

A Service of



Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft Leibniz Information Centre

Ahrens, Volker

Working Paper

Kompetenzorientierte Lehre zur Förderung der Reflexionsund Innovationsfähigkeit - Lernkatalysatoren und konvertierende Objekte

Arbeitspapiere der Nordakademie, No. 2020-01

Provided in Cooperation with:

Nordakademie - Hochschule der Wirtschaft, Elmshorn

Suggested Citation: Ahrens, Volker (2020): Kompetenzorientierte Lehre zur Förderung der Reflexions- und Innovationsfähigkeit - Lernkatalysatoren und konvertierende Objekte, Arbeitspapiere der Nordakademie, No. 2020-01, Nordakademie - Hochschule der Wirtschaft, Elmshorn

This Version is available at: https://hdl.handle.net/10419/215897

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.





ARBEITSPAPIERE DER NORDAKADEMIE

ISSN 1860-0360

Nr. 2020-01

Kompetenzorientierte Lehre zur Förderung der Reflexions- und Innovationsfähigkeit -Lernkatalysatoren und konvertierende Objekte

Prof. Dr.-Ing. Volker Ahrens

April 2020



zur Förderung der Reflexions- und Innovationsfähigkeit

Lernkatalysatoren und konvertierende Objekte¹

Volker Ahrens

1 Kompetenzen

Weitgehend unbestritten ist die Forderung, dass Absolventinnen und Absolventen eines Studiums vor allem eines sein sollen: kompetent. Gestritten wird zwar über die Frage, was Kompetenz eigentlich ist, doch daran wird sich der vorliegende Beitrag nicht beteiligen. Stattdessen wird ohne Anspruch auf Letztgültigkeit angenommen, dass damit die durch Individuen erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten gemeint sind, die benötigt werden, um *Probleme zu lösen*, "sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können" (Weinert 2001, S. 27 f.).

Kompetenz ist also ein mehrdimensionaler Begriff, so dass er im Hinblick auf die konkrete Vermittlung weiter aufgeschlüsselt werden muss. Auch dazu liegen verschiedene Vorschläge vor, von denen hier nur einer aufgegriffen und nicht ein weiteres Mal kontrovers diskutiert werden soll. So unterteilt Roth (vgl. 1971, S. 389 f.) Kompetenz in *Selbst-, Sach- und Sozial-kompetenz*, also in die Fähigkeit, für sich selbst verantwortlich zu handeln, in die Fähigkeit, innerhalb bestimmter Fachgebiete handlungs- und urteilsfähig zu sein, und in die Fähigkeit, politische, zivilgesellschaftliche und kulturelle Verantwortung zu übernehmen. Der Deutsche Qualifikationsrahmen für lebenslanges Lernen (DQR) ergänzt diese Kompetenzen durch die *Methodenkompetenz*, die als Querschnittskompetenz insbesondere dazu dient, die übrigen Kompetenzen zu erschließen (vgl. AK DQR 2011, S. 4). Daraus ergibt sich schließlich das in Abbildung 1 dargestellte Kompetenzmodell des Qualifikationsrahmens für deutsche Hochschulabschlüsse (HQR) der Kultusministerkonferenz (KMK). Darüber hinaus definiert der HQR die Niveaus der Kompetenzen für Bachelor- und Master-Abschlüsse sowie für Promotionen (vgl. HQR 2017, S. 6 ff.).

Für einzelne Fachdisziplinen sind diese Kompetenzen beispielsweise in spezifischen Qualifikationsrahmen weiter konkretisiert. Für die Ingenieurwissenschaften ist dies insbesondere der fachspezifische europäische Rahmen für die Ingenieure (EUR-ACE®). Im Hinblick auf die weiteren Ausführungen geht aus diesem Dokument zum Beispiel hervor, dass auf dem Bachelor-Niveau unter anderem die Fähigkeit zur Entwicklung von Prozessen gefordert ist, welche auch

¹ Der vorliegende Beitrag ist die Verschriftlichung eines Vortrags, der am 17. Februar 2020 im Rahmen eines <u>Erfahrungsaustausches zur Kompetenzorientierung in den Ingenieurwissenschaften</u> zum Projekt nexus der Kultusministerkonferenz (KMK) an der Technischen Universität Dresden gehalten wurde.



Abbildung 1: Kompetenzmodell des Qualifikationsrahmens für Deutsche Hochschulabschlüsse (vgl. HOR 2017, S. 4)

nicht-technische Aspekte wie Arbeits- und Gesundheitsschutz, Umweltschutz und Wirtschaftlichkeit sowie die Auswahl und Anwendung geeigneter Entwicklungsmethoden einbeziehen kann (vgl. ENAEE 2015, S. 7).

An der NORDAKADEMIE, einer privaten, staatlich anerkannten Fachhochschule mit Standorten in Elmshorn und Hamburg, werden diese Kompetenzen im Bachelor-Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen im Modul Produktions- und Qualitätsmanagement (PQM) vermittelt (Abbildung 2).

Die Entwicklung durchdachter Wertvorstellungen und eine selbstbestimmte Bindung an Werte als Beitrag zur Entwicklung einer Selbstkompetenz sind in diesem Modul insoweit relevant, als ein großer Teil der industriellen Produktion von Gütern in Weltregionen erfolgt, in denen zum Beispiel der Schutz des Lebens und der Gesundheit der Beschäftigten oder der Schutz der Umwelt einen anderen Stellenwert haben als am Studienort. Zudem erfolgt das Studium an der NORDAKADEMIE dual, so dass alle Studierenden zugleich auch in einem Ausbildungsbetrieb tätig sind. Sowohl in international aufgestellten Unternehmen als auch in Unternehmen, die weltweit Waren einkaufen und/oder Produkte exportieren, können die Studierenden damit also selbst unmittelbar konfrontiert sein. Vor diesem Hintergrund wird im Rahmen des Moduls zwar keine konkrete Wertorientierung vermittelt, wohl aber, dass es notwendig ist, eigene Wertvorstellungen zu entwickeln, und wie es möglich ist, zu solchen Vorstellungen zu gelangen und sich daran zu binden. Eine konkrete Positionierung erfolgt nur insoweit, als die vermittelten Inhalte auf den am Studienort üblichen Rechtsnormen und Moralvorstellungen basieren.

Als *Methodologie* liegt dem Modul das *Systems Engineering* (vgl. z. B. Haberfellner et al. 2015) zugrunde. Damit ist der Anspruch verbunden, eine Kompetenz zur Lösung von Problemen zu vermitteln, die über das Modul hinausgeht. So dient das Modul in dieser Hinsicht beispielsweise zur Vorbereitung auf das Anfertigen der Abschlussarbeit (vgl. Ahrens 2020) und im Master-Studiengang schließt sich daran ein Modul zum Model-Based Systems Engineering (MBSE)

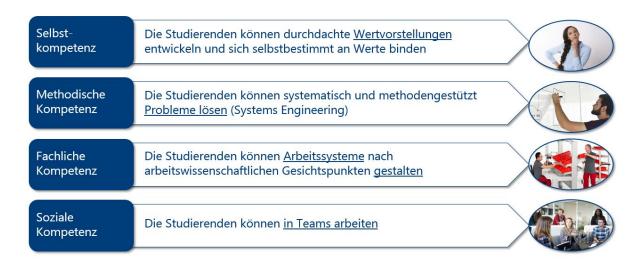


Abbildung 2: Kompetenzziele des Moduls Produktions- und Qualitätsmanagement im Bachelor-Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen an der NORDAKADEMIE

an (vgl. Weilkiens/Soley 2014). Weiterhin werden auch kognitionswissenschaftliche Grundlagen des Problemlösens (vgl. z. B. Sell/Schimweg 2002) behandelt. Schließlich bietet die interdisziplinäre Anwendbarkeit der zugrundeliegenden allgemeinen Systemtheorie (vgl. von Bertalanffy 2015) die Möglichkeit, auch andere Wissensgebiete wie zum Beispiel die Theorie sozialer Systeme (vgl. Luhmann 1996) einzubeziehen.

Fachlich werden am Beispiel der Montage eines Getriebes vor allem *arbeitswissenschaftliche Grundlagen* vermittelt. Dazu gehören Ergonomie und Zeitwirtschaft auf der Basis der REFA-Methodenlehre (vgl. z. B. Schmauder/Spanner-Ulmer 2014) und der MTM-Methodologie (vgl. z. B. Bokranz/Landau 2012) sowie Arbeitsschutz auf der Basis von ISO 45001 und berufsgenossenschaftlichen Anforderungen. Hinzu kommen das Qualitätsmanagement nach DIN EN ISO 9001 und der Umweltschutz nach DIN EN ISO 14001 bzw. EMAS. Allen genannten Aspekten liegt die Idee einer schlanken Produktion zugrunde (vgl. z. B. Liker 2016).

Schließlich werden soziale Kompetenzen dadurch vermittelt, dass die Gestaltung eines Arbeitssystems zur Getriebemontage als *Teamarbeit* konzipiert ist. In den Teams müssen die Studierenden jeweils unterschiedliche Rollen einnehmen, um die in der Praxis übliche Interdisziplinarität der Zusammenarbeit verschiedener Fachdisziplinen zu simulieren. Dadurch lernen sie die Zielkonflikte kennen, die bei der Lösung komplexer Probleme regelmäßig auftreten. Daraus ergibt sich wiederum die Herausforderung, Kompromisse zu finden und die damit oft einhergehenden Ambivalenzen auszuhalten, ohne in persönliche Konflikte zu geraten.

2 Vermittlung von Kompetenzen

Nachdem nun die Frage nach dem Was geklärt wurde, geht es im Folgenden um das Wie, also um eine geeignete Art der Vermittlung der genannten Kompetenzen. Auf der Basis eines konstruktivistischen Verständnisses (vgl. Reinmann/Mandl, 2006) wird Lernen heute als aktiver, selbstgesteuerter, konstruktiver, situierter und sozialer Prozess verstanden (vgl. Schaper/Sonntag, 2007). Die Studierenden sollen also das tun, was sich aus dem lateinischen Ursprung dieser

Bezeichnung ableiten lässt: sich (selbst) bemühen, (selbst) danach trachten, etwas zu erforschen. Den Lehrenden bleibt die Rolle, zwischen den Studierenden und dem, was es zu erforschen gibt, zu vermitteln. Dazu sollen sie zum Beispiel *Handlungs- und Erfahrungssituationen* schaffen, in denen die Lernenden individuelle Lernerfahrungen machen können.

2.1 Lernen als sozialer Prozess

Das Berufsbild des Ingenieurs beziehungsweise der Ingenieurin ist in besonderer Weise durch die Arbeit an und mit *Objekten* geprägt. Daher soll der Rolle von Objekten nachfolgend besondere Aufmerksamkeit zukommen. Ausgangspunkt der Überlegungen ist die Einsicht, dass Lernen als sozialer Prozess verstanden wird (vgl. ebd.), also in sozialen Systemen stattfindet. Nach Luhmann (1996, S. 1991 ff.) bestehen solche Systeme aus Kommunikation; ihre Elemente sind also einzelne Kommunikationsakte und nicht etwa, wie zumeist angenommen wird, Personen. Diese sind lediglich Ausgangs- und Endpunkte von Kommunikationen, wobei letztere stets von Alter (alter Ego) ausgehen und an Ego gerichtet sind. Daher wechselt eine Person ihre Rolle fortwährend; mal schlüpft sie in die von Alter, mal in die von Ego. Auch das zeigt, wie weit man sich von der Vorstellung lösen muss, Personen als Elemente sozialer Systeme zu betrachten. Schließlich ist für das Verständnis der weiteren Ausführungen relevant, dass Kommunikation hier nicht im technischen Sinne als Datenübertragung oder als Übertragung von Informationen verstanden wird, sondern nach Luhmann (vgl. 1996, S. 203) als Einheit aus Information, Mitteilung und Verstehen.

Aus ingenieurwissenschaftlicher Sicht geht diese ohnehin schon weit reichende Abstraktion noch nicht weit genug, denn obwohl Luhmann (vgl. ebd., S. 119 f.) vor einer Unterscheidung in aktive Subjekte (Personen) und passive Objekte (Gegenstände, Dinge) warnt, räumt er Menschen als Gegenstand sozialwissenschaftlicher Forschung doch den Vorrang ein. Und so definiert er dann zum Beispiel, dass die Person das ist, was von einem Menschen (!) in einer Organisation relevant ist (Luhmann 2011, S. 89). Zugleich definiert er eine Person als eine durch Kommunikation konstruierte, fiktive Eigenschaft, die einem Menschen (!) zugerechnet wird. Und tatsächlich lässt sich diese Interpretation aus dem lateinischen Ursprung (per "durch" und sonare "tönen") ableiten, denn in der Antike wurde damit eine Maske bezeichnet, die im Theater getragen wurde, um eine entsprechende Rolle zu spielen. Der Körper des Menschen verbarg sich hinter der Maske (Person) ebenso wie die Psyche.

Auf der Grundlage eines solchen Verständnisses definiert auch Simon (vgl. 2007, S. 44) eine *Rolle* als ein Bündel von Erwartungen charakteristischer Verhaltensweisen. Unterschiedliche Personen (!), welche die selbe Rolle innehaben, sind demnach mit gleichen Verhaltenserwartungen konfrontiert, so dass die entsprechenden Verhaltensmuster trotz wechselnder Besetzung der Rollen stabilisiert werden können. Eine für Organisationen zentrale Rolle ist die der Mitgliedschaft. Im Rahmen dieser Rolle werden üblicherweise weitere Rollen ausdifferenziert. Dabei kann eine Person mehrere Rollen zeitgleich oder sequenziell innehaben. In Unternehmen und Verwaltungen werden Rollen üblicherweise in Form von Arbeitsverträgen und Stellenbeschreibungen dokumentiert.

Diese Fokussierung auf Menschen, die in sozialen Systemen als Personen bestimmte Rollen einnehmen, verstellt den Blick auf Objekte, obwohl der Mensch als "Mängelwesen" (Gehlen 1961, S. 93 ff.) existenziell von ihnen abhängig ist, insoweit also ohne Technik gar nicht gedacht werden kann. Das kann, muss man aber im Grunde gar nicht dadurch deutlich machen, dass man stets von sozio-technischen Systemen (vgl. Ropohl 2009, S. 44) spricht.

Die weiteren Überlegungen gehen nun dahin, den Objekten wieder mehr Aufmerksamkeit zu widmen. Dazu muss man die Soziologie gar nicht neu erfinden². Im Gegenteil: Vor allem Luhmann (vgl. 1996) hat ihr eine sehr umfassende Theorie zugrunde gelegt, die weithin anerkannt ist. Ergänzend dazu sollen nachfolgend allerdings vier Ansätze skizziert werden, die bei der Einbeziehung von Objekten hilfreich sein können.

Zu diesen Ansätzen gehört die *Akteur-Netzwerk-Theorie* (ANT), die Menschen und Gegenstände gleichrangig behandelt (vgl. Latour 2017, S. 121 ff.). Dem verleiht sie dadurch Nachdruck, dass sie Menschen nicht als aktive Subjekte, also als Akteure, und Gegenstände nicht als Objekte bezeichnet, sondern beide quasi neutral als *Aktanten* (vgl. ebd., S. 123). Latour (vgl. 2017, S. 122) verweist in diesem Zusammenhang auf den allgemeinen Sprachgebrauch, nach dem ein Wasserkessel Wasser kocht, ein Messer Fleisch schneidet und ein Geländer Kinder vor dem Fallen bewahrt. Diese Beobachtung alltäglicher Kommunikationen veranschaulicht den theoretischen Ansatz.

Da die ANT in anderen Hinsichten hinter die Einsichten der soziologischen Systemtheorie zurückfällt, indem sie zum Beispiel die von Luhmann längst überwundene Handlungstheorie (vgl. 1996, S. 191 ff.) zugrunde legt, soll sich ihre Adaption weitgehend auf den genannten Aspekt beschränken. Tatsächlich reicht es für die weiteren Überlegungen aus, Alter und Ego (vgl. ebd., S. 119 f.) als Aktanten zu interpretieren, um Menschen und Gegenstände quasi auf Augenhöhe zu bringen. Diese Symmetrie beschränkt sich allerdings auf die Funktion der Aktanten bei der Stabilisierung sozialer Systeme und bedeutet nichts mehr als nur das (vgl. ebd., S. 131).

Ein zweiter brauchbarer Ansatz findet sich im *Symbolischen Interaktionismus* (vgl. z. B. Blumer 1969), der zwar auch auf einer Handlungstheorie basiert und insoweit vergleichbaren Einschränkungen unterliegt wie die ANT, darüber hinaus aber Einsichten ermöglicht, die für die weiteren Überlegungen fruchtbar gemacht werden können. Dazu gehört, dass Kommunikation Symbole verwendet, also Träger von Bedeutungen, die für alle Beteiligten in einem bestimmten Kontext hinreichend gleich sind. Solche Symbole können auch Objekte sein (vgl. ebd., S. 81 ff.).

Systemtheoretisch formuliert geht man im Symbolischen Interaktionismus davon aus, dass Menschen mit Gegenständen auf der Grundlage der Bedeutungen kommunizieren, die sie ihnen zuschreiben. Diese Bedeutungen werden aus der sozialen Interaktion der Kommunikationspartner (Alter, Ego) abgeleitet oder entstehen aus ihr. Darüber hinaus werden die Bedeutungen der Symbole (z. B. Objekte) mit fortschreitendem Kommunikationsprozess nicht nur genutzt,

5

² Latour (vgl. 2017) als einer der Begründer der auch hier herangezogenen Akteur-Netzwerk-Theorie formuliert den Anspruch, "Eine neue Soziologie für eine neue Gesellschaft" zu formulieren.

sondern auch verändert (vgl. ebd., S. 81 ff.). Mit diesem fortwährenden Prozess der Verständigung über die Bedeutung von Symbolen verändern sich wiederum auch die daran Beteiligten. Damit müssen auch Objekte (Symbole), die ja auf den ersten Blick passiv zu sein scheinen, quasi aktiv kommunizieren können. In der Rolle des Alter müssen sie in der Lage sein, Informationen mitzuteilen, und als Ego müssen sie Mitgeteiltes verstehen können (vgl. Luhmann, S. 195).

Der dritte brauchbare Ansatz leitet sich aus dem Symbolischen Interaktionismus ab (vgl. Meister 2011, S. 46) und nimmt vor allem die Objekte selbst in den Blick. Als *Boundary Objects* müssen diese einerseits so plastisch sein, dass sie sich an die Bedürfnisse und Einschränkungen der übrigen Kommunikationspartner anpassen können, andererseits müssen sie aber auch robust genug sein, um ihre Identität zu wahren (Star/Griesemer 1989, S. 393). Dies können unter anderem physisch realisierte Analogiemodelle sein, "die einen abstrakten Zusammenhang (das zu Modellierende) in einfach zu bearbeitendem Material anschaulich oder auch manipulierbar machen, wie etwa bei einem physisch realisierten Planetenmodell der Atome. Die Rolle von solchen Analogiemodellen beschränkt sich nicht auf die Illustration von bereits 'fertigem Wissen', sondern sie können in der wissenschaftlichen Erkenntnisproduktion eine wichtige Rolle spielen" (Meister 2011, S. 49).

Eine häufig zitierte Studie, die Boundary Objects in dieser Weise nutzt, ist die von Carlile (2002, S. 442 ff.). Darin hat er die arbeitsteilige Entwicklung eines Produkts in einem großen Unternehmen untersucht, die unter hohem Zeit- und Kostendruck erfolgte. Dabei wurde ein innovativer Vorschlag eines Fertigungstechnikers zur Neukonzeption des Produkts zunächst nicht angenommen. Erst nach Einführung eines neuen 3D-CAD-Programms, mit dessen Hilfe der Vorschlag visualisiert werden konnte, ließen sich andere davon überzeugen. Die dreidimensionale Zeichnung wirkte als Boundary Object, also quasi als Katalysator der Idee. Daraus leitet Carlile ab, dass Boundary Objects

- an einer syntaktischen Grenze eine gemeinsame Sprache zur Verfügung stellen, mit deren Hilfe das Wissen der Kommunikationspartner füreinander anschlussfähig wird und sich in die jeweiligen Wissensbestände der Anderen übertragen lässt.
- Als konkrete Mittel (vgl. ebd., S. 452) würden sie weiterhin an einer semantischen Grenze die Möglichkeit bieten, die Interpretation des eigenen Beitrags in einem Verständigungsprozess zu spezifizieren, um sowohl Interpretationsdifferenzen zu überwinden als auch wechselseitige Übersetzung zu erlernen, "dass und wie andere Akteurgruppen mit ihrem spezifischen Beitrag zur Erreichung des kollektiven Ziels beitragen" (Meister 2011, S. 64).
- Schließlich würden Boundary Objects an einer pragmatischen Grenze der kollektiven Veränderung des Wissens dienen, "womit die Veränderung der Definition des gemeinsamen Ziels, oder jedenfalls der Mittel, um dieses Ziel zu erreichen, gemeint ist" (ebd.).

Schließlich lässt sich aus einem vierten Ansatz mit Gibson (vgl. 1973, S. 346) die Rolle des alter Ego erklären, von dem ja jeder Kommunikationsakt ausgeht (vgl. Luhmann 1996, S. 195). Dazu weist Gibson Objekten einen Angebotscharakter zu und bezeichnet diesen als *Affordanz*. So bietet zum Beispiel ein Stuhl an, sich darauf zu setzen. Insoweit wird Gegenständen also eine aktive Rolle im oben definierten Sinne zuerkannt. Und auch die Rolle des Ego lässt sich

auf Gegenstände anwenden, wenn zum Beispiel ein gedrückter Knopf auf dem Bedienfeld einer Werkzeugmaschine die erwartete Reaktion auslöst und damit signalisiert, dass die Maschine die Information und die Mitteilung von Alter "verstanden" hat. Mit der Reaktion schlüpft die Maschine sogleich in die Rolle des Alter, denn nun stellt ihre Reaktion eine Information dar, die mitgeteilt wird, und von Ego, der gerade noch Alter war, verstanden werden muss.

Ob und gegebenenfalls wie diese vier Erklärungsansätze, (1) die ANT, (2) der Symbolische Interaktionismus, (3) Boundary Objects und (4) die Affordanz-Theorie, miteinander zusammenhängen und in welchem Verhältnis sie zu der hier zugrunde gelegten Systemtheorie stehen, ist zwar noch bei weitem nicht geklärt, doch immerhin zeigen sie, dass Gegenstände zur Kommunikation und damit zur Stabilisierung sozialer Systeme in vergleichbarer Weise beitragen wie Personen. Auf dieser zugegebenermaßen noch etwas wackeligen Grundlage sollen nachfolgend zwei konkrete Rollen untersucht werden, die von Gegenständen eingenommen werden können. In der zunächst diskutierten Rolle sollen sie als Katalysatoren wirken, in der daran anschließend untersuchten Rolle als Konverter³.

2.1.1 Objekte als Katalysatoren

Katalysatoren⁴ ermöglichen oder erleichtern bekanntlich Reaktionen, ohne sich dabei selbst zu verändern. Diese Eigenschaft wird im technischen Teil des Wirtschaftsingenieur-Studiums an der NORDAKADEMIE für zwei Zwecke genutzt. Anhand eines Getriebes werden (1) über mehrere Module hinweg Zusammenhänge zwischen den jeweils unterschiedlichen Themengebieten aufgezeigt (Abbildung 3). Darüber hinaus (2) wird daran fortwährend das Wechselspiel zwischen Theorie und Praxis demonstriert.

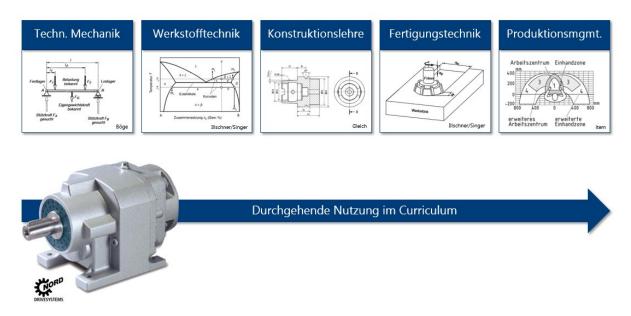


Abbildung 3: Curriculare Integration des Lernkatalysators "Getriebe"

³ Die Möglichkeit und Notwendigkeit dieser Unterscheidung ist Gegenstand aktueller Forschungsarbeiten und insoweit nur vorläufig.

⁴ In der ANT werden diese als intermediäre Objekte bezeichnet (vgl. z. B. Latour 2005, S. 38 ff.). Im ingenieurwissenschaftlichen Kontext erscheint der Begriff des Katalysators jedoch anschlussfähiger.

- (1) Zwar ist der insgesamt zu vermittelnde Stoff anders als durch eine Aufteilung auf unterschiedliche Teilgebiete gar nicht zu bewältigen und in weiten Teilen entspricht diese Aufteilung auch der in Wissenschaft und Praxis üblichen Arbeitsteilung, doch ein Nachteil dieser Aufteilung besteht darin, dass die Zusammenhänge zwischen den Teilgebieten aus dem Blick geraten können. Werden jedoch in jedem Modul Bezüge zum immer gleichen Objekt hergestellt, kann dies einen Beitrag zur Herstellung von Zusammenhängen zwischen den Teilgebieten leisten. So lässt sich zum Beispiel in der Technischen Mechanik aufzeigen, auf welche Bauteile sich die Berechnungen beziehen. Im Rahmen der Werkstofftechnik können daraus Konsequenzen für eine geeignete Werkstoffauswahl abgeleitet werden. In der Konstruktionslehre werden die daraus resultierenden Lernergebnisse angewendet, um ein Getriebe zu konstruieren. Schon dabei werden auch fertigungstechnische Möglichkeiten und Grenzen berücksichtigt, die im Modul zur Fertigungstechnik aufgegriffen und weiter vertieft werden. Im Produktionsmanagement geht es schließlich darum, anhand einer Getriebemontage Aspekte der Arbeitswissenschaft, des Qualitätsmanagements, des Arbeitsschutzes und des betrieblichen Umweltschutzes zu vermitteln sowie das Projektmanagement zu trainieren. Daraus ergibt sich ein fortwährendes Wechselspiel zwischen Spezialisierung und Generalisierung. Darüber hinaus wird Theorie praktisch erfahrbar, wenn Studierende beispielsweise zugleich die Antriebs- und die Abtriebswelle des Getriebes ergreifen und beim Drehen spüren, wie sich Drehmoment und Drehzahl wandeln.
- (2) Die zweite Funktion des Getriebes als Lernkatalysator besteht darin, *Abstraktion und Modellbildung* zu vermitteln, die auf dem Weg zu einem wissenschaftlichen Arbeiten oft eine Herausforderung darstellen. Ausgehend vom immer gleichen Objekt lässt sich zeigen, dass und wie verschiedene Teilgebiete davon jeweils ganz unterschiedliche Modelle ableiten, um mit ihrer Hilfe je spezifische Probleme zu lösen. Durch Verweise auf die allgemeine Modelltheorie (vgl. Stachowiak 1973) und ihre grundlegenden Prinzipien wie die der Abbildung, der Verkürzung und des Pragmatismus wird ein Verständnis für die Möglichkeiten und Grenzen der jeweiligen Teilgebiete geweckt und die Notwendigkeit von Perspektivwechseln aufgezeigt. Werden, wie heute üblich, in verschiedenen Modulen unterschiedliche Lernkatalysatoren eingesetzt, ist dieser Effekt nicht so groß.

Diese Wirkung wird von theoretischen Überlegungen gestützt (vgl. Meister 2011, S. 70 f.). Zugleich hat der Einsatz von Boundary Objects in Form von Lernkatalysatoren aber auch Grenzen, denn ihre weitgehende Unveränderlichkeit ermöglicht keine Gestaltung und fördert daher keine Innovation. Stattdessen beschränkt er sich auf die Unterstützung des Wissenserwerbs und des Verständnisses technischer und technologischer Zusammenhänge.

2.1.2 Objekte als Konverter

Wenn Objekte genauso wie Subjekte zur Stabilisierung sozialer Systeme beitragen sollen, müssen sie in vergleichbarer Weise zur fortwährenden Erzeugung der Elemente beitragen, aus denen die Systeme bestehen: Kommunikationsakte. Fortwährend muss die Erzeugung deshalb erfolgen, weil Kommunikation stets nur in der Gegenwart stattfindet, so dass die einzelnen Kommunikationsbeiträge sehr flüchtig sind: eben ausgesprochen, werden sie sogleich von weiteren Beiträgen abgelöst und gehen letztlich entweder in zusammenfassende Erinnerungen ein

oder verlieren sich im Vergessen. Ein soziales System, das aufhört zu kommunizieren, hört auf zu existieren.

Zweifellos können Dinge (Objekte) nicht genauso kommunizieren wie Menschen (Subjekte). Darauf kommt es aber auch gar nicht an. Entscheidend ist, dass ihre Beiträge zur Kommunikation ebenso zur Stabilisierung sozialer Systeme beitragen wie Beiträge, die von Menschen ausgehen. Worin die Beiträge von Objekten bestehen, erklären Gibson (vgl. 1973) und darauf aufbauend Norman (vgl. 2013, S. 10 ff.) mit ihrem Angebotscharakter, den sie als *Affordance* bezeichnen. Einen solchen Charakter hat grundsätzlich jedes relevante Objekt, dies allerdings je nach Kontext und Beschaffenheit mal mehr und mal weniger. Im Hinblick auf das Verfolgen konkreter Zwecke ergibt sich daraus die Frage, wie Boundary Objects beschaffen sein müssen, damit sie in einem bestimmten Kontext die gewünschte Wirkung möglichst effizient und effektiv entfalten (vgl. Meister 2011, S. 103). Hier lässt sich diese Frage dahingehend weiter konkretisieren, wie Objekte beschaffen sein müssen, um den Kompetenzerwerb zu unterstützen. Und ganz konkret geht es in dem hier betrachteten Anwendungsfall darum, ein Objekt so zu gestalten, dass es in einer Handlungs- und Erfahrungssituation

- die Anwendung der Methodologie des Systems Engineerings zur Lösung von Problemen erlaubt (Methodenkompetenz),
- die Gestaltung eines Arbeitssystems für die industrielle Produktion unter Berücksichtigung der teilweise zueinander im Konflikt stehenden Interessen aller Anspruchsgruppen (Kunden, Unternehmer, Beschäftigte, natürliche Umwelt usw.) ermöglicht (Fachkompetenz),
- das Arbeiten in Teams erfordert (Sozialkompetenz) und
- die Entwicklung eigener Wertvorstellungen und das freiwillige Binden an kollektive Werte fördert.

Meister (vgl. 2011, S. 9) beruft sich bei seiner Suche nach einer Antwort auf diese Frage auf den ursprünglichen Ansatz von Star und Griesemer (vgl. Star 2010, S. 608) und insbesondere auf die Notwendigkeit, dass ein Objekt einen *doppelten Bezug* ermöglichen muss. Dazu muss es eine innere Einheit bilden zwischen einer unspezifischen Repräsentation allgemeiner, deutungsoffener Prinzipien einerseits und einer Repräsentation fachspezifischen Wissens andererseits. Umgekehrt kann man sagen, dass beide Repräsentationsformen von allen Beteiligten "dauerhaft als Repräsentationsformen desselben Objektes wahrgenommen werden" (Meister 2011, S. 9). Damit übernehmen Boundary Objects eine *Brückenfunktion* zwischen verschiedenen Domänen (vgl. ebd., S. 93), die ohne die Vermittlung durch das Objekt weniger gut miteinander kommunizieren könnten. Das Objekt redet quasi mit und übersetzt, was übersetzt werden muss, um verstanden zu werden. Daher wird es hier als *konvertierendes Objekt* bezeichnet.

Deutungsoffenheit lassen nur solche Objekte zu, die unfertig sind oder lediglich Modelle (Prototypen, Skizzen o. ä.) darstellen. Fertige Objekte, also zum Beispiel verkaufsfähige Produkte oder einsatzbereite Arbeitssysteme, können lediglich Katalysatoren im oben definierten Sinne sein. Der unfertige Zustand beziehungsweise der modellhafte Aufbau erlauben zudem eine Veränderung der entsprechenden Objekte. Eine solche Veränderung fördert die Generierung immer neuer Elemente und damit die Stabilisierung sozialer Systeme, denn jede Veränderung liefert neue Informationen, die Ego mitgeteilt und von ihm verstanden werden müssen, damit dieser,

nun in der Rolle von Alter, daraus Informationen gewinnen kann, die er wiederum Ego, der gerade zuvor noch Alter war, mitteilt. Dabei ist es unerheblich, ob es sich bei Ego und Alter um Subjekte oder um Objekte handelt. Solange nicht geklärt ist, ob und gegebenenfalls inwieweit eine reine Maschine-zu-Maschine-Kommunikation (vgl. z. B. Boswarthick et al. 2012; Glanz/Jung 2010), wie sie im Zusammenhang mit dem Internet der Dinge angestrebt wird, auf der Basis der hier zugrunde gelegten Einsichten erklärt werden kann, gilt die letzte Aussage allerdings nur, wenn mindestens ein Subjekt beteiligt ist.

Für die an der NORDAKADEMIE durchgeführte Lehrveranstaltung im Modul PQM wird das *Cardboard Engineering* (vgl. Gorecki/Pautsch 2012, S. 29 ff.; Hagen 2009, S. 10 ff.) als didaktische Methode zur Konzeption von Arbeitssystemen verwendet. Dabei werden aus Karton Modelle (Mockups) von Arbeitssystemen im Maßstab 1:1 gebaut. Das Arbeitssystem soll zur Montage des Getriebes dienen, das oben als Lernkatalysator eingeführt wurde. Das Ausgangsmaterial ist im gerade skizzierten Sinne zunächst noch vollkommen unfertig und auch das Ergebnis der Konzeption kann aufgrund des gewählten Materials gar kein einsatzbereites Arbeitssystem darstellen. Es bleibt unfertig und damit deutungsoffen. Damit erfüllt es eine der Bedingungen für eine besonders gute Wirksamkeit als Boundary Object.

Aus didaktischer Sicht relevant sind weiterhin die Perspektiven der Lehrenden auf der einen Seite und die der Lernenden auf der anderen. Das erfordert einen doppelten Bezug zum Objekt: Einerseits repräsentiert das Objekt die fachspezifischen Lehrinhalte, andererseits lässt es den Lernenden aber Spielräume für eigene Deutungen und Gestaltungsperspektiven, ermöglicht also aktive, selbstgesteuerte, konstruktive und situierte Lernprozesse im Sinne von Schaper und Sonntag (vgl. 2007). Lehre erfolgt auf dieser Basis nicht nach dem Modell des Nürnberger Trichters, sondern nach einem konstruktivistischen Verständnis des Kompetenzerwerbs. Auf diese Weise erfüllt das Objekt eine Brückenfunktion zwischen den zunächst überwiegend impliziten Kompetenzen der Lernenden und dem expliziten Fachwissen, das es zu erlernen gilt.

Dank der fortschreitenden Veränderung des Objekts vom Karton als Ausgangsmaterial bis zum fertigen Modell (Abbildung 4) beteiligt sich das Objekt kontinuierlich an der zur Aufrechterhaltung des sozialen Systems notwendigen Kommunikation, indem es bei jeder Veränderung neue Informationen mitteilt, die bei den Beteiligten verstanden werden müssen. Dadurch werden wiederum auch bei den Lernenden neue Informationen generiert, die zwischen ihnen, mit dem Objekt und bei Bedarf auch mit den Lehrenden geteilt

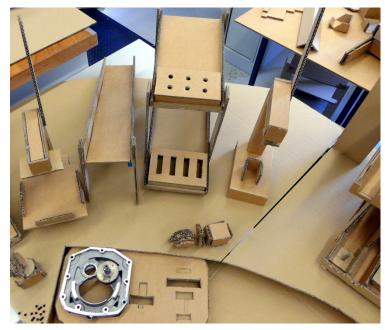


Abbildung 4: Arbeitssystem-Modell (Mockup) aus Karton

werden, um im Zuge dieser unablässigen Kommunikation zu immer neuen Einsichten zu gelangen, die sich stets auch im jeweiligen Zustand des Objekts manifestieren.

Beobachtungen während der Lehrveranstaltungen, die in dieser Form bereits seit 12 Jahren durchgeführt werden, zeigen regelmäßig, dass dieser Prozess tatsächlich nie von sich aus endet, weil das Modell auch nach seiner Fertigstellung immer noch ein Modell ist, immer noch deutungsoffen, immer noch anschlussfähig für fortgesetzte Kommunikation. Immer wieder erklären Lernende am Ende der Lehrveranstaltung, dass sie gern noch mehr Zeit gehabt hätten, ihr Arbeitssystem noch weiter auszugestalten oder gar eine weitere Version davon zu bauen.

Vor diesem Hintergrund können die letztlich abgelieferten Modelle nicht unmittelbar mit in der industriellen Praxis eingesetzten Arbeitssystemen vergleichen werden. An einem solchen Maßstab gemessen, erscheinen die im Zuge der Lehrveranstaltung entwickelten Modelle in vielerlei Hinsicht als realitätsfern. Das aber wäre nur in der betrieblichen Anwendung ein Problem, wenn das Ziel darin besteht, ein realisierbares Arbeitssystem zu konzipieren (vgl. Ahrens 2019). Zwar gilt es auch im Rahmen der Lehrveranstaltung, die Kompetenz zur Konzeption praktisch einsetzbarer Arbeitssysteme zu vermitteln, aber auf dem Weg dorthin dienen die dabei eingesetzten Objekte als Katalysatoren und Konverter. Sie sollen die Lernenden aktivieren, einen selbstgesteuerten und konstruktiven Lernprozess unterstützen und dazu eine Handlungs- und Erfahrungssituation bieten, in der sich die Lernenden in einem geschätzten Rahmen ausprobieren und ihre Kreativität entfalten können, und auf dem Bachelor-Niveau geht es zunächst auch "nur" um die Aneignung von Grundlagen (vgl. HQR 2017, S. 6 ff.).

2.2 Handlungs- und Erfahrungssituation

Nachdem nun die eingesetzten Objekte erläutert wurden, geht es nachfolgend um die konkrete Gestaltung des Lernprozesses. Grundsätzlich liegt dem die hermeneutische Spirale (vgl. Bolten 1985, S. 362 ff.) zugrunde, allerdings in der konkretisierten Form des SECI-Modells von Nonaka und Takeuchi (vgl. 2012, S. 74 ff.). Dass dieses Modell auch als Wissensspirale bezeichnet wird, soll hier einer Anwendung auf den Kompetenzerwerb nicht entgegenstehen.

Abbildung 5 zeigt, dass die vier Buchstaben für vier Felder stehen, die zum Kompetenzerwerb durchlaufen werden:

Im Zuge der Sozialisation (S) lernen Menschen das, was ihnen Autoritäten (Eltern, Experten usw.) vormachen, durch Imitation. Dadurch erwerben sie implizites Wissen, also solches, das sich nur begrenzt formal, also zum Beispiel sprachlich, mathematisch oder zeichnerisch ausdrücken lässt. Am Ende eines Lernprozesses können die Lernenden vieles, ohne dies explizit ausdrücken zu können. Dies bildet in der Regel die Ausgangsbasis eines formalen Lernprozesses.

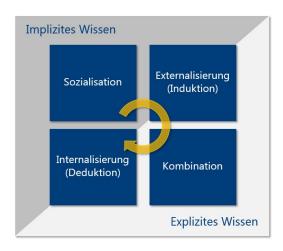


Abbildung 5: SECI-Modell von Nonaka und Takeuchi (vgl. 2012, S. 74 ff.)

- Nicht immer dient Lernen der Externalisierung (E) impliziten Wissens: das Beherrschen eines Musikinstruments oder einer Sportart sind Beispiele dafür, dass auch vorrangig implizites Wissen (Können) zur Meisterschaft führen kann. In Wissensgebieten wie den Ingenieurwissenschaften ist allerdings vorrangig explizites Wissen erforderlich, das sich dadurch auszeichnet, dass es formal beschrieben, also beispielsweise sprachlich, mathematisch oder zeichnerisch ausgedrückt werden kann. Wissenschaftstheoretisch ergibt sich dies oft durch Induktion, also durch die Verallgemeinerung empirischer Befunde. Das Ziel besteht darin, allgemein anwendbare und insoweit auch auf jeweils vergleichbare Fälle übertragbare Gesetzmäßigkeiten zu finden. In einem Lernprozess kann dazu oft auf das implizite Wissen der Lernenden zurückgegriffen werden. In dem hier dargestellten Modul PQM gelingt dies im Zusammenhang mit Ergonomie und Zeitwirtschaft beispielsweise durch die bewusste Analyse der Anordnung von Bedienelementen im Armaturenbrett eines Pkw oder durch die Diskussion des typischen Aufbaus einer Einbauküche, wobei ein Rückbezug auf die Frankfurter Küche (vgl. Noever 1992) bereits erste Schritte der Externalisierung des vorhandenen Wissens erlaubt.
- Im Zuge der Kombination (C) wird das aus der Externalisierung neu gewonnene Wissen mit bereits vorhandenen, expliziten Wissensbeständen abgeglichen. Im Rahmen der hier zugrunde gelegten, konkreten Lehrveranstaltung erlaubt dies Bezüge zu parallelen oder vorausgegangenen Lehrveranstaltungen wie der Konstruktion oder der Fertigungstechnik.
- Schließlich soll das auf diesem Wege erworbene und abgeglichene Wissen internalisiert (I),
 also praktisch angewendet werden. Im Modul PQM erfolgt dies durch den Modellbau.

Diese Spirale wird mehrfach durchlaufen und bei jedem Durchlauf werden weitere Kompetenzen akkumuliert. Dies entspricht dem Prinzip der hermeneutischen Spirale, findet sich aber auch in anderen Methodologien wie zum Beispiel im Systems Engineering (vgl. z. B. Ahrens 2020, S. 91 ff.). So korreliert beispielsweise *das zyklische Vorgehen* der Hermeneutik mit dem im Systems Engineering praktizierten Vorgehen vom Groben zum Detail (vgl. Haberfellner et al. 2015, S. 56). Auch solche, der Meta-Ebene zuzuordnenden Einsichten werden im Rahmen des Moduls thematisiert, um das Bewusstsein für die wissenschaftliche Arbeitsweise zu schärfen.

Obwohl die didaktische Methode dem *Problem-Based Learning* (PBL) zugerechnet werden kann (vgl. z. B. Wijnia et al. 2019, S. 273 ff.), wird die dazu oft verwendete Sieben-Sprung-Methode (vgl. ebd., S. 280 f.) hier nicht angewendet. Grund dafür ist, dass diese Methode einen weitgehend linearen Prozess beschreibt, während Erkenntnisgewinnung und Problemlösung nach wissenschaftstheoretisch (vgl. z. B. Bolten 1985, S. 362 ff.) beziehungsweise kognitionswissenschaftlich (vgl. z. B. Sell/Schimweg 2002) begründetem Verständnis in Theorie und Praxis (vgl. z. B. Haberfellner et al. 2015) regelmäßig einem zyklischen Vorgehen folgen.

In der Ausgangssituation erhalten die Lernenden das Getriebe, eine Original-Stückliste des Getriebeherstellers sowie eine 3D-CAD-Zeichnung, die sie mit dem CAD-Programm öffnen und editieren können, das sie im Modul zur Konstruktion kennengelernt haben. Weiterhin erhalten sie einen schriftlich formulierten Arbeitsauftrag, der auch die Funktion eines Lastenhefts erfüllt. In einem Projektmanagementhandbuch, dessen Funktion im Modul zum Projektmanagement

vermittelt wird, sind die Anforderungen an die Durchführung des Projekts definiert. Schließlich werden die theoretischen Grundlagen der Arbeitswissenschaft, des Qualitäts- und des Umweltmanagements, des Lean Managements und des Systems Engineerings in seminaristisch gestalteten Vorlesungen vorab und parallel zum Modellbau vermittelt und teilweise durch erste Vorübungen angewendet. Auch die dazu verwendeten Skripte und Lehrbücher stehen während der Projektdurchführung zur Verfügung. Als prüfungsrelevantes Ergebnis werden das Arbeitssystem-Modell, ein darauf bezogener schriftlicher Abschlussbericht und ein Projekthandbuch, in dem die Umsetzung der im Projektmanagementhandbuch formulierten Anforderungen an das Projektmanagement beschrieben sind, abgeliefert. Darüber hinaus wird das Projektergebnis den Lehrenden und der Peergroup präsentiert.

2.2.1 Reflexion unterschiedlicher Sichtweisen und Interessen

Das Lösen von Problemen ist in mehrfacher Weise von unterschiedlichen Sichtweisen und Interessen geprägt. Gerade das be- oder verhindert oft den Erfolg von Lösungen. Daher ist das Erlernen des Umgangs mit Zielkonflikten ein wesentliches Lehr- und Lernziel.

Im Rahmen der hier dargestellten Lehrveranstaltung werden unterschiedliche *Interessen* durch ein *Stakeholder-Value-Management* berücksichtigt. Im Hinblick auf die Entwicklung sozialer Kompetenz wird dazu auf DIN ISO 26000, den internationalen Leitfaden zur gesellschaftlichen Verantwortung von Organisationen, Bezug genommen. Methodisch werden die einschlägigen Lehrbücher zugrunde gelegt (vgl. z. B. Freeman 2010; Kuster et al. 2019, S. 97 ff.).

Zunächst werden die für das konkrete Vorhaben relevanten Anspruchsgruppen und die jeweiligen Interessen identifiziert. Dazu gehören unter anderem die Eigentümer des Unternehmens, für die das wirtschaftliche Interesse dominiert, die Beschäftigten, die gesund bleiben und sich nicht verletzen wollen, Kunden, die vor allem an einer Tauschgerechtigkeit, mithin also an der Qualität der Produkte interessiert sind, und die natürliche Umwelt, die es zu schützen gilt. Schließlich werden die Beziehungen zwischen diesen Interessen ermittelt, die teilweise unterstützend, teilweise aber auch gegensätzlich sind.

Darauf aufbauend werden betriebliche Managementsysteme herausgearbeitet, die dazu dienen, die Wahrung der jeweiligen Interessen sicherzustellen. Dazu gehören Lean Management, Zeitwirtschaft und ein professionelles Projektmanagement zur Sicherstellung der Wirtschaftlichkeit, Ergonomie und Arbeitsschutz zur Sicherstellung eines verletzungs- und krankheitsfreien Betriebs, wobei dies zum Teil auch der Wirtschaftlichkeit zugutekommt, und so fort.

Schließlich nehmen die Lernenden innerhalb der Gruppen, in denen sie die Arbeitssystem-Modelle bauen sollen, dazu passende Rollen ein: eine oder einer ist vorrangig für das Qualitätsmanagement verantwortlich, ein anderer für den Umweltschutz, wieder eine andere für die Zeitwirtschaft. Dadurch soll nicht verhindert werden, dass alle Lernenden alle Aspekte der Arbeitssystemgestaltung gleichermaßen kennenlernen. Im Gegenteil: genau das ist das Lehr- und Lernziel. Tatsächlich sollen die Lernenden in ihren jeweiligen Rollen bewusst die Interessen der entsprechenden Anspruchsgruppen vertreten und sich im Verlauf der Arbeiten immer dann zu

Wort melden, wenn diese berührt werden. Dadurch werden die Studierenden fortwährend angeregt, unterschiedliche Standpunkte zu reflektieren, sich mit den Folgen ihres Handelns kritisch auseinanderzusetzen und Kompromisse zu finden. Dabei gilt es auch, Ambiguitäten auszuhalten, ohne in persönliche Konflikte zu geraten.

Neben unterschiedlichen Interessen sind auch verschiedene *Sichtweisen* zu berücksichtigen. Beispielsweise wurde die Welle des Getriebes im Modul zur Technischen Mechanik als Strich modelliert, an dem Pfeile die darauf wirkenden Kräfte dargestellt haben, die wiederum mit Hilfe mathematischer Formeln quantifiziert wurden. Im Modul zur Werkstofftechnik wurde die gleiche Welle hinsichtlich ihrer Gefügestruktur untersucht. Im Modul zur Konstruktion entstanden daraus Draht-, Flächen- und Volumenmodelle, in der Fertigungstechnik wurde zu ihrer Herstellung ein NC-Programm für die Drehmaschine erstellt und im Modul zum Produktions- und Qualitätsmanagement ist schließlich von Interesse, ob es zweckmäßig oder gar notwendig ist, bei ihrer Montage Arbeitshandschuhe zu tragen. Im Lichte dieser Erfahrungen lässt sich auf der Meta-Ebene auch die allgemeine Modellierungstheorie (vgl. Stachowiak 1973) und insbesondere die Notwendigkeit einer Methodenvielfalt diskutieren und erfahrbar machen. Weiterhin wird die Kompetenz zur interdisziplinären Zusammenarbeit gefördert.

2.2.2 Innovation

Das Lösen von Problemen, also Innovation, gehört zu den übergreifenden Lehr- und Lernzielen des Studiengangs. Die Grundlegung erfolgt auf Basis der kognitionswissenschaftlichen Unterscheidung in Aufgaben (Routine) und Probleme (vgl. Funke 2003, S. 18). Ausgangspunkt zielgerichteten Handelns ist danach die Wahrnehmung einer Barriere (Differenz) zwischen dem aktuell wahrgenommenen (Ist) und einem angestrebten Zustand (Soll). Wenn bekannt ist, wie die Barriere überwunden werden kann, und wenn dazu alle erforderlichen Mittel zur Verfügung stehen, spricht man von einer Aufgabe, beim Fehlen mindestens einer dieser Voraussetzungen von einem Problem.

Die routinemäßige Montage des Getriebes als Ergebnis des Projekts ist nach dieser Definition eine Aufgabe, während die Gestaltung des Arbeitssystems eine Problemlösung darstellt. Miteinander verbunden werden diese beiden Phasen im Lebenslauf eines Produkts (auch ein Arbeitssystem zur Herstellung eines Produkts kann in diesem Sinne selbst als Produkt aufgefasst werden) durch den *Produktlebenszyklus* (vgl. Ahrens 2018). Da die Vorgehensweisen zur Erledigung von Aufgaben und zur Lösung von Problemen einander dichotomisch gegenüberstehen (vgl. ebd.), müssen die Unterschiede klar herausgearbeitet werden, denn während die Lernenden selbst nach dem aus dem Systems Engineering bekannten (vgl. Haberfellner et al. 2015, S. 126 ff.) und von Ahrens (vgl. 2020, S. 85 ff.) geringfügig erweiterten *Problemlösungszyklus* vorgehen sollen, liegt der Arbeit, die sie gestalten sollen, als Vorgehensmodell der aus der Kybernetik stammende *Regelkreis* zugrunde (vgl. Ahrens 2018). Hinzu kommt die Gestaltung des Übergangs (Quasi-Singularität) von der Genese zur Homöostase, der mit dem sogenannten *Change Management* eine ebenfalls spezifische Vorgehensweise erfordert (vgl. Ahrens 2019).

Auf der Grundlage dieser klaren Unterscheidungen und Zuordnungen wird das *Systems Engineering* als Methodologie zur Gestaltung sozio-technischer Systeme zunächst in seminaristisch durchgeführten und durch kleine Vorübungen ergänzten Vorlesungen eingeführt und daraufhin beim Bau des Arbeitssystem-Modells konsequent angewendet. Dabei ist auch gefordert, das eigene Vorgehen immer wieder kritisch zu reflektieren, um insbesondere auch die Praktikabilität der auf den ersten Blick möglicherweise erst einmal theoretisch erscheinenden Methodologie zu erkennen.

3 Zusammenfassung

Der Einsatz von Lernkatalysatoren ist in der ingenieurwissenschaftlichen Lehre alltäglich, sei es in Form von Prinzipskizzen oder technischen Zeichnungen, in Form von Anschauungsobjekten oder Demonstratoren. Und auch konvergierende Objekte werden regelmäßig eingesetzt, insbesondere in Laboren, wenn zum Beispiel in der Elektrotechnik mit Steckbausteinen auf Steckplatten elektrische Schaltungen gebaut werden, oder in der Logistik, wenn Prozesse mit Hilfe entsprechender Computerprogramme simuliert werden. Was sich nicht so oft findet ist die durchgängige Nutzung eines Katalysators über mehrere Module hinweg. Der damit verbundene Wiedererkennungseffekt und die Möglichkeit, daran die vielen notwendigen Perspektivwechsel zur Lösung der damit verbundenen, ganz unterschiedlichen Probleme transparent zu machen, sind wesentliche Vorteile der modulübergreifenden Nutzung.

Weiterführend erscheint auch die bisher zumindest theoretisch noch nicht vollständig beantwortete Frage zu sein, wie Objekte beschaffen sein müssen, um ihren Zweck besonders effizient und effektiv zu erfüllen. Aktuell orientiert sich die Auswahl der Objekte zum einen an der Tradition der jeweiligen Fachgebiete und zum anderen an der Praxis. Wenn also in der Praxis Autos gebaut werden, baut man sie auch im Labor, nur kleiner und nach Möglichkeit schneller⁵. Wenn in der Praxis Roboter benötigt werden, baut man im Labor Roboter, nur eben solche, die Fußball spielen⁶ (vgl. Meister 2011, S. 148 ff.) statt Autos zu bauen. Dass der Einsatz solcher Objekte in den jeweiligen Lehr- und Lernsituationen oft sehr erfolgreich ist, zeigt die Erfahrung. Interessant erscheint allerdings, warum das so ist (vgl. ebd., S. 98 ff.), so dass man solche Erfolge gezielter und sicherer erzielen kann als auf der Grundlage der bisher überwiegenden Intuition.

Schließlich zeigen die Überlegungen und Erfahrungen mit Objekten, dass die derzeit hoch im Kurs stehende Digitalisierung nicht zwangsläufig zu besseren Lösungen führen muss. Das Ansprechen aller Sinne, nicht nur des visuellen und gegebenenfalls auditiven, sondern auch des haptischen, des olfaktorischen und des gustatorischen Sinns sowie das gegenständliche Handeln haben eine eigene Qualität, die in der Euphorie über die Möglichkeiten in der Virtualisierung nicht vernachlässigt werden sollte.

⁵ https://www.formulastudent.de/fsg/

⁶ https://www.robocup.org/

4 Literatur

Ahrens, Volker (2018): Complementarity of project and process management. Arbeitspapiere der NORDAKADEMIE, Nr. 2018-02.

Ahrens, Volker (2019): Arbeitssystemgestaltung mit Cardboard Engineering. Arbeitspapiere der NORDAKADEMIE, Nr. 2019-02.

Ahrens, Volker (2020): Abschlussarbeiten richtig gliedern in Naturwissenschaft, Technik und Wirtschaft. 2. Aufl. v/d|f Verlag, Zürich.

Arbeitskreis Deutscher Qualifikationsrahmen (AK DQR) (2011): Deutscher Qualifikationsrahmen für lebenslanges Lernen (DQR). Berlin.

Bertalanffy, Ludwig von (2015): General Systems Theory: Foundations, Development, Applications. Braziller, New York.

Blumer, Herbert (1969): *Symbolic Interactionism: Perspective and Method*. Englewood Cliffs, New Jersey.

Bokranz, Rainer/Landau, Kurt (2012): *Handbuch Industrial Engineering: Produktivitätsmanagement mit MTM*. 2. Aufl. Schäffer-Poeschel, Stuttgart.

Bolten, Jürgen (1985): Die Hermeneutische Spirale: Überlegungen zu einer integrativen Literaturtheorie. In: Poetica 17, Heft 3/4, S. 362 ff.

Boswarthick, David/Hersent, Oliver/Elloumi, Omar (2012): *M2M Communications: A Systems Approach*. Wiley, Hoboken.

Carlile, Paul R. (2002): A Pragmatic View of Knowledge and Boundaries: Boundary Objects in New Product Development. Organization Science 13 (4), S. 442-455.

European Network for Accreditation of Engineering Education (ENAEE) (2015): *EUR-ACE*® *Framework Standards and Guidelines*. Brüssel.

Freeman, R. Edward (2010): *Strategic Management: A Stakeholder Approach*. Cambridge University Press, Cambridge.

Funke, Joachim (2003): Problemlösendes Denken. Kohlhammer, Stuttgart.

Gehlen, Arnold (1961): Anthropologische Forschung. Rowohlt, Reinbek.

Gibson, James J. (1973): Die Sinne und der Prozess der Wahrnehmung. Hans Huber, Bern.

Glanz, Axel/Jung, Oliver (2010): *Machine-to-Machine-Kommunikation*. Campus, Frankfurt am Main/New York.

Gorecki, Pawel/Pautsch, Peter (2012): *Cardboard Engineering*. In: Productivity Management 17(2), S. 29-31.

Haberfellner, Reinhard/Weck, Oliver L. de/Fricke, Ernst/Vössner, Siegfried (Hrsg.) (2915): *Systems Engineering: Grundlagen und Anwendung*. 13. Aufl. Oerlikon-Füssli-Verlag, Zürich.

Hagen, Christian (2009): Cardboard Engineering und MTM. MTMaktuell 04, S. 10-12.

Kuster, Jürg/Bachmann, Christian/Huber, Eugen/Hubmann, Mike/Lippmann, Robert/Schneider, Emil/Schneider, Patrick/Witschi, Urs/Wüst, Roger (2019): *Handbuch Projektmanagement: Agil – Klassisch – Hybrid.* 4. Aufl. Springer Gabler, Wiesbaden.

Latour, Bruno (2017): Eine neue Soziologie für eine neue Gesellschaft. 4. Aufl. Suhrkamp, Frankfurt am Main.

Liker, Jeffrey K. (2016): Der Toyota Weg: 14 Managementprinzipien des weltweit erfolgreichsten Automobilkonzerns. 10. Aufl. FinanzBuch, München.

Luhmann, Niklas (1996): Soziale Systeme: Grundriß einer allgemeinen Theorie. 6. Aufl. Suhrkamp, Frankfurt am Main.

Luhmann, Niklas (2011): Organisation und Entscheidung. 3. Aufl. Suhrkamp, Frankfurt am Main.

Meister, Martin (2011): Soziale Koordination durch Boundary Objects am Beispiel des heterogenen Feldes der Servicerobotik. Diss. Technische Universität Berlin.

Noever, Peter (1992): Die Frankfurter Küche von Margarete Schütte-Lihotzky. Ernst, Wilhelm & Sohn, Berlin.

Nonaka, Ikujirō/Takeuchi, Hirotaka (2012): *Die Organisation des Wissens: Wie japanische Unternehmen eine brachliegende Ressource nutzbar machen.* 2. Aufl. Campus, Frankfurt am Main/New York.

Norman, Don (2013): The Design of Everyday Things. Basic Books, New York.

Philipp, Tobias (2016): Netzwerkforschung zwischen Physik und Soziologie: Perspektiven der Netzwerkforschung mit Bruno Latour und Harrison White. Springer VS, Wiesbaden.

Reinmann, Gaby/Mandl, Heinz (2006): *Unterrichten und Lernumgebungen gestalten*. In Krapp, Andreas/Weidenmann, Bernd (Hrsg.): *Pädagogische Psychologie: Ein Lehrbuch*. Beltz, Weinheim. S. 613–658.

Ropohl, Günter (2009): Allgemeine Technologie: Eine Systemtheorie der Technik. Universitätsverlag Karlsruhe.

Roth, Heinrich (1971): Pädagogische Anthropologie: Entwicklung und Erziehung. Bd. 2. Schroedel, Hannover.

Schaper, Niclas/Sonntag, Karlheinz (2007): *Weiterbildungsverhalten*. In Frey, Dieter/Rosenstiel, Lutz von (Hrsg.): *Wirtschaftspsychologie: Enzyklopädie der Psychologie*. D/III/6. Hogrefe, Göttingen. S. 573–648.

Schmauder, Martin/Spanner-Ulmer, Birgit (2014): Ergonomie: Grundlagen zur Interaktion von Mensch, Technik und Organisation. Hanser, München.

Sell, Robert/Schimweg, Ralf (2002): *Probleme lösen: In komplexen Zusammenhängen denken*. 6. Aufl. Springer, Berlin/Heidelberg/New York.

Simon, Fritz B. (2015): *Einführung in die systemische Organisationstheorie*. 5. Aufl. Carl-Auer, Heidelberg.

Stachowiak, Herbert (1973): Allgemeine Modelltheorie. Springer, Wien/New York.

Star, Susan Leigh/Griesemer, James R. (1989): *Institutional ecology, ,translations' and boundary objects: Amateurs and professionals in Berkley's Museum of Vertebrate Zoology*. 1907-39. Social Studies of Science 19, S. 387-420.

Star, Susan Leigh (2010): This is not a Boundary Object: Reflections on the Origin of a Concept. Science, Technology, & Human Values 35, S. 601-617.

Weilkiens, Tim/Soley, Richard M. (2014): Systems Engineering mit SysML/UML: Anforderungen, Analyse, Architektur. 3. Aufl. dpunkt, Heidelberg.

Weinert, Franz Emanuel (Hrsg.) (2001): Leistungsmessung in Schulen. 2. Aufl. Beltz, Weinheim.

Wijnia, Lisette/Loyens, Sofie M. M./Rikers, Remy M. J. P. (2012): *The Problem-Based Learning Process: An Overview of Different Models*. In: Moallem, Mahnaz/Hung, Woei/Dabbagh, Nada (Hrsg.): The Wiley Handbook of Problem-Based Learning. Wiley, Hoboken, S. 273-295.

Der Autor

Volker Ahrens, 1963 in Bremen geboren, studierte Maschinenbau an der Universität Hannover und promovierte bei Prof. Dr.-Ing. E.h. mult. Dr. sc. h.c. Dr.-Ing. Hans-Peter Wiendahl am Institut für Fabrikanlagen (IFA) der gleichen Universität zu systemtheoretischen Grundlagen und Anwendungspotenzialen einer dezentralen Produktionsplanung und -steuerung. Anschließend war er 10 Jahre in der Geschäftsleitung mittelständischer Industrieunternehmen tätig, zuletzt als Technischer Geschäftsführer. Seit 2007 ist er Professor an der NORDAKADEMIE, einer privaten, staatlich anerkannten Fachhochschule mit Standorten in Elmshorn und Hamburg. Dort leitet er den Bachelor-Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen und lehrt unter anderem Produktionsmanagement im Bachelor-Programm sowie Produktivitätsmanagement im Master-Programm. Darüber hinaus ist Prof. Ahrens Mitglied des Vorstands des Verbands für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung – REFA Nordwest e. V., Regionalverband Nord und Mitautor des Qualifikationsrahmens für das Wirtschaftsingenieurwesen.