

*Sebastian Bernhard, Hendrik Tenbrake, Julia Berg-Postweiler, Jennifer Bosen, Clara Lemke, Marie Mirsch, Charlotte Nolles, Calvin Röhl, Ann-Kristin Winkens, Carmen Leicht-Scholten*

### **III. Ethics by Design: Welchen Beitrag können die Gender & Diversity Studies für eine zukunftsorientierte Ausbildung sozial-verantwortlicher Ingenieur\*innen leisten?**

#### **1. Einleitung**

Ingenieur\*innen kommt in ihrer Rolle als Gestalter\*innen von Technik, wie etwa Maschinen, Bauwerken, technischen Anlagen oder Software, die das Leben von zahlreichen Menschen beeinflussen, eine besondere gesellschaftliche Verantwortung zu (Grunwald, 2020; Hess-Lüttich, 2021; Clancy & Zhu, 2023). Folglich können und dürfen die Erfindung, Planung und Umsetzung technischer Erzeugnisse nicht als reiner *Selbstzweck* des Ingenieurberufs begriffen werden: Überall dort, wo sich das menschliche Leben als abhängig oder beeinflussbar von der Funktionalität von Technik zeigt, sollte das Wohlergehen von Menschen und Gesellschaft als Ziel und Richtmaß bestimmd für die Arbeit von Ingenieur\*innen sein, und nicht die bloße technische Machbarkeit (Jonas, 1979; Tonkinwise, 2004; Schmidt, 2021; Clancy & Zhu, 2023).

In Anbetracht der daraus resultierenden Einflussnahme auf die soziale Realität wird deutlich, dass zukünftige Ingenieur\*innen im Rahmen ihrer Ausbildung dazu befähigt werden müssen, dieser sozialgesellschaftlichen Verantwortung gerecht zu werden. Im Studium erfolgt eine solche Kompetenzvermittlung üblicherweise durch Kursangebote aus dem Bereich der Ingenieurethik (Pierrakos et al., 2019; Martin et al., 2021; Hwang et al., 2023; McAninch, 2023). Die Ethikkurse sollen Ingenieurstudierende durch die Einnahme einer

menschzentrierten Perspektive dafür sensibilisieren, dass technische Innovationen ein Optimum an Sicherheit, Nutzbarkeit, Kosteneffizienz, aber auch Umweltverträglichkeit erfüllen müssen (Consoli, 2008; Bergen & Robaey, 2022; Brown et al., 2024).

Die Art und Weise, wie die Berücksichtigung der genannten und anderer ethisch relevanter Aspekte in den Technikwissenschaften gewährleistet wird, erfolgt sowohl in der Ausbildung als auch Berufspraxis vorwiegend über *Ethikkodizes* (Genske, 2021; Martin et al., 2021; Conlon, 2022; Brown et al., 2024).<sup>1</sup> Diese bestehen aus einem Katalog von zumeist allgemein gehaltenen Verhaltensrichtlinien, welche für Ingenieur\*innen bindend sind und im Studium eine zentrale Stellung in der Vermittlung ethischer Inhalte einnehmen. Vorrangiges Ziel ist es dabei, Studierende frühzeitig mit den für die Profession geltenden ethischen Standards bekannt zu machen und sie in die Lage zu versetzen, der jeweils gebotenen Vorschrift adäquat Folge zu leisten.<sup>2</sup> Der intendierte Sinn von Ethikkodizes in den Technikwissenschaften ist offensichtlich: Durch sie soll verantwortungsvolles Verhalten sichergestellt werden, welches berufstypische Risiken und Ungewissheiten in entsprechenden Entscheidungssituationen erkennt, einkalkuliert, abmildert oder gänzlich vermeidet (Consoli, 2008; Harris, 2008; Pierrakos et al., 2019). Ingenieur\*innen sehen sich in den einzelnen technischen Entwicklungs- und Umsetzungsphasen mit zahlreichen Unwägbarkeiten konfrontiert, welche potenziell eine Gefahr oder Beeinträchtigung für die Nutzenden der hergestellten Erzeugnisse darstellen können (Conlon, 2022). Angesichts dessen bilden Verhaltenskodizes in der Tat ein unverzichtbares Instrument im Berufsalltag von Ingenieur\*innen, und eine frühzeitige Heranführung im Studium an jene ethischen Richtlinien wirkt somit mehr als gerechtfertigt.

- 
- 1 In Deutschland ist hier etwa das Regelwerk des Vereins Deutscher Ingenieure e.V. [VDI] *Ethische Grundsätze des Ingenieurberufs* (VDI, 2021) zu nennen.
  - 2 Die Vermittlung besagter Regelwerke im Ethikunterricht des Ingenieurstudiums geschieht zumeist mithilfe von Anwendungsfällen (Case Studies) aus der Ingenieurpraxis (Pierrakos et al., 2019). Die Besprechung solcher Fallbeispiele kann hierbei durchaus einen eigenständigen didaktischen Baustein in der ingenieurwissenschaftlichen Ethikvermittlung abbilden – in aller Regel läuft es jedoch auch hier auf die verbindliche Berücksichtigung und Implementierung maßgeblicher Kodizes hinaus (Conlon, 2022).

Trotz dieses Sachverhaltes kann eine zu starre und einseitige Fixierung auf die Befolgung vorgegebener Verhaltenskodizes zu einem erheblichen Problem in der ingenieurwissenschaftlichen Ethikdidaktik führen. Dies nicht allein nur aus dem Grund, dass selbst die besten Vorschriften es nicht vermögen, zum Teil katastrophale Folgen technischer Projekte und Erzeugnisse ausnahmslos zu verhindern, wie sie durch unglückliche Zufälle, Unvorhersehbarkeiten, menschliches Versagen oder nicht erkenntliche Variablen entstehen (vgl. etwa das *Challenger*-Desaster von 1986) (Pierrakos et al., 2019). Das eigentliche Problem einer ingenieurwissenschaftlichen Ethikdidaktik, deren vordergründiges Ziel sich in der Vermittlung von Verhaltenskodizes erschöpft, besteht vielmehr in der mangelnden Wirksamkeit: Mehrere Studien (Harding et al., 2013; Pierrakos et al., 2019; Clancy & Zhu, 2023; Howland et al., 2024) konnten nachweisen, dass eine primär an Ethikkodizes angelehnte Lehre – selbst unter philosophischer Anleitung – nicht zu einem signifikant ethischeren Verhalten bei Ingenieurstudierenden beiträgt, zum Teil gar gegenläufige Tendenzen zeitigt (Colby & Sullivan, 2008; Hess & Fore, 2018; Conlon, 2022; Brown et al., 2024). An diesem Punkt stellt sich die Frage nach dem möglichen *Grund* für die bestehende Disparität zwischen vorrangig an formellen Kodizes ausgerichtetem Lehrinhalt und Lernergebnis (i. e. das ethische Verhalten der angehenden Ingenieur\*innen). Ebenso muss die Frage auftreten, ob derartige Lehrkonzepte tatsächlich der herausragenden gesellschaftlichen Verantwortung gerecht werden können, die an den Ingenieurberuf adressiert wird. Offenbar bräuchte es gerade unter Ingenieur\*innen eine größtmögliche Verinnerlichung und einen differenzierteren Umgang mit ethischen Werten und Verhaltensweisen, um auch dort, wo Entscheidungswege nicht durch Ethikkodizes hinlänglich vorgezeichnet sind, ein verantwortungsvolles Handeln zu ermöglichen.

Die *theoretische* Gestaltung der ethischen Wertevermittlung im Studium scheint dabei selbst eine der Wurzeln des oben angemerkteten Missstandes zu sein, und der Heranbildung einer verantwortungsvollen Ingenieurpersönlichkeit im Wege zu stehen. Die Befolgung klar vorgegebener und für alle maßgeblichen Situationen verbindlicher Regeln – wie es als ethischer Standard in der Ausbildung und Berufsausübung von Ingenieur\*innen vorherrscht – entspricht weitestgehend derjenigen Ethiktheorie, die als *Deontologie* (von griech.: *déon*, die Pflicht) bekannt ist (Bergen & Robaey, 2022).

Dieser Theorie nach sind nicht allein die Folgen einer Handlung oder andere außermoralische Eigenschaften bedeutsam für den ethischen Wert einer Entscheidung. Ausschlaggebend ist vielmehr, ob die Handlung einer kategorisch verbindlichen und prinzipiell zu befolgenden Regel entspricht oder nicht (Schmidt, 2021). Eine solche Konzeption ethischen Handelns kommt einer naturwissenschaftlich dominierten Fachdisziplin wie den Technikwissenschaften nicht nur wegen ihrer vermeintlich simplen Ergebniseindeutigkeit entgegen (»Was falsch ist, ist unzweideutig einsehbar, sodass angebrachte Präventivmaßnahmen ergriffen werden können«). Auch der Umstand, dass eine deontologische Ethik eine rein formale, logische und objektive Urteilsfindung suggeriert, erklärt die Attraktivität für die ethische Didaktik im Ingenieurwesen (Harris, 2008; Pierrickos et al., 2019).

Lernt man, ethisch relevante Entscheidungssituationen ausschließlich unter deontologischen Gesichtspunkten zu beurteilen, so wäre es ganz folgerichtig, ethische Probleme wie technische Probleme zu lösen – nämlich mithilfe der richtigen »Werkzeuge«. Eine derartige »Problemlöser-Mentalität« kann den tatsächlichen Anforderungen, die ethische Sachverhalte an Ingenieur\*innen stellen, jedoch nur in seltenen Fällen genügen. Ja, sie verstärkt geradezu den Effekt, die Verantwortung des eigenen Handelns zu veräußerlichen und an vorgeblich objektive, unfehlbare Normen und Instanzen zu delegieren (Pierrickos et al., 2019; Rodriguez-Nikl & Schaff, 2023). Die didaktische Reduktion von Ethik auf bloße Regelbefolgung im Ingenieurstudium leistet dieser Denkweise Vorschub (McAninch, 2023). Dass ethische Entscheidungen hingegen von technischen Rationalisierungen verschieden sind und neben kognitiven Leistungen und Regelkonformität auch völlig andere menschliche Wesensdimensionen ansprechen und bedürfen, droht durch die übermäßige deontologische Betonung von Ethikkodizes zunehmend ausgetreten oder gar nicht erst bewusst gemacht zu werden (Bergen & Robaey, 2022; Clancy & Zhu, 2023).

Um dieser deontologischen Vereinseitigung und ihren Folgen entgegenzuwirken, wäre es für eine ethisch verantwortliche Ingenieurpraxis dringend erforderlich, der Herausbildung anderer ethischer Vermögen, wie der gefühlsbedingten Sorge um andere, Empathie, Redlichkeit oder praktischer Reflexion und Besonnenheit, Raum zu geben. Entsprechend plädieren verschiedene Autor\*innen schon

seit einigen Jahren für eine theoretische Schwerpunktverlagerung in der Ingenieurethik, indem vor allem die Einbindung *tugendethischer* Gedanken in das herkömmliche Lehrmodell angemahnt wird (Harris, 2008; Consoli, 2008; Pierrakos et al., 2019; Schmidt, 2021; Bergen & Robaey, 2022; Conlon, 2022; Brown et al., 2024). Als dritte paradigmatische Ethiktheorie – neben Deontologie und Konsequentialismus – stellt die Tugendethik die praktische Klugheit (Schmidt, 2021), charakterliche Integrität und persönliche Verantwortung (Schmiedl-Neuburg, 2017) handelnder Menschen in den Mittelpunkt ihrer Betrachtung: Nicht durch äußere Regelkonformität allein erreichen Menschen das ethisch Gute, sondern durch die an der Handlungspraxis geschulte Erfahrung und durch die Bewusstmachung der eigenen Verantwortlichkeit. Diese sollen letztlich ein innerliches Bedürfnis und die charakterliche Disposition befördern, tugendhaft zu handeln (Harris, 2008; Clancy & Zhu, 2023). Eben diese Akzentverschiebung von einer extrinsischen zu einer intrinsischen Motivation könnte der Ethiklehre die entscheidenden Impulse geben, um Ingenieur\*innen auszubilden, die einerseits die Bedeutung geltender Regelwerke subjektiv einsehen und in der Praxis mitvollziehen, andererseits aber auch dort, wo vorgefasste Normen keine schematischen Antworten auf ethische Fragestellungen erlauben, in der Lage sind, kritisch reflektierte, holistische und rechtfertigbare Entscheidungen zu fällen.<sup>3</sup>

Wie wenig das herkömmliche ingenieurwissenschaftliche Ethikverständnis zur Bildung des tugendethischen Ideals einer reflektierten, intrinsisch motivierten und verantwortungsvollen Persönlichkeit beiträgt, wird immer dann besonders deutlich, wenn im technischen Innovationsprozess die (nicht stets offen erkennbare) menschliche *Diversität* unberücksichtigt bleibt. Als Paradebeispiel hierfür lässt sich die Sicherheitsprüfung von Automobilen mithilfe von Crashtestdummies anführen, die lediglich einer standardisierten männlichen Physiologie nachempfunden wurden (Carter et al., 2014; Ryan et al., 2022). Aufgrund dieses Testdesigns können keine stichhaltigen Aussagen über die Sicherheit von Personengruppen getroffen werden, welche von jener Körpernorm abweichen (vor allem

---

3 Siehe hierzu auch Abschnitt 7 (»Grenzen bzw. Herausforderungen für Ethics by Design«) im zweiten Teil (Potenziale, Umsetzung und Grenzen) des vorliegenden Sachstandsberichts.

Frauen und Kinder). In Unfällen sind diese Personen folglich einem höheren Verletzungsrisiko ausgesetzt (Carter et al., 2014; Ryan et al., 2022). Ein weiteres Beispiel stellen die in der COVID-19-Pandemie häufig eingesetzten Blutsauerstoffmessgeräte dar. Wie sich im Rahmen der Behandlung erkrankter Patient\*innen herausgestellt hat, sind diese Geräte weniger gut in der Lage, die Körperdaten von Personen mit dunklerer Hautfarbe zu erheben, was zu fatalen medizinischen Fehldiagnosen führen kann (Sudat et al., 2023). Negativ verstärkend wirken in diesem Zusammenhang auch die sogenannten Unconscious-Bias-Effekte, also die implizite und nicht bewusste Voreingenommenheit in Bezug auf bestimmte Personengruppen. So hat sich etwa bei der Nutzung einer US-amerikanischen Strafverfolgungssoftware ergeben, dass diese ohne sachbezogenen Grund häufiger Personen dunkler Hautfarbe als potenzielle Straftäter\*innen kennzeichnet (Angwin et al., 2016).

Diese Beispiele machen klar, wie limitiert ein überwiegend regelgeleitetes Ethikverständnis in solchen Fällen sein kann, in denen es gilt, bislang unberücksichtigte menschliche Diversitätsdimensionen in technische Entwicklungen einzukalkulieren, um potenzielle Schädigungen abzuwenden. Gleichzeitig heben jene Fallbeispiele die Wichtigkeit hervor, die in der Integration einer gender- und diversitätssensiblen Perspektive der *Science and Technology Studies* für die Ingenieurausbildung besteht. Diese Sichtweise bemüht sich um eine Betrachtung technologischer Design- und Entwicklungsprozesse vor dem Hintergrund menschlicher Diversität, und bietet einen möglichen Ausgangspunkt dafür, die beschränkte und vorwiegend auf Kodizes basierende Auffassung von Ethik in der Ingenieurpraxis und -ausbildung zu hinterfragen und zu überschreiten.

Die Einbeziehung einer derartigen Perspektive in die technikzentrierten Curricula der Ingenieurwissenschaften stellt allerdings eine nicht unbeträchtliche Herausforderung dar (Leicht-Scholten, 2025). Um dieser zukunftsweisenden Aufgabe zu begegnen, implementiert das Lehr- und Forschungsgebiet Gender und Diversity in den Ingenieurwissenschaften (GDI) der *RWTH Aachen University* ein interdisziplinäres Lehrkonzept, welches die Ingenieurausbildung um zentrale Theorien, Methodiken und Betrachtungsweisen der Gender- und *Science and Technology Studies* erweitert. Dem oben dargelegten tugendethischen Verständnis folgend soll durch angemessene Kursangebote die Entwicklung einer sozial-verantwortlichen Inge-

nieurpersönlichkeit unterstützt werden, die insbesondere zu einer Diversitätssensiblen Beurteilung technologischer Fragen, Probleme und Entscheidungen befähigt ist. Die nachfolgenden ausgewählten Beispiele aus der Lehrpraxis des Instituts machen deutlich, wie eine solche Einbettung in die Ingenieurausbildung gelingen kann.

## **2. Die ethische und sozial-verantwortliche Ingenieurausbildung als didaktische Herausforderung**

Ingenieur\*innen tragen durch die Entwicklung wichtiger technischer Infrastruktur, wie Straßen, Eisenbahnen, Brücken oder Dämmen sowie in Bereichen der Abfallwirtschaft, Wasser- und Energieversorgung und digitalen Kommunikationstechnologien, eine besondere gesellschaftsgestaltende Verantwortung. Diese technologischen Lösungen können einen wichtigen Beitrag zur Bewältigung der globalen Herausforderungen leisten, indem sie nachhaltig und verantwortungsvoll entwickelt werden und technologische, wirtschaftliche, ökologische und soziale Aspekte berücksichtigen (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [UNESCO], 2021).

Um Studierende der Technikwissenschaften in ihrer Rolle als Entwickler\*innen von gesellschaftsgestaltender Technologie für eine nachhaltige und sozial verantwortungsvolle Innovation zu sensibilisieren, bedarf es interdisziplinärer Lehr- und Lernmethoden. Diese sollen einerseits Gelegenheiten schaffen, das Verständnis der Studierenden für ihre gesellschaftliche Verantwortung zu fördern, und andererseits die notwendigen Fähigkeiten vermitteln, durch welche sie dieser Verantwortung gerecht werden können (Rulifson & Bielefeldt, 2019).

## **3. Grundlagen des Lehr- und Lernkonzepts (Bachelor) – Theorie und Praxis auf lokaler und internationaler Ebene**

Entsprechend dem Qualifikationsrahmen für deutsche Hochschulabschlüsse (HQR) (Kultusministerkonferenz, 2017) zielt das Lehr-

und Lernkonzept des GDI zunächst im Sinne der Bachelorebene darauf ab, eine breite Grundlage des Wissens und Verstehens zu fördern. Diese folgt dem aktuellen Stand der Forschung gender- und diversitätssensibler Science and Technology Studies und macht Studierende grundlegend mit der besonderen Verantwortung der Technikwissenschaften für Gesellschaft und Umwelt vertraut. Dem HQR folgend werden Studierende, auch durch kontextspezifische Wissensvertiefungen, zunehmend an die Übernahme einer kritisch reflektierten Position herangeführt. Hierbei werden Studierende angeleitet, das erworbene Wissen und Verstehen sozialwissenschaftlicher Theorien und Methoden auf ingenieurwissenschaftliche Problem- und Fragestellungen praktisch anzuwenden, und differenzierte und handlungsorientierte Urteile im Hinblick auf ihre herausragende Verantwortung zu bilden. Im Sinne der angestrebten Förderung einer charakterlichen Disposition zu verantwortlichem Handeln soll dies die Entwicklung eines wissenschaftlich fundierten und kritischen Selbstverständnisses anleiten. Dieses soll die Studierenden grundsätzlich dazu befähigen, im Kontext technikwissenschaftlicher Problem- und Fragestellungen und im Bewusstsein ihrer Verantwortung für Gesellschaft und Umwelt reflektiert zu handeln und evaluierte Entscheidungen zu treffen.

Gemäß den umfassenden Anforderungen an ein derart gestaltetes Lehr- und Lernkonzept hat das GDI drei Lehrveranstaltungen auf der Bachelorebene entwickelt und etabliert: 1) die (Grundlagen-)Vorlesung *Ingenieurwissenschaften und Gesellschaft*, 2) ein praktisch und lokal orientiertes *Institutspraktikum Engineer meets User* und 3) einen internationalen *Massive Open Online Course (MOOC)* mit dem Titel *Responsible Innovators of Tomorrow*. Diese Lehrveranstaltungen sollen nun im Folgenden näher vorgestellt werden.

### **3.1 Vorlesung *Ingenieurwissenschaften und Gesellschaft***

Die Vorlesung *Ingenieurwissenschaften und Gesellschaft* bildet die Grundlage für die Lehrveranstaltungen des GDI. In der Vorlesung werden elementare Aspekte und Fragestellungen von Nachhaltigkeit, Gender und Diversität im Kontext der Technikwissenschaften vermittelt. Des Weiteren führt sie ausführlich in die »Ziele für Nachhal-

### III. Ethics by Design: Ausbildung sozial-verantwortlicher Ingenieur\*innen

tige Entwicklung« (*Sustainable Development Goals*, SDGs) (Vereinte Nationen, 2015) ein, und verdeutlicht Zusammenhänge zwischen den einzelnen Zielen sowie deren Relevanz für die Technikwissenschaften anhand ausgewählter Beispiele (Decker et al., 2022). Die Vorlesung ist verpflichtend für die Studierenden der Bachelorstudiengänge Bau- und Umweltingenieurwesen. Aber auch Studierende der Technikkommunikation und Soziologie mit dem Schwerpunkt Technikforschung besuchen diese Vorlesung im Wahlpflichtbereich. Im Verlauf der Veranstaltung entwickeln die Studierenden ein breites Verständnis für die Wechselwirkungen zwischen Gesellschaft und Ingenieurwissenschaften. Dies trägt erheblich dazu bei, die Grundlagen für die Heranbildung einer sozial-verantwortlichen Ingenieurpersönlichkeit zu schaffen. Nach Abschluss der Vorlesung sollen die Studierenden mit den *Sustainable Development Goals* vertraut sein, die Zusammenhänge zwischen Nachhaltigkeit und sozialer Verantwortung erkennen und deren Bedeutung für Technik und Innovation verstehen. Darüber hinaus sollen sie ihre gesellschaftliche Verantwortung als Ingenieur\*innen reflektieren und daraus resultierende Handlungsfelder in ihrer beruflichen Tätigkeit identifizieren können.

Zur Erreichung der intendierten Lernziele beginnt die Vorlesung mit einer Einführung in zentrale Themen und Theorien der Nachhaltigkeit, Technikethik sowie gesellschaftlicher Verantwortung. Anschließend wird die Relevanz der Schnittstelle zwischen Ingenieurwissenschaften und Gesellschaft durch die Thematisierung von ausgewählten gesellschaftlichen Strukturen im Bereich Gender, Diversität sowie einer internationalen Entwicklungspolitik verdeutlicht. Beispiele zur Umsetzung einer sozial-verantwortlichen und nachhaltigen Technikgestaltung werden anhand von Mobilitätskonzepten, Stadtentwicklung sowie Wasser- und Energieversorgung diskutiert. Um die Lehrveranstaltung zu strukturieren, sind die Lerninhalte in drei Blöcke mit acht dazugehörigen Lerneinheiten unterteilt (siehe Abbildung 1).

Thematischer Block	Lerneinheiten	Zugehörige SDGs
<b>Block I:</b> Soziale und nachhaltige Technikgestaltung	Nachhaltigkeit & Verantwortung Technikethik & Technikfolgenabschätzung	
<b>Block II:</b> Gesellschaftliche Strukturen und Diskurse	Diversität Diversitätsdimension Gender Diversitätsdimension „Race“	
<b>Block III:</b> Nachhaltige Gestaltung von Lebensräumen	Stadtplanung Mobilitätsperspektiven Wasser und Energie	

Abbildung 1: Struktur und Aufbau der Vorlesung  
Ingenieurwissenschaften und Gesellschaft

Das Lehr- und Lernkonzept der Vorlesung basiert sowohl auf *Blended Learning*-Ansätzen als auch auf einem *Flipped Classroom*-Prinzip und wurde über mehrere Jahre hinweg iterativ entwickelt (Decker et al., 2021, 2022). Das Konzept setzt sich aus drei wesentlichen Bausteinen zusammen: Selbstständiges Lernen, Selbstständiges Reflektieren sowie gemeinsames Diskutieren und Reflektieren.

Für das selbstständige Lernen stehen den Studierenden verschiedene Lernmaterialien zur Verfügung. Zu den Materialien gehören Vorlesungsfolien, Skripte, weiterführende Literatur sowie externe Links zu Praxisbeispielen und Anwendungen (Decker et al., 2022). Die bereitgestellten Materialien sind so gestaltet, dass sie unterschiedliche Lerntypen ansprechen und ein individuelles Lerntempo ermöglichen. Im Zuge einer umfassenden Kompetenzentwicklung ist die Reflexion der erlernten Inhalte unerlässlich. Das selbstständige Reflektieren hat zum Ziel, die erarbeiteten Lerninhalte und das Verständnis für diese zu vertiefen. Zur Förderung der eigenständigen Reflexion werden verschiedene, auf unterschiedliche Lerntypen abgestimmte Aufgabenformate angeboten, die regelmäßig weiterentwickelt werden. Durch eine Bewertung im *Peer-to-Peer*-Prinzip können die Studierenden mit Kommiliton\*innen in einen wissenschaftlichen Austausch treten.

Ergebnisse der Auswertung des *Self-Assessments* zu Beginn und am Ende des Kurses zu Motivation, Interesse und dem Kompetenzerwerb zeigen, dass Studierende ihr Wissen über Nachhaltigkeit und soziale Verantwortung von Ingenieur\*innen durch die Vorlesung erweitern (Lemke et al., 2023). Auch die Fähigkeiten, selbstständig zu lernen und das eigene Wissen kritisch zu beurteilen, haben sich verbessert. Während die Studierenden zu Beginn der Vorlesung vor-

nehmlich die technischen Aspekte der Rolle von Ingenieur\*innen in der Gesellschaft betonen, zeigen die Ergebnisse am Ende der Veranstaltung, dass soziale Verantwortung und die Berücksichtigung gesellschaftlicher Bedürfnisse stärker in den Fokus rücken (Lemke et al., 2023).

Die Vorlesung *Ingenieurwissenschaften und Gesellschaft* zeigt auf, wie bereits im Bachelorstudium sozialwissenschaftliche Themen in ingenieurwissenschaftliche Studiengänge integriert werden können, um Studierende für ihre Rolle als Gestalter\*innen einer nachhaltigen Zukunft vorzubereiten. Obgleich die Vorlesung – wie an den Veranstaltungsevaluationen zu erkennen ist – das Bewusstsein für soziale und nachhaltige Verantwortung eindeutig stärkt, bedarf es darüber hinaus ergänzender praxisorientierter Kurse, um das Verständnis für die Integration sozialer Aspekte in technische Problemstellungen zu vertiefen und das erlernte Wissen praktisch anzuwenden (McAninch, 2023).

### 3.2 Institutspraktikum *Engineer meets User*

Im Sinne einer praxisorientierten Ausbildung arbeiten Studierende im Rahmen des Institutspraktikums *Engineer meets User* aktiv an aktuellen Forschungsthemen des Lehr- und Forschungsgebietes mit. Ausgehend von aktuellen Fragestellungen im Kontext verantwortungsvoller Forschung und Innovation (Owen et al., 2012) wenden Studierende praxisnah sozialwissenschaftliche Methoden an. Ziel ist es, das Verständnis der Ingenieurstudierenden für die Relevanz sozialwissenschaftlicher Forschung zu intensivieren und sie für gesellschaftliche Themen zu sensibilisieren. Das Konzept basiert auf der Annahme, dass Studierende im Hinblick auf die Verbindung von Forschung und Lehre insbesondere davon profitieren, dass sie aktiv in Forschung eingebunden werden (Tassone et al., 2018). Die zu behandelnden Themen des jeweiligen Semesters haben (häufig) einen regionalen Bezug und knüpfen an die Lebensrealität der Studierenden an, was die Einsicht in die Sinnhaftigkeit und soziale Relevanz der eigenen Ingenieurtätigkeit zusätzlich zu verstärken hilft.

Das Institutspraktikum *Engineer meets User* wird an der Fakultät für Bauingenieurwesen der RWTH Aachen angeboten und richtet sich an Bachelorstudierende des Bau- und Wirtschaftsingenieurwe-

sens. Jedes Sommersemester nehmen circa 100 Studierende an der Veranstaltung teil. Zu Beginn des Semesters wird die Wichtigkeit sozialwissenschaftlicher Forschung diskutiert und ihre Bedeutung für angehende Ingenieur\*innen aufgezeigt. Zudem werden sozialwissenschaftliche Forschungsmethoden eingeführt, wobei der Fokus des Seminars auf der Durchführung von quantitativen Methoden, vor allem der Fragebogenmethode liegt. Von den Grundlagen der Fragebogenkonstruktion ausgehend entwickeln die Studierenden in Zusammenarbeit mit den Dozent\*innen einen Fragebogen und führen anschließend eine Umfrage durch. Themen der letzten Jahre waren zum Beispiel: »Die verantwortungsvolle Stadt der Zukunft – Visionen für Aachen« oder »Future Skills – Inwiefern fühlen sich Studierende durch ihr Studium auf das Berufsleben vorbereitet?«. Die Zielgruppen der Umfrage variieren jedes Jahr, sodass teilweise nur Studierende oder auch alle Bürger\*innen von Aachen mögliche Teilnehmer\*innen der Umfragen sind.

Am Ende des Semesters diskutieren die Studierenden in Einzelarbeit die Ergebnisse in einer wissenschaftlichen Seminararbeit, indem sie die erhobenen Daten auswerten, vorstellen und in Zusammenhang mit anderen Studien setzen. Außerdem werden die Studierenden in Gruppen eingeteilt und präsentieren ihre Ergebnisse in einem wissenschaftlichen Poster. Im Sinne des Forschenden Lernens (Huber, 2014) sind Studierende das ganze Semester aktiv eingebunden und durchlaufen unterschiedliche Phasen des Forschungsprozesses.

Bisherige Evaluationen zeigen, dass Studierende den Kurs positiv bewerten. Insbesondere wird hervorgehoben, dass das praktische Anwenden von Inhalten zum Lernerfolg beiträgt und somit eine sinnvolle Perspektiverweiterung erlaubt. Dabei wird die Relevanz sozialwissenschaftlicher Forschung in hohem Maße bewusst gemacht und in Zusammenhang mit der eigenen Disziplin gesetzt.

Das Institutspraktikum stellt für Ingenieurstudierende die Bedeutsamkeit ihres Handelns auf lokaler Ebene heraus. Idealerweise wird dieser Blickwinkel durch eine internationale Perspektive komplementiert, welche die ingenieurspezifische Verantwortung auf die globale Dimension hin öffnet. Der im folgenden Abschnitt vorgestellte MOOC soll zu dieser Horizonterweiterung anregen.

### 3.3 Massive Open Online Course *Responsible Innovators of Tomorrow*

Der im Rahmen der europäischen ENHANCE-Allianz<sup>4</sup> entwickelte Massive Open Online Course (MOOC) *Responsible Innovators of Tomorrow* (Decker et al., 2024) bietet Studierenden eine interdisziplinäre Einführung in die Prinzipien verantwortungsvoller Forschung und Innovation (*Responsible Research and Innovation, RRI*) (Owen et al., 2012) auf internationaler bzw. europäischer Ebene. Ziel des Kurses ist es, zukünftige Innovator\*innen in die Lage zu versetzen, technologische Entwicklungen nicht isoliert als lokale Lösungen, sondern als Teil eines komplexen globalgesellschaftlichen Gefüges zu betrachten. Durch die Kooperation mit Expert\*innen aus mehreren europäischen Hochschulen vermittelt der MOOC unterschiedliche internationale wissenschaftliche Perspektiven und zeigt, wie Innovationsprozesse aktiv und verantwortungsbewusst gestaltet werden können.

Der Kurs ist frei verfügbar auf der MOOC-Plattform edX der RWTH,<sup>5</sup> richtet sich an Studierende aller Bachelorstudiengänge und wird als *Microcredential* an allen ENHANCE-Universitäten angeboten. Außerdem ist der Kurs im *Honors College*<sup>6</sup> der RWTH Aachen strukturell verankert; weitere Verankerungen in Studiengängen sind geplant.

Die didaktische Grundlage des Kurses bildet der Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) Learning Compass 2030 (OECD, 2019), welcher Lernprozesse in einem iterativen Zyklus aus Antizipation, Handlung und Reflexion strukturiert. In der Anticipationsphase werden Studierende dazu angeleitet, zukünftige Auswirkungen technischer Entwicklungen abzuschätzen und gesellschaftliche Herausforderungen zu analysieren. Die Handlungsphase fokussiert die Entwicklung konkreter Lösungsansätze für technologische und gesellschaftliche Probleme unter Berücksich-

---

4 The European Universities of Technology Alliance (ENHANCE). <https://enhance-euniversity.eu/>.

5 Edx. (o. D.). RWTHx: Responsible Innovators of Tomorrow <https://www.edx.org/learn/innovation/rwth-aachen-university-responsible-innovators-of-tomorrow>.

6 RWTH Aachen. (o. D.). Honors College. <https://www.hc.rwth-aachen.de/cms/~plqm/HC/>.

tigung von Nachhaltigkeitszielen und ethischen Prinzipien. In der Reflexionsphase evaluieren die Teilnehmenden ihre Erkenntnisse, setzen sich mit ethischen und sozialen Implikationen auseinander und hinterfragen die langfristigen Folgen technologischer Innovationen. Dieser iterative Prozess fördert (vor dem Hintergrund einer internationalen Perspektive) die Entwicklung einer verantwortungsvollen Ingenieurpersönlichkeit, indem er die Fähigkeit der Studierenden stärkt, soziale und verantwortungsbewusste Entscheidungen in internationalen Kontexten zu treffen. Auf diese Weise sollen Innovationsprozesse ganzheitlich gedacht und gestaltet werden.

Inhaltlich orientiert sich der MOOC an den drei ENHANCE-Pilotthemen: Digitalisierung und Künstliche Intelligenz, Klimaschutz sowie nachhaltige Städte und Gemeinschaften. Studierende setzen sich mit den technischen, sozialen und ökologischen Herausforderungen dieser Bereiche auseinander und erlernen anhand internationaler Praxisbeispiele einen reflexiven Umgang mit zentralen Konzepten wie Gender & Diversity, Nachhaltigkeit, soziale Verantwortung, ethische Entscheidungsfindung und interdisziplinäre Zusammenarbeit. Jede Kurseinheit kombiniert Videovorlesungen, wissenschaftliche Texte und ergänzende Materialien wie Fachartikel oder interaktive Inhalte, die ein substanzielles Verständnis der behandelten Thematiken ermöglichen. So rundet der MOOC das Grundlagenprogramm des Lehr- und Lernkonzepts am GDI mit der unerlässlichen internationalen Perspektive im Ingenieurwesen ab.

#### **4. Spezifizierung des Lehr- und Lernkonzeptes (Master)**

Der Anbindung des Lehr- und Lernkonzeptes des GDI an den HQR folgend sollen Studierende im Rahmen der Masterebene und auf Grundlage aktueller Forschungsdiskurse der gender- und diversitätssensiblen Science and Technology Studies weiterführend zu einer zunehmend eigenständigen Arbeitsweise befähigt werden, die über die etablierten Grundlagen in einer kritisch reflexiven Weise hinausgeht. Dies soll Studierende dabei anleiten, zunehmend selbstbestimmte, wissenschaftlich fundierte und kritisch reflektierte Entscheidungen (auch) im Kontext komplexer interdisziplinärer Problem- und Fragestellungen zu fällen, die in Übereinstimmung mit der

besonderen Verantwortung der Ingenieurwissenschaften für Gesellschaft und Umwelt stehen.

In Anbetracht dieser weiterführenden Anforderungen werden in den folgenden Abschnitten die drei Masterkurse 1) *Kompetenzen in den Technikwissenschaften zur Lösung globaler Herausforderungen*, 2) *Social Development and Sustainability* und 3) *Innovation & Diversity* des GDI näher erläutert.

#### **4.1 Masterkurs *Kompetenzen in den Technikwissenschaften zur Lösung globaler Herausforderungen***

Der Masterkurs *Kompetenzen in den Technikwissenschaften zur Lösung globaler Herausforderungen* an der RWTH Aachen hat das Ziel, Studierende zu befähigen, ihre professionelle Identität als Ingenieur\*innen kritisch zu hinterfragen und Kompetenzen zu entwickeln, die für die Gestaltung einer nachhaltigen und gerechten Zukunft notwendig sind (Winkens et al., 2024). Es soll verdeutlicht werden, dass technische und soziale Kompetenzen untrennbar miteinander verbunden sind und gemeinsam die Basis für eine verantwortungsbewusste Ingenieurpraxis bilden. Durch die Auseinandersetzung mit globalen Herausforderungen werden Studierende zudem für die Vielschichtigkeit von gesellschaftlichen Bedürfnissen sensibilisiert.

Diskurse in der Forschung zur Ingenieurausbildung zeigen jedoch, dass technische und überfachliche Kompetenzen häufig getrennt betrachtet werden (Trevelyan, 2010a; Beagon & Bowe, 2023). Diese (scheinbare) Trennung spiegelt sich nicht nur in der Ingenieurausbildung, sondern auch in den Wahrnehmungen der Studierenden wider. Obwohl »soziale Interaktionen im Zentrum der ingenieurwissenschaftlichen Praxis stehen« (Trevelyan, 2010b, S. 175), werden diese Aspekte oft nicht als »real engineering« betrachtet (Trevelyan, 2010a, o. S.), wodurch ein verzerrtes Bild der ingenieurwissenschaftlichen Praxis entsteht. Dies wird durch die gängige Lehrpraxis verstärkt, was sich entsprechend in der Motivation und Akzeptanz der Studierenden hinsichtlich der Relevanz nicht-technischer Kompetenzen abzeichnet (Trevelyan, 2010a; Korte et al., 2015). Hier setzt der vorliegende Kurs an und vermittelt eine holistische Perspektive auf die Ingenieurpraxis, um die Studierenden auf ihre

## Rolle und Verantwortung im Kontext globaler Herausforderungen vorzubereiten.

Es handelt sich dabei um ein interaktives, forschungsbasiertes Seminar, das sich an Masterstudierende der Umwelt-, Bau- und Wirtschaftsingenieurwissenschaften richtet. Der Kurs behandelt nicht nur das Kompetenzkonzept selbst, sondern fördert auch aktiv die Entwicklung entsprechender Kompetenzen. Zu den angestrebten Lernergebnissen gehören unter anderem die Bewertung von Kompetenzen in Bezug auf nachhaltige und soziale Technologiegestaltung, die Reflexion über die eigene Ingenieuridentität und deren gesellschaftliche Verantwortung, und die Entwicklung und Beurteilung von Lehrkonzepten zur Vermittlung von Kompetenzen.

Basierend auf einem aktiven und konstruktivistischen Lernansatz werden im Kurs verschiedene Lehr- und Lernmethoden angewandt und kombiniert, um eine studierendenzentrierte und interaktive Lernumgebung zu schaffen (Prince & Felder, 2006). Neben einzelnen Vorlesungseinheiten zu den Themen der Bildung für nachhaltige Entwicklung, Verantwortung, ethische Fragestellungen und Ingenieuridentität, ist das Seminar forschungsorientiert aufgebaut. In diesem Rahmen beantworten die Studierenden Forschungsfragen mittels einer qualitativen Analyse. Kollaboratives Lernen, *Think-Pair-Share*, (Peer-)Feedback, reflektierendes Schreiben sowie regelmäßige Selbsteinschätzungen sind weitere Maßnahmen, die das aktive Lernen in dem Kurs unterstützen sollen (Das, 2023; Wallin & Adawi, 2018; Trevelyan, 2010b). Studierende führen wöchentliche Lerntagebücher, erhalten regelmäßiges Peer-Feedback und reflektieren ihre eigene Entwicklung in Bezug auf Kompetenzen wie Kommunikation und Selbstorganisation. Der Kurs adressiert insbesondere die Entwicklung analytischer Fertigkeiten, Problemlösungskompetenzen, kreatives und kritisches Denken, Team- und Kommunikationsfähigkeit, Selbstreflexion und Lernkompetenzen.

Die Prüfung besteht aus drei Teilen: 1. Studierende untersuchen Kompetenzdefizite in ausgewählten Ingenieurstudiengängen europäischer Universitäten, 2. basierend auf der Analyse entwerfen sie ein Lehr- und Lernkonzept, das hinsichtlich der festgestellten Kompetenzdefizite die Ingenierausbildung verbessern soll, und 3. verfassen sie ein Lerntagebuch, in dem sie sich kritisch mit ihrem eigenen Lernprozess auseinandersetzen und diesen kontinuierlich hinterfragen (Wallin & Adawi, 2018).

Die Studierenden arbeiten in Gruppen und präsentieren ihre Konzepte den anderen Gruppen im Kurs, von denen sie Feedback erhalten. Der Erfolg des Kurskonzeptes wird mithilfe verschiedener Ansätze gemessen und bewertet. Im Rahmen einer Begleitforschung geben eine Auswertung der individuellen Lerntagebücher, eine Evaluierung, eine Vorher-Nachher-Umfrage zur Selbsteinschätzung des Kompetenzerwerbs sowie eine gemeinsame Sitzung, in der das Kurskonzept diskutiert wird, Aufschluss darüber, wie die Studierenden das Konzept annehmen, welche Kompetenzen besonders entwickelt bzw. gestärkt werden, aber auch, welche Herausforderungen sich für die Studierenden ergeben (Winkens et al., 2024). Bisherige Evaluierungen zeigen, dass der Kurs einen positiven Einfluss auf die Entwicklung von Schlüsselkompetenzen hat, welche die Heranbildung einer verantwortungsvollen Ingenieurpersönlichkeit unterstützen. Studierende schätzen insbesondere die Reflexion über ihre Ingenieuridentität und die Bedeutung von sozialer Verantwortung. Kritisches Denken, Teamarbeit und Problemlösungsfähigkeiten wurden aus Sicht der Studierenden gestärkt. Gleichzeitig fördert der Kurs das Bewusstsein für die Bedeutung einer holistischen Ingenieurausbildung, die soziale und technische Kompetenzen nicht nur gleichwertig, sondern integriert behandelt (Winkens et al., 2024). Indem der Kurs diese integrative Perspektive auf technische und soziale Aspekte adressiert, stellen Studierende nicht nur Überlegungen zu ihrer eigenen Rolle als verantwortungsvolle Ingenieur\*innen an, sondern erkennen die Relevanz vielfältiger Perspektiven und interdisziplinärer Ansätze für die Lösung globaler Herausforderungen.

## 4.2 Masterkurs *Social Development and Sustainability*

Der Masterkurs *Social Development and Sustainability* hat zum Ziel, Studierenden Kompetenzen für das interdisziplinäre Arbeiten im Kontext von Nachhaltigkeit zu vermitteln. Ein Hauptaugenmerk wird dabei auf die soziale Nachhaltigkeit gelegt. Diese Nachhaltigkeitsdimension wird oft vernachlässigt (Missimer et al., 2017), stellt jedoch speziell in der anthropozentrischen Perspektive auf Nachhaltigkeit, wie etwa in der *UN-Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung*, eine zentrale Zieldimension nachhaltigen Handelns dar (Vereinte Nationen, 2015; Adelman, 2018). Den Studierenden werden

soziologische Grundlagen vermittelt, um eine intersektionale Diversitätsperspektive zu fördern. Die Studierenden sollen befähigt werden, soziale Auswirkungen von Technologien und Infrastrukturen auf diverse Personengruppen zu analysieren, wodurch eine Stärkung des Bewusstseins über ihre soziale Verantwortung als angehende Ingenieur\*innen erreicht werden soll.

Der Kurs wird als interaktives Onlineformat für Masterstudierende in den Bau-, Wirtschafts- und Umweltingenieurwissenschaften sowie für Studierende der Soziologie angeboten. Da der Kurs auf Englisch gehalten wird, ist er besonders bei internationalen und Erasmus-Studierenden beliebt.

Das Seminarkonzept deckt die in Bosen et al. (2023) beschriebenen Schritte 1–6 ab, um wissenschaftliche Inhalte interdisziplinär zu vermitteln: 1. Die Inhalte, die den Studierenden im Seminar nahegebracht werden, beruhen auf dem aktuellen theoretischen *State of the Art* der Nachhaltigkeitsforschung und der Soziologie (»anchoring«); 2. die theoretischen Lehrinhalte werden in ingenieurwissenschaftliche Kontexte übersetzt (»translating«); 3. die Inhalte werden anhand von Beispielen aufbereitet (»exemplarity«); 4. fallbasierte Erarbeitung der Seminarinhalte (»case-relatedness«); 5. Arbeiten in Peer-groups (»participation«); 6. Evaluation des Seminars durch die Studierenden und darauf aufbauende Überarbeitung des Seminar-konzepts zum nächsten Semester (»discussion and iteration«).

Für das »Anchoring« werden in den ersten Sitzungen die Grundlagen zu Nachhaltigkeitskonzepten (Brundtland, 1987; Biely et al., 2018; Purvis et al., 2019; Farley & Smith, 2020) und *Leaving no one behind* (LNOB) (The United Nations Sustainable Development Group, 2022) vermittelt. Darauffolgend werden soziologische Grundlagen zu sozialem Handeln und Konzepten wie Intersektionalität (Crenshaw, 1989) gelehrt. An diese theoretischen Fundamente anschließend wird Diversität als eine zentrale Kategorie von sozialer Nachhaltigkeit im Sinne von Shirazi und Keivani (2017) betrachtet. Die Verbindung von Gender, Diversität, Inklusion und Nachhaltigkeit (Bosen et al., 2023) sowie die Normativität entsprechender Diskurse (Bosen & Leicht-Scholten, 2020) werden außerdem einer kritischen Diskussion unterzogen.

Mit Beginn der Lehrveranstaltung startet auch die Gruppenarbeitsphase, in der Studierende das erworbene Theoriewissen unmittelbar in die (Ingenieur-)Praxis übertragen (Maxime 2–5). Studie-

rende suchen sich selbst einen Anwendungsfall, der Technologien und/oder Infrastrukturen und eine Herausforderung im Kontext Nachhaltigkeit umfasst. Dann erforschen sie den Fall unter Anleitung in Kleingruppen über das Semester. Hierbei sollen sie dielernten Inhalte zu sozialer Nachhaltigkeit auf ihr Beispiel anwenden und diese Inhalte damit kritisch reflektieren. Die Arbeitsschritte in den Gruppenarbeitsphasen sind an den Arbeitsphasen des *Design Thinkings* (Leicht-Scholten & Steuer-Dankert, 2020) angelehnt.

Die Gruppen werden so zusammengestellt, dass diese möglichst divers sind. Dies bezieht sich auf den fachlichen Hintergrund, Studiengang, Gender und Universitätszugehörigkeit. Jede Gruppenarbeitseinheit enthält eine konkrete Fragestellung, die dann in einem limitierten Zeitrahmen bearbeitet wird. Anschließend folgt direkt eine kurze Feedbackrunde im Plenum. Hier können Studierende über die Gruppen hinweg berichten, was sie erarbeitet haben und an welchen Punkten sie Unterstützung benötigen. Das Ziel der Gruppenarbeitsphase ist es, dass jedes Gruppenmitglied eine eigene wissenschaftliche Forschungsfrage entwickelt, die auf den Anwendungsfall bezogen ist und die Seminarthemen reflektiert. Der Fokus liegt hierbei auf den sozialen Implikationen von ingenieurwissenschaftlichen Lösungen. Ihre Forschungsfragen sowie den jeweiligen Forschungsplan für ihre finale Präsentation stellen die Studierenden am Ende des Semestervorlesungszeitraums im Plenum vor und erhalten durch ein angeleitetes Peer-Review-Verfahren detailliertes Feedback. Auch in diesem Peer-Review-Verfahren wird diskutiert, wie die Seminarinhalte angewendet wurden. Die Studierenden setzen anschließend das erhaltene Feedback um und stellen ihre Forschungsergebnisse am Ende des Semesters als Prüfungsleistung in Form einer wissenschaftlichen Präsentation vor.

#### 4.3 Masterkurs *Innovation & Diversity*

Der Masterkurs *Innovation & Diversity*, der ab dem Wintersemester 2025/2026 unter dem Titel *Responsible AI for Engineers* angeboten wird, thematisiert die Wechselwirkungen zwischen Gender- und Diversitätsperspektiven und der Entwicklung nachhaltiger und verantwortungsvoller Innovationen. Vor dem Hintergrund der zunehmenden Verbreitung Künstlicher Intelligenz (KI) in unterschiedlichen

gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Bereichen richtet sich der Fokus des Seminars auf die ethische und verantwortungsbewusste Gestaltung dieser Technologien.

Die Integration von maschinellen Lernsystemen und datenbasierten Entscheidungsprozessen ist in den Ingenieurwissenschaften bereits seit Langem etabliert (Montáns et al., 2019). Die weitreichende Adaption von KI-Systemen bringt jedoch neue Herausforderungen für sozial-verantwortliches Handeln hervor (Baracas et al., 2023). Viele KI-Systeme unterscheiden sich von traditionellen digitalen Systemen insbesondere durch ihre Opazität und die Möglichkeit einer kontextunabhängigen Nutzung, wodurch sich die Technikfolgenabschätzung als äußerst schwierig erweist (Metcalf et al., 2021). Gleichzeitig haben diese Systeme tiefgreifende gesellschaftliche Auswirkungen, die in Europa durch gesetzliche Rahmenwerke wie den *AI Act* reguliert werden sollen (Verordnung 2024/1689). Viele dieser Auswirkungen werden jedoch erst mit der zunehmenden und variablen Anwendung der Systeme sichtbar, sodass eine präzise Vorhersage oft nicht möglich ist (Genus & Stirling, 2018). Daraus ergibt sich die zentrale Frage, wie Entwickler\*innen und Nutzer\*innen von KI-Technologien dazu befähigt werden können, potenzielle Risiken frühzeitig zu erkennen und ihnen verantwortungsvoll zu begegnen.

Das Seminar widmet sich der Konzeption von *Responsible AI*, einem interdisziplinären Ansatz, der ethische, rechtliche, gesellschaftliche und technische Perspektiven auf KI verbindet (Dignum, 2020). Für die inhaltliche Ausrichtung hat sich die Orientierung an Prinzipien wie Fairness und Diversität, Transparenz, Verantwortung und Schuldigkeit, Datenschutz und Überwachung sowie dem Prinzip des Nichtschadens, das die Vermeidung von Schaden als grundlegende ethische Leitlinie setzt, als zielführend erwiesen (Nguyen et al., 2023). Aufgrund der Unvorhersehbarkeit und Opazität von KI-Technologien sind regelgeleitete Handlungen nicht effizient und ein verantwortungsvoller Umgang erfordert eine kontinuierliche Überlegung und Abwägung. In diesem Sinne greift das Seminar den von Donna Haraway geprägten Begriff der »response-ability« auf, der die Fähigkeit beschreibt, flexibel auf veränderte Rahmenbedingungen und unerwartete Herausforderungen zu reagieren (Haraway, 2012). Daher orientiert sich das Seminar zwar inhaltlich-thematisch an den genannten ethischen Prinzipien, stellt methodisch jedoch die

Ausbildung eines – im einleitend erläuterten Sinne – tugendhaften Charakters in den Vordergrund.

Das Seminar verfolgt das Ziel, Studierende dafür zu sensibilisieren, dass technologische Innovationen – insbesondere KI-Systeme – nicht wertneutral sind, sondern stets die Perspektiven und Vorannahmen ihrer Entwickler\*innen widerspiegeln.<sup>7</sup> Weiterhin sollen Studierende befähigt werden, das Wohlergehen von Menschen und Gesellschaft bei der Entwicklung und Nutzung von KI-Systemen zu priorisieren und somit verantwortungsvoll mit KI-Systemen umzugehen. Das Seminar richtet sich an Masterstudierende der Studiengänge Bauingenieurwesen, Wirtschaftsingenieurwesen, Umweltingenieurwissenschaften, Sustainable Management – Water and Energy, Construction & Robotics, Soziologie sowie Technik-Kommunikation. Es wird in englischer Sprache angeboten.

Das Seminar ist in mehrere, aufeinander aufbauende Phasen gegliedert. Zu Beginn erhalten die Studierenden eine Einführung in die technischen Grundlagen von KI-Systemen, lernen unterschiedliche Typen und Anwendungsszenarien kennen und analysieren Fallbeispiele, die gesellschaftlich kontroverse oder kritische Aspekte von KI verdeutlichen. Parallel dazu setzen sie sich mit grundlegenden ethischen Konzepten sowie moralischen Dilemmata auseinander. Anschließend wählen die Studierenden thematische Schwerpunkte und ordnen sich Arbeitsgruppen zu, die sich jeweils mit einem der zentralen ethischen Prinzipien wie Fairness, Transparenz, Verantwortung oder Datenschutz auseinandersetzen. Diese Gruppenzuordnung bildet die Grundlage für die weiteren Seminaraktivitäten und die Prüfungsleistung, die in drei aufeinander abgestimmten Schritten erfolgt: Zunächst beschäftigt sich jede\*r Studierende eigenständig mit wissenschaftlicher Literatur zum gewählten Thema und beantwortet reflexive Leitfragen, um die theoretischen Grundlagen kritisch zu durchleuchten und eigenständige Perspektiven zu entwickeln. Im zweiten Schritt erarbeiten die Gruppen eine 70-minütige Sitzung, in der sie in der Rolle von Expert\*innen ihre Ergebnisse präsentieren, relevante Definitionen und Konzepte erläutern und den Bezug zu einem technikwissenschaftlichen Beispiel herstellen. Darüber hinaus konstruieren sie ein moralisches Dilemma, das die

---

<sup>7</sup> Siehe auch den ersten Teil (Grundlagen und ethische Aspekte) des vorliegenden Sachstandsberichts.

ethischen Herausforderungen der jeweiligen Thematik verdeutlicht und zur kritischen Diskussion im Kurs anregt. Abschließend verfassen die Studierenden ein Reflexionspapier, in dem sie die Inhalte der Präsentationen verarbeiten, ihren individuellen Lernfortschritt beurteilen und die diskutierten Themen kritisch einordnen.

Evaluationen zeigen, dass das Seminar grundsätzlich auf positive Resonanz bei den Studierenden stößt (Moreno et al., 2024). Die methodische Kombination aus theoretischer Auseinandersetzung, praktischer Anwendung und reflektierter Diskussion trägt nicht nur zur Entwicklung eines fundierten Verständnisses ethischer Prinzipien bei, sondern fördert auch die Fähigkeit, moralische Urteile in komplexen technischen Kontexten zu treffen. Dabei lernen Studierende, Verantwortung als einen fortlaufenden Reflexionsprozess zu begreifen und ethische Überlegungen in ihre berufliche Praxis zu integrieren.

## 5. Fazit & Ausblick

Im Anschluss an die Vorstellung der einzelnen Lehrveranstaltungen des GDI soll nun abschließend resümiert werden, welchen Beitrag die in den Kurshinhalten herangezogenen und vermittelten Gender and Diversity Studies für eine zukunftsorientierte Ausbildung sozialverantwortlicher Technikwissenschaftler\*innen leisten. Wie sich in der Präsentation der Vorlesungen, Seminare und Praktika gezeigt hat, sind gender- und diversitätssensible Lern- und Lehrkonzepte in der Lage, den Blick von Ingenieurstudierenden über den naturwissenschaftlich-technischen Horizont hinaus zu erweitern. Die Be trachtung, Berücksichtigung und Bewältigung genuin ethisch-sozialer Problemstellungen wird hierbei als integraler und unverzichtbarer Bestandteil einer ganzheitlichen Ingenieurpraxis vermittelt. In Kursevaluationen wurde über die Veranstaltungen und Semester hinweg durchgängig festgestellt, dass Ingenieurstudierende die angebotenen Lehrkonzepte positiv beurteilen und annehmen. Und auch der Umstand, dass viele Studierende vor allem neue persönliche Einsichten in ihren beruflichen Verantwortungsbereich gewinnen konnten, die ohne eine interdisziplinäre Verbindung von Technikwissenschaften, Sozialwissenschaften und Ethik nur schwer im Inge-

nieurstudium zu erlangen sind, bestätigt die Wirksamkeit des Lehrkonzepts.

Wenn wir eingangs die große Bedeutung hervorgehoben haben, die in der Abkehr von einer ausschließlich durch Verhaltenskodizes erfolgenden ethischen Wertevermittlung besteht, so können wir festhalten, dass die gender- und diversitätssensiblen Kursangebote des GDI zu einer solchen Wende beitragen können. Im Sinne eines tugendethischen Ingenieurverständnisses unterstützen die Lehrveranstaltungen die Bildung verantwortungsbewusster, aufmerksamer und kritischer Ingenieurpersönlichkeiten, indem sie mit teils innovativen didaktischen Methoden den Raum für Aufklärung, Sensibilisierung, Engagement und praktische Erfahrung schaffen. Dies allen voran für Themengebiete und Problemfelder wie Gender, Diversität und Nachhaltigkeit, welche von ausgesprochener gesellschaftlicher Relevanz sind, allerdings im konventionellen Ingenieurstudium nach wie vor zu oft vernachlässigt werden. Damit befindet sich das Lehrkonzept des GDI auch im Einklang mit dem vorgestellten Qualifikationsrahmen für deutsche Hochschulabschlüsse (HQR): Auf der *Bachelor-Ebene* fördert das Lehrkonzept das grundsätzliche Wissen und Verstehen in Bezug auf die spezifische Verantwortung von Ingenieur\*innen für Gesellschaft und Umwelt. Es wird auf aktuelle Forschungen aus den gender- und diversitätssensiblen Science and Technology Studies zurückgegriffen, wobei bereits kontextspezifische Vertiefungen und erste praktische Anwendungen folgen. Auf der *Master-Ebene* schließen sich weiterführende Vertiefungen in komplexere, interdisziplinär bestimmte Fragestellungen an. Studierende werden zusätzlich angeleitet, selbstständig differenzierte Entscheidungen zu treffen, die ethische und soziale Aspekte integrieren. Jeder einzelne der vorgestellten Kurse leistet also seinen Beitrag zur Heranbildung einer verantwortungsvollen Ingenieurpersönlichkeit, indem er innovative holistische, kritisch hinterfragende und ethisch fundierte Lehrkonzepte in das Ingenieurstudium hineinträgt.

Trotz der wegweisenden Impulse für die ingenieurwissenschaftliche Ethikdidaktik, die der ganzheitliche Lehr- und Lernansatz des GDI bietet, bestehen nichtsdestoweniger Einschränkungen und Herausforderungen bei der Implementierung des Konzepts. So muss zunächst eingeräumt werden, dass die Masterkurse Wahlfächer sind und daher nicht gewährleistet ist, dass alle Studierenden eine vertiefte Auseinandersetzung mit diesen Inhalten in ihrem Studium durch-

laufen. Zudem reichen die im Bachelor vermittelten Grundlagen nicht immer aus, um komplexe ethische Fragestellungen im technischen Kontext vollständig zu durchdringen, da die Anforderungen in den Masterkursen ein höheres Reflexionsniveau voraussetzen. Ob die Zielsetzungen der Kurse erreicht werden, hängt also zu einem nicht unerheblichen Teil von der Bereitschaft und dem Interesse der einzelnen Studierenden ab, sich für eine interdisziplinäre, ethisch-soziale Betrachtungsweise zu öffnen. Ganz abgesehen davon, dass die Interdisziplinarität der Lehrveranstaltung nicht bloß inhaltlicher Art ist, sondern Studierende mit diversen fachlichen Hintergründen und entsprechendem Vorwissen an ihnen teilnehmen können, was mitunter die Verständigung im Kurs beeinträchtigt. Die wohl größte Herausforderung bezüglich der Kursimplementierungen besteht hingegen darin, dass bislang nicht klar ist, inwiefern etwaige Lehrgänge tatsächlich zu einer anhaltenden verantwortungsvollen Haltung bei Ingenieur\*innen auch in ihrer Berufspraxis führen. Hierfür wären langfristige Studien nötig, die eine Wirksamkeit über das Studium hinaus belegen.

Damit eine nachhaltige Implementierung und Weiterentwicklung der innovativen Lehrkonzepte im Ingenieurstudium ermöglicht und gesichert wird, ist zudem eine Institutionalisierung der Gender and Diversity Studies offensichtlich unabdingbar und sollte für die Zukunft angestrebt werden. Es sind dafür vor allem Professuren nötig, die über das entsprechende spezialisierte Fachwissen der Gender and Diversity Studies im Kontext der Ingenieur- und Technikwissenschaften sowie der Science and Technology Studies verfügen (Trujillo et al., 2023). Nur so kann es gelingen, die in diesem Beitrag ausgeführten wesentlichen und gesellschaftlich bedeutsamen Themen über einzelne interessierte Studierende hinweg fest im Studium zu verankern.

Während eine Verschränkung der Erkenntnisse der Gender- und Science and Technology Studies sowie der Technik- und Ingenieurwissenschaften international bereits gut etabliert ist (wie z. B. in Nordeuropa, Kanada und den USA), findet dieser Transfer in Deutschland höchstens rudimentär statt. So wurden in den letzten Jahren zwar vermehrt Professuren mit Gender-Denomination etabliert, doch sind diese zumeist in den Geistes- und Sozialwissenschaften verortet, oder wurden in den MINT-Fächern nur befristet eingerichtet. Institutionisierte Professuren in den ingenieurwissen-

schaftlichen Fakultäten selbst, mit einer curricularen Verankerung in der Lehre, sind die Ausnahme (Trujillo et al., 2023). Und auch wenn aktuell vermehrt Professuren mit Gender-Denomination in den Technikwissenschaften eingerichtet werden, so sind die Gender Studies aktuell weltweit vermehrt Angriffen und Anfeindungen ausgesetzt. Die Autor\*innen des *UN Human Rights Reports »Gender Equality and Gender Backlash«* formulierten schon 2020, dass es in den letzten Jahren einen erheblichen Rückschlag gegen Frauenrechte und den Begriff »Gender« gegeben hat und sich eine inzwischen sehr breit aufgestellte Anti-Gender-Bewegung aus konservativen Akteur\*innen entwickelt hat, die gegen die sogenannte »Gender-Ideologie« kämpfen (Radačić & Facio, 2020). Dazu zählen nicht nur religiöse Gruppen, sondern vermehrt auch Regierungen und soziale Gruppierungen.

Auch in Deutschland häuft sich die programmatische Ablehnung einer ganzen Disziplin und droht, massiv in die Freiheit von Forschung und Lehre einzugreifen. Mit einem Angriff auf die Gender Studies wird ein Präzedenzfall geschaffen, der sich auch beliebig auf andere wissenschaftliche Disziplinen und Arbeitsfelder ausweiten lässt. Eine aktuelle Erklärung der Fachgesellschaft Geschlechterstudien fordert auf, den Angriffen auf die Freiheit von Forschung und Lehre entschlossen entgegenzutreten: »Die Wissenschaftsfreiheit ist mit Artikel 5, Absatz 3 des Grundgesetzes (GG) vor politischen Eingriffen geschützt und als Menschenrecht weltweit verbürgt. Sie bildet einen unverzichtbaren Bestandteil demokratischer Staaten und ihrer politischen Ordnung« (Finzsch, 2025).

Im Sinne der sozialen Verantwortung sind deshalb alle Akteur\*innen im Wissenschaftssystem gleichermaßen gefordert, die Angriffe auf die Gender Studies auch als Angriffe auf unsere demokratische Freiheit und die Freiheit der Wissenschaften zu verstehen.

## Literaturverzeichnis

- Adelman, S. (2018). The Sustainable Development Goals, anthropocentrism and neoliberalism. In D. French & L. J. Kotzé (Hrsg.), *Sustainable Development Goals*. Edward Elgar Publishing.
- Angwin, J., Larson, J., Kirchner, L., & Mattu, S. (2016, 23. Mai). *Machine Bias*. ProPublica. <https://www.propublica.org/article/machine-bias-risk-assessments-in-criminal-sentencing>

- Barocas, S., Hardt, M., & Narayanan, A. (2023). *Fairness and Machine Learning: Limitations and Opportunities*. MIT Press.
- Beagon, U., & Bowe, B. (2023). Understanding professional skills in engineering education. A phenomenographic study of faculty. *Journal of Engineering Education*, 112(4), 1109–1144. <https://doi.org/10.1002/jee.20556>
- Bergen, J. P., & Robaey, Z. (2022). Designing in Times of Uncertainty: What Virtue Ethics Can Bring to Engineering Ethics in the Twenty-First Century. In M. J. Dennis, G. Ishmaev, S. Umbrello, & J. van den Hoven (Hrsg.), *Values for a post-pandemic future* (Philosophy of Engineering and Technology, 40, S. 163–183). Springer.
- Biely, K., Maes, D., & van Passel, S. (2018). The idea of weak sustainability is illegitimate. *Environment, Development and Sustainability*, 20(1), 223–232. <https://doi.org/10.1007/s10668-016-9878-4>
- Bosen, J., Bernhard, S., Fauster, E., Decker, M., Lämmerhirt, M., & Leicht-Scholten, C. (2023). *Engineering Society: The Role Of Intersectional Gender And Diversity Studies For A Sustainable Transformation On The Case Of Interdisciplinary Engineering Education*. European Society for Engineering Education (SEFI). <https://doi.org/10.21427/Q05K-AW70>
- Bosen, J., & Leicht-Scholten, C. (2020). Sustainable Mobility Cultures and the SDGs: Towards an Interdisciplinary Approach. In W. Leal Filho, A. Azul, L. Brandli, P. Özuyar, & T. Wall (Hrsg.), *Sustainable Cities and Communities. Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals* (S. 1–9). Springer.
- Brown, J. R., Long, L., Mitchell, T., & Rodrigues, T. B. (2024). Professional organizations and codes of ethics. In S. Chance, T. Børset, D. A. Martin, R. Tormey, T. Taro Lennerfors, & G. Bombaerts (Hrsg.), *The Routledge International Handbook of Engineering Ethics Education* (S. 91–107). Routledge.
- Brundtland, G. H. (1987). *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*. UN-Document A/42/427. United Nations.
- Carter, P. M., Flannagan, C. A. C., Reed, M. P., Cunningham, R. M., & Rupp, J. D. (2014). Comparing the effects of age, BMI and gender on severe injury (AIS 3+) in motor-vehicle crashes. *Accident, analysis and prevention*, 72, 146–160. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2014.05.024>
- Clancy, R. F., & Zhu, Q. (2023). Why Should Ethical Behaviors Be the Ultimate Goal of Engineering Ethics Education? *Business and Professional Ethics Journal*, 42(1), 33–53. <https://doi.org/10.5840/bpej202346136>
- Colby, A., & Sullivan, W. M. (2008). Teaching ethics in undergraduate engineering education. *Journal of Engineering Education*, 96(3), 327–338.

### III. Ethics by Design: Ausbildung sozial-verantwortlicher Ingenieur\*innen

- Conlon, E. (2022). Engineering Ethics, Social Theory and How We Might Do Better! In S. H. Christensen, A. Buch, E. Conlon, C. Didier, C. Mitcham, & M. Murphy (Hrsg.), *Engineering, Social Sciences, and the Humanities. Have Their Conversations Come of Age?* (Philosophy of Engineering and Technology, 42, S. 221–243). Springer.
- Consoli, L. (2008). The intertwining of ethics and methodology in science and engineering: a virtue-ethical approach. *Interdisciplinary Science Reviews*, 33(3), 234–243. <https://doi.org/10.1179/174327908X366923>
- Crenshaw, C. (1989). Demarginalizing the Intersection of Race and Sex. A Black Feminist Critique of Anti-Discrimination Doctrine, Feminist Theory and Anti-Racist Politics. *The University of Chicago Legal Forum*, 140.
- Das, D. K. (2023). Exploring the impact of feedback on student performance in undergraduate civil engineering. *European Journal of Engineering Education*, 48(6), 1148–1164. <https://doi.org/10.1080/03043797.2023.2238188>
- Decker, M., Bernhard, S., Berg-Postweiler, J., Fauster, E., & Leicht-Scholten, C. (2024). ENHANC(E)ing Engineering Perspectives: The European MOOC Responsible Innovators of Tomorrow. *Proceedings of the 52nd Annual Conference of SEFI, Lausanne, Switzerland*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14256735>
- Decker, M., Winkens, A.-K., & Leicht-Scholten, C. (2021). Flipped classroom concept for initiating a reflection process among engineering students in large and mandatory courses. In L. G. Chova, A. López Martínez, & I. Candel Torres (Hrsg.), *EDULEARN21 Proceedings. 13th International Conference on Education and New Learning Technologies* (Online Conference, 05.07.2021 – 06.07.2021: IATED (EDULEARN Proceedings), S. 7280–7289).
- Decker, M., Winkens, A.-K., & Leicht-Scholten, C. (2022). Teaching Topics of Responsibility and Sustainability in Large Engineering Classes. *International Journal of Engineering Education*, 38(3), 643–655.
- Dignum, V. (2020). *Responsible Artificial Intelligence. How to Develop and Use AI in a Responsible Way*. Springer.
- Farley, H. M., & Smith, Z. A. (2020). *Sustainability. If It's Everything, Is It Nothing?* (2. Aufl., Critical issues in global politics). Routledge.
- Finzsch, N. (2025, 5. Februar). *Angriffen auf die Freiheit von Forschung und Lehre entschlossen entgegentreten!* Fachgesellschaft Geschlechterstudien. <https://www.fg-gender.de/angriffen-auf-die-freiheit-von-forschung-und-lehre-entschlossen-entgegentreten/>
- Genske, D. D. (2021). Ethik-Codices in den Ingenieurwissenschaften: Beispiele und Systematisierung. In U. Breuer (Hrsg.), *Ethik in Den Ingenieurwissenschaften. Eine Annäherung* (Unter Mitarbeit von D. D. Genske). Springer.

- Genus, A., & Stirling, A. (2018). Collingridge and the dilemma of control: Towards responsible and accountable innovation. *Research Policy*, 47(1), 61–69. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2017.09.012>
- Grunwald, A. (2020). Verantwortung und Technik: zum Wandel des Verantwortungsbegriffs in der Technikethik. In A. Seibert-Fohr (Hrsg.), *Entgrenzte Verantwortung* (S. 265–283). Springer.
- Haraway, D. (2012). Awash in Urine: DES and Premarin® in Multispecies Response-ability. *WSQ: Women's Studies Quarterly*, 40 (1–2), 301–316. <https://doi.org/10.1353/wsq.2012.0005>
- Harding, T., Carpenter, D., & Finelli, C. (2013). Two Years Later: A longitudinal look at the impact of engineering ethics education. In *2013 ASEE Annual Conference & Exposition Proceedings* (2013 ASEE Annual Conference & Exposition. Atlanta, Georgia: ASEE Conferences, 23.1272.1 – 23.1272.10).
- Harris, C. E. (2008). The good engineer: giving virtue its due in engineering ethics. *Science and engineering ethics*, 14(2), 153–164. <https://doi.org/10.1007/s11948-008-9068-3>
- Hess, J. L., & Fore, G. A. (2018). A systematic literature review of US engineering ethics interventions. *Science and engineering ethics*, 2(24), 551–583.
- Hess-Lüttich, E. W. B. (2021). Dürfen wir (immer, alles), was wir können? Für eine Diskursethik der Ingenieurwissenschaften. In U. Breuer (Hrsg.), *Ethik in den Ingenieurwissenschaften. Eine Annäherung* (Unter Mitarbeit von D. D. Genske, S. 51–77). Springer.
- Howland, S. J., Jesiek, B. K., Claussen, S., & Zoltowski, C. B. (2024). Measures of Ethics and Social Responsibility Among Undergraduate Engineering Students: Findings from a Longitudinal Study. *Science and engineering ethics*, 30(1), 5. <https://doi.org/10.1007/s11948-024-00462-8>
- Huber, L. (2014). Forschungsbasierter, Forschungsorientierter, Forschendes Lernen: Alles dasselbe? Ein Plädoyer für eine Verständigung über Begriffe und Unterscheidungen im Feld forschungsnahen Lehrens und Lernen. *Das Hochschulwesen*, 62, 22–29.
- Hwang, Y., Ko, Y., Shim, S. S., Ok, S.-Y., & Lee, H. (2023). Promoting engineering students' social responsibility and willingness to act on socioscientific issues. *International journal of STEM education*, 10(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00402-1>
- Jonas, H. (1979). *Das Prinzip Verantwortung. Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation*. Suhrkamp.
- Kultusministerkonferenz. (2017, 16. Februar). *Qualifikationsrahmen für deutsche Hochschulabschlüsse*. [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2017/2017\\_02\\_16-Qualifikationsrahmen.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2017/2017_02_16-Qualifikationsrahmen.pdf)

### III. Ethics by Design: Ausbildung sozial-verantwortlicher Ingenieur\*innen

- Korte, R., Brunhaver, S., & Sheppard, S. (2015). (Mis)Interpretations of Organizational Socialization. The Expectations and Experiences of Newcomers and Managers. *Human Resource Development Quarterly*, 26(2), 185–208. <https://doi.org/10.1002/hrdq.21206>
- Leicht-Scholten, C., & Steuer-Dankert, L. (2020). Educating Engineers for Socially Responsible Solutions Through Design Thinking. In G. Melles (Hrsg.), *Design Thinking in Higher Education. Design Science and Innovation*. Springer.
- Leicht-Scholten, C. (2025). Technikwissenschaften und Ingenieurwesen: der Beitrag der Geschlechterforschung für Forschung, Entwicklung und Ausbildung. In B. Kortendiek, B. Riegraf, & K. Sabisch (Hrsg.), *Handbuch interdisziplinäre Geschlechterforschung*. (Springer reference live – living reference work, 65). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-12500-4\\_1-40-1](https://doi.org/10.1007/978-3-658-12500-4_1-40-1)
- Lemke, C., Winkens, A.-K., Decker, M., Elif, I., & Leicht, C. (2023). *Development In Students' Perceptions Of Sustainability And Responsibility As Relevant Aspects Of The Role Of Engineers*. European Society for Engineering Education (SEFI). <https://doi.org/10.21427/FPXD-2127>
- Martin, D. A., Conlon, E., & Bowe, B. (2021). A Multi-level Review of Engineering Ethics Education: Towards a Socio-technical Orientation of Engineering Education for Ethics. *Science and engineering ethics*, 27(5), 60. <https://doi.org/10.1007/s11948-021-00333-6>
- McAninch, A. (2023). Go Big or Go Home? A New Case for Integrating Micro-ethics and Macro-ethics in Engineering Ethics Education. *Science and engineering ethics*, 29(3), 20. <https://doi.org/10.1007/s11948-023-00441-5>
- Metcalf, J., Moss, E., Watkins, E. A., Singh, R., & Elish, M. C. (2021). Algorithmic Impact Assessments and Accountability. In *Proceedings of the 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency* (FAccT '21: 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency. Virtual Event Canada, 03 03 2021 10 03 2021. New York, NY, USA: ACM, S. 735–746).
- Missimer, M., Robèrt, K.-H., & Broman, G. (2017). A strategic approach to social sustainability – Part 1: exploring the social system. *Journal of Cleaner Production*, 140, 32–41. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.170>
- Montáns, F. J., Chinesta, F., Gómez-Bombarelli, R., & Kutz, J. N. (2019). Data-driven modeling and learning in science and engineering. *Comptes Rendus. Mécanique*, 347(11), 845–855. <https://doi.org/10.1016/j.crme.2019.11.009>

- Moreno, S. G., Decker, M. C., & Leicht-Scholten, C. (2024). Implementing AI Ethics Education: Engineering Competencies for Sustainable Societal Impact. In: L. Bettaiib, A. Nadia, J. Bennedsen, K. Edström, M. N. Singh, R. Lyng, N. Maynard, J. Malmqvist, & F. Byström (Hrsg.), *20th International CDIO Conference* (Symposium im Rahmen der Tagung von ESPRIT). <https://doi.org/10.18154/RWTH-2024-12103>
- Nguyen, A., Ngo, H. N., Hong, Y., Dang, B., & Nguyen, B.-P. T. (2023). Ethical principles for artificial intelligence in education. *Education and Information Technologies*, 28(4), 4221–4241. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11316-w>
- Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD]. (2019). *OECD Lernkompass 2030: OECD-Projekt Future of Education and Skills 2030. Rahmenkonzept des Lernens*. [https://www.Oecd.Org/Education/2030-Project/Contact/OECD\\_Lernkompass\\_2030.Pdf](https://www.Oecd.Org/Education/2030-Project/Contact/OECD_Lernkompass_2030.Pdf).
- Owen, R., Macnaghten, P., & Stilgoe, J. (2012). Responsible research and innovation: From science in society to science for society, with society. *Science and Public Policy*, 39(6), 751–760. <https://doi.org/10.1093/scipol/scs093>
- Pierrakos, P., Silvergate, L., & Demaske, S. (2019). *Bridging education to the future. FIE, Cincinnati 2019: 2019 conference proceedings* (Piscataway, NJ: IEEE). <https://ieeexplore.ieee.org/servlet/opac?punumber=9011701>
- Prince, M. J., & Felder, R. M. (2006). Inductive Teaching and Learning Methods. Definitions, Comparisons, and Research. *Journal of Engineering Education*, 95(2), 123–138. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2006.tb00884.x>
- Purvis, B., Mao, Y., & Robinson, D. (2019). Three pillars of sustainability: in search of conceptual origins. *Sustainability Science*, 14, 681–695. <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0627-5>
- Radačić, I., & Facio, A. (2020). *Gender equality and gender backlash. Mandate of the Working Group on discrimination against women and girls (WGDAWG)*. United Nations Human Rights Special Procedure. <https://www.ohchr.org/sites/default/files/Documents/Issues/Women/WG/Gender-equality-and-gender-backlash.pdf>
- Rodriguez-Nikl, T., & Schaff, K. P. (2023). Practical ethical frameworks for civil engineering and environmental systems. In: *Civil Engineering And Environmental System*, 40(3), 176–194.
- Rulifson, G., & Bielefeldt, A. (2019). Learning Social Responsibility. Evolutions of Undergraduate Students' Predicted Engineering Futures. *International Journal of Engineering Education*, 35(2), 572–584.
- Ryan, A., Tainter, F., Fitzpatrick, C., Gazzillo, J., Riessman, R., & Knodler, M. (2022). The impact of sex on motor vehicle crash injury outcomes. *Journal of Transportation Safety & Security*, 14(5), 818–842. <https://doi.org/10.1080/19439962.2020.1834478>

### III. Ethics by Design: Ausbildung sozial-verantwortlicher Ingenieur\*innen

- Schmidt, J. A. (2021). Virtuous Engineers: Ethical Dimensions of Technical Decisions. In E. Ratti (Hrsg.), *Science, technology and virtues*. Oxford University Press.
- Schmiedl-Neuburg, H. (2017). Verantwortung in der Tugend- und Wertethik. In L. Heidbrink, C. Langbehn & J. Loh (Hrsg.), *Handbuch Verantwortung*. Springer.
- Shirazi, M. R., & Keivani, R. (2017). Critical reflections on the theory and practice of social sustainability in the built environment – a meta-analysis. *Local Environment*, 22(12), 1526–1545. <https://doi.org/10.1080/13549839.2017.1379476>
- Sudat, S. E. K., Wesson, P., Rhoads, K. F., Brown, S., Aboelata, N., Pressman, A. R., Mani, A., & Azar, K. M. J. (2023). Racial Disparities in Pulse Oximeter Device Inaccuracy and Estimated Clinical Impact on COVID-19 Treatment Course. *American Journal of Epidemiology*, 192(5), 703–713. <https://doi.org/10.1093/aje/kwac164>
- Tassone, V. C., O'Mahony, C., McKenna, E., Eppink, H. J., & Wals, A. E. J. (2018). (Re-)designing higher education curricula in times of systemic dysfunction. a responsible research and innovation perspective. *Higher Education*, 76(2), 337–352. <https://doi.org/10.1007/s10734-017-0211-4>
- The United Nations Sustainable Development Group. (2022). *Operationalizing Leaving No One Behind*. United Nations. <https://unsdg.un.org/resources/leaving-no-one-behind-unsdg-operational-guide-un-country-teams>
- Tonkinwise, C. (2004). Ethics by Design, or the Ethos of Things. *Design Philosophy Papers*, 2 (2), 129–144. <https://doi.org/10.2752/144871304X13966215067994>
- Trevelyan, J. (2010a). Engineering students need to learn to teach. In *2010 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (2010 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE). Arlington, VA, USA, 27.10.2010 – 30.10.2010: IEEE).
- Trevelyan, J. (2010b). Reconstructing engineering from practice. *Engineering Studies*, 2(3), 175–195. <https://doi.org/10.1080/19378629.2010.520135>
- Trujillo, A. K., Bath, C., Ernst, W., Götschel, H., & Voß, H.-J. (2023). *Exzellent ohne Gender Studies in MINT?* Forschung & Lehre. <https://www.forschung-und-lehre.de/politik/exzellent-ohne-gender-studies-in-mint-5705.%20Zugegriffen%20am%2030.01.2025>
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [UNESCO]. (2021). *Engineering for sustainable development: delivering on the Sustainable Development Goals* (Unter Mitarbeit von International Centre for Engineering Education). <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375644.locale=en>
- Verein Deutscher Ingenieure e.V. [VDI]. (2021). *Ethische Grundsätze des Ingenieurberufs*. Verein Deutscher Ingenieure e.V.

Vereinte Nationen. (2015). *Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. A/RES/70/1*. United Nations. <https://sdgs.un.org/sites/default/files/publications/21252030%20Agenda%20for%20SustainableDevelopment%20web.pdf>.

Verordnung 2024/1689 des europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Juni 2024 zur Festlegung harmonisierter Vorschriften für künstliche Intelligenz und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 300/2008, (EU) Nr. 167/2013, (EU) Nr. 168/2013, (EU) 2018/858, (EU) 2018/1139 und (EU) 2019/2144 sowie der Richtlinien 2014/90/EU, (EU) 2016/797 und (EU) 2020/1828 (Verordnung über künstliche Intelligenz). <http://data.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj>

Wallin, P., & Adawi, T. (2018). The reflective diary as a method for the formative assessment of self-regulated learning. *European Journal of Engineering Education*, 43(4), 507–521. <https://doi.org/10.1080/03043797.2017.1290585>

Winkens, A.-K., Lemke, C., & Leicht-Scholten, C. (2024). *A Holistic Approach for "Teaching-to-learn" Professional Competencies in Engineering Education. Proceedings of the 52nd Annual Conference of SEFI, Lausanne, Switzerland*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14256695>