

# Lernen für „Nachhaltige Entwicklung“ in den Ingenieurwissenschaften

## 1. Einführung

Dieser Beitrag auf der TURN-Konferenz 2023 ist auf Basis meines Lehrportfolios und der Veröffentlichung „*Lehre für Zukunftsgestaltung und nachhaltige Entwicklung*“<sup>1</sup> im Neuen Handbuch Hochschullehre entstanden. Er umfasst neben Weiterentwicklungen des in der o.g. Veröffentlichung gezeigten Ansatzes und Anknüpfungspunkten in andere Lehrbereiche vor allem Rückmeldungen und Anmerkungen des Auditoriums, die ich für die Weiterentwicklung des Lehransatzes und die Beforschung meiner Lehre nutzen möchte.

## 2. Nachhaltigkeit, Technologieentwicklung und neue Arbeitswelten

Ingenieur\*innen sind zunehmend gefordert, technische Entwicklungen und Innovationen nicht nur auf Basis der technologischen Realisierbarkeit zu bewerten, sondern auch die ökologische Wirksamkeit sowie den Einfluss der technischen Entwicklungen auf sozialen Umwelten, die Wirtschaft und die Gesellschaft zu berücksichtigen.<sup>2</sup>

In der Ausbildung von Ingenieur\*innen wird in großem Maße darauf Wert gelegt, die naturwissenschaftlich-technischen Hintergründe mit eindeutigen Lösungsansätzen zu vermitteln. Umweltwissenschaften und damit auch die Umwelttechnik sind jedoch geprägt von den weltweiten Wechselwirkungen zwischen den Umweltmedien und den Auswirkungen des anthropogenen Handelns in Technik und Wirtschaft auf die Umweltmedien. Die Auswirkungen und Wechselwirkungen des menschlichen Handelns betreffen dabei nicht nur die ökologischen Systeme, sondern auch die sozialen und die wirtschaftlichen Systeme.<sup>3</sup> Aus den damit einhergehenden Wertekonflikten und den Nichtlinearitäten in unseren unterschiedlichen Umwelten entstehen Uneindeutigkeiten und Entscheidungssituationen unter Unsicherheit.<sup>4</sup>

Insgesamt verändert sich unsere Arbeitswelt deutlich und es wird seitens der Arbeitswissenschaften prognostiziert, dass Innovationsfähigkeit und Kompetenzen jenseits des reinen Fachwissens die Lernziele des Wissens und der Qualifikationen ablösen werden.<sup>5</sup>

Hieraus ergibt sich die Frage „Was bedeuten die Veränderungen der Arbeitswelt für uns als Lehrende – insbesondere in den MINT-Disziplinen?“ Die Ideen und Ansätze des Auditoriums der TURN `23 zeigt *Tabelle 1*. Die Antworten lassen sich in vier Bereiche von Änderungen clustern: Lehrmethoden und Anpassung der Lehre, Fachinhalte, Arbeitswelt (allgemein) und Lehrperson. Insgesamt wird die Einschätzung deutlich, dass Kommunikations- und Reflexionsfähigkeit sowohl für Lernende als auch Lehrende eine höhere Bedeutung bekommen werden als bisher. Hinsichtlich der technischen Aspekte wird erwartet, dass Technikentwicklung und Technikeinsatz stärker menschenorientiert erfolgen wird. In Kombination mit der Erwartung der stärkeren Werteorientierung folgere ich, dass damit gemeint ist, dass der menschenorientierte Einsatz insbesondere zur Verbesserung sozialer Ungleichheiten und zur Verbesserung von Lebensbedingungen von Menschen weltweit genutzt werden sollte. Es zeigt sich, dass erwartet wird, dass nicht-technische Inhalte verstärkt in die Lehre einfließen und sich damit einhergehend das Rollenverständnis der Lehrenden ändern wird. Damit werden die erwarteten Veränderungen der Arbeitswelt auch die Arbeitswelt der Lehrenden verändern.

---

<sup>1</sup> Sartor (2023), S. 1-28

<sup>2</sup> Vgl. Gutierrez-Buchli et al. (2022), S. 1 + 12 und zu Modellen der Nachhaltigkeit und dem Begriff Nachhaltigkeit z.B. Pufé (2017), S. 110 ff.

<sup>3</sup> Vgl. Sustainable Development Goals (SDGs) mit den Prinzipien („Principles“) „Planet“, „People“ und „Prosperity“, *SDG-Services* (2022), o.S. und vgl. zu den Zielkonflikten u.a. Jischa (2005), S. 151 ff., S. 157 ff., S. 191 ff., S. 211 ff., S. 232 ff.

<sup>4</sup> Vgl. Holdsworth, Sandri (2021), S. 4 f., Sartor (2023), S. 4

<sup>5</sup> Vgl. Cross (2010), S. 42

Die Aussagen unterstützen und erweitern meine eigenen Beobachtungen und Hypothesen bzgl. des Lernens für „Nachhaltige Entwicklung“ in den Ingenieurwissenschaften.

*Tabelle 1: Ideen und Ansätze des Auditoriums der TURN `23 zu den Bedeutungen der Veränderung der Arbeitswelt für Lehrende*

Lehrmethoden	Fachinhalte	Arbeitswelt	Lehrperson
höher Bedarf an Kommunikations- und Moderationsfähigkeit	Reflexionsfähigkeit	Entscheidungen nicht mehr nur kosten-, sondern wertegeleitet	Rollenänderung
Kontakt / Austausch mit Laien	sinnvoller / anwendungsorientierter Einsatz von neuen Technologien	Technik für Menschen, nicht als Selbstzweck	Rollenverständnis
Interdisziplinarität	Resilienzerwerb		Änderung der eigenen Arbeitswelt
	Schwerpunkt im Bereich nachhaltige Lösungen und Methoden		
	Ethische Kompetenzen		
	Fokusstrategien		

### 3. Beobachtung und Hypothese

Neben dem Erwerb von technischem bzw. naturwissenschaftlichen Fachwissen ist es gerade im Themenfeld der Umweltwissenschaften und der Nachhaltigen Entwicklung wichtig, die Hochschulbildung für Ingenieur\*innen auf die Vermittlung von Kompetenzen für die Transformation unserer Gesellschaft in ein nachhaltiges Wirtschaftssystem bzw. für eine nachhaltige Entwicklung der Gesellschaft zu erweitern.<sup>6</sup> Für die Ermöglichung einer Entscheidungsfähigkeit unter Unsicherheit (Entwicklung von Handlungskompetenz und personaler Kompetenz) bedarf es einer Sicherheit im Umgang mit den dem eigenen Handeln zugrunde liegenden Regeln, Normen und Werten.<sup>7</sup> Reflexion und Thematisierung von Emotionen in holistischen Lernarrangements ermöglicht das Kennenlernen der eigenen Werte und die Organisation des eigenen Wertesystems.<sup>8</sup>

Daraus ergibt sich für das Design von Lernveranstaltungen im Bereich der Umwelttechnik die folgende Hypothese: *„Neben dem Fachwissen ist es gerade im Themenfeld der Nachhaltigen Entwicklung wichtig, den Studierenden zu ermöglichen, ihr Wertesystem kennen zu lernen, zu reflektieren und ggf. neu zu ordnen. Dies geschieht durch die Interiorisation von Werten zu eigenen Emotionen und Motivationen.“*<sup>9</sup> Diese personale Kompetenz sollen den Studierenden eine Handlungsfähigkeit in komplexen Situationen und das Treffen von Entscheidungen unter Unsicherheit ermöglichen.

### 4. Konzeptionierung des Moduls „Grundlagen der Umweltchemie“

Die erste auf diese Hypothese angepasste Lehrveranstaltung war das von mir unterrichtete Modul „Grundlagen der Umweltchemie“ im Bachelorstudiengang Ingenieurwissenschaften (Allgemeiner Maschinenbau, Wirtschaftsingenieurwesen) in der Vertiefungsrichtung „Umwelttechnik“ der Technischen Hochschule Köln. Dieses Modul ist das Basismodul für die Vertiefungsrichtung, in welchem die Studierenden die naturwissenschaftlichen Grundlagen für Maßnahmen des technischen Umweltschutzes erlernen und für Nachhaltige Entwicklung sensibilisiert werden.

#### 4.1 Lernziele

Das Lernziel (Learning Outcome) wirkt zunächst fachlich-technisch: *„Die Studierenden können Grundkonzepte des Umweltschutzes und verfahrenstechnische Grundoperationen zur*

<sup>6</sup> Vgl. Filho (2018), S. 302, Gutierrez-Buchli et.al. (2022), S. 5 ff., Zaleniene, Pereira (2021), S. 102, Pufé (2017), S. 179 ff.

<sup>7</sup> Vgl. Erpenbeck, Sauter (2013), S. 4 ff., S. 33, Erpenbeck (2018), S. 12, S. 145 f., Arnold, Schön (2019), S. 100

<sup>8</sup> Vgl. Filho (2018), S. 60, S. 91, Arnold (2018), S. 24 f., Arnold, Schön (2019), S. 66, Sartor (2023), S. 14 f.

<sup>9</sup> Sartor (2023), S. 16

*Beseitigung eines gegebenen Umweltproblems auf Basis naturwissenschaftlicher Ansätze ableiten, indem sie anhand der Systematik der Umweltmedien Wechselwirkungen zwischen Mensch und Umwelt in Beziehung setzen, Zusammenhänge der globalen Stoffkreisläufe einordnen und mit Hilfe der jeweiligen chemischen Grundlagen erklären, um die Grundkonzepte und Grundoperationen im weiteren Studienverlauf umwelttechnischen Maßnahmen und Prozessen zuordnen zu können.*“ Da die globalen Stoffkreisläufe und deren Wechselwirkungen jedoch eine hohe Nichtlinearität und Komplexität aufweisen, können die Zusammenhänge genutzt werden, um mit den Studierenden ein Verständnis für Komplexität, Nichtlinearität und Widersprüchlichkeit zu entwickeln.<sup>10</sup> Um dies zu erreichen, kombiniere ich kognitive und affektive Lernziele auf unterschiedlichen Taxonomiestufen.<sup>11</sup> Im Bereich des kognitiven Lernens adressiere ich die Taxonomiestufe „Analyse“ und im Bereich des affektiven Lernens „Reagieren“. Der Unterschied der Taxonomiestufen ergibt sich aus der bisherigen Lernerfahrung der Studierenden. Fachlich sollen die Studierenden das Wissen und die Kompetenz erwerben, Grundkonzepte und Maßnahmen des technischen Umweltschutzes für die Beseitigung eines gegebenen Umweltproblems auf Basis der neu erworbenen Kenntnisse über die Umweltmedien abzuleiten. Die Vertiefung der Argumentation erfolgt anhand grundlegender chemischer Reaktionsgleichungen und exemplarischer, verfahrenstechnischer Grundoperationen.<sup>12</sup> Diese Vorgehensweise knüpft an den Studierenden bekannten Methoden der Ingenieurwissenschaften an. Im Bereich des affektiven Lernens antizipiere ich, dass sich die Studierenden bewusst für die Vertiefungsrichtung „Umwelttechnik“ entschieden haben, jedoch die Wertebildung im Bereich der Nachhaltigen Entwicklung noch nicht abgeschlossen ist. Die Lernarrangements sollen es den Studierenden daher ermöglichen, die Komplexität globaler Stoffkreisläufe und der umweltchemischen Abläufe in den Umweltmedien sowie die entstehenden Widersprüchlichkeiten bei Entscheidungen zu erkennen und sich selbst zu positionieren.<sup>13</sup>

## 4.2 Lernarrangements

Die Entwicklung der Lernarrangements erfolgt auf Basis der genannten Lernziele und unabhängig vom Format.<sup>14</sup> Die systemische Pädagogik geht beim Lernen von einem aktiven und subjektiven Konstruktionsprozess des Lernenden aus, bei dem neues Wissen an bereits vorhandenes – explizites oder implizites – Wissen und die mit diesem Wissen verbundenen Emotionen anknüpft.<sup>15</sup> Demensprechend bilden möglichst konkrete Lernsituationen die Basis für die eigenständige Problemanalyse und die Entwicklung von Lösungsansätzen und festigen das erworbene Wissen durch dessen eigenständige Anwendung und Strukturierung.<sup>16</sup> *Tabelle 2* zeigt die Hypothesen und Taxonomiestufen für die Entwicklung der Lernarrangements. Die Hauptlehrinhalte umfassen umweltchemische Grundlagen, Nichtlinearität und Rückkopplungseffekte.

---

<sup>10</sup> Vgl. Sartor (2023), S. 17

<sup>11</sup> Vgl. für kognitives Lernen die revidierte Fassung der Taxonomiestufen nach Krathwohl (2002), S. 214-215, sowie für affektives Lernen Krathwohl et al. (1975), S. 32 ff., S. 89 und den Vergleich beider Lernformen Krathwohl et al. (1975), S. 47

<sup>12</sup> Vgl. Sartor (2023), S. 16 f.

<sup>13</sup> Vgl. Sartor (2023), S. 17

<sup>14</sup> Da lt. Erpenbeck, Sauter (2013), u.a. S. 18 der Mensch limitierender Faktor ist und es mir bei der didaktischen Gestaltung der Lernprozesse um den Menschen geht, nicht um die technischen Möglichkeiten.

<sup>15</sup> Vgl. u.a. Arnold, Schön (2019), S. 22, S. 77 ff., Arnold (2017), S. 43 ff.

<sup>16</sup> Vgl. Arnold, Schön (2019), S. 28, Arnold (2017), S. 141 ff., Bachmann (2018), S. 24 sowie Sartor (2023), S. 16

Tabelle 2: Hypothesen für die Entwicklung der Lernarrangements im Modul „Grundlagen der Umweltchemie“<sup>17</sup>

Hypothese	Fachinhalte	Taxonomiestufe
Konkrete Beispiele ermöglichen Verstehen bzw. Erlernen komplexer Zusammenhänge	Umweltchemische Grundlagen Rückkopplungseffekte	„Analyse“ (kognitives Lernen)
Perspektivwechsel ermöglichen Wahrnehmung von Emotionen und Wertebildung	Nichtlinearität Rückkopplungseffekte	„Reagieren“ (affektives Lernen)

### 4.3 Beispiele für Lernarrangements

Die Nutzung von (Fall-)Beispielen ist die Basis der Lehrveranstaltung und sie sind derart ausgewählt, dass die Studierenden schrittweise die Zusammenhänge der globalen Stoffkreisläufe und der umweltchemischen Grundlagen erlernen. Durch die Erhöhung der Komplexität werden die abstrakten, nichtlinearen Zusammenhänge und die Rückkopplungen deutlich. Weiterhin ermöglicht die Einnahme unterschiedlicher Perspektiven das Erkennen von Widersprüchlichkeiten in Entscheidungsprozessen und lassen die Studierenden ihre eigenen emotionalen Reaktionen auf Unsicherheit und Widersprüchlichkeit erkennen.<sup>18</sup>

Die folgenden Abbildungen zeigen Lernarrangements für

- Hypothese 1 (Konkrete Kontexte): *Abbildung 1* – Anknüpfen an vorhandenes, implizites Wissen, *Abbildung 2* – Verdeutlichung von Nichtlinearität und Rückkopplungen,
- Hypothese 2 (Wahrnehmung von Emotionen / Wertebildung): *Abbildung 3* – Perspektivwechsel und Widersprüchlichkeiten.

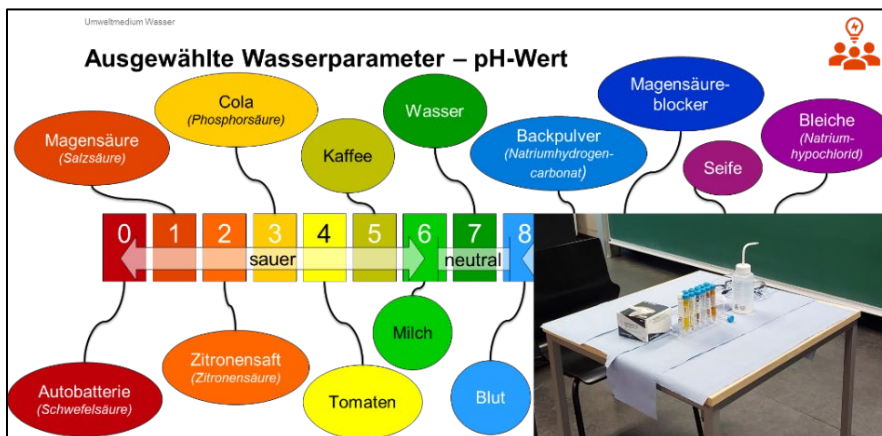


Abbildung 1: konkrete Beispiele: Messen des pH-Wertes an verschiedenen Flüssigkeiten aus dem Haushalt [eigene Darstellung]

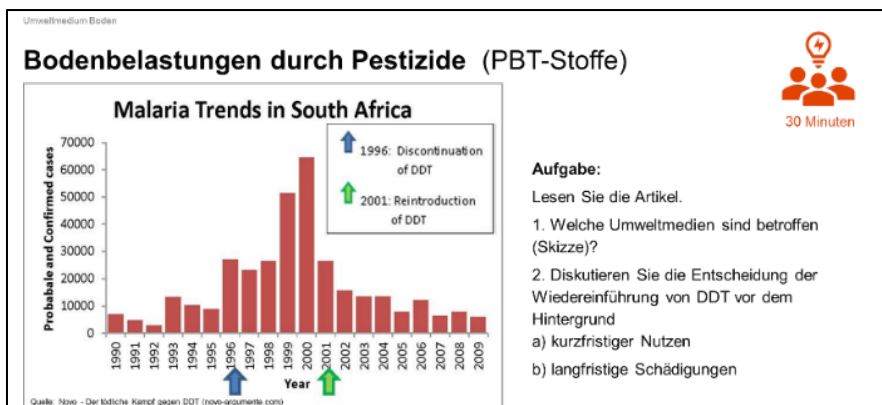


Abbildung 2: konkrete Beispiele: Nichtlinearität und Rückkopplung bei der Nutzung von Pestiziden [eigene Darstellung]

<sup>17</sup> Vgl. Sartor (2023), S. 18

<sup>18</sup> Vgl. Sartor (2023), S. 18

## Grundkonzepte der Kreislaufwirtschaft

Aufgabe (Gruppenarbeit und Diskussion):

Nach dem Hochwasser im Juli 2021 wurden in Ihrer Kommune Agrarflächen, Gärten und Spielplätze mit heizölbelastetem Wasser überflutet. Nach Abfließen des Wassers ist offensichtlich, dass sich noch Öl auf den Böden befindet. Es wird vermutet, dass auch Schwermetalle und Pestizide in den Boden eingetragen wurden. Bereiten Sie eine Bürgerversammlung vor.

**Vertreter\*in eines Sanierungsunternehmens:** Argumentieren Sie die technischen Möglichkeiten einer Sanierung der Böden durch deren Abtrag, nachfolgender Bodenwäsche und Wiedereintrag.

**Vertreter\*in der Gemeindeverwaltung:** Argumentieren Sie die wirtschaftliche Zumutbarkeit der Sanierungsmaßnahme (auch im Hinblick auf weitere Hochwasserschäden z.B. an Straßen und öffentlichen Gebäuden).

**Elternvertreter\*in (Kita, Grundschule) / „besorgte(r) Bürger\*in“:** Argumentieren Sie die sozialen Folgen einer durchgeführten oder nicht durchgeführten Sanierungsmaßnahme. Denken Sie beispielsweise an die Möglichkeit den Garten für Gemüse- und Obstbau nutzen zu können oder die Schließung von Spielplätzen.



10-15 Minuten  
Vorbereitungszeit

20-30 Minuten  
Diskussion

Abbildung 3: Perspektivwechsel und Emotionen: Simulation einer Bürgerversammlung [eigene Darstellung]

## 5. Methodisches Design / Datenerhebung und -auswertung

Für die Überprüfung der Wirksamkeit der Lernarrangements nutzte ich Assoziationen der Studierenden zur Umweltchemie und Nachhaltiger Entwicklung zu Beginn und am Ende des Moduls. Dazu habe ich im Rahmen der ersten Lehrveranstaltung zur Einführung in das Modul zwei Abfragen durchgeführt<sup>19</sup>:

- Hypothese 1 (Konkrete Kontexte): „*Chemie bzw. chemische Gleichungen sind ....*“ – die Überprüfung der Hypothese erfolgt durch erwartete Veränderungen des Abstraktionsvermögens und des gezielteren Einsatzes von Fachbegriffen,
- Hypothese 2 (Wahrnehmung von Emotionen / Wertebildung): „*Nachhaltige Entwicklung ist für mich ...*“ – die Überprüfung der Hypothese erfolgt durch erwartete Veränderungen und Konkretisierung der Werte und Begrifflichkeiten.

In der letzten Lehrveranstaltung des Semesters habe ich die Satzanfänge erneut ergänzen lassen. Beide Assoziationen zeigen *Abbildung 4* und *Abbildung 5*. Es wird deutlich, dass die zu Semesterbeginn teilweise noch unklaren Vorstellungen deutlich konkretisiert wurden: Die Studierenden haben ein Verständnis für Chemie, den Aufbau unserer Umwelt aus chemischen Verbindungen und die fachspezifische Ausdrucksform (chemische Gleichungen) entwickelt. Es ist ihnen möglich, die Kenntnisse anzuwenden und damit Lösungsansätze im Bereich der Umweltchemie abzuleiten (kognitive Taxonomiestufe „Analyse“). Bei der Frage zur Nachhaltigen Entwicklung hatten die Studierenden zu Semesterbeginn ein eher unklares und vor allem auf die ökologischen Aspekte der Nachhaltigkeit ausgerichtetes Verständnis. Zu Semesterende wurden auch gesellschaftliche Aspekte genannt und „Nachhaltige Entwicklung“ wird als gesellschaftlicher Transformationsprozess wahrgenommen. Es scheint, dass die Studierenden auf ihre Werte aufmerksam wurden (affektive Taxonomiestufe „Reagieren“) bzw. eine (Neu-)konzeptionierung des Wertesystems angeregt wurde (affektive Taxonomiestufe „Wertesystem organisieren“).<sup>20</sup>

<sup>19</sup> Vgl. Sartor (2023), S. 20

<sup>20</sup> Vgl. Sartor (2023), S. 21



## Chemie / chemische Gleichungen sind ....

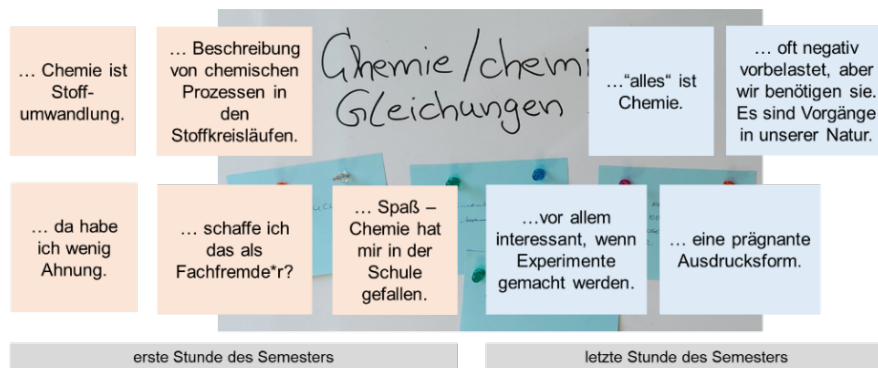


Abbildung 4: Assoziationen zu Chemie und chemischen Gleichungen zu Semesterbeginn und am Semesterende, Sommersemester 2022 [eigene Darstellung<sup>21</sup>]

## Nachhaltige Entwicklung ist für mich....



Abbildung 5: Assoziationen zu Nachhaltiger Entwicklung zu Semesterbeginn und am Semesterende, Sommersemester 2022 [eigene Darstellung<sup>22</sup>]

## 6. Ausweitung auf andere Fachbereiche und Lehrveranstaltungen

Zur Weiterführung des gewählten Ansatzes, kognitive und affektive Lernziele in Lehrveranstaltungen für Ingenieur\*innen mit dem Ziel einer Werteentwicklung zu kombinieren, gibt es unterschiedlichste Möglichkeiten: In dem technischen Modul „Umweltprozesstechnik“ erstellen die Studierenden ein Pflichtenheft für einen umwelttechnischen Prozess. Anstelle einer Kostenrechnung sind sie gefordert, die langfristigen Auswirkungen des gewählten Prozesses hinsichtlich notwendiger Ressourcen und erzeugter Reststoffe über einen Zeitraum von 30 Jahren zu bewerten (Abbildung 6, links). In dem Modul „Umweltrecht“ werden gezielt unterschiedlichste Perspektiven eingenommen, um ein vertieftes Verständnis für Entscheidungen unter Unsicherheit und Unentscheidbarkeiten im Rahmen der Umweltgesetzgebung zu erhalten (Abbildung 6, rechts).

Ein anderes Beispiel für einen holistischen Lehransatz im Themenfeld der Bildung für Nachhaltige Entwicklung im Hochschulkontext ist das „Camp :metabolon“ (Abbildung 7). In diesem Modul haben Studierende unterschiedlicher Design-Studiengänge und unterschiedlicher Ausbildungsniveaus (Bachelor und Master) gemeinsam an der Fragestellung gearbeitet, wie Produktdesign dazu beitragen kann, dass weniger Restmüll entsteht. Hierzu wurde Restmüll


<sup>21</sup> Sartor (2023), Abb. 3-36-4, S. 20

<sup>22</sup> Sartor (2023), Abb. 3-36-5, S. 21

aus der Restmüllsammlung entnommen und Prototypen unter Berücksichtigung eines nachhaltigen Designs entwickelt. Zur Unterstützung des Designprozesses erhielten die Studierenden umwelttechnische Impulsvorträge und besichtigten in Exkursionen verschiedene abfallwirtschaftliche Anlagen.

Übertragung

### Ausweitung auf andere Lehrveranstaltungen




**Umweltprozesstechnik**

Quelle: AdobeStock\_20720501

Die Studierenden können umwelttechnische Prozesse entwickeln, um eine nachhaltige zirkuläre Wertschöpfung gestalten zu können.

- Anstelle ökonomische Betrachtung (Rol) Nutzung einer langfristige Betrachtung anhand der notwendigen Rohstoffe und Reststoffe über 30 Jahre Betriebszeit
- Holistischer Ansatz einer Prozessentwicklung im Praktikum



Quelle: AdobeStock\_81667075

Die Studierenden können umweltrelevante Sachverhalte in gesetzliche Rahmenbedingungen einordnen, um die Relevanz des Umweltrechts für eine gesellschaftspolitische Steuerung des Umwelt- und Ressourcenschutzes und einer nachhaltigen Entwicklung ableiten zu können.

- Perspektivwechsel, z.B. als Verwaltungsmitarbeiter\*in, Unternehmer\*in, Bürger\*in, Journalist\*in

14.09.2023 Prof. Dr. Miriam Sartor  
Umweltprozesstechnik  
Seite 14 Fakultät für Informatik und Ingenieurwissenschaften, metabolon Institute

metabolon Technology Arts Sciences TH Köln

Abbildung 6: Beispiel aus dem Vortrag während der TURN 2023: Ansätze zur Übertragung auf andere Lehrveranstaltungen in den Ingenieurwissenschaften [eigene Darstellung]

Weiteres Vorgehen

### „Camp :metabolon SoSe 2023“ – ein holistisches Lehrprojekt für Zirkuläre Wertschöpfung

**Camp :metabolon: „Wohin ist weg?“ / „Where is gone?“**

- 12 Studierende F02 und F10: Integrated Design (Bachelor), Produktdesign & Prozessentwicklung (Master)
- Fragestellung: **Was bedeutet eine Zirkuläre Wertschöpfung für das Produktdesign** oder: *wie kann das Produktdesign dazu beitragen, Restmüllmengen zu verringern?*
- 6 Designvorschläge: präsentiert zur „Nacht der Technik Oberberg“



14.09.2023 Prof. Dr. Miriam Sartor  
Umweltprozesstechnik  
Seite 18 Fakultät für Informatik und Ingenieurwissenschaften, metabolon Institute

metabolon Technology Arts Sciences TH Köln

Abbildung 7: Beispiel aus dem Vortrag während der TURN 2023: Ansatz für ein holistisches Lehrprojekt [eigene Darstellung]

Die Antworten des Auditoriums der TURN `23 auf die Frage: „Welche Lernsettings fallen Ihnen ein, um eine Verknüpfung von kognitiven und affektiven Lernzielen zu erreichen?“ zeigen, dass insbesondere Lernsettings vorgeschlagen werden, die eine dialogische Erarbeitung und gemeinschaftliches Erarbeiten durch die Studierenden, holistische Lernansätze und eine Stärkung der Reflexionsfähigkeit ermöglichen (Tabelle 3).

Im Rahmen der Begutachtung des Beitrags wurde gefragt, welche Anknüpfungspunkte es in andere Fachbereiche gibt. Auch diese Frage habe ich dem Auditorium der TURN `23 gestellt. Hinsichtlich des Anknüpfens von oder an andere Fachbereiche bzw. der Übertragbarkeit in andere Bereiche gab es sehr unterschiedliche Meinungen. Einerseits sei der Ansatz bzw. die Lernsettings „überall einsetzbar“ andererseits wurde angemerkt, dass weniger eine Übertragung in andere Bereiche fokussiert werden sollte als vielmehr die Möglichkeit aus anderen Bereichen und Fachdisziplinen für die Lehre in den Ingenieurwissenschaften zu lernen.

Tabelle 3: Ideen und Ansätze des Auditoriums der TURN `23 zur Ausweitung der Lernsettings für das Lernen für Nachhaltige Entwicklung in den Ingenieurwissenschaften und die Übertragung der Erkenntnisse

Lernsettings für die Verknüpfung von kognitiven und affektiven Lernzielen		
Dialogische Erarbeitung	Holistisches Lernen	Reflexion
Arbeitsgemeinschaften	Exkursionen	Erkundungsaufstellung
Plenumsdiskussionen	projektbasiertes Lernen	systemische Visualisierungen
Gruppenarbeiten	forschendes Lernen	Lernteamcoaching
Diskussionen	problem-based learning	Perspektivwechsel und Vergleich Lebensstandard → Einbindung internationaler Studierender

## 7. Erkenntnisgewinn für die „commons“?

Die lerndidaktische Bearbeitung der Fragestellungen sowie die Beobachtung des Lernverhaltens der Studierenden anhand der allgemeinen Diskussionen während der Lehrveranstaltung, der Assoziationen und der Lehrevaluation im Modul „Grundlagen der Umweltchemie“ hat mir gezeigt, dass es möglich ist, mittels

- der konkreten Beispiele die Komplexität der globalen Stoffkreisläufe und der Umweltchemie zu verdeutlichen und Lösungsansätze zu erlernen. Die einfachen Versuche bzw. das Anschauungsmaterial waren nach Aussage der Studierenden eine gute Unterstützung, um eine bessere Vorstellung von den teilweise abstrakten (umweltchemischen) Vorgängen zu bekommen.
- der Übungen mit Perspektivwechseln ein Verständnis für die Komplexität und Unentscheidbarkeit bestimmter Situationen zu erzeugen. Die Studierenden scheinen einen Zugang zu ihren Werten und Emotionen zu bekommen.

Die Verschränkung von kognitiven und affektiven Lerninhalten verbessert bei den Studierenden das Verständnis für nichtlineare Zusammenhänge und die Herausforderungen des Treffens von Entscheidungen unter Unsicherheit. Der gewählte Ansatz trägt zu einer Wertentwicklung bei.

Die Ausweitung auf andere Lehrveranstaltungen hat gezeigt, dass eine Ergänzung der affektiven Lerninhalte durch Exkursionen in abfallwirtschaftliche Anlagen und an das Lehr- und Forschungszentrum :metabolon der TH Köln, den Studierenden einen besseren Zugang zum holistischen Lernen ermöglichen.


## 8. Offene Fragen für weitere Beforschung der Lehre

Ausgehend von den Gedanken, welche Möglichkeiten sich aus Lehransätzen und -inhalten anderer Fachbereiche für eine zukunftsorientierte Lehre in den Ingenieurwissenschaften für den Bereich Umwelttechnik und Nachhaltige Entwicklung ergibt, stellt sich mir vor allem die Frage: „Welche Ansätze für inter- und transdisziplinäre Lehre sind vorstellbar und wie können diese umgesetzt werden?“

## 9. Literatur

- Arnold, R.: Entlehrt euch! Ausbruch aus dem Vollständigkeitswahn, Bern, 2017
- Arnold, R.: Das kompetente Unternehmen – Pädagogische Professionalisierung als Unternehmensstrategie, Wiesbaden, 2018
- Arnold, R.; Schön, M.: Ermöglichungsdidaktik – ein Lernbuch, Bern, 2019
- Bachmann, H.: Kompetenzorientierte Hochschullehre, Bern, 2018
- Cross, J.: Working smarter through workscaping, S. 42, in Cross, J. (Hrsg.): Learning is business, 2010
- Erpenbeck, J.: Wertungen, Werte – Das Buch der Grundlagen für die Bildung und Organisationsentwicklung, Berlin, 2018
- Erpenbeck, J.; Sauter, W.: So werden wir lernen! Kompetenzentwicklung in einer Welt fühlender Computer, kluger Wolken und sinnsuchender Netze, Berlin, 2013
- Filho, W. L. (Hrsg.): Nachhaltigkeit in der Lehre – Eine Herausforderung für Hochschulen, Berlin, 2018



- 
- Gutierrez-Bucheli, L.; Kidman, G.; Reis, A.: Sustainability in engineering education: A review of learning outcomes, *Journal of Cleaner Production*, 330, 2022, 129734, S. 1-15
- Holdsworth, S.; Sandri, O.: Investigating undergraduate student learning experiences using the good practices leaning and teaching for sustainability education (GPLTSE) framework, *Journal of Cleaner Production*, 311, 2021, 127532, S. 1-14
- Jischa, M.F.: *Herausforderung Zukunft – Technischer Fortschritt und Globalisierung*, 2. Auflage, Berlin, 2005
- Krathwohl, D.R.: A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview, *Theory into Praxis*, Vol. 41, 4, 2002, S. 212-218
- Krathwohl, D.R.; Bloom, B.S., Masia, B.B.: *Taxonomie von Lernzielen im affektiven Bereich*, Weinheim und Basel, 1975
- Pufé, I.: *Nachhaltigkeit*, 3. Auflage, Konstanz und München, 2017
- SDG-Services: The main principle of sustainability is the common good, <https://www.sdg.services/principles.html>, Zugriff 08.03.2022
- Sartor, M.: *Lehre für Zukunftsgestaltung und nachhaltige Entwicklung*, NHHL, Ausgabe 110, 2023, A3.36, S. 1-28 (pdf-Version, online unter [www.nhhl-bibliothek.de](http://www.nhhl-bibliothek.de))
- Zaleniene, I.; Pereira, P.: Higher Education For Sustainability: A Global Perspective, *Geography and Sustainability*, 2, 2021, S. 99-106