
7. Umstellung der Kommunikation von Arbeitsaufträgen. Aufgaben werden künftig am Ende der vorherigen Sitzung mündlich angekündigt und zusätzlich per Nachricht im E-Learning-Portal sowie an alle Studierenden per E-Mail verschickt. Dadurch wird die Kommunikationsform von einem Pull- auf ein Push-Verfahren umgestellt (Bruhn, 2018). Formale Anforderungen, etwa an das Exposé, werden dauerhaft sichtbar auf der Kursseite hinterlegt und nicht erst im Upload-Dialog angezeigt.
8. Präzise Angabe von Zeitvorgaben. Für Gruppenarbeiten wird vor Beginn eine feste Bearbeitungszeit festgelegt, intern jedoch mit 5 Minuten Puffer geplant, sodass bei Bedarf Pufferzeit zur Verfügung steht. Insgesamt müssen für Seminareinheiten, insbesondere für solche, die Diskussionselemente enthalten, zusätzliche Pufferzeiten eingeplant werden.
9. Studentisch erstellte Instruktionsvideos: Videos mit Instruktionen, zum Beispiel zur Datenrecherche oder zur Berechnung einzelner Indikatoren, könnten von den Studierenden unter Unterstützung des Betreuungsteams selbst erstellt werden. Dies würde die Wiederverwendbarkeit der Videos in den kommenden Semestern einschränken und im Zweifel vermutlich für das Betreuungsteam einen höheren Aufwand als die aktuelle Lösung bedeuten.
10. Anonymität von Feedbackformaten sicherstellen. Die Miro-Likert-Skalen werden künftig so konfiguriert, dass die Abstimmung nicht personenbezogen sichtbar ist, um ehrliches Antwortverhalten zu fördern. Andere Feedback- und Umfrageformate, z.B. im E-Learning, werden ebenfalls durchgehend anonym durchgeführt.
11. Verbindliche Trainingseinheit zum wissenschaftlich und ethisch angemessenen KI-Einsatz. Beispielsweise aufbauend auf der Unterscheidung von „*labour*“ und „*judgement*“ nach Zyphur (2026). Als „*labour*“ gelten Arbeitsschritte, deren

Ergebnisse sich unmittelbar überprüfen lassen, etwa Literaturscoping, Sprachpolitur an selbst verfasstem Text, Übersetzung oder Code für die Datenaufbereitung, was den Einsatz von KI-Unterstützung zulässt, sofern die Überprüfung Aufgabe der Studierenden bleibt. Als „*judgement*“ gelten Arbeitsschritte, in denen die Entscheidung selbst die Forschungsleistung ausmacht, etwa die Methodenwahl, die Festlegung von Ein- und Ausschlusskriterien, die Bewertung widersprüchlicher Befunde und die Interpretation der Ergebnisse. Eine Delegation dieser Aufgaben an KI-Systeme führt dazu, dass die Leistung nicht mehr überprüfbar ist. Dass Lehrende explizite KI-Lehr-Einheiten für notwendig halten, zeigt auch Schruhl-Hildebrand (2025). Ein Bogen der Endevaluation formuliert denselben Bedarf aus studentischer Sicht: „How to use AI scientifically would be great.“

12. Um die Sicherstellung zukünftiger Prüfungselemente zu gewährleisten, sollte eine Rückbesinnung darauf erfolgen, was wir tatsächlich prüfen möchten. Der Nachweis des angestrebten Kompetenzerwerbs gemäß Tabelle 1 in Kapitel 3 umfasst daher die kognitiven Anforderungen des Verstehens, Anwendens, Bewertens, Analysierens und Erschaffens. Innerhalb des Prüfungsformats sollte nicht das Verhindern und der Nachweis einer KI-Nutzung in betrügerischer Absicht das Ziel sein, sondern der Nachweis des angestrebten Kompetenzerwerbs selbst. Daraus folgt, dass KI-Detektoren und Watermarks nur begrenzte Aussagekraft hinsichtlich der Prüfungsleistung haben und sich Prüfungsformate selbst an die Realität anpassen müssen.

## 5.5 Grenzen des Formats

Der Vorbereitungs- und Betreuungsaufwand für den ersten Durchlauf war hoch und übertrag die ursprüngliche Planung. Einzelne Studierende wiesen in der Zwischenevaluation ausdrücklich auf die Gefahr einer Überlastung des Betreuungsteams hin. Die beschriebenen Maßnahmen, insbesondere die Konsolidierung des Toolsets, die Festlegung fester Stammgruppen sowie die Wiederverwendung der aufgebauten Miro-Boards, Videos und Materialien, sollen den Aufwand bei künftigen Wiederholungen deutlich senken. Der Erstaufbau ist daher als Investition zu betrachten. Für die SoTL-Auswertung gelten unverändert die eingangs genannten Einschränkungen von 16 Teilnehmenden, ohne Kontrollgruppe und keiner Vergleichbarkeit mit der Vorjahreskohorte ( $n = 1$ ). Alle Aussagen bleiben deskriptiv-explorativ.

Selbst et al. (2019) beschreiben die „Solutionism Trap“ als das Nichterkennen, dass die beste Lösung für ein Problem eventuell keine technische Lösung ist. Bezogen auf dieses Seminar bedeutet dies, dass ein Teil des scheinbaren Betreuungsproblems, eine Frage der Personalausstattung, der Kursstruktur und der bisherigen Ausbildung der Studierenden war und sich durch (digitale) Werkzeuge lindern, aber nicht auflösen ließ.

Eine weitere Einschränkung betrifft den Zuschnitt dieses Berichts. Er behandelt generative

KI als didaktisches Werkzeug und klammert, wie der überwiegende Teil der hochschuldidaktischen Diskussion zum Thema, drei Problemklassen aus, die für eine vollständige Bewertung notwendig wären.

1. Die urheberrechtliche Grundlage der Trainingsdaten, zu denen zahlreiche Gerichtsverfahren anhängig sind und noch geklärt werden müssen, in Kombination mit der industriellen Zerstörung von Büchern.
2. Die Konzentration der Macht über leistungsfähige Modelle bei einigen wenigen Anbietern und die daraus resultierende Abhängigkeit von Hochschulen, die diese Werkzeuge in Lehre und Prüfung einbinden, in Kombination mit dem Risiko, dass unbemerkt Biases und Desinformation über diese Werkzeuge direkt in den Lernprozess eingebracht werden.
3. Leistungsfähige KI-Modelle sind meist kostenpflichtig, wodurch die Qualität der verfügbaren Werkzeuge von der finanziellen Situation der Studierenden abhängt. Sobald Prüfungsleistungen den Einsatz von KI zulassen, wird diese Ungleichheit prüfungsrelevant, wobei die empirische Grundlage bisher begrenzt ist (Jamal Eddine et al., 2026).

## 6. Fazit

Die erste Forschungsfrage (F1) lautete, ob ein bedarfsgetriebenes, technologiegestütztes Re-Design die individuelle Betreuungs- und Diskussionsqualität einer Kleinstgruppe auch bei einer sechzehnfach größeren, heterogenen Kohorte aufrechterhalten kann. Im Hinblick auf die ermittelten Parameter (siehe Kapitel 4) fällt die Antwort überwiegend positiv aus. In der anonymen Zwischenevaluation wurde die Betreuung einstimmig mit der Bestnote bewertet, das individuelle Feedback lag im Durchschnitt bei 4,1 von 5, und die Bewertungsergebnisse für Klarheit der Arbeitsaufträge stiegen von 3,90 auf 5,25, die erreichten Lernziele von 3,55 auf 4,90 (auf einer Likert-Skala von 0 bis 6), wobei die überwiegende Mehrheit der Kohorte alle Meilensteine des Forschungsprozesses absolvierte. Die Skalierung der Kohortengröße wurde durch die Anpassung der didaktischen Formate (Lehrmaßnahmen, Meilensteine) und den zusätzlichen Personaleinsatz erreicht, nicht ausschließlich durch die Integration von Technologie (E-Learning-Portal, Miro-Boards, Videovorträge, MS Teams). Sie war zudem mit einem höheren Aufwand verbunden, der künftig nur durch die beschriebenen Effizienzmaßnahmen nachhaltig tragbar sein wird. Diese Erkenntnis deckt sich mit dem bekannten Muster, dass technische Lösungen dort zuverlässig funktionieren, wo das zugrunde liegende Problem klar definiert ist und dessen Wirkung messbar ist. Sind Probleme jedoch grundlegend sozialer Natur, greifen technische Lösungen zu kurz (Sarewitz & Nelson, 2008). Die Betreuung einer heterogenen Kohorte stellt ein solches Problem dar. Die neuen digitalen Werkzeuge haben (Betreuungs-) Kapazität freigesetzt, die durch die didaktische Struktur und den zusätzlichen Personaleinsatz nutzbar wurde.

Die zweite Fragestellung (F2) betraf den Beitrag strukturierter, technologiegestützter Formate zum Erwerb von Meta-Kompetenzen.

Die wissenschaftliche Diskussion und das Peer-Feedback haben sich deutlich weiterentwickelt, allerdings erst nachdem eine gemeinsame methodische Wissensgrundlage geschaffen worden war. Die kritische Bewertung von Daten und Quellen wurde gezielt durch Lehrvideos, die Arbeit mit und Diskussion von Primärquellen sowie durch Leitfragen in der Gruppe geübt. Beim Querschnittsthema KI konnte das Betreuungsteam das gesamte Spektrum vom produktiven Einsatz bis hin zur umfassenden kognitiven Delegation beobachten. Dies führte zu den in Kapitel 5 beschriebenen Weiterentwicklungen, insbesondere zur verpflichtenden KI-Schulung und zur Forderung nach Prüfungselementen, die das eigenständige Verstehen und den Kompetenzerwerb gemäß der Lernzieltaxonomie nachweisen können.

Insgesamt hat sich die Technologieintegration dort als erfolgreich erwiesen, wo sie einen spezifischen Bedarf erfüllte und in eine didaktische Struktur eingebunden wurde. Als Ergebnis des Lehrprojekts zeigt sich, dass ein dokumentierter und begründeter Verbesserungszyklus, bestehend aus Beobachtung, Messung, Nachjustierung und gemeinsamer Reflexion, entscheidend zum Lernerfolg der Studierenden beitragen kann. Eine zukunftsorientierte Hochschullehre hängt daher weniger von der Auswahl einzelner

Werkzeuge oder der Technologieintegration selbst ab, als vielmehr von einer Haltung der kontinuierlichen, evidenzbasierten Weiterentwicklung, die auf dem Grundsatz beruht, dass die Lehre für die Studierenden funktionieren muss.

## 7. Erklärung zu generativer KI und KI-gestützten Technologien im Manuskripterstellungsprozess

Bei der Erstellung dieser Arbeit nutzte der Autor ChatGPT zur Transkription mündlich formulierter Textteile, Claude Opus 5 zur Unterstützung bei der Datenkuratierung, Daten- und Quellensuche, der Datenanalyse und der Programmierung von Datenvisualisierungen sowie zusätzlich Grammarly und DeepL zur Verbesserung der Lesbarkeit, der Verständlichkeit, der Rechtschreibung und der Grammatik. Nach der Verwendung dieser Tools hat der Autor den Inhalt gewissenhaft überprüft und überarbeitet und übernimmt die volle Verantwortung für den gesamten veröffentlichten Inhalt.

## 8. Literatur

Achzet, B., & Helbig, C. (2013). How to evaluate raw material supply risks—An overview. *Resources*

*Policy*, 38(4), 435–447. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2013.06.003>

Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, P. W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R.,

Raths, J., & Wittrock, M. C. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives* (Complete ed., [Nachdr.]). Longman.

<https://archive.org/details/taxonomyforlearn0000unse/page/n9/mode/2up>

Angelo, T. A., & Cross, K. P. (1993). *Classroom assessment techniques: A handbook for college teachers* (2nd ed.). Jossey-Bass.

Aronson, E., Blaney, N., Stephan, C., Sikes, J., & Snapp, M. (1978). *The jigsaw classroom* (1. print).

Sage Publications.

AstroHan. (2026). *Astro-Han/karpathy-llm-wiki* [Python; Source code]. GitHub.

<https://github.com/Astro-Han/karpathy-llm-wiki>

Awal, R. P. (2025). *Nutzung eines digitalen Übersichtsboards für die organisatorischen Abläufe und das inhaltliche Verständnis der Studierenden*.

[https://doi.org/10.15495/EPUB\\_UBT\\_00008444](https://doi.org/10.15495/EPUB_UBT_00008444)

Bastani, H., Bastani, O., Sungu, A., Ge, H., Kabakçı, Ö., & Mariman, R. (2025). Generative AI without guardrails can harm learning: Evidence from high school mathematics. *Proceedings of the*

- National Academy of Sciences*, 122(26), e2422633122.  
<https://doi.org/10.1073/pnas.2422633122>
- Bearman, M., Tai, J., Dawson, P., Boud, D., & Ajjawi, R. (2024). Developing evaluative judgement for a time of generative artificial intelligence. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 49(6), 893–905. <https://doi.org/10.1080/02602938.2024.2335321>
- Biggs, J. (1996). Enhancing teaching through constructive alignment. *Higher Education*, 32(3), 347–364. <https://doi.org/10.1007/BF00138871>
- Bloom, B. S., Hastings, J. T., & Madaus, G. F. (1971). *Handbook on formative and summative evaluation of student learning*. McGraw-Hill.  
<http://archive.org/details/handbookonformat00bloo>
- Bommel, H. (2025). *Interaktiv lehren in Großgruppen – Tweedback als digitales Beteiligungstool im Vergleich zu PINGO: Lehrprojekt-Reflexionsbericht im Rahmen des Zertifikatsprogramms „Zukunftsorientierte Hochschullehre durch Technologieintegration“*.  
[https://doi.org/10.15495/EPUB\\_UBT\\_00008495](https://doi.org/10.15495/EPUB_UBT_00008495)
- Bruhn, M. (2018). *Kommunikationspolitik: Systematischer Einsatz der Kommunikation für Unternehmen*. Verlag Franz Vahlen GmbH. <https://doi.org/10.15358/9783800657643>
- Crouch, C. H., & Mazur, E. (2001). Peer Instruction: Ten years of experience and results. *American Journal of Physics*, 69(9), 970–977. <https://doi.org/10.1119/1.1374249>
- Deslauriers, L., McCarty, L. S., Miller, K., Callaghan, K., & Kestin, G. (2019). Measuring actual learning versus feeling of learning in response to being actively engaged in the classroom. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(39), 19251–19257.  
<https://doi.org/10.1073/pnas.1821936116>
- Fey, C.-C. (2026). *LearnAssist*. LearnAssist. <https://learnassist.de/>
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and

- mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410–8415.  
<https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- Furze, L., Perkins, M., Roe, J., & MacVaugh, J. (2024). The AI Assessment Scale (AIAS) in action: A pilot implementation of GenAI-supported assessment. *Australasian Journal of Educational Technology*, 40(4), 38–55. <https://doi.org/10.14742/ajet.9434>
- Graedel, T. E., Barr, R., Chandler, C., Chase, T., Choi, J., Christoffersen, L., Friedlander, E., Henly, C., Jun, C., Nassar, N. T., Schechner, D., Warren, S., Yang, M., & Zhu, C. (2012). Methodology of Metal Criticality Determination. *Environmental Science & Technology*, 46(2), 1063–1070.  
<https://doi.org/10.1021/es203534z>
- Graedel, T. E., Harper, E. M., Nassar, N. T., Nuss, P., & Reck, B. K. (2015). Criticality of metals and metalloids. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(14), 4257–4262.  
<https://doi.org/10.1073/pnas.1500415112>
- Helbig, C., Bradshaw, A. M., Wietschel, L., Thorenz, A., & Tuma, A. (2018). Supply risks associated with lithium-ion battery materials. *Journal of Cleaner Production*, 172, 274–286.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.122>
- Helbig, C., Bruckler, M., Thorenz, A., & Tuma, A. (2021). An Overview of Indicator Choice and Normalization in Raw Material Supply Risk Assessments. *Resources*, 10(8), 79.  
<https://doi.org/10.3390/resources10080079>
- Helbig, C., Schrijvers, D., & Hool, A. (2021). Selecting and prioritizing material resources by criticality assessments. *One Earth*, 4(3), 339–345. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.02.006>
- Hillenbrand, M., Helbig, C., & Marschall, R. (2024). Supply risk considerations for photoelectrochemical water splitting materials. *Energy & Environmental Science*, 17(7), 2369–2380. <https://doi.org/10.1039/D3EE04369J>
- Hillenbrand, M., Hieke, R., Perossa, D., Rosa, P., & Helbig, C. (2027). Bridging criticality assessment and supply chain resilience: A structured framework for operationalizing mitigation actions.

- Resources, Conservation and Recycling*, 237, 109161.  
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2026.109161>
- Hillenbrand, M., Laborgne, P., Loibl, A., & Wieczorek, W. (2026). *From Impact to Activities: A Persona-Driven Theory of Change Workshop for Impact-Oriented Sustainability Science*. SSRN.  
<https://doi.org/10.2139/ssrn.7100858>
- Höllerich, N. (2026). *KI als Programmier-Tutor*. [https://doi.org/10.15495/EPUB\\_UBT\\_00009147](https://doi.org/10.15495/EPUB_UBT_00009147)
- Jamal Eddine, R., Gide, E., & Al-Sabbagh, A. (2026). Systematised evidence mapping of generative artificial intelligence (GenAI) and digital divide phenomena in higher education. *Discover Computing*, 29(1), 157. <https://doi.org/10.1007/s10791-026-10044-w>
- Jochem, C. (2025). *Entwicklung, Implementation und Evaluation einer asynchronen Online-Lehr-Lern-Einheit zum Thema Planetary Health Literacy*.  
[https://doi.org/10.15495/EPUB\\_UBT\\_00008608](https://doi.org/10.15495/EPUB_UBT_00008608)
- Jose, B., Joseph, D., Mohan, V., Alexander, E., Varghese, S. K., & Roy, A. (2025). Outsourcing cognition: The psychological costs of AI-era convenience. *Frontiers in Psychology*, 16, 1645237. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1645237>
- Kestin, G., Miller, K., Klales, A., Milbourne, T., & Ponti, G. (2025). AI tutoring outperforms in-class active learning: An RCT introducing a novel research-based design in an authentic educational setting. *Scientific Reports*, 15(1), 17458. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-97652-6>
- Kosmyna, N., Hauptmann, E., Yuan, Y. T., Situ, J., Liao, X.-H., Beresnitzky, A. V., Braunstein, I., & Maes, P. (2025). *Your Brain on ChatGPT: Accumulation of Cognitive Debt when Using an AI Assistant for Essay Writing Task* (Version 1). arXiv. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2506.08872>
- Lage, M. J., Platt, G. J., & Treglia, M. (2000). Inverting the Classroom: A Gateway to Creating an Inclusive Learning Environment. *The Journal of Economic Education*, 31(1), 30–43.  
<https://doi.org/10.1080/00220480009596759>

- Leal-Ayala, D. R., Allwood, J. M., Petavratzi, E., Brown, T. J., & Gunn, G. (2015). Mapping the global flow of tungsten to identify key material efficiency and supply security opportunities. *Resources, Conservation and Recycling*, 103, 19–28.  
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.07.003>
- Miro DACH GmbH. (2026). *Miro*. <https://miro.com>
- Mollick, E. R., & Mollick, L. (2023). *Assigning AI: Seven Approaches for Students, with Prompts*. SSRN.  
<https://doi.org/10.2139/ssrn.4475995>
- Nassar, N. T., Barr, R., Browning, M., Diao, Z., Friedlander, E., Harper, E. M., Henly, C., Kavlak, G., Kwatra, S., Jun, C., Warren, S., Yang, M.-Y., & Graedel, T. E. (2012). Criticality of the Geological Copper Family. *Environmental Science & Technology*, 46(2), 1071–1078.  
<https://doi.org/10.1021/es203535w>
- Nassar, N. T., Pineault, D., Allen, S., McCaffrey, D., Padilla, A., Brainard, J., Bayani, M., Shojaeddini, E., Ryter, J., Lincoln, S., & Alonso, E. (2025). *Methodology and technical input for the 2025 U.S. List of Critical Minerals—Assessing the potential effects of mineral commodity supply chain disruptions on the U.S. economy (ver. 2.0, 2026)* (Report Nr. 2025–1047; Version 1.0: August 2025; Version 2.0: April 2026, Open-File Report 2025–1047, S. 215). U.S. Geological Survey. USGS Publications Warehouse. <https://doi.org/10.3133/ofr20251047>
- Regulation (EU) 2024/1252 of the European Parliament and of the Council of 11 April 2024 Establishing a Framework for Ensuring a Secure and Sustainable Supply of Critical Raw Materials and Amending Regulations (EU) No 168/2013, (EU) 2018/858, (EU) 2018/1724 and (EU) 2019/1020 Text with EEA Relevance. (2024). [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=OJ:L\\_202401252](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202401252)
- Roediger, H. L., & Karpicke, J. D. (2006). Test-Enhanced Learning: Taking Memory Tests Improves Long-Term Retention. *Psychological Science*, 17(3), 249–255. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2006.01693.x>

Sarewitz, D., & Nelson, R. (2008). Three rules for technological fixes. *Nature*, 456(7224), 871–872.

<https://doi.org/10.1038/456871a>

Schruhl-Hildebrand, F. (2025). *Methodenreflexion im digitalen Kontext - Literaturtheoretische Zugänge im KI-gestützten Interpretationsprozess: Lehrprojekt-Reflexionsbericht im Rahmen des Zertifikatsprogramms „Zukunftsorientierte Hochschullehre durch Technologieintegration“*. [https://doi.org/10.15495/EPUB\\_UBT\\_00008726](https://doi.org/10.15495/EPUB_UBT_00008726)

SCREEN. (2024). *Factsheet 2020 Tungsten* (SCREEN 2 Factsheets). European Union.

[https://screen.eu/wp-content/uploads/2024/01/SCREEN2\\_factsheets\\_TUNGSTEN-update2.pdf](https://screen.eu/wp-content/uploads/2024/01/SCREEN2_factsheets_TUNGSTEN-update2.pdf)

Selbst, A. D., Boyd, D., Friedler, S. A., Venkatasubramanian, S., & Vertesi, J. (2019). Fairness and Abstraction in Sociotechnical Systems. *Proceedings of the Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*, 59–68. <https://doi.org/10.1145/3287560.3287598>

Tang, L., Wang, P., Graedel, T. E., Pauliuk, S., Xiang, K., Ren, Y., & Chen, W.-Q. (2020). Refining the understanding of China's tungsten dominance with dynamic material cycle analysis. *Resources, Conservation and Recycling*, 158, 104829.

<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104829>

Universität Bayreuth. (2026a). *E-Learning Portal*. Universität Bayreuth. <https://elearning.uni-bayreuth.de/>

Universität Bayreuth. (2026b). *MyFiles online Dateiverwaltung als Alternative zu Dropbox*. Universität Bayreuth. <https://www.its.uni-bayreuth.de/myfiles>

U.S. Geological Survey. (2026). *Mineral commodity summaries 2026* (Version 1.0: February 2026; Version 1.1: March 2026; Version 1.2: April 2026; Version 1.3: May 2026, Mineral Commodity Summaries, S. 222) [Report]. U.S. Geological Survey. USGS Publications Warehouse. <https://doi.org/10.3133/mcs2026>

Walentowitz, A. (2025). *Zukunftsorientierte Lehre in der Biogeografie durch*

## Methodendiversivizierung: Lehrprojekt-Reflexionsbericht im Rahmen des Zertifikatsprogramms „Zukunftsorientierte Hochschullehre durch Technologieintegration“.

[https://doi.org/10.15495/EPUB\\_UBT\\_00008559](https://doi.org/10.15495/EPUB_UBT_00008559)

Zyphur, M. (2026). *Responsible AI in Academic Research: A Competency Framework for Research Training*. Instats Inc. <https://doi.org/10.61700/t31oy23grr>

### 4. Appendix

The Miro-board template is organized into 10 numbered sections:

- 1- Group Critique of the Supply Risk:** Includes a diagram showing a supply chain with nodes A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z.
- 2- Group Critique of materials: How would you decide today?** Includes a scatter plot with 'Supply Risk' on the y-axis and 'Economic Importance' on the x-axis. Data points are labeled with letters A through Z.
- 3- Risk Mitigation Strategies: Case study:** Includes a table with columns for 'Risk Mitigation Strategies' and 'Case Study'.
- 4- Tag, Before, No work:** Includes a diagram showing a process flow with steps 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10.
- 5- Risk Mitigation Actions:** Includes a table with columns for 'Risk Mitigation Actions' and 'Case Study'.
- 6- Tag, Before, No work:** Includes a diagram showing a process flow with steps 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10.
- 7- Risk Mitigation Actions:** Includes a table with columns for 'Risk Mitigation Actions' and 'Case Study'.
- 8- Tag, Before, No work:** Includes a diagram showing a process flow with steps 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10.
- 9- Risk Mitigation Actions:** Includes a table with columns for 'Risk Mitigation Actions' and 'Case Study'.
- 10- Evaluation feedback & learning outcomes:** Includes a table with columns for 'Evaluation feedback & learning outcomes' and 'Learning outcomes'.

Abbildung 16 Inhalt der Seminareinheit des Beispiel Miro-Board der letzten Seminareinheit (siehe Übersichtsgrafik in Abbildung 3).



Abbildung 17 Kontinuierlicher Arbeitsbereich des Beispiel Miro-Board der letzten Seminereinheit (siehe Übersichtsgrafik in Abbildung 3).

Tabelle 2 Mapping Matrix von 3 KI-Rollen (Tutor, Kritiker, Generator) ausgewählt aus Mollick & Mollick (2023) zu den Lernziel-Kategorien nach Anderson et al. (2001)

| Lernzielkategorie      | Keine KI                                      | KI als Tutor                                                                                                                                                 | KI als Kritiker                                                                                                                                      | KI als Generator                                                                                                                  |
|------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Erinnern (Remember)    | selbst erinnern / Wissen abrufen (Selbsttest) | KI erzeugt Fragen und Wissensabruf-Anlässe; Antwort zuerst aus dem Gedächtnis (Mollick & Mollick, 2023)                                                      | KI prüft den Abruf, diagnostiziert und korrigiert Fehler (frei nach Roediger & Karpicke, 2006); Beispiel Lernassistent (Fey, 2026)                   | Problematisch da KI die Antwort liefert; Wissensabruf und selbst erinnern entfallen                                               |
| Verstehen (Understand) | selbst erklären und paraphrasieren            | KI erklärt adaptiv und fragt nach; Studierende reformulieren eigenständig; lernwirksam nur mit engen Leitplanken (Bastani et al., 2025; Kestin et al., 2025) | KI prüft Erklärungen und Beispiele der Studierenden auf Fehlkonzepte (Bastani et al., 2025; Kestin et al., 2025); Beispiel Lernassistent (Fey, 2026) | Problematisch, da KI zusammenfasst oder fertig erklärt; sinnvoll delegierbare Aspekte existieren nur als Ausnahmen (Zyphur, 2026) |

|                       |                                              |                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                       |                                              | 2025)                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Anwenden (Apply)      | selbst Probleme lösen und Gelerntes anwenden | KI erstellt Übungsfälle und gibt gestufte Hinweise ohne Lösungsvorgabe (Bastani et al., 2025; Kestin et al., 2025)                                                             | KI prüft studentische Lösung und Lösungsweg, lokalisiert Fehler (Furze et al., 2024)                                                                                                          | Problematisch da KI das Problem löst und damit das Lernziel nicht erreicht wird (Bastani et al., 2025)                                                                                                                                                  |
| Analysieren (Analyze) | selbst analysieren, strukturieren, gewichten | sokratisches Fragen und Perspektivwechsel (Mollick & Mollick, 2023)                                                                                                            | eigene Analyse gegen Kriterien und Gegenbeispiele prüfen (Bearman et al., 2024)                                                                                                               | Vollständige KI-Analyse ist problematisch da Lernziel nicht erreicht wird (Zyphur, 2026)                                                                                                                                                                |
| Bewerten (Evaluate)   | selbst nach Kriterien bewerten               | Mit Einschränkungen können Kriterien gemeinsam mit KI entwickelt und diskutiert werden; Urteil muss von den Studierenden getroffen werden (Bearman et al., 2024; Zyphur, 2026) | KI kann mit Einschränkungen als Gegenposition und adversarialer Reviewer verwendet werden; KI-Zustimmungsbias problematisch; Bewertung und Auflösung bleiben beim Studierenden (Zyphur, 2026) | Problematisch, da durch die KI-Bewertung die eigene Urteilkraft nicht geschult wird (Bearman et al., 2024; Jose et al., 2025)                                                                                                                           |
| Erschaffen (Create)   | selbst konzipieren, planen, produzieren      | KI öffnet Ideenräume und leitet Kreativtechniken an; Auswahl und Festlegung verbleiben bei Studierenden (Mollick & Mollick, 2023)                                              | Entwurf kritisieren lassen; KI-Zustimmungsbias problematisch; Überarbeitung erfolgt durch Studierende selbst (Furze et al., 2024; Zyphur, 2026)                                               | Problematisch ist die vollständige Delegierung und KI-basierte Erschaffung da das Lernziel in diesem Fall nicht erreicht wird; KI-Unterstützung bei nicht lernzielrelevanten Aspekten mit Einschränkungen sinnvoll (Kosmyna et al., 2025; Zyphur, 2026) |