

LENNART ROHLFS (Carl von Ossietzky Universität Oldenburg)

JAN LANDHERR (Carl von Ossietzky Universität Oldenburg)

TOBIAS WIEMER (Universität Potsdam)

**Ingenieurwissenschaftliche Kompetenzen in der
Allgemeinbildung: Analyse und Systematisierung bestehender
internationaler Rahmenwerke**

Herausgeber

JOSEF GUGGEMOS

RALF TENBERG

DANIEL PITTICH

LEO VAN WAVEREN

SABINE SEUFERT

BERND ZINN

Journal of Technical Education (JOTED)

ISSN 2198-0306

Online unter: <http://www.journal-of-technical-education.de>

LENNART ROHLFS / JAN LANDHERR / TOBIAS WIEMER

Ingenieurwissenschaftliche Kompetenzen in der Allgemeinbildung: Analyse und Systematisierung bestehender internationaler Rahmenwerke

ZUSAMMENFASSUNG: Im deutschsprachigen Raum fehlt bislang eine systematische Integration ingenieurwissenschaftlicher Perspektiven in die Technische Bildung, wie sie international unter dem Begriff Engineering Literacy in einigen Ländern etabliert ist. Die Studie untersucht vor diesem Hintergrund, welche ingenieurbezogenen Kompetenzmodelle für solch eine Integration international existieren und an wen sie adressiert sind. In einer systematischen Literaturrecherche wurden 2 132 Beiträge in drei Fachdatenbanken gesichtet, von denen 89 Artikel qualitativ ausgewertet wurden. Im Fokus stehen Kompetenzrahmen und ihre Verbindung zu schulischem allgemeinbildenden Technikunterricht. Der Beitrag diskutiert zentrale Ergebnisse und deren Bedeutung für die Technikdidaktik.

Schlüsselwörter: Engineering Literacy, Kompetenzmodelle, MINT-Bildung, Technikdidaktik, Systematische Literaturrecherche

Engineering Competencies in Education: Analysis and Systematization of Existing International Frameworks

ABSTRACT: In German-speaking countries, a systematic integration of engineering perspectives into technology education is still lacking – an approach that has been established internationally in some countries under the term engineering literacy. Against this background, the study examines which engineering-related competency models exist internationally for such an integration and whom they are addressed to. A systematic literature review screened 2,132 contributions across three academic databases, of which 89 articles were qualitatively analysed. The focus is on competency frameworks and their connection to general technology education taught in school. The paper discusses the key results and their significance for technology education.

Keywords: Engineering Literacy, competence models, STEM education, technology education, systematic literature review

1 Einleitung

Allgemeine Technische Bildung behandelt sowohl spezifische Fachkompetenzen als auch ein breites Grundverständnis technischer Zusammenhänge, was nach Buhr und Hartmann (2008) sowohl als Voraussetzung für gesellschaftliche Teilhabe als auch Notwendigkeit einer Innovationsfähigkeit betrachtet werden kann. Dieses Grundverständnis ist international vielfach unter dem Begriff „Technological Literacy/Education“ etabliert und bildet in vielen Ländern einen Bestandteil schulischer Curricula. Eine Perspektive dieser Curricula ist mittlerweile häufig auch der Bereich Engineering, am deutlichsten wohl dadurch zu sehen, dass die International Technology Educators Association (ITEEA) ihre Standards vor einiger Zeit in „Standards for Technological and Engineering Literacy“ (ITEEA, 2020) umbenannt haben und dabei das „engineering“ hinzugefügt haben (vorher STL). Gleichzeitig zeigt sich, dass die ingenieurwissenschaftliche Perspektive im deutschsprachigen Raum bislang kaum systematisch in die allgemeine Technische Bildung integriert ist. Weder die Bildungsstandards des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI, 2018) noch übergreifende Rahmenwerke wie der Gemeinsame Referenzrahmen Technik (GeRRT; Gerste et al., 2021) greifen die Bedeutung ingenieurwissenschaftlichen Denkens oder Wissens explizit auf.

Im Gegensatz dazu finden sich international Ansätze, die eine systematische Einbindung ingenieurstypischer Kompetenzen¹ in schulische Bildungsprozesse verfolgen. So beschreiben die eingangs schon benannten Standards for Technological and Engineering Literacy (ITEEA, 2020) die Rolle des Ingenieurwesens explizit im Kontext von STEM-Bildung. Auch andere Initiativen wie die US-amerikanischen Science & Technology/Engineering Standards (Massachusetts Department of Elementary and Secondary Education, 2016), das Framework for P-12 Engineering Learning (American Society for Engineering Education, 2020) oder das japanische Rahmenwerk der Japan Society of Technology Education (Moriyama et al., 2023) verdeutlichen, wie Engineering Literacy als Ziel allgemeiner Bildung implementiert werden kann.

Die Dringlichkeit einer solchen Integration zeigt sich auch mit Blick auf aktuelle gesellschaftliche Entwicklungen. Auch wenn sich die konjunkturelle Lage zuletzt abgeschwächt hat, bleibt der Fachkräftemangel im MINT-Bereich in Deutschland hoch. Im September 2024 waren bundesweit rund 418.200 offene Stellen in MINT-Berufen zu besetzen, was auf ein fortbestehendes strukturelles Fachkräfteproblem verweist. Darüber hinaus sehen 44 % der Unternehmen im Fachkräftemangel ein wesentliches Hemmnis für die Digitalisierung (Anger et al., 2024 (a); Anger et al., 2024 (b)). Zwar waren für das Wintersemester 2024/2025 rund 748.619 Studierende und damit jede:r vierte Studierende:r für einen ingenieurwissenschaftlichen Studiengang (wobei das Fach Informatik in den Statistiken dazu zugezählt wurde) eingeschrieben (Statistisches Bundesamt, 2025), laut des Centrums für Hochschulentwicklung zeigen sich für die Jahre 2014-2024 jedoch stark gesunkene Zahlen für die Studiengänge Maschinenbau/Verfahrenstechnik sowie Elektrotechnik und Informationstechnik (Federkeil et al., 2024). Gleichzeitig zeigen Befragungen, dass viele Jugendliche ein unzutreffendes Bild von den Tätigkeiten von Ingenieurinnen und Ingenieuren haben, was das Interesse am Berufsfeld mindert (acatech, 2020). Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, inwieweit eine stärkere Verankerung ingenieurwissenschaftlicher Bildung in den allgemeinbildenden Schulen zu einer realistischeren Wahrnehmung des Berufsbildes und langfristig auch zu einer Sicherung des Fachkräftebedarfs beitragen kann.

1 Mangels eines etablierten Fachbegriffs wird im Folgenden von ingenieurstypischen Kompetenzen gesprochen. Dieser Begriff beschreibt die Übertragung spezifischer Denk-, Planungs- und Handlungsstrategien aus den Ingenieurwissenschaften (wie das systemische Problemlösen oder das iterative Konstruieren) in den Kontext der Allgemeinen Technischen Bildung. Ziel ist die didaktische Transformation dieser professionellen Kernpraktiken, die ihren Ursprung in den Ingenieurwissenschaften haben, in Lernziele für den allgemeinbildenden Technikunterricht.

International existieren bereits Initiativen, die sich explizit mit der Förderung ingenieurstypischer Kompetenzen beschäftigen. Beispiele hierfür sind das Framework for Quality K-12 Engineering Education (Moore et al., 2014) oder das Honeycomb of Engineering Framework (Purzer et al., 2021), die jeweils verschiedene Facetten ingenieurwissenschaftlicher Denk- und Handlungsweisen beschreiben. Diese Entwicklungen machen deutlich, dass die Diskussion um Engineering Literacy und Engineering Competencies längst fester Bestandteil des internationalen bildungspolitischen Diskurses ist. Im deutschsprachigen Raum fehlt jedoch bisher eine vergleichbare systematische Aufarbeitung und Integration solcher Ansätze in den Kontext der allgemeinen Technischen Bildung, wobei selbst die Verankerung allgemeiner Technischer Bildung unabhängig von der Einbindung ingenieurwissenschaftlicher Perspektiven insbesondere auch in gymnasialen Schulformen oft selbst nur rudimentär ist (VDMA, 2019).

Davon ausgehend verfolgt die vorliegende Studie das Ziel, die internationale Diskussion und dabei insbesondere im Hinblick auf Kompetenzmodelle mit ingenieurwissenschaftlichem Bezug systematisch zu identifizieren und für den deutschsprachigen Diskurs aufzubereiten und diesem Impulse zu geben, welche Potenziale die Übertragung internationaler Konzepte in den deutschsprachigen Raum eröffnen und wie diese zur Stärkung technischer Bildung und zur Bearbeitung des bestehenden Fachkräftemangels beitragen können. Konkret lauten die Forschungsfragen:

1. Welche ingenieurwissenschaftlichen Frameworks in Bezug auf die allgemeine Technische Bildung finden sich im internationalen Diskurs der letzten fünf Jahre?
2. Welche Themen adressieren diese Frameworks, was sind Gemeinsamkeiten, wo gibt es Unterschiede?

Zur Beantwortung dieser Fragen wurde eine systematische Literaturrecherche (von Elm, Schreiber & Haupt, 2019) in den Datenbanken Web of Science, Scopus und Education Source durchgeführt. Insgesamt konnten ca. 2 132 Beiträge gesichtet werden, von denen 89 Artikel einer qualitativen Inhaltsanalyse unterzogen und sieben Frameworks identifiziert und analysiert wurden.

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Tätigkeit von Ingenieur:innen als geistig-schöpferischer Kulturberuf

„Ingenieure üben einen geistig-schöpferischen Kulturberuf mit langer Tradition und großer Zukunftsbedeutung aus. Mit ihrem technischen Wissen und ihren Planungsmethoden dienen sie in ethischer Verantwortlichkeit dem Menschen und seinem Lebensraum. Ihre Tätigkeit erstreckt sich von der Planung und dem Entwurf technischer Systeme, umfassender baulicher Maßnahmen und der Umgestaltung von Natursystemen bis hin zur technischen Realisierung und der langfristigen Überwachung, Steuerung und Nutzung der geschaffenen technischen Infrastruktur und Natursysteme.“ (BingK, 2024)

Vor dem Hintergrund dieser Beschreibung des Ingenieurberufs als Kulturberuf im Sinne eines „die Kultur prägenden Berufs“ ist es verwunderlich, wie wenig bisher auch in der Technikdidaktik systematisch dafür getan wurde, um diese aus „langer Tradition und großer Zukunftsbedeutung“ entwickelten Tätigkeiten in die Schule zu bringen. Dass dies bisher kaum geschehen ist, mag auch daran liegen, dass eine „ingenieurwissenschaftliche (schulische) Allgemeinbildung“ eine *contradictio in adiecto* zu sein scheint, die aus dem Spannungsverhältnis zwischen Allgemeinbildung und disziplinärer Tiefenstruktur erwächst. Ob und wie dieses widersprüchliche Verhältnis durch systematische Ansätze zur schulischen Vermittlung von Engineering Literacy aufgelöst werden

kann, soll der vorliegende Artikel zeigen. Zu diesem Zwecke werden in diesem Kapitel die begrifflichen Grundlagen zur Analyse dieser Ansätze gelegt, um internationale Frameworks zu ingenieurwissenschaftlich bezogener Bildung im Kontext allgemeiner Technischer Bildung vergleichbar zu machen. Dazu wird zunächst ein arbeitsfähiges Verständnis „ingenieurpraktischer Kompetenzen“ geklärt. Anschließend wird begründet, warum in der Literatur sowohl der Literacy- als auch Kompetenzbegriffe verwendet werden, bevor Funktionen und Strukturmerkmale von Frameworks sowie ein vorläufiges Analyseschema für den systematischen Vergleich hergeleitet werden.

2.2 Dimensionen ingenieurwissenschaftlichen Handelns

Ingenieurwissenschaftliche Perspektiven sind in der Allgemeinbildung nicht als Vorstufe eines Studiums (Propädeutik) zu verstehen, sondern als Teil technischer Allgemeinbildung, die Orientierung, Urteils- und Gestaltungsfähigkeit in einer von Technik geprägten Welt ermöglicht. Gerade daraus ergibt sich ein Spannungsfeld: Ingenieurtypische Handlungsweisen sind disziplinar verankert (z.B. in spezifischen Fachmethoden, Normen und Wissensbeständen), müssen im schulischen Kontext jedoch altersangemessen, allgemeinbildend und ohne akademische Vorstrukturierung anschlussfähig gemacht werden. Der Fokus liegt deshalb nicht auf fachlicher Spezialisierung, sondern auf charakteristischen Praktiken und Denkweisen des Ingenieurwesens, die als allgemeinbildende Kompetenzbereiche gerahmt werden können.

Für den vorliegenden Beitrag werden ingenieurpraktische Kompetenzen als ein Kompendium aus (1) Praktiken, (2) Denk- und Herangehensweisen sowie (3) Wissen, Bewertungs- und Verantwortungsdimensionen verstanden², die zur Bearbeitung von technischen Problemstellungen herangezogen werden.

(1) Praktiken beziehen sich auf wiederkehrende Handlungsformen ingenieurwissenschaftlicher Problembearbeitung, insbesondere auf Engineering Design als „Entwerfen unter Nebenbedingungen“: Ausgehend von einem Problem oder Bedarf werden Anforderungen geklärt, Lösungsoptionen entwickelt, modelliert bzw. prototypisch umgesetzt, getestet, bewertet und iterativ verbessert. Zu den in schulischen Kontexten besonders relevanten Teilpraktiken zählen dabei das Modellieren (z.B. vereinfachende Darstellungen, Funktions- und Wirkzusammenhänge), das Testen und Evaluieren (z.B. Kriterien und Messgrößen definieren, Daten interpretieren) sowie die Iteration als gezielte Verbesserung entlang definierter Anforderungen.

Die National Academies of Sciences, Engineering and Medicine hat 2010 ein eigenes Framework für Science Education veröffentlicht, in dem drei Dimensionen (ingenieurs-)wissenschaftlicher Tätigkeiten beschrieben werden und die hier in Abbildung 1 dargestellt werden.

2 Die Schwierigkeit liegt indes darin, dass kaum eine Publikation mit der anderen darin übereinstimmt, was denn nun eigentlich die wesentlichen Praktiken und Denkweisen sind: "The committee reviewed eight papers that attempt to identify core concepts, skills, and dispositions appropriate to K–12 engineering education (see annex to this chapter.) Most of these documents provided analyses of existing reports, articles, and other materials, and more than half also included opinions solicited from experts, mostly engineers and engineering educators. Although no two authors or research groups used exactly the same methodology or examined exactly the same source materials, all eight papers identified doing or understanding design—or both—as a ‘big idea’ in engineering. This was the only concept or skill recognized by all." (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2010. Standards for K-12 Engineering Education?. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/12133>.)

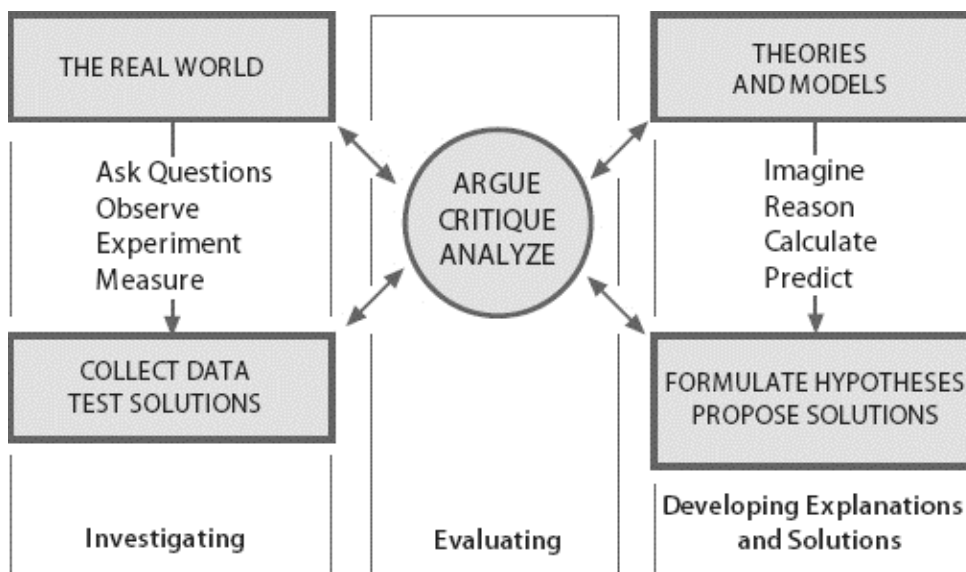


Abbildung 1: "The three spheres of activity for scientists and engineers" National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2010. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. Washington, DC: The National Academies

(2) Denk- und Herangehensweisen (häufig als „habits of mind“ o.Ä. beschrieben) umfassen vor allem Systemdenken, kreative Lösungsentwicklung, Umgang mit Unsicherheit, Kooperation und Kommunikation. Diese Dimension ist für schulische Allgemeinbildung besonders wichtig, weil sie nicht an bestimmte Technologien gebunden ist, sondern auf übertragbare Formen des Problemlösens und Entscheidens zielt. Sichtbar wird sie beispielsweise in der Fähigkeit, Systemgrenzen zu setzen, Wechselwirkungen zu berücksichtigen, Lösungsalternativen zu vergleichen und Entscheidungen zu begründen:

“Engineering ‘habits of mind’ align with what many believe are essential skills for citizens in the 21st century. These include (1) systems thinking, (2) creativity, (3) optimism, (4) collaboration, (5) communication, and (6) attention to ethical considerations.” (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2010)

Die Abgrenzung zwischen Praktiken, Denk- und Herangehensweisen mag auf den ersten Blick unscharf sein, zumal die National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine auch die Berücksichtigung ethischer Fragestellungen dem „habit of mind“ zuschlägt. Letztlich zeigt sich aber erst in der Verzahnung von Praktiken und Denk- und Arbeitsweisen, dass technisches Problemlösen kein rein sequentieller Prozess ist, sondern eine reflektierte (Werte-)Haltung erfordert. Die Anwendung einer Praktik (wie der Iteration) bleibt ohne die entsprechende Denkhaltung (wie die ethische Reflexion) lediglich ein technokratischer Vollzug. Für die Allgemeinbildung bedeutet dies, dass ingenieurmethodisches Handeln stets an eine kognitive Metaperspektive gekoppelt ist, die es den Lernenden erlaubt, aus der unmittelbaren Problembearbeitung herauszutreten und ihr Handeln als methodisch geleiteten Prozess wahrzunehmen, der ständig gegen Anforderungen und Zielvorgaben geprüft werden muss. Erst dadurch kann das Resultat als bewusster Abwägungsprozess begreifbar gemacht werden. Damit rückt zwangsläufig die Frage nach den Grundlagen dieser Abwägungen in den Fokus: das spezifische Fachwissen und die damit verbundene Verantwortung.

(3) Wissen, Bewertungs- und Verantwortungsdimensionen zielen sowohl auf ingenieurwissenschaftliches, technisches und mathematisches Wissen und adressieren gleichwohl die Tatsache, dass ingenieurwissenschaftliche Lösungen stets in soziale, ökologische, ökonomische und

normative Kontexte eingebettet sind. Ingenieurpraktische Kompetenz umfasst daher auch, sog. "Trade-offs" (z.B. Kosten vs. Sicherheit, Komfort vs. Energieverbrauch, Nutzen vs. Umweltbelastung) zu erkennen, Kriterien transparent zu machen, Folgen abzuschätzen und Entscheidungen argumentativ zu rechtfertigen. Diese Bewertungsdimension markiert zugleich den allgemeinbildenden Kern: Schüler:innen sollen nicht nur „funktionierende“ Lösungen entwickeln, sondern deren Angemessenheit und Konsequenzen reflektieren können (Niedersächsisches Kultusministerium, 2010; Gerste et al., 2021).

2.3 Engineering Literacy vs./und Kompetenz

Im internationalen Diskurs zur schulischen Engineering Education werden Lernziele und Bildungsansprüche häufig in zwei, teils überlappenden, Begriffe beschrieben: (a) Literacy-Konzepte als übergreifende Befähigung zur Teilhabe und Urteilsbildung sowie (b) Kompetenz- und Standardlogiken als strukturierte Beschreibung dessen, was Lernende in definierten Kontexten wissen und können sollen. Für den vorliegenden Beitrag ist diese Unterscheidung zentral, weil die identifizierten Publikationen die Systematisierung ingenieurbezogener Bildung teils als „Engineering (and Technological) Literacy“, teils als Kompetenzmodell, Standard oder Framework ausweisen.

Ein Ausgangspunkt der Debatte ist, dass Engineering in der schulischen K–12-Bildung — im Vergleich zu Mathematik und Naturwissenschaften — lange Zeit als curricular weniger etabliert beschrieben wurde (Katehi, Pearson & Feder, 2009).

Literacy wird in STEM-Kontexten dabei nicht im engen Sinne von Lese- und Schreibfähigkeit verwendet, sondern als feldbezogene Befähigung, sich in relevanten Gegenstandsbereichen kompetent orientieren, handeln und urteilen zu können. In diesem Sinne beschreiben zum Beispiel die Standards for Technological and Engineering Literacy (STEL) die Domänen Technological and Engineering Literacy als Fähigkeit, die vom Menschen gestaltete Umwelt als Produkt technologischer und ingenieurwissenschaftlicher Tätigkeit zu verstehen, zu nutzen, zu erschaffen und zu bewerten (ITEEA, 2020). Charakteristisch ist zudem die dynamische Perspektive: „literate“ zu sein, gilt als veränderliches Konzept, weil sich Wissensbestände, Technologien und Anforderungen über die Zeit wandeln (ITEEA, 2020). Literacy fungiert damit als ideeller Horizont, der neben Handlungsfähigkeit ausdrücklich auch Reflexion und Bewertung einschließt.

Demgegenüber zielen Kompetenzmodelle, Standards und Frameworks stärker auf die systematische Strukturierung von Lernzielen, häufig mit der Absicht, Curricula zu entwerfen, Lernprogressionen zu beschreiben oder Leistungen erfassbar zu machen. In der Engineering-Education-Literatur werden in diesem Zusammenhang insbesondere drei inhaltliche Schwerpunkte wiederkehrend betont: erstens die Fokussierung auf Engineering Design als Kernpraxis, zweitens die Einbindung relevanten fachlichen Wissens (z.B. aus Mathematik, Naturwissenschaften und Technologie) und drittens die Förderung von engineering habits of mind wie Systemdenken, Kreativität, Kollaboration, Kommunikation sowie Aufmerksamkeit für ethische Gesichtspunkte (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2010; Katehi et al., 2009).

2.4 Frameworks und Kompetenzrahmen

Kompetenzrahmen strukturieren systematisch Fähigkeiten und Fertigkeiten, Wissen und Haltungen, die notwendig sind, damit Individuen bestimmte Aufgaben in einem spezifischen Kontext

erfolgreich bewältigen können (Mulder, 2014). Solche Rahmenwerke werden in der Regel im Bildungsbereich eingesetzt, etwa zur Gestaltung von Curricula, zur Leistungsbewertung. Kritisches Denken, Kommunikations- und Problemlösungskompetenzen werden in verschiedenen Kompetenzrahmen als zentrale Kompetenzen definiert, da sie grundlegende Fähigkeiten in vielen Disziplinen darstellen (Rychen & Salganik, 2003). In den Kompetenzrahmen werden Kompetenzen vom Allgemeinen bis hin zu spezifischen Fähigkeiten beschrieben und durch vorab definierte, konkrete Indikatoren objektiv bewertbar gemacht (Blömeke et al., 2015).

Neumann (2013) weist darauf hin, dass der Detaillierungsgrad von Kompetenzmodellen – und nach Ansicht der Autor:innen gilt dies ebenso für Kompetenzrahmen und Kompetenzraster – durch die Anzahl der abgebildeten Teilkompetenzen, das Maß an Granularität und die Ausdifferenzierung der Merkmale bestimmt wird. Theoretisch ist die höchste Auflösung dann gegeben, „[...] wenn nur noch einzelne Fähigkeiten oder Fertigkeiten oder Bereitschaften zum Lösen eines Problems erforderlich sind“ (Neumann, 2013), es sich also nicht mehr um Kompetenz im eigentlichen Sinne handelt. Die Grenze der Granularität ist erreicht, „[...] soweit unterschiedliche Merkmale mit einem gegebenen Messinstrument noch messbar oder empirisch trennbar sind“ (Neumann, 2013). Beide Dimensionen der Auflösung wirken sich zum einen auf das Kompetenzmodell selbst aus, zum anderen auf die etwaige Entwicklung von Testinstrumenten, mit denen das Kompetenzmodell überprüft und bewertet werden kann.

Für den vorliegenden Artikel wurde eine zu enge Definition der Begriffe insofern vermieden, als dass es für den Erkenntnisprozess wichtiger war, welche internationalen Versuche der Systematisierung von ingenieurbezogenen Praktiken existieren und es weniger darum ging, im Einzelfall zu bewerten, ob es sich auch wirklich um einen Kompetenzrahmen im strengen Sinn handelt. Für den Vergleich bleibt es dabei trotzdem entscheidend, *welche* Kompetenzbereiche ein Framework adressiert, *wie* diese strukturiert (Granularität, Progression, Indikatoren) sind und welchem Zweck es dient (Curriculum, Assessment, Lehrerbildung).

Im Folgenden wird „Framework“ daher als Oberbegriff verwendet, um unterschiedliche Formen der Systematisierung (Literacy-Definitionen, Standards, Kompetenzmodelle, curricular orientierte Rahmen) vergleichbar zu machen. Entscheidend ist nicht die Etikettierung in der jeweiligen Publikation, sondern (1) ob ingenieurbezogene Bildungsziele explizit beschrieben werden und (2) ob diese Ziele in einer Struktur dargestellt werden, die den Vergleich von Themen, Akzenten und Leerstellen erlaubt. Daraus folgt für die qualitative Inhaltsanalyse: Framework-Inhalte werden nicht nur danach codiert, welche Kompetenzbereiche genannt werden, sondern auch danach, wie sie gerahmt sind (z.B. als Literacy-Ziel, Standard, Praxis-Cluster oder Disposition) und ob sie explizite Bewertungs- bzw. Verantwortungsanforderungen enthalten (ITEEA, 2020; National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2010). Um die architektonischen Unterschiede der Frameworks präzise zu erfassen, erfolgt die Analyse zudem entlang dreier Kategorien:

- design- und problemlösungsorientierte Frameworks
- kompetenzorientierte Frameworks
- curriculare bzw. domänenspezifische Frameworks

3 Methodisches Vorgehen

3.1 Durchführung der Literaturrecherche

Zur Untersuchung der eingangs gestellten Forschungsfragen, wird eine systematische Literaturrecherche durchgeführt, wobei sich der Systematik nach Nordhausen & Hirt (2022) bedient wurde. Zu Beginn der Untersuchung wurde festgelegt, dass nach einem sensitiven Rechercheprinzip vorgegangen wird, um durch eine große Anzahl an Suchbegriffen möglichst alle relevanten Treffer zu der Thematik zu finden. Anschließend werden die Suchkomponenten durch Operationalisierung der Forschungsfrage gebildet, wobei auf die in der Medizin und Pflege üblichen Schemata wie PICO, PICO, SPIDER oder CoCoPop verzichtet wird, um stattdessen eine thematische Clusterung vorzunehmen. Mit SCOPUS und Web of Science wurden zwei international verbreitete Datenbanken für die Recherche ausgewählt. Um einen möglichst breiten Zugang zu erreichen, wurde zusätzlich auf der Rechercheplattform EBSCO mit allen dort hinterlegten Datenbanken gesucht, darunter unter anderem Education Source. Nach der notwendigen Identifikation der Stich- und Schlagwörter konnte ein erster Suchstring konstruiert werden, der anschließend im Rahmen einer Vorabrecherche erprobt wurde. Die Durchführung der eigentlichen Recherche fand im Sommer 2025 statt, der Stichtag für die Suchtreffer ist der 15.04.2025.

Tabelle 1: Übersicht der Themencluster und Suchstrings

Thematischer Cluster	Suchbegriffe	Erklärung
Zielgruppe	("K-12" OR "school students" OR "students" OR "learners" OR "pre-college" OR "primary education" OR "secondary education" OR "elementary school" OR "high school")	Definition der Bildungsstufe und Abgrenzung der Suche auf den schulischen Bereich ein (K-12 bzw. Primar-/Sekundarstufe und äquivalente Begriffe), Ausschluss von Hochschul- bzw. Berufsbildung
Inhalt	("competency framework" OR "competence framework" OR "skills framework" OR "competency model" OR "framework of competencies" OR "educational standards" OR "learning outcomes" OR "curriculum framework")	Textsorten bzw. Artefakte, nach denen gesucht wird
Rahmen	("engineering" OR "engineering education" OR "engineering skills" OR "technical education" OR "STEM" OR "technology education" OR "design-based learning" OR "maker education")	Definition des Gegenstandsbereichs und angrenzender didaktische Zugänge
Kontext/ Domäne	("competence" OR "competency" OR "skills" OR "literacy" OR "capabilities" OR "problem-solving" OR "design thinking" OR "21st century skills")	Konkretisierung auf Beiträge zu Kompetenz-, Fähigkeits- oder Literacy-Konzepte
Suchstring	("K-12" OR "school students" OR "students" OR "learners" OR "pre-college" OR "primary education" OR "secondary education" OR "elementary school" OR "high	

school") AND ("competency framework" OR "competence framework" OR "skills framework" OR "competency model" OR "framework of competencies" OR "educational standards" OR "learning outcomes" OR "curriculum framework") AND ("engineering" OR "engineering education" OR "engineering skills" OR "technical education" OR "STEM" OR "technology education" OR "design-based learning" OR "maker education") AND ("competence" OR "competency" OR "skills" OR "literacy" OR "capabilities" OR "problem-solving" OR "design thinking" OR "21st century skills")

Um die Suche sowohl inhaltlich zu schärfen als auch begriffliche Differenzen, die im internationalen Diskurs unweigerlich entstehen, abbilden zu können, wurde die Suche in vier thematische Cluster unterteilt, die wiederum miteinander verknüpft wurden:

- Innerhalb der Cluster durch Verknüpfung von Synonymen und Textsorten-Varianten via OR (z. B. zur Erfassung von Standards und Frameworks)
- Zwischen den Clustern durch Kombination mit AND

Berücksichtigt wurden damit ausschließlich Publikationen, die simultan vier Kriterien erfüllen: einen schulischen Kontext, eine rahmenwerkartige Struktur, einen expliziten Bezug zur Technikbildung (Engineering) sowie einen Fokus auf Kompetenzentwicklung bzw. Literacy.

3.2 Screening und Review der Suchtreffer

In den Datenbanken Web of Science, EBSCO und Scopus konnten 2 132 Artikel identifiziert werden (siehe Abb. 2), deren Datensätze inklusive der Abstracts in Rayyan, einer webbasierten Anwendung zu Durchführung von systematischen Literaturrecherchen, überführt wurden. Anschließend wurden zuerst 496 Duplikate und 23 Datensätzen, die nicht deutsch- oder englischsprachig waren, entfernt. Nach dem Screening der Titel und Zusammenfassungen wurden weitere 1 524 Datensätze ausgeschlossen. Nach der Datensatzbereinigung blieben somit 89 Artikel für die Volltextanalyse übrig.

Das Volltextscreening wurde im Double-Blind-Verfahren durchgeführt, um die Zuverlässigkeit und Glaubwürdigkeit der Artikelauswahl zu gewährleisten (Covidence, 2024). Die Ein- und Ausschlusskriterien orientierten sich an der Fragestellung und den entwickelten Themenclustern (siehe Tabelle 2). Das Screening im Double-Blind-Verfahren und die Verwendung von Ein- und Ausschlusskriterien dienten der methodischen Strenge und transparenten Dokumentation des Auswahlprozesses (Covidence, 2024, Higgins et al., 2024,).

Tabelle 2: Tabelle der Einschluss- und Ausschlusskriterien

Einschlusskriterien	Ausschlusskriterien
Ein expliziter Kompetenzrahmen (Framework) beschrieben und/oder eine ingenieurwissenschaftlich spezifische Domäne (z. B. Maschinenbau, Elektrotechnik, Bauingenieurwesen, Informatik im ingenieurwissenschaftlichen Kontext etc.) klar identifiziert und inhaltlich eingeordnet.	Fehlender Kompetenzrahmen: In den Beiträgen konnten weder Kompetenzrahmen (Frameworks) noch ingenieurwissenschaftlich spezifische Domänen eindeutig identifiziert werden.

Engineering und/oder Technology (z. B. Engineering Education, technische Bildung, technische Studiengänge, ingenieurwissenschaftliche Curricula) und nicht überwiegend auf fachfremden Disziplinen wie z. B. reiner Mathematik, allgemeiner Informatik, Biologie, Sprachwissenschaft oder Gamification ohne klaren Bezug zu Engineering/Technology.	Unzureichende thematische Passung: Der Fokus der Studien lag nicht auf „Engineering“ bzw. „Technology“, sondern adressierte andere Disziplinen wie Mathematik, Informatik, Biologie, Sprachwissenschaft oder Gamification.
Vollständiger Volltextzugang (Print oder digital) über Bibliotheken, Datenbanken oder andere institutionelle Zugänge verfügbar, sodass eine inhaltliche Analyse möglich ist.	Nicht verfügbarer Volltextzugang: Für die betreffenden Publikationen konnte trotz Recherche über verschiedene Plattformen und Institutionen kein Zugang zum Volltext hergestellt werden.
Die untersuchte Stichprobe entspricht dem für die Systematic Literature Review definierten Alters- bzw. Bildungsbereich.	Abweichende Zielgruppe: Die untersuchten Stichproben entsprachen nicht dem definierten Altersbereich; beispielsweise wurden Untersuchungen mit ausschließlich erwachsenen Teilnehmenden durchgeführt.

Nach Abschluss des Volltextscreenings erfolgte die Datenextraktion mittels eines standardisierten Protokolls, in das die Kerndaten, vor allem bibliografische Angaben (Autor, Jahr, Titel), die thematischen Domänen sowie die zentralen Forschungsergebnisse extrahiert wurden. Im Rahmen des Auswahlprozesses konnten 61 Datensätze unmittelbar ausgeschlossen werden. Bei den verbleibenden 28 Datensätzen, in denen zunächst keine Übereinstimmung zwischen den Forschenden bestand, wurde ein strukturiertes Konsensverfahren durchgeführt. Dies beinhaltete eine erneute Analyse sowie die gemeinsame Abstimmung anhand der Ausschlusskriterien. Das methodische Vorgehen ist in Tabelle 3 beispielhaft am Datensatz von Boyle et al. (2022) illustriert.

Tabelle 3: Auszug aus dem Extraktionsprotokoll am Beispiel von Boyle et al. (2022)

Nr.	Titel	Jahr	Autor:innen	Inhalt/ Domäne	Ergebnisse
71	REEdI – Design Thinking for Deveoping Engineering Curricula	2022	Boyle et al.	8-Stufen Design Thinking (DT) Framework: 1. Understand/ Empathise 2. Observe 3. Define 4. Ideate 5. Prototype 6. Test 7. Integration 8. Continuous improvement	Das REEdI-Projekt transformiert die Ingenieurausbildung in Irland. Bietet einen adaptierbaren, flexiblen Blueprint für andere Hochschulen. Design Thinking fördert kundenorientierte, iterative und kreative Curriculum Entwicklung. Es entstehen praxisrelevante und zukunftsfähige Studiengänge mit starker Industrieanbindung.

Anmerkung: Das gesamte Extraktionsprotokoll kann bei Interesse eingesehen werden, schreiben Sie hierzu gerne eine E-Mail an lennart.rohlf@uol.de.

Von 89 Datensätzen, die das Volltextscreening durchlaufen haben, wurden letztlich demnach sieben Artikel, die die Einschlusskriterien erfüllten, zur weiteren Analyse aufgenommen. Der Prozess kann anhand des PRISMA-Diagramms in Abb. 2 nachvollzogen werden.

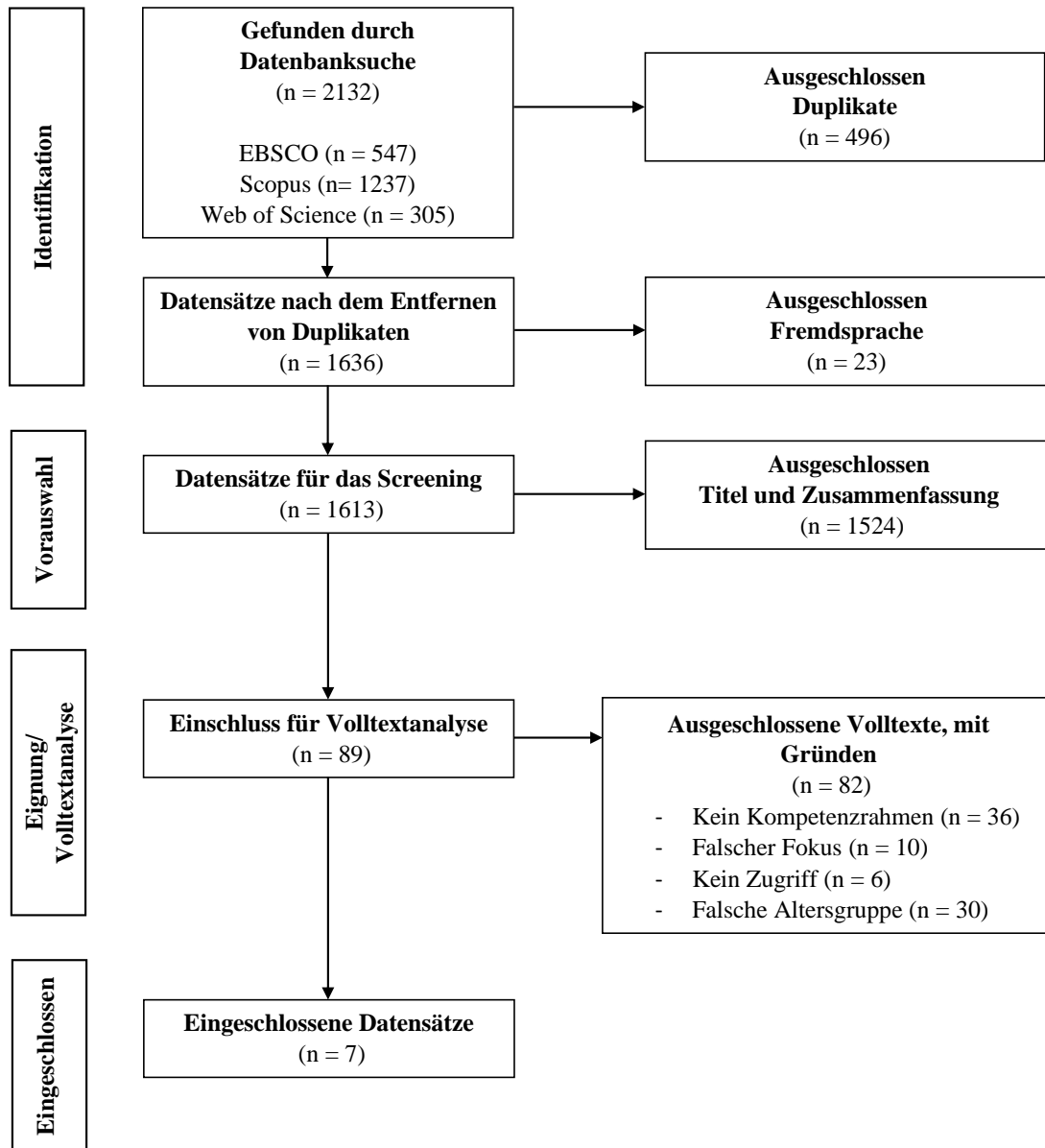


Abbildung 2: Darstellung des Screening-Prozesses (PRISMA)

4 Ergebnisse

Das vorliegende Kapitel stellt die Ergebnisse der systematischen Literaturrecherche zur Beantwortung der beiden Forschungsfragen dar: „Welche ingenieurwissenschaftlichen Frameworks in Bezug auf die allgemeine Technische Bildung finden sich im internationalen Diskurs der letzten fünf Jahre?“ und „Welche Themen adressieren diese Frameworks, was sind Gemeinsamkeiten, wo gibt

es Unterschiede?“. Zur Strukturierung der Darstellung der Ergebnisse werden im Folgenden zunächst die formalen Merkmale der eingeschlossenen Publikationen aus dem Extraktionsprotokoll tabellarisch zusammengefasst (Publikationsjahre, Inhalt/ Domäne und Herkunftsländer; Vgl. Tabelle 4).

Tabelle 4: Artikel, die in die Systematische Literaturanalyse eingeschlossen wurden, und die darin identifizierten Domänen.

Autor:innen	Jahr	Titel	Land	Inhalt/ Domänen
Halawa et al.	2024	Exploring instructional design in K-12 STEM education	Indonesien/ Taiwan	Inquiry-based Learning, Project-based Learning, Problem-based Learning, Design-based Learning
Lai & Cheng	2023	Bringing engineering into primary science classrooms using engineering design and community of practice approach	Australien	Empathise, Define the Problem, Ideate, Refine the solution, Prototype, Test/ Troubleshooting, Pitch
Moriyama et al.	2023	Development of a new framework of Technology and Engineering Education by the Japan Society of Technology Education	Japan	Scientific understanding of technology and Engineering; Understanding of interconnection between technology and society, environment, economy and so on; Development of abilities to technological problem-solving and engineering; Development of abilities to participate in technological governance in society; Development of abilities to participate in technological innovation in society
Purzer et al.	2021	The honeycomb of engineering framework: Philosophy of engineering guiding precollege engineering education	USA	User-Centered-Design, Design-Build-Test, Engineering Science, Engineering Optimization, Engineering Analysis, Reversed Engineering
Reynante et al.	2020	Exploring the Promises and Perils of Integrated STEM Through Disciplinary Practices and Epistemologies	USA	Communication, Investigation, Modeling, Using Tools, Work with Data, Making Sense of problems/ phenomena, solving problems, Evaluating Ideas and Solutions

Autor:innen	Jahr	Titel	Land	Inhalt/ Domänen
Srikoon et al.	2024	Effects of Stemen teaching models on mathematical literacy and mathematical problem-solving	Thailand	Entertainment, Enclosure, Encounter, Ensuring, Encompassment, Enhancement, Enlightenment
Wan & Lee	2023	Engineering in grades 1-9 science education standards from China	China	Complete Process of Design (POD), POD-Problem and Background, POD-Plan and Implement, POD-Test and Evaluate, Apply Science, engineering and mathematics knowledge, Engineering Thinking, Conceptions of engineers and engineering, Engineering Tools, Issues, solutions and impacts, Ethics, Teamwork, Communication related to engineering, Engineering emotion and willingness

Daran anschließend werden die in den Beiträgen identifizierten ingenieurwissenschaftlichen Frameworks in Bezug auf die allgemeine Technische Bildung anhand ihrer inhaltlichen Domänen dargestellt. Die in den Frameworks enthaltenen Domänen werden dabei systematisch in drei Spalten ausgewiesen: (1) die ursprüngliche Bezeichnung der Domäne in englischer Sprache, (2) die entsprechende Bezeichnung in deutscher Sprache sowie (3) eine kurze Beschreibung der Domäne im schulischen Kontext (siehe Tabelle 5).

Eine beispielhafte Domäne ist etwa User-Centered Design (Nutzerzentriertes Entwerfen, siehe Tabelle 5). Im Auswertungsprotokoll wird diese Domäne so beschrieben, dass Schülerinnen und Schüler mit realen oder simulierten Nutzerinnen, Nutzern oder Kontexten arbeiten, deren Bedürfnisse ermitteln und darauf aufbauend Lösungen entwickeln, die sich an diesen Bedürfnissen orientieren. Entsprechende Beschreibungen liegen für alle identifizierten Domänen vor und ermöglichen eine einheitliche und schulbezogene Erfassung der in den Frameworks adressierten Inhalte.

Auf diese Weise werden die im internationalen Diskurs der letzten fünf Jahre dokumentierten ingenieurwissenschaftlichen Frameworks mit ihren zugehörigen Domänen und deren Beschreibung im Kontext allgemeiner Technischer Bildung übersichtlich dargestellt.

Tabelle 5: Identifizierte Domänen aus dem Framework "The Honeycomb of engineering" von Purzer et al. (2021)

Autor:innen	Jahr	Domäne		Erklärung
		Englisch	Deutsch	
Purzer et al.	2021	User-Centered Design	Nutzerzentriertes Entwerfen	Schüler:innen arbeiten mit realen oder simulierten Nutzerinnen, Nutzern oder Kontexten, ermitteln deren Bedürfnisse und entwickeln Lösungen, die sich daran orientieren.

Autor:innen	Jahr	Domäne		Erklärung
		Englisch	Deutsch	
		Design-Build-Test	Entwerfen-Bauen-Testen	Schüler:innen erhalten klare Kriterien, entwerfen verschiedene Lösungen, bauen Prototypen und testen diese, um ihre Funktionsfähigkeit nachzuweisen.
		Engineering Science	Ingenieurwissenschaftliches Forschen	Schüler:innen führen kontrollierte Experimente durch, verändern gezielt eine Variable und gewinnen dadurch technisches Wissen.
		Engineering Optimization	Technische Optimierung	Schüler:innen analysieren bestehende Systeme, vergleichen zentrale Kriterien und verbessern deren Leistung anhand von Berechnungen oder praktischer Tests.
		Engineering Analysis	Technische Analyse	Schüler:innen nutzen Daten, Modelle oder Berechnungen, um Aussagen über technische Systeme zu treffen, ohne dafür einen Prototyp bauen zu müssen.
		Reverse Engineering	Reverse Engineering	Schüler:innen untersuchen ein bestehendes Produkt, zerlegen es systematisch, dokumentieren Aufbau und Funktionsweise und entwickeln Ideen für Verbesserungen oder Neugestaltungen.

Anmerkung: Bei Interesse an den weiteren Ergebnissen, schreiben Sie gerne eine E-Mail an lennart.rohlfs@uol.de.

Ein weiteres Beispiel (siehe Tabelle 6) aus der inhaltlichen Analyse der Artikel verdeutlicht die große Heterogenität der verwendeten Kompetenzframeworks. Diese zeigt sich nicht nur in der terminologischen Vielfalt, sondern auch in ihrer Aufschlüsselung bzw. Kategorisierbarkeit. Auffällig dabei ist, dass zum Teil identische Begrifflichkeiten (z.B. Design, Problemlösen, Bewerten) je nach Framework unterschiedliche Schwerpunktsetzungen und Abgrenzungen erhalten. Hervorgehoben wurde diese Komplexität bereits von Purzer et al. (2021), die betonen, dass aufgrund der vielschichtigen Natur des Ingenieurwesens „die Möglichkeiten der Kategorisierung sehr umfangreich“ sind (Übers. D. Verf., Purzer et al., 2021).

Tabelle 6: Übersicht der Domänen aus dem Framework von Wan & Lee (2023)

Autor:innen	Jahr	Domäne		Erklärung
		Englisch	Deutsch	
Wan & Lee	2023	Process of design (POD)	Vollständiger Gestaltungsprozess	Schüler:innen durchlaufen alle Schritte des Gestaltungsprozesses – von der Problemklärung über Planung, Umsetzung, Testen bis hin zur Verbesserung und Präsentation.
		Problem and background (POD-PB)	Problem und Hintergrund	Schüler:innen analysieren eine Ausgangssituation, vorhandene Ressourcen

Autor:innen	Jahr	Domäne		Erklärung
		Englisch	Deutsch	
				und Einschränkungen, um ein Gestaltungsproblem zu verstehen.
		Plan and implement (POD-PI)	Planen und Umsetzen	Schüler:innen entwickeln Ideen, wählen geeignete Lösungen aus und setzen diese praktisch um.
		Test and evaluate	Testen und Bewerten	Schüler:innen prüfen ihre Lösungen, sammeln Feedback und verbessern Prototypen oder Modelle systematisch.
		Apply Science, engineering, mathematics knowledge (SEM)	Naturwissenschaftliches und mathematisches Wissen anwenden	Schüler:innen nutzen Kenntnisse aus Naturwissenschaft, Mathematik und Technik, um technische Probleme zu bearbeiten und Lösungen zu entwickeln.
		Engineering thinking (EThink)	Ingenieurwissenschaftliches Denken	Schüler:innen lernen, Probleme zu erkennen, Lösungswege vorzuschlagen und die Machbarkeit ihrer Ideen einzuschätzen.
		Conceptions of engineers and engineering (CEE)	Vorstellungen von Ingenieur:innen und Technik	Schüler:innen verstehen, was die Arbeit von Ingenieur:innen ausmacht, erkennen, dass Technik auf Wissenschaft basiert und entwickeln ein Bild von der Rolle von Ingenieur:innen.
		Engineering tools, techniques and processes (ETools)	Technische Werkzeuge, Verfahren und Prozesse	Schüler:innen lernen Werkzeuge, Materialien und Verfahren kennen und wenden diese an, um einfache Produkte oder Modelle herzustellen.
		Issues, solutions and impacts (ISI)	Fragen, Lösungen und Auswirkungen	Schüler:innen reflektieren, dass technische Entwicklungen Chancen und Probleme mit gesellschaftlichen Auswirkungen erzeugen.
		Ethics	Ethische Fragen	Schüler:innen berücksichtigen ethische Aspekte bei der Entwicklung, Nutzung und Bewertung technischer Lösungen.
		Teamwork (Team)	Zusammenarbeit im Team	Schüler:innen arbeiten gemeinsam, teilen Ideen, übernehmen Rollen und entwickeln Lösungen im Team.
		Communication related to engineering (Comm-Engr.)	Technische Kommunikation	Schüler:innen dokumentieren ihre Ideen und Ergebnisse mit Texten, Zeichnungen, Modellen oder digitalen Medien und präsentieren sie anderen.

Autor:innen	Jahr	Domäne		Erklärung
		Englisch	Deutsch	
		Engineering emotion and willingness	Interesse und Bereitschaft	Schüler:innen entwickeln Freude am praktischen Arbeiten, sind neugierig auf technische Aufgaben und bereit, eigene Ideen auszuprobieren.

5 Diskussion

5.1 Analyse der Ergebnisse

Schon bei der Entwicklung der Theorie wurde deutlich, dass der Begriff „ingenieurwissenschaftlich“ zur Charakterisierung allgemeinbildender Kompetenzen im schulischen Kontext zu eng gefasst sein könnte und Assoziationen an rein akademische Wissensbestände weckt.

“Technology and engineering are firmly grounded in applied knowledge, which often presents challenges in school settings due to its highly contextual and specific nature (Feenberg, 2002; Dasgupta, 1996; Pacey, 1999; Skolimowski, 1966).” (European Commission, 2024)

Mit diesem Hintergrund und um der didaktischen und bildungstheoretischen Zielsetzung des allgemeinbildenden Technikunterrichts gerecht zu werden, haben die Autoren im weiteren Verlauf und in Übereinstimmung mit der Charakterisierung der identifizierten Frameworks den Begriff „ingenieurtypisch“ präferiert. Dieser bewusste Wechsel in der Terminologie markiert eine wichtige Unterscheidung: Während „ingenieurwissenschaftlich“ primär die Fachdisziplin und deren universitäre Theoriebildung adressiert, zielt „ingenieurtypisch“ auf die spezifischen Methoden und die charakteristischen Denk- und Herangehensweisen des Ingenieurwesens ab. Das Adjektiv „typisch“ betont dabei jene übertragbaren Kernpraktiken (z. B. Iteration, Systemdenken, Optimierung unter Restriktionen), die auch für Personen ohne ingenieurwissenschaftliche Bildung in einer technisierten Welt als anschlussfähige Problemlösestrategien fungieren. Damit wird der Transfer von der Fachwissenschaft in die schulische Allgemeinbildung nicht als bloße Reduktion von Inhalten, sondern als Herausarbeitung einer technologischen Handlungslogik verstanden. Mit dem Wechsel der Terminologie markieren wir bewusst ein anschlussfähiges, bislang jedoch unzureichend ausgeleuchtetes Untersuchungsfeld, das weiterführende Forschung erforderlich macht.

Bezugnehmend auf die erste Forschungsfrage zeigt sich eine breite, zugleich heterogene Ausdifferenzierung ingenieurwissenschaftlicher Frameworks im internationalen Diskurs der letzten fünf Jahre. Die sieben identifizierten Frameworks deuten dabei auf eine hohe Aktivität im Forschungsfeld hin, wobei die Vielfalt zugleich auf unterschiedliche Schwerpunktsetzungen und Zielrichtungen schließen lässt. Bestätigt wird dies durch die adressierten Themen, die zwar eine Vielzahl von Arbeiten zu Engineering Education im weiteren Sinne umfassen, jedoch nur einen kleinen Ausschnitt expliziter Frameworks mit Bezug zum schulischen Kontext entwickeln oder systematisch beschreiben (Lai & Cheng, 2023; Moriyama et al., 2023; Srikoon et al., 2024; Wan & Lee, 2023; Halawa et al., 2024; Reynante et al., 2020; Purzer et al., 2021). Hinsichtlich ihrer konzeptionellen Ausrichtung lassen sich die Frameworks in drei übergeordnete Kategorien, die in Kapitel 2.3 entwickelt wurden, einordnen:

- design- und problemlösungsorientierte Frameworks

- kompetenzorientierte Frameworks
- curriculare bzw. domänenspezifische Frameworks

Unabhängig von dieser Kategorisierung verfolgen die untersuchten Frameworks jedoch ein gemeinsames Anliegen: ingenieurtypische Denk- und Herangehensweisen für Lernende didaktisch so aufzubereiten, damit sie im schulischen Kontext anschlussfähig werden. Damit überführen sie das kontextualisierte Wissen der Ingenieurpraxis (European Commission, 2024) in eine strukturierte Lernsystematik. Die Einordnung und die beispielhaften Darstellungen der unterschiedlichen Domänen in den Tabellen 5 und 6 liefern eine erste Antwort auf die zweite Forschungsfrage, indem sie thematische Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den Frameworks sichtbar machen: eine vertiefende qualitative Inhaltsanalyse bleibt jedoch erforderlich, um diese Befunde systematisch zu prüfen und belastbar zu begründen. Dass dies bisher noch nicht geschehen ist, liegt an jenen terminologischen Differenzen sowie den unterschiedlichen nationalen Bildungskontexten, denen die Frameworks zuzuordnen sind. Ein direkter Vergleich, bei dem man die Frameworks schablonenhaft übereinanderlegt, um begriffliche Gemeinsamkeiten und Unterschiede durchscheinen zu sehen, ist daher zwar möglich, jedoch wenig ertragreich, da sich die begrifflichen Demarkationslinien erst durch das Offenlegen der impliziten und wesentlichen Inhalte und Strukturen der Frameworks auflösen.

5.1. Implikation für Theorie und Praxis

Wie bereits erwähnt, offenbart die Vielfalt an unterschiedlichen Ansätzen weitere Leerstellen: Während die Prozessdimension (Engineering Design) und die kognitive Dimension (Habits of Mind) in den meisten Frameworks detailliert ausgearbeitet sind, bleibt die normative Dimension – also die explizite Verknüpfung mit Bewertungs- und Verantwortungsanforderungen – häufig unterbelichtet. Obwohl die theoretische Bestimmung des Ingenieurberufs als Kulturberuf (Kap. 2) die ethische Verantwortung ins Zentrum rückt, zeigt die Analyse der Frameworks genau jene Diskrepanz: Die normative Dimension wird oft zugunsten technokratischer Prozessabläufe vernachlässigt. Für eine echte „Engineering Literacy“ im Sinne einer gesellschaftlichen Teilhabe ist die Schließung dieser Lücke unumgänglich.

Auffallend ist, dass ingenieurtypische Handlungen oft als methodisch neutrale Problemlöseprozesse dargestellt werden. Die Tatsache, dass jede technische Lösung in ein komplexes Gefüge aus sozialen, ökologischen und ökonomischen Wechselwirkungen eingebettet ist, wird zwar vereinzelt als „Nebenbedingung“ (Constraint) erwähnt, jedoch selten als eigenständiger, kritischer Kompetenzbereich für die schulische Allgemeinbildung operationalisiert. Damit riskieren viele Frameworks, ein rein funktionalistisches Technikverständnis zu befördern, bei dem die Frage nach der Angemessenheit und den Folgen einer Technik hinter der Frage nach deren Funktionalität zurücksteht. Hier zeigt sich ein deutlicher Bedarf an Frameworks, die den eingangs erwähnten „applied knowledge“-Charakter (European Commission, 2024) nicht nur methodisch, sondern auch ethisch-reflexiv rahmen.

Die Analyse verdeutlicht, dass eine einseitige Fokussierung auf lediglich eine der identifizierten Kategorien den Anforderungen des allgemeinbildenden Technikunterrichts kaum gerecht werden kann. Vielmehr deutet die Literatur auf die Notwendigkeit eines hybriden Ansatzes hin. Ein solcher Ansatz verknüpft die prozessorientierte Logik des Engineering Designs (das „Wie“ des Machens) untrennbar mit der kompetenzorientierten Entwicklung der Habits of Mind (das „Wie“ des Denkens). Dadurch lösen sich auch die eingangs zitierten Herausforderungen auf, die durch

die „hochgradig kontextuelle und spezifische Natur“ technischen Wissens entstehen (European Commission, 2024): Während die reine Fachwissenschaft oft in hochspezialisierten Kontexten verhaftet bleibt, bietet die Verknüpfung von iterativen Prozessen und übertragbaren Denkhaltungen ein didaktisches Gerüst, das im Schulalltag handhabbar ist.

Damit kann auch der vermeintliche Widerspruch zwischen akademischer Ingenieurwissenschaft und schulischer Allgemeinbildung aufgelöst werden, indem prozess- und kompetenzorientiertes Lernen zusammen gedacht werden. Ein „ingenieurtypischer“ Unterricht nach diesem hybriden Modell würde Technik somit nicht als statischen Kanon von technischem Fachwissen und handwerklichen Fertigkeiten betrachten, sondern als eine methodisch geleitete Form der Technik- und damit Weltgestaltung.

5.2. Limitationen

Die Aussagekraft der vorliegenden Ergebnisse ist in mehrfacher Hinsicht einzugrenzen. Erstens basiert die Analyse auf einer zeitlichen Eingrenzung auf die letzten fünf Jahre sowie auf Arbeiten, in denen Frameworks explizit ausgewiesen und beschrieben werden, um vor allem aktuelle Publikationen ausfindig zu machen, die auch kontemporäre gesellschaftliche und technologische Entwicklungen inhaltlich berücksichtigen. Relevante ältere Beiträge oder implizite konzeptionelle Ansätze sind daher unberücksichtigt geblieben. Zweitens zeigt sich, dass ein Großteil der Suchtreffer zwar thematisch anschlussfähig, jedoch nicht primär auf den schulischen Kontext ausgerichtet sind, wodurch die Übertragbarkeit der Befunde eingeschränkt sein kann. Drittens stellt die vorgenommene Kategorisierung in design- und problemlösungsorientierte, kompetenzorientierte sowie curriculare bzw. domänenspezifische Frameworks eine erste strukturierende Einordnung dar, die zwar zentrale Gemeinsamkeiten und Unterschiede sichtbar macht, jedoch als heuristischer Zugang zu verstehen ist und bislang nicht durch eine vertiefende qualitative Inhaltsanalyse systematisch abgesichert wurde. Die Ergebnisse sind daher als ein erster explorativer und strukturierender Zugriff auf das Forschungsfeld zu interpretieren, der weitere analytischer Vertiefung bedarf.

Literatur

- acatech, Deutsche Akademie der Technikwissenschaften. (2020). *TechnikRadar 2020: Was die Deutschen über Technik denken*. München: acatech. Verfügbar unter: <https://www.acatech.de>. Abgerufen am 05.02.2026.
- American Society for Engineering Education. (2020). *Framework for P-12 engineering learning*. Washington, DC: ASEE.
- Anger, C., Betz, J., Plünnecke, A.. 2024 (a). MINT-Herbstreport 2024. MINT-Förderung – Der Schlüssel zu Innovation und Wachstum. Gutachten für BDA. Gesamtmetall und MINT Zukunft schaffen. Köln. Verfügbar unter: <https://www.iwkoeln.de>. Abgerufen am 02.04.2026
- Anger, C., Betz, J., Plünnecke, A., 2024 (b). *Bildungsmonitor 2024. Studie im Auftrag der Initiative Neue Soziale Marktwirtschaft (INSM)*. Köln. Verfügbar unter: <https://www.iwkoeln.de>. Abgerufen am 02.04.2026
- Blömeke, S., Gustafsson, J.-E., & Shavelson, R. J. (2015). Beyond Dichotomies: Competence Viewed as a Continuum. In: *Zeitschrift für Psychologie*, 223(1), 3–13.
- Boyle, F., Walsh, J., Riordan, D., Geary, C., Kelly, P., Broderick, E.. (2022). REEdI Design Thinking for Developing Engineering Curricula. *Education Sciences*. 12. 10.3390/educsci12030206.
- Buhr, R., & Hartmann, E. A. (2008). Technische Bildung entlang der Bildungskette – Ein vernachlässigtes Schlüsselement der Innovationspolitik. In: Buhr, R. & Hartmann, E.A. (2008): *Technische Bildung für Alle*. Berlin: Institut für Innovation und Technik.

- Bundesingenieurkammer e. V.. (2024). *Das Berufsbild des Ingenieurs: Gemeinsame Eckpunkte der Ingenieurkammern der Länder* [PDF]. Verfügbar unter: https://bingk.de/wp-content/uploads/2024/03/Berufsbild-des-Ingenieurs_BIngK.pdf. Abgerufen am 05.02.2026.
- Federkeil, G., Hachmeister, C.-D., & Hüsich, M. (2024). Studium in Ingenieurwissenschaften & IT: Wie entwickeln sich Studierendenzahlen, Neueinschreibungen und Abschlüsse? CHE gemeinnütziges Centrum für Hochschulentwicklung, <https://www.che.de/download/check-ingenieur/?wpdmdl=32196&refresh=69ce521c1cdb01775129116>. Abgerufen am 02.04.2026.
- Covidence. (2024). A practical guide: Screening for Systematic Reviews. Veritas Health Innovation Ltd. Verfügbar unter: <https://www.covidence.org/resource/screening-for-systematic-reviews/#download-resource>. Abgerufen am 08.12.2025.
- Statistisches Bundesamt. (2025, August). Studierende nach Fächergruppen. Bildung, Forschung, Kultur. Verfügbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bildung-Forschung-Kultur/Bildungsindikatoren/studierende-fachgruppen-tabelle.html>. Abgerufen am 02.04.2026.
- European Commission, Joint Research Centre, Pokropek, A. (2024). STEM competences, challenges, and measurements: a literature review. Editors: Mazzeo-Ortolani, G., Karpinski, Z., Biagi, F.. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2024, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/9390011>, JRC138618.
- Gerste, M., Graube, G., Hartmann, E., Hüttner, A., Mammes, I., Möllers, T. et al. (2021). Gemeinsamer Referenzrahmen Technik (GeRRT): Technikkompetenzen beschreiben und bewerten. VDI – Internationale Berufspolitik und Technische Bildung. Verfügbar unter: <https://www.vdi.de/ueberuns/presse/publikationen/details/gemeinsamer-referenzrahmen-technik-gerrt>.
- Halawa, S., Lin, T.-C., Hsu, Y.-S. (2024). Exploring instructional design in K-12 STEM education: a systematic literature review. *International Journal of STEM Education*. 11. 10.1186/s40594-024-00503-5.
- Higgins, J.P.T., Thomas, J., Chandler, J., Cumpston, M., Li, T., Page, M.J. et al. (2024). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions* version 6.5 (updated August 2024). Cochrane, 2024. Verfügbar unter: www.cochrane.org/handbook. Abgerufen am 05.02.2026.
- International Technology and Engineering Educators Association. (2020). Standards for technological and engineering literacy. Reston, VA: ITEEA.
- Katehi, L., Pearson, G. & Feder, M.. (2009). Engineering in K-12 Education: Understanding the Status and Improving the Prospects. 6. 10.17226/12635.
- Lai, M. & Cheng, E.. (2023). Bringing engineering into primary science classrooms using engineering design and community of practice approach—An evaluation of STEM × Play program. *Frontiers in Education*. 8. 10.3389/educ.2023.1290857.
- Massachusetts Department of Elementary and Secondary Education. (2016). Science & technology/engineering standards (2016 STE Standards). Boston: DESE. Verfügbar unter: <https://www.doe.mass.edu/frameworks/scitech/2016-04.pdf>. Abgerufen am 05.02.2026.
- Moore, T. J., Glancy, A. W., Tank, K. M., Kersten, J. A., Smith, K. A., & Stohlmann, M. S. (2014). A framework for quality K-12 engineering education: Research and development. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 4(1), 1–16.
- Moriyama, J., Yamamoto, T., Muramatsu, H., Taguchi, H., Yang, P., Otani, T. et al. (2023). A New Framework of Technology and Engineering Education Proposed by the Japan Society of Technology Education. In *The 40th International Pupils' Attitudes Towards Technology Conference Proceedings* (Bd. 1). Liverpool John Moores University. Verfügbar unter: <https://openjournals.ljmu.ac.uk/PATT40/article/view/927>.
- Mulder, M. (2014). Conceptions of Professional Competence. In *International Handbook of Research in Professional and Practice-based Learning* (pp. 107-137). Springer.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, (2010). Standards for K-12 Engineering Education?. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/12990>.
- Neumann, K. (2013). Mit welchem Auflösungsgrad können Kompetenzen modelliert werden? In welcher Beziehung stehen Modelle zueinander, die Kompetenz in einer Domäne mit unterschiedlichem Auflösungsgrad beschreiben?. In: *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 16 (Suppl 1), 35–39 (2013). <https://doi.org/10.1007/s11618-013-0382-4>.
- Niedersächsisches Kultusministerium. (2010). *Kerncurriculum für die Realschule: Technik* [Kerncurriculum]. Niedersächsisches Kultusministerium. Verfügbar unter: <https://cuvo.nibis.de/>. Abgerufen am 05.02.2026.
- Nordhausen, T., Hirt, J. (2022). 10 Schritte zur systematischen Literaturrecherche. In: Nordhausen, T., Hirt, J. RefHunter. Systematische Literaturrecherche. Verfügbar unter: https://refhunter.org/research_support/rechercheschritte/. Abgerufen am 05.02.2026.

- Purzer, S., Quintana, J., Menekse, M.. (2021). The honeycomb of engineering framework: Philosophy of engineering guiding precollege engineering education. *Journal of Engineering Education*. 111. 19-39. 10.1002/jee.20441.
- Reynante, B., Selbach-Allen, M., Pimentel, D.. (2020). Exploring the Promises and Perils of Integrated STEM Through Disciplinary Practices and Epistemologies. *Science & Education*. 29. 10.1007/s11191-020-00121-x.
- Rychen, D. S., & Salganik, L. H. (2003). *Key Competencies for a Successful Life and a Well-Functioning Society*. Hogrefe & Huber.
- Srikoon, S., Khamput, C., & Punsrigate, K. (2024). EFFECTS OF STEMEN TEACHING MODELS ON MATHEMATICAL LITERACY AND MATHEMATICAL PROBLEM-SOLVING. *Malaysian Journal of Learning and Instruction*, 21(2), 79–115. <https://doi.org/10.32890/mjli2024.21.2.4>.
- Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau. (2019). *Technikunterricht in Deutschland*. Frankfurt am Main: VDMA. Verfügbar unter: <https://www.vdma.eu>. Abgerufen am 05.02.2026.
- Verein Deutscher Ingenieure e. V. (2007). *Bildungsstandards Technik für den mittleren Schulabschluss*. VDI.
- von Elm, E., Schreiber, G., & Haupt, C. C. (2019). Methodische Anleitung für Scoping Reviews (JBI-Methodologie). *Zeitschrift für Evidenz, Fortbildung und Qualität im Gesundheitswesen*, 143, 1–7.
- Wan, D. & Lee, Y.-J. (2023). Engineering in grades 1–9 science education standards from China. *Science & Education*. 34. 199-226. 10.1007/s11191-023-00457-0.

LENNART ROHLFS, M. ED.

Carl von Ossietzky Universität, Institut für Physik, Arbeitsgruppe Technische Bildung
Uhlhornsweg 83, 26111 Oldenburg
lennart.rohlf@uni-oldenburg.de

DR. JAN LANDHERR

Carl von Ossietzky Universität, Institut für Physik, Arbeitsgruppe Technische Bildung
Uhlhornsweg 83, 26111 Oldenburg
jan.landherr@uni-oldenburg.de

PROF. DR. TOBIAS WIEMER

Universität Potsdam, Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Fakultät, Professur für Technik und Technische Bildung
Karl-Liebknecht-Straße 24-25, 14476 Potsdam
tobias.wiemer@uni-potsdam.de

Zitieren dieses Beitrags:

Rohlf, L., Landherr, J. & Wiemer, T. (2026). Ingenieurwissenschaftliche Kompetenzen in der Allgemeinbildung: Analyse und Systematisierung bestehender internationaler Rahmenwerke. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 14(1), 80–99.