ISSN 0947-5850
ISBN 978-3-86464-232-6
DOI: 10.53201/SITZUNGSBERICHTE156

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät • Band 156 Jg. 2023

trafo verlag

Sitzungsberichte

Leibniz-Sozietät der Wissenschaften

Allgemeine Technologie – Eine Bestandsaufnahme

10. Symposium des Arbeitskreises "Allgemeine Technologie" in Kooperation mit dem Verein Brandenburgischer Ingenieure und Wirtschaftler (VBIW) und dem Leibniz-Institut für interdisziplinäre Studien am 11. November 2022

Herausgegeben von
Gerhard Banse & Norbert Mertzsch

Mit Beiträgen von
Dietrich Balzer, Gerhard Banse, Kerstin Becker, Björn Egbert, Elke Hartmann, Gerda Haßler, Ernst-Peter Jeremias, Bernd Meier, Martin Mertens, Norbert Mertzsch, Dirk Plickat, Werner Regen, Christian Schlossnickel, Frieder Sieber, Katja Würfl

Band 156

Jahrgang 2023

Die Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e.V.

ist eine freie Vereinigung von Natur-, Geistes- und Sozialwissenschaftlern. In ihren Traditionen geht sie zurück auf die im Jahre 1700 gegründete Kurfürstlich-Brandenburgische Societät der Wissenschaften, eine der ältesten wissenschaftlichen Institutionen in Deutschland, sowie auf ihren geistigen Vater und ersten Präsidenten, Gottfried Wilhelm Leibniz. Mit ihr ist sie historisch durch die über Jahrhunderte ununterbrochene Zuwahl ihrer Mitglieder und deren wissenschaftliches Wirken verknüpft.
Die Sozietät, im Jahre 1993 mit Sitz in Berlin konstituiert, baut auf eigenständigen Forschungen ihrer Mitglieder auf und bietet ihnen ein Forum der Diskussion und Publizität. Im Plenum, in den Klassen und Arbeitskreisen pflegen ihre Mitglieder und Gäste besonders den interdisziplinären Diskurs und die Erörterung aktueller Grundprobleme von Wissenschaft und Gesellschaft. Die Sozietät will durch ihre Tätigkeit einen angemessenen Beitrag zum geistigen Leben in unserer Zeit leisten.

Vorstand (Präsidium) der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin

Herbert Hörz; Wissenschaftsphilosophie und -geschichte
Ehrenpräsident

Gerda Haßler; Sprachwissenschaft, Romanistik
Präsidentin

Lutz-Günther Fleischer †; Verfahrenstechnik, Thermodynamik
Vizepräsident

Dorothee Röseberg; Romanistik, Kulturwissenschaft
Vizepräsidentin

Heinz-Jürgen Rothe; Arbeitspsychologie
Schatzmeister

Gerhard Pfaff; Chemie
Sekretar der Klasse für Naturwissenschaften und Technikwissenschaften

Kerstin Störl; Linguistik, Romanistik, Altamerikanistik
Sekretarin der Klasse für Sozial- und Geisteswissenschaften

Begründet im Jahre 1700
als Brandenburgische Societät der Wissenschaften

LEIBNIZ-SOZIETÄT: SITZUNGSBERICHTE

SITZUNGSBERICHTE
BAND 156 JAHRGANG 2023

LEIBNIZ-SOZIETÄT DER WISSENSCHAFTEN ZU BERLIN

Diese Publikation erfolgte mit freundlicher Unterstützung des Senats von Berlin.

Impressum

Herausgeberin: Gerda Haßler, Präsidentin der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e.V.
Briefanschrift: Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e.V.
Langenbeck-Virchow-Haus, Luisenstr. 58/59, 10117 Berlin
Homepage http://www.leibnizsozietaet.de

Briefanschrift der Redaktion:
Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e.V., Redaktionskollegium,
Langenbeck-Virchow-Haus, Luisenstr. 58/59, 10117 Berlin

Im Auftrag der Leibniz-Sozietät e.V. erschienen im trafo Wissenschaftsverlag
Dr. Wolfgang Weist, Finkenstr. 8, 12621 Berlin
Telefon: 030/ 612 99 418
e-mail: info@trafoberlin.de

Druck: Ortmaier Druck, Frontenhausen

Bezugsbedingungen: Die Reihe „Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät“ erscheint in unregelmäßigen Abständen etwa viermal jährlich.
Bestellungen sowie fortlaufender Bezug bitte über Ihre Buchhandlung oder direkt beim trafo Wissenschaftsverlag Dr. Wolfgang Weist.

Redaktionelle Durchsicht dieses Bandes: Redaktionskollegium der Leibniz-Sozietät

Redaktionsschluss: 18.03.2023
ISSN 0947-5850 ISBN 978-3-86464-232-6
DOI: 10.53201/SITZUNGSBERICHTE156

Inhalt

Gerhard Banse, Norbert Mertzsch 7
Einführung

Gerhard Banse 17
Beiträge auf dem Weg zum Arbeitskreis Allgemeine Technologie der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften – ein Rückblick

Elke Hartmann 55
Anmerkungen einer interessierten Teilnehmerin

Dietrich Balzer, Werner Regen, Frieder Sieber 59
Allgemeine Technologie – Elemente der Theorie und Anwendung

Norbert Mertzsch 81
Was noch zu betrachten wäre – Anwendung der Prinzipien der Allgemeinen Technologie auf weitere Fachgebiete

Kerstin Becker, Ernst-Peter Jeremias 99
Zukunftsfähige Fernwärme – Der lange Weg von der Entwicklung bis zum Einsatz neuer Technologien

Gerda Haßler 113
Lebenszyklen und Paradigmenwechsel in der maschinellen Verarbeitung von Sprache

Bernd Meier 139
Allgemeine Technologie und Lehrerbildung. Allgemeine Technologie als Basiswissenschaft für die allgemeine technische Bildung?

Martin Mertens, Dirk Plickat 169
Produktionsschule heute – Allgemeine Technologie handlungsorientiert im Übergangssystem

Björn Egbert
Die Rolle der Allgemeinen Technologie in der Grundschulbildung im Land Brandenburg – Tendenzen, Chancen und Realitäten im Kontext der technischen Bildung 195

Christian Schlossnickel, Katja Würfl 211
Maker Education auf dem Prüfstand – Vergleich mit der Allgemeinen Technologie und dem Unterrichtsfach Wirtschaft–Arbeit–Technik

Gerhard Banse, Norbert Mertzsch 243
Anlage: Überblick über Aktivitäten des Arbeitskreises „Allgemeine Technologie“

Autorinnen und Autoren 261

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *156 (2023), 7–16*

Einführung

Gerhard Banse, Norbert Mertzsch
(Berlin, Rheinsberg; MLS)

Am 11. November 2022 führte der Arbeitskreis „Allgemeine Technologie“ (AK AT) der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften (LS) gemeinsam mit dem Verein Brandenburgischer Ingenieure und Wirtschaftler e.V. (VBIW) und dem Leibniz-Institut für interdisziplinäre Studien e.V. (LIFIS) im Campus Griebnitzsee der Universität Potsdam sein 10. Symposium zur Thematik zu „Allgemeine Technologie – eine Bestandsaufnahme“ durch.[1]

Der Arbeitskreis „Allgemeine Technologie“ der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften widmet sich seit 2001 verschiedenen Facetten und Fragestellungen einer Allgemeinen Technologie, vor allem in Form von bislang neun Symposien mit nachfolgenden „Protokollen“ in den „Sitzungsberichten der Leibniz-Sozietät“.[2]

Mit dem 10. Symposium erfolgte – an Überlegungen von Johann Beckmann in seinem im Jahre 1806 veröffentlichten „Entwurf der algemeinen Technologie“ (vgl. Beckmann 1806) anknüpfend – eine Bestandsaufnahme der Entwicklung der Allgemeinen Technologie seit Beckmann und der Arbeit des Arbeitskreises seit 2001. Mit ihm wurden der Status quo bilanziert und die Tätigkeit des Arbeitskreises abschlie-

---

1 Der Dank der Herausgeber gilt Herrn Professor Dr. *Björn Egbert*, Professur für Grundschulpädagogik Sachunterricht der Universität Potsdam, für sein Engagement beim Finden einer Räumlichkeit.

2 Vgl. näher zum Arbeitskreis Allgemeine Technologie der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften https://leibnizsozietaet.de/sozietaet/arbeitskreise/.

ßend resümiert, sowohl hinsichtlich des Erreichten als auch des noch nicht Erreichten. Es ging dabei auch um Überlegungen zur Geschichte, zur Gegenwart und zur Zukunft einer Allgemeinen Technologie im Rahmen einer technischen (Allgemein-)Bildung.

Eröffnet wurde das Symposium traditionell durch den Ko-Vorsitzenden des AK AT *Gerhard Banse* sowie durch *Frieder Sieber* für das LIFIS. Während Banse das lange Wirken des Arbeitskreises und die damit verbundenen Ergebnisse hervorhob, ging Sieber insbesondere auf den Bezug des LIFIS zur Allgemeinen Technologie ein.

In seinem *Schlusswort* dankte der Ko-Vorsitzende des AK AT *Norbert Mertzsch* den Teilnehmer*innen für ihr Interesse und ihren Beitrag zum Gelingen des Symposiums. Die Vorträge belegten, dass die Betrachtung der einzelnen Phasen des Lebenszyklus von Technologien und der dazugehörigen Artefakte einen hohen Stellenwert besitzt. Bedauerlicherweise ist die Etablierung der AT im Hochschulbereich bei den technischen Fächern für „Technologieschöpfer" trotz intensiver Bemühungen nicht gelungen. Doch gerade hier könnte die AT als einigendes Band dienen: Bei der derzeitigen Vielfalt der Abschlüsse an Hochschulen und Universitäten kann man die Gefahren einer „babylonischen (Sprach-)Verwirrung" und zu großer Spezialisierung der Absolventen vermuten (vgl. Oltmanns 2020; Riss 2018). Da sich aber die Innovationszyklen immer mehr verkürzen, könnte das erworbene spezialisierte Wissen schnell wertlos werden. Um dann eine Grundlage zu haben, auf der zeitnah wieder Anschluss gefunden wird, könnte die AT als Orientierungsgrundlage dienen. Wie sich jedoch die AT in der Zukunft etabliert, bleibt abzuwarten. Es ist zu hoffen, dass sie die Möglichkeit bekommt bei der Lösung der Probleme der Zukunft mitzuwirken.

Abschließend machte Mertzsch noch einige Anmerkungen in „eigener Sache", d.h. als Vorsitzender des Vereins Brandenburgischer Ingenieure und Wirtschaftler (VBIW): Mit diesem Symposium werde der VBIW seine Zusammenarbeit mit der LS beenden. Grund ist die beschlossene Auflösung des Vereins zum Jahresende, da es bedauerlicherweise nicht gelungen ist, für den Verein aktive Mitstreiter zu gewinnen, die die Vereinsführung für die nächsten Jahre absichern. Er dankte der LS und insbesondere dem AK AT für die jahrelange vertrauensvolle Zusammenarbeit danken, die mit der Einladung zu einem Vortrag zum 4. Symposium des Arbeitskreises zum Thema „Ambivalenzen von Technologien – Chancen, Gefahren, Missbrauch" begann.

Insbesondere Gerhard Banse und dem verstorbenen Ernst-Otto Reher als Ko-Vorsitzende des AK AT sei er für die Chance zur Mitarbeit zu Dank verpflichtet.

***

Der vorliegende Band der „Sitzungsberichte" enthält Beiträge, die aus den Vorträgen und Anregungen dieses Symposiums hervorgegangen sind.

Ausgangspunkt für *Gerhard Banse* in „Beiträge auf dem Weg zum Arbeitskreis Allgemeine Technologie der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften – ein Rückblick" ist der im Jahr 1806 erschienene „Entwurf der Algemeinen Technologie", dem „Geburtsjahr" der Allgemeinen Technologie (AT). Zunächst würdigt er die Tätigkeit des in der Beckmannschen Tradition stehenden Arbeitskreises AT der LS. Da die Ergebnisse dieses Wirkens umfassend dokumentiert sind,[3] nimmt in seinen Darlegungen die fast zweihundertjährige, weitaus weniger gut dokumentierte „Vorgeschichte" der Gründung des Arbeitskreises, also der Zeitraum von 1806 bis 2001, einen breiten Raum ein. Es wird die Entwicklung allgemeintechnologischer Überlegungen hinsichtlich der Weiterführung des Ansatzes einer AT im 19. Jh., an der Wende zum und im frühen 20. Jh., in der zweiten Hälfte des 20. Jh.s sowie zur Jahrtausendwende und danach exemplarisch skizziert. Dabei werden – sowohl Beckmann als auch Karl Karmarsch folgend – einerseits jeweils die Ebenen „(1) Systematisierung von technischen Sachsystemen" und „(2) Schaffung von technischen Sachsystemen", andererseits damit verbundene unterschiedliche Zielstellungen und Zielgruppen dargestellt.

Daran schließen sich kurze „Anmerkungen einer interessierten Teilnehmerin" von *Elke Hartmann* an, die sich vorrangig auf den vorangegangenen Beitrag beziehen.

In „Allgemeine Technologie – Elemente der Theorie und Anwendung" behandeln *Dietrich Balzer*, *Werner Regen* und *Frieder Sieber* die Anwendung der Methoden der Allgemeinen Technologie im Zusammenhang mit Arbeiten des LIFIS. Das Ziel der Allgemeinen Technologie als technischer Wissenschaft bestehe darin, die Struktur und die Parameter technologischer Systeme zu analysieren und zu bestimmen. Um

---

3 Vgl. dazu den in diesem Band als Anlage enthaltenen „Überblick über Aktivitäten des Arbeitskreises ‚Allgemeine Technologie'".

dieses Ziel zu erreichen, ist es besonders wichtig, neben den qualitativen Methoden auch quantitative Methoden einzusetzen. Ausgehend von der zentralen Stellung des Bauingenieurwesens innerhalb der Technikwissenschaften wird auch die besondere Rolle der Bautechnologie innerhalb der Allgemeinen Technologie dargestellt. Zu den quantitativen Methoden gehört vor allem die mathematische Modellierung technologischer Systeme. Die mathematischen Modelle basieren auf Bilanzgleichungen in Form von Material-, Energie- und Impulsbilanzen. Viele Veröffentlichungen und Bestandsaufnahmen zur Allgemeinen Technologie vernachlässigen die quantitativen Methoden, die für die praktische Ingenieurtätigkeit von besonderer Bedeutung sind. Neben den Ergebnissen des Arbeitskreises „Allgemeine Technologie" der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften werden bisher nicht beachtete Quellen aus Lehre, Forschung und Praxis analysiert und in unsere Betrachtungen einbezogen. Von besonderer Wichtigkeit für die Weiterentwicklung und Anwendung der Allgemeinen Technologie sind die Beziehungen zur Arbeits- und zur Kommunikationswissenschaft. Dabei geht es um einen Beitrag zur Gestaltung einer neuen Arbeitswelt, der vor allem in der koordinierten Entwicklung und Anwendung einer Vielzahl von Innovationsmethoden und in der erstmaligen Erstellung von Optimierungsalgorithmen für die Erhöhung der Effektivität der Arbeitsprozesse besteht. Die Anwendung der Methoden der Allgemeinen Technologie für die Analyse, Modellierung und Optimierung technologischer Prozesse und Anlagen wird an folgenden praktischen Beispielen dargestellt:

- Herstellung von Diesel aus organischen Abfall- und Reststoffen;
- Umwandlung von Abwärme in elektrischen Strom;
- Mobile und energieautarke technologische Systeme zur Abfallverarbeitung;
- Transport-, Umschlag- und Lagerprozesse in der Bautechnologie.

Im Beitrag „Was noch zu betrachten wäre – Anwendung der Prinzipien der Allgemeinen Technologie auf weitere Fachgebiete" geht *Norbert Mertzsch* darauf ein, dass in den Symposien der letzten Jahre Technologien unter den unterschiedlichsten Gesichtspunkten betrachtet wurden. Naturgemäß konnten dabei nicht alle verfügbaren Technologien gleichermaßen behandelt werden. An drei Beispielen wird gezeigt, dass auch bei diesen die Prinzipien der Allgemeinen Technologie gelten. Als *erstes*

Beispiel wird der Gesamtkomplex der Metallurgie betrachtet, der trotz unterschiedlichster Einzeltechnologien auf gemeinsamen Prinzipien beruht. Dieser ist besonders von Interesse, da hier durch die Energiewende bedeutende Wandlungen bei der Reduktion der Metalle, weg vom Kohlenstoff als Reduktionsmittel nötig sind, was auch Auswirkungen auf weitere Technologiebereiche hat. Weiterhin wurde kurz auf das Bauwesen eingegangen, welches bei den bisherigen Symposien keine Rolle spielte. Als letztes Beispiel wurde die Möglichkeit der Anwendung der Prinzipien der Allgemeinen Technologie auf die Nutzung von Gebäuden beschrieben.

Im Beitrag „Der lange Weg von der Entwicklung bis zum Einsatz neuer Technologien – oder: Zukunftsfähige Fernwärme" von *Kerstin Becker* und *Ernst-Peter Jeremias* wird am Beispiel der Fernwärme dargestellt, warum viele Entwicklungen, die technisch sinn- und anspruchsvoll sind, ihren Weg in die Praxis nicht finden. Es werden typische technologische Schwachstellen aufgezeigt sowie die vorhandenen technischen Entwicklungen zu ihrer Behebung. Die Hindernisse, die einem Einsatz der technischen Neuerungen entgegenstehen, werden eingeteilt in:

- *Wirtschaftliche Hindernisse* unter den Wirkungen der Marktwirtschaft und den damit einhergehenden beschränkten Bilanzgrenzen der Betrachtungen.
- *Technische Hindernisse*, die auf lokalen und individuellen technischen Voraussetzungen beruhen.
- *Arbeitsorganisatorische Hindernisse* unter Einbeziehung von psychologischen Belastungen und Möglichkeiten und Grenzen der Wissensvermittlung.
- *Gesellschaftliche und politische Hindernisse*, die sich insbesondere in einschränkenden rechtlichen Rahmenbedingungen äußern, und
- Fragen der *Wahrnehmung des Nutzens* der technologischen Entwicklungen bei den Anwendern.
- *Unzureichender Handlungsdruck* aus den Erfordernissen des Klima- und Ressourcenschutzes.

Die Fakten umfassen Erkenntnisse, die im Laufe verschiedener Projektumsetzungen zur Optimierung der Wärmeversorgung von Quartieren vorwiegend in kleinen Städten im Nordosten Deutschlands im Verlauf der letzten 15 Jahre und durch Interviews mit Wärmenetzbetreibern,

auf Geschäftsführungs- und Technikerebene, mit Herstellern und Entwicklern neuer Technologien sowie mit Fernwärmenutzern gewonnen wurden. Schlussfolgernd wird am Beispiel der Fernwärmeversorgung dargelegt, unter welchen Voraussetzungen neue Technologien in der Praxis zur Anwendung gebracht werden und welche Aspekte bei der Technologieentwicklung neben den rein technischen Fragestellungen zu beachten sind.

Gerda Haßler zeigt in „Lebenszyklen und Paradigmenwechsel in der maschinellen Verarbeitung von Sprache" zeigt, dass die Idee, Sprache mittels maschineller Verarbeitung verstehbar und handhabbar zumachen, Jahrhunderte alt ist. Im technikbegeisterten 18. Jh. hatte ein regelrechter Wettlauf darum eingesetzt, wem es als Erstem gelingen würde, eine funktionierende und zugleich aber auch qualitativ überzeugende Methode zur Sprachsynthese bereitzustellen, wofür die Sprechmaschine Wolfgang von Kempelens (1734–1804) steht. Seit mehr als einem halben Jahrhundert gibt es ernst zu nehmende Versuche, menschliche Sprache maschinell zu verarbeiten. Die in den 1960er Jahren verwendeten Systeme versuchten sich an semantischer Informationsverarbeitung, verwendeten aber überwiegend einfache Mittel (Muster, Heuristiken) sowohl für syntaktische als auch für semantische Verarbeitung. In den 1970er Jahren wurden ambitioniertere wissensbasierte Experimentalsysteme entwickelt, die jedoch die unzufrieden stellende Situation im Bereich der Wissensrepräsentation offenbarten. In den 80er Jahren wurde auf diese Situation mit Logik-orientierten Formaten reagiert und die Kommerzialisierung begann. Mit dem Beginn des Internetzeitalters wurden die computerlinguistischen Methoden mehr an der beobachtbaren sprachlichen Oberfläche ausgerichtet und zunehmend wurden empirisch orientierte statistische Verfahren entwickelt. Dieser „statistical turn" der 1990er Jahre war erfolgreich und führte dazu, dass die Entwicklung von Spracherkennungssoftware ausschließlich auf der Basis statistischer Verfahren betrieben wurde. Das danach erfolgende Aufgeben der strikten Trennung zwischen Sprachtechnologie und Computerlinguistik brachte Erfolge, die vor allem in Verfahren der natürlichsprachlichen Suche im Web, maschineller Verarbeitung gesprochener und geschriebener Sprache, der Entwicklung von Korpora-Verwaltungswerkzeugen und der Computer-gestützten Übersetzung sichtbar sind. Noch vor fünf Jahren wurden die Ergebnisse der maschinellen Übersetzung auf dem Hintergrund einer sechzigjährigen

Entwicklung als ernüchternd eingeschätzt. Erst seit Beginn der 1980er Jahre konnte sie in eingeschränkten Bereichen Ergebnisse von höherer Qualität liefern. Inzwischen gibt es gut funktionierende und jedermann zugängliche Übersetzungssysteme (DeepL), die auch kontextuelle und idiomatische Voraussetzungen der Sprachverwendung berücksichtigen. Dennoch bleiben die Grenzen der maschinellen Sprachverarbeitung auch in modernsten Übersetzungssystemen sichtbar.

In seinem Beitrag „Allgemeine Technologie und Lehrerbildung. Allgemeine Technologie als Basiswissenschaft für die allgemeine technische Bildung?" beschreibt *Bernd Meier* die Entwicklung der fachwissenschaftlichen Ausbildung von Lehrkräften für Technik an allgemeinbildenden Schulen. Dabei erfolgt eine Fokussierung einerseits auf die Ausbildung von Lehrkräften für den Polytechnischen Unterricht nach der 3. Hochschulreform in der DDR und andererseits auf die Weiterentwicklung des Konzepts nach der politischen und gesellschaftlichen Wende nach 1990 und hier vor allem im Rahmen der Hochschulreform im Bologna-Prozess zur Konstituierung von Bachelor- und Masterstudiengängen. Anhand von ausgewählten Kriterien, wie Technikbegriff; Funktion, Struktur, Klassifikation technischer Systeme, Technikentstehung im soziotechnischen Kontext, Technikverwendung im soziotechnischen System, Theorien der technischen Entwicklung sowie Technikbewertung wird exemplarisch untersucht, inwieweit die „Allgemeine Technologie" als eine wichtige Basiswissenschaft für die Ausbildung von Techniklehrkräften genutzt wird.

Dirk Plickat und *Martin Merten*s führen mit „Produktionsschule heute – Allgemeine Technologie handlungsorientiert im Übergangssystem" in ein Handlungsfeld, das selbst in pädagogischen Fachkreisen wenig bekannt ist. Idee und Konzept der Produktionsschule stehen im (west-)deutschen Weg im Schatten tradierter berufspädagogischer Leitvorstellungen. Zumindest bis Mitte der 70er Jahre des 20. Jh.s schien Produktionsschule in Westdeutschland nur noch Gegenstand historischer Interessen zu sein. Im Zuge der ersten größeren westeuropäischen Welle der Jugendarbeitslosigkeit erfolgten in Dänemark und unter Loslösung von historischen Debatten vielfältige Experimente mit produktionsschulorientierten Reformkonzepten, die trotz ihres improvisierten Charakters ihre Leistungsfähigkeit und ihre Passung zu den Lebenslagen benachteiligter Heranwachsender ausweisen konnten. Die dänischen Erfahrungen initiierten eine Reformbewegung auch in Deutschland mit

sehr wechselhaften Entwicklungen. Bis heute kennzeichnen Konflikte und Friktionen das Verhältnis zwischen konventionellen Regelstrukturen und Produktionsschule. Sie wirken belastend auf weitere Entwicklungen. Erschwerend treten anhaltende soziale Stigmatisierungen des Personenzielkreises sowie strukturell erzwungene Fokussierungen auf Kompensationsaufgaben hinzu.

Für Produktionsschulen sind gegenwärtig zumindest drei Kardinalprobleme im Rahmen ihrer politischen Isolation und anhaltenden Unterversorgung nicht zu bewältigen:

- Bei etwas genauerer didaktischer Analyse tritt hervor, dass sie im Bildungssystem eigentlich „Lückenfüllerin" der Leerstellen ist, welche durch die Selbstdekapititation von Arbeitslehre und Technik entstanden. Kerninhalte, die Produktionsschule zu großen Teilen vermittelt, sind lernbiographisch (zu) spät einsetzende Kompensation für Allgemeinbildung in Feldern von Persönlichkeitsbildung, sozialem Lernen und Allgemeiner Technologie als Grundbildungselemente heutiger Moderne.
- Eine erzwungene kultuspolitische und berufspädagogische „Käfighaltung" in einem System, das weder über eine systematische innere noch über eine äußere Anschlussfähigkeit verfügt.
- Sowie betoniert anmutende Vorstellungen in Kultuspolitik und Berufspädagogik, die jede Näherung an Ideen und Potentiale von Produktionsschule grundsätzlich überflüssig erscheinen lassen, weil ein Reformbedarf des Bestehenden nicht einmal als erwägenswert betrachtet wird.

Was bleibt, ist die Fortsetzung von pädagogischen Versuchen, in Nischen und unter widrigen Bedingungen diejenigen über Arbeits- und Lernangebote zu integrieren, deren soziale Teilhabe auch durch strukturelles Vorenthalten von allgemein-technologischen Bildungsinhalten eingeschränkt wurde.

Bildung – so *Björn Egbert* in „Die Rolle der Allgemeinen Technologie in der Grundschulbildung im Land Brandenburg – Tendenzen, Herausforderungen und Chancen" – soll Schülerinnen und Schüler dazu befähigen, sich ihre Umwelt wirksam zu erschießen, sich in ihr zu orientieren und diese aktiv sowie zugleich reflektiert mitzugestalten. Dabei gehen mit dem Begriff der Umwelt gleichermaßen die natürliche, soziale, kulturelle und technische Dimension des menschlichen Seins einher

und sind mit einem umfassenden Bildungsverständnis verbunden, welches – mit Blick auf das Thema des Symposiums – auch im Rahmen einer dezidierten technischen Bildung umzusetzen ist. Allerdings ist zu konstatieren, dass der technischen Bildung als Bestandteil der allgemeinen Schulbildung im Land Brandenburg seit Jahren eine abnehmende Bedeutung beigemessen wird. Dies betrifft nicht nur die mangelhafte Ausstattung in den Schulen und die unzureichende inhaltliche Verortung in den Lehrplänen, sondern insbesondere auch eine kaum abgestimmte konzeptionelle Verankerung in den Unterrichtsfächern Sachunterricht und Wirtschaft – Arbeit – Technik (WAT) sowie gegebenenfalls Informatik, welche Lehrkräften als Orientierung/Modell für die Gestaltung des Unterrichts dienen würde. Vor diesem Hintergrund sollen im Beitrag aktuelle Tendenzen der technischen Bildung – insbesondere im Rahmen der Grundschulbildung – thematisiert und zugleich kritisch reflektiert werden. Ferner wird die Bedeutung der Allgemeinen Technologie als zentrales technikdidaktisches Konzept herausgearbeitet, mit deren Hilfe es Schülerinnen und Schülern bereits in der Grundschule gelingt, Technik ganzheitlich zu erfassen und Verständnisweisen zu entwickeln, die zu einem mündigen, tüchtigen und verantwortlichen Umgang mit eben dieser Technik/Technologie über den ganzen Produktlebenszyklus befähigen.

Ausgangspunkt des Beitrags „Maker Education auf dem Prüfstand – Vergleich mit der Allgemeinen Technologie und dem Unterrichtsfach Wirtschaft–Arbeit–Technik“ von *Christian Schlossnickel* und *Katja Dorothée Würfl* ist die Entwicklung der „Maker-Bewegung“ und sich darauf aufbauender pädagogischer Konzepte in den zurückliegenden Jahren. Obgleich in der aktuellen Fachliteratur Maker Education und Makerspaces losgelöst von den Aneignungs- und Arbeitsweisen der Allgemeinen Technologie sowie dem Unterrichtsfach Wirtschaft-Arbeit-Technik betrachtet werden, wird ein fundierter Vergleich zwischen den genannten Formen des Lehrens und Lernens durchgeführt. Auf dieser Grundlage werden Möglichkeiten der Weiterentwicklung des Faches Wirtschaft–Arbeit–Technik sowie der Forschung zu Maker Education bzw. den Makerspaces aufgezeigt.

Abgeschlossen wird der Band mit der von *Gerhard Banse* und *Norbert Mertzsch* erarbeiteten „Anlage: Überblick über Aktivitäten des Arbeitskreises ‚Allgemeine Technologie‘“.

***

Dieser „Protokollband“ wäre nicht zustande gekommen, wenn die Autoren nicht bereit gewesen wären, den zahlreichen Wünschen der Herausgeber – z. B. hinsichtlich Terminstellung, Manuskriptumfang, Präzisierungen – nachzukommen. Dafür sei ihnen herzlich gedankt.

Bibliographie

Beckmann, Johann (1806): „Entwurf der algemeinen Technologie“. *Vorrath kleiner Anmerkungen über mancherley gelehrte Gegenstände. Drittes Stück*. Göttingen: Verlag Johann Friedrich Röwer, 463–533.

Oltmanns, Hans-Georg (2020): „15 Jahre Stiftung der Ingenieurkammer Niedersachsen“. *Ingenieurnachrichten | Deutsches Ingenieurblatt – Niedersachsen* 10, 1–2. https://www.ingenieurbau-online.de/fileadmin/user_upload/Bau-Portal/DIB/Kammerbeilagen/2020/10/202010_NIEDERSACHSEN.pdf (03.01.2023).

Riss, Karin (2018): „Angewandte-Rektor: Spezialisten für Ent-Spezialisierung gesucht. Gerald Bast kämpft für einen Paradigmenwechsel im Bildungssystem“. *DerStandard* (10.11.2018). https://www.derstandard.at/story/2000090964348/angewandte-rektor-bast-spezialisten-fuer-ent-spezialisierung-gesucht (03.01.2023).

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *156 (2023), 17–54*

Beiträge auf dem Weg zum Arbeitskreis Allgemeine Technologie der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften – ein Rückblick

Gerhard Banse
(Berlin, MLS)

Abstract
In 1806, Johann Beckmann published the "Draft of General Technology". Therefore, that year is considered as the "year of birth" of General Technology (AT). In the tradition of Beckmann, the working group AT was founded in 2001 in the Leibniz Society. The results of its work are extensively documented. On the other hand, the almost two-hundred-year "prehistory" of the founding, i.e. the period from 1806 to 2001, is a desideratum. The following sees itself as a contribution in this regard, in that the development of general technological considerations with regard to (1) the continuation of the approach of an AT in the 19th century, (2) at the turn of and in the early 20th century, (3) in the second half of the 20th century and (4) at the turn of the millennium and afterwards is outlined as examples.

Resümee
Im Jahr 1806 erschien der „Entwurf der Algemeinen Technologie" von Johann Beckmann. Deshalb gilt jenes Jahr als „Geburtsjahr" der Allgemeinen Technologie (AT). In der Beckmannschen Tradition stehend wurde im Jahr 2001 in der Leibniz-Sozietät der Arbeitskreis AT gegründet. Die Ergebnisse seines Wirkens sind umfassend dokumentiert. Dagegen ist die fast zweihundertjährige „Vorgeschichte" der Gründung, also der Zeitraum von 1806 bis 2001, ein Desiderat. Der Vortrag versteht sich als Beitrag in dieser Hinsicht, indem die Entwicklung allgemeintechnologischer Überlegungen hinsichtlich (1) der Weiterführung des Ansatzes einer AT im 19. Jh., (2) an der Wende zum und im frühen 20. Jh., (3) in der zweiten Hälfte des 20. Jh.s sowie (4) zur Jahrtausendwende und danach exemplarisch skizziert wird

Keywords/Schlüsselwörter
General technology, design processes, Johann Beckmann, design science, theory of technological systems
Allgemeine Technologie, Entwurfsprozesse, Johann Beckmann, Konstruktionswissenschaft, Theorie technischer Systeme

Ausgangspunkt der nachfolgenden Darlegungen sind folgende drei Daten:

- Im Jahre 1806 hat der Göttinger Professor für „Weltweisheit" (Philosophie) und Ökonomie *Johann Beckmann* (1739–1811) im „Dritten Stück" seines „Vorraths kleiner Anmerkungen über mancherley gelehrte Gegenstände" einen kurzen Text publiziert, den man als die „Geburtsurkunde" einer Allgemeinen Technikwissenschaft bezeichnen kann: Gemeint ist der „Entwurf der algemeinen Technologie" (vgl. Beckmann 1806, 1990, 2011).
- Im Jahr 2001 wurde auf Anregung von *Ernst-Otto Reher* (1936–2016) der Arbeitskreis „Allgemeine Technologie" der Leibniz-Sozietät (der Wissenschaften) gegründet.
- Im Jahr 2022 wurde das 10. Symposium des Arbeitskreises organisiert.

Während das etwas mehr als zwanzigjährige Wirken des Arbeitskreises im Bereich der Allgemeinen Technologie (AT) sehr gut dokumentiert ist,[1] ist die fast zweihundertjährige „Vorgeschichte" der Gründung, also der Zeitraum von 1806 bis 2001, ein Desiderat. (Das trifft übrigens auch in gewisser Weise Entwicklungen nach 2000 außerhalb des Arbeitskreises.)[2] Das Nachfolgende ist als Beitrag zu einer umfassenderen Darstellung der Geschichte der AT zu verstehen, indem wichtige Facetten (insbesondere Publikationen) – ausgehend von Beckmanns Überlegungen – skizziert werden.[3]

---

1 Vgl. NN 2018 sowie den von Gerhard Banse und Norbert Mertzsch zusammengestellten „Überblick über Aktivitäten des Arbeitskreises ‚Allgemeine Technologie'" in diesem Band.

2 Entsprechende wissenschaftliche Entwicklungen vor 1806 können hier aus Platzgründen nicht dargestellt werden. Allerdings steht deren systematische Darstellung ebenfalls noch aus.

3 Es versteht sich auch als Ergänzung und Aktualisierung bereits früherer diesbezüglicher Überlegungen des Autors (vgl. insbesondere Banse 1998, 2002, 2021).

1 Beckmanns AT-Konzept

In der 1777 veröffentlichten „Anleitung zur Technologie oder zur Kenntniss der Handwerke, Fabriken und Manufakturen..." fasst Beckmann Technologie nicht – wie bis dahin üblich – als „Kunstlehre", sondern verstand darunter

> „die Wissenschaft, welche die Verarbeitung der Naturalien, oder die Kenntniß der Handwerke, lehrt", eine Wissenschaft, „welche alle Arbeiten, ihre Folgen und ihre Gründe vollständig, ordentlich und deutlich erklärt". (Beckmann 1802: 19)

In diesem ersten Schritt auf dem Wege zu einer stärker theoretisch fundierten Technik konzentrierte er sich zunächst auf eine Systematisierung der verschiedenen Arbeiten der Handwerke und Fabriken, die über eine bloß aufzählende Beschreibung der Mittel und Verfahren hinausgeht. Dazu forderte er die stärkere Berücksichtigung naturwissenschaftlicher Kenntnisse und eine einheitliche Terminologie.

Dabei ging es Beckmann bei der Begründung der Technologie als Wissenschaft – allgemeine Entwicklungen der Wissenschaft im Verlauf des 20. Jh.s antizipierend, um die – wie er es nannte – Verbindung von „wahren Grundsaetzen" und „zuverlaessigen Erfahrungen" (vgl. Beckmann 1802: 19). Unter „wahren Grundsätzen" sind die wissenschaftlichen Grundlagen zur theoretischen Durchdringung technologischer Prozesse zu verstehen, während mit „zuverlässigen Erfahrungen" die stabilen Elemente des lebensweltlich Erworbenen, technisches gestalterisches Können auf der Grundlage weitergegebener Erfahrungen gemeint sind. Diese „zuverlässigen Erfahrungen" sind für Beckmann das in Jahrhunderten erworbene praktische Wissen (und Können), das nur selten bis zu quantifizierenden Erfahrungsregeln verallgemeiner- und entsubjektivierbar ist.

Die Begründung für den zweiten Schritt, die Notwendigkeit einer AT (des „ersten oder algemeinen Theils der Technologie" im Unterschied zur speziellen als der „besondere Theil" der Technologie), ergibt sich für Beckmann aus folgender Einsicht:

> „Wer sich ein Studium daraus gemacht hat, viele Handwerke und Künste kennen zu lernen, und wer sich geübt hat, viele mit einem Blicke zu übersehn, der muß bemerken, daß sehr viele Handwerke, so verschieden auch ihre Materialien und Waaren sind, dennoch mache Arbeit zu *einerley* Absich-

> ten zu verrichten haben; oder daß sie einerley Absicht auf sehr *verschiedene* Weise zu erreichen wissen.“ (Beckmann 1806: 464–465; H.d.V. – G.B.)

AT soll nun

> „die gemeinschaftlichen und besondern Absichten der […] Arbeiten und Mittel anzeigen, die *Gründe erklären*, worauf sie beruhen, uns sonst noch dasjenige kurz lehren, was zum *Verständniß* und zur *Beurtheilung* der einzelnen Mittel, und zu ihrer *Auswahl* bey *Uebertragungen* auf andere Gegenstände, als wozu sie bis jetzt gebraucht sind, dienen könnte.“ (Beckmann 1806: 480; H.d.V. – G.B.)

AT kann dem „praktischen Technologen, welcher Künste bessern will, die Auswahl erleichtern“, allerdings gelte:

> „[…] aber auch er wird dabey Verstand und mancherley Kentniß nöthig haben, wenn er nicht sich und andern schaden, und sich nicht lächerlich machen will.“ (Beckmann 1806: 474)

Beckmanns Konzept umfasst*:*

1. Die *Systematisierung* des angesammelten technisch-technologischen Wissens (im Sinne von „Beherrschung der [technischen] *Mannigfaltigkeit*“) und dessen *Verallgemeinerung/Generalisierung*. Dies sei als *Ebene (1) Systematisierung von Technischen Sachsystemen (TS)* bezeichnet.
2. Dieses Wissen durch die stärkere Berücksichtigung *(natur-)wissenschaftlicher Kenntnisse* auf eine sichere *theoretische Grundlage* zu stellen.
3. Die Einführung einer einheitlichen – und damit auch vereinheitlichenden – *Terminologie*.
4. Auf der Basis von 1. bis 3. die Begründung des methodischen Programms einer *„Erfindungsheuristik“*. Dies sei als *Ebene (2) Schaffung von TS* bezeichnet.

Für Beckmann war AT nur in der Form einer zweckgerichteten Verfahrenswissenschaft denkbar.

2 Weiterführung des Ansatzes einer AT im 19. Jahrhundert

Dieser vielversprechende verfahrenssystematische Teil des Beckmannschen Ansatzes fand in der ersten Hälfte des 19. Jh.s große Resonanz. Er wurde von zahlreichen Wissenschaftlern aufgegriffen, popularisiert und weiterentwickelt, insbesondere von Sigismund Friedrich Hermbstädt (1760–1833), Johann Heinrich Moritz [von] Poppe (1776–

1854[4]) und Karl Karmarsch (1803–1879).

Der wissenschaftlich vielfältig interessierte Hermbstaedt (er war u.a. als Apotheker und Chemiker tätig) war Professor für Chemie an der Berliner Universität und hat (mindestens) zwei für das hier verfolgte Anliegen relevante Bücher verfasst:

- *Grundriß der Technologie; oder Anleitung zur rationellen Kenntniß und Beurtheilung derjenigen Künste, Fabriken, Manufakturen und Handwerke, welche mit der Kameral- und Policeywissenschaft, so wie der Landwirthschaft in nächster Verbindung stehen* (Berlin 1814, 2. umgearbeitete und vermehrte Auflage 1830);
- *Compendium der Technologie; oder Anleitung zur Kenntniß derjenigen Fabriken, Manufakturen und Handwerke, welche mit der Landwirthschaft, der Policey und Kameralwissenschaft in nächster Verbindung stehen: Als Leitfaden zum Gebrauche akademischer Vorlesungen* (Berlin 1831) – eine neue umgearbeitete Ausgabe erschien 1855 mit dem Titel „Compendium der Technologie. Als Leitfaden zum Gebrauche bei Vorlesungen für Cameralisten, Juristen und Polytechniker".[5]

Konzeptionell folgt er darin Beckmann, indem auch er folgende Unterscheidung vornimmt: Die „Technologia universalis" (allgemeine Technologie) betrifft das „gesammte technologische Wissen", während die „Technologia specialis" (besondere Technologie) die „Ausübung einzelner Gewerbe aus dem empirischen und rationellen Gesichtspunkt" erfasst (Hermbstaedt 1814: 24).

Analog unterscheidet auch Poppe, seit 1818 Professor für Technologie an der Universität Tübingen, in seinem 1833 erschienenen Buch „Ausführliche Volks-Gewerbslehre oder allgemeine und besondere Technologie zur Belehrung und zum Nutzen für alle Stände: nach dem neuesten Zustande der technischen Gewerbe und deren Hilfswissenschaften bearbeitet. 1, Allgemeine Technologie" zwischen allgemeiner und „specieller" Technologie. Aufgabe ersterer ist die

---

4 Poppe wurde 1836 vom württembergischen König geadelt.

5 Zum Zusammenhang beider Publikationen schreibt Hermbstaedt: „Das Compendium ist dazu bestimmt, bei Vorträgen über die Technologie auf Universitäten, wie auf technischen Lehranstalten, sowohl dem Lehrer als dem Lernenden, einen kurzen Leitfaden darzubieten, […] Der umfassendere Grundriß hingegen, der allerdings wol mehr den Titel Handbuch der Technologie verdienen dürfte, ist dazu bestimmt, dem Compendium als Commentar zu dienen" (Hermbstaedt 1831: VII–VIII).

„Zergliederung der technischen Gewerbe in die verschiedenen darin vorkommenden Verarbeitungsakte". Sie „stellt von den so erhaltenen Theilen alle diejenigen zusammen, welche in Hinsicht des beabsichtigten Zweckes Aehnlichkeit miteinander haben".

Die „specielle" Technologie dagegen

„beschreibt jedes „einzelne technische Gewerbe besonders oder im Ganzen, vom ersten Grade der Verarbeitung an, bis an das Ende […] [Sie] giebt auch an, besonders durch Hilfe der in der allgemeinen Technologie vorkommenden Lehren, wo Manches noch besser einzurichten wäre; sie zeigt, wo neue Erfindungen in ihnen eingeführt, diese oder jene mit der Verarbeitung verbundenen Gefahren verhütet werden könnten". (Poppe 1833: 17–18)

Karmarsch war langjährig (erster) Direktor der Polytechnischen Schule Hannover (aus der 1879 die Königliche Technische Hochschule Hannover hervorging; seit 2006 Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover). Von ihm seien als Lehrbücher genannt:

- *Einleitung in die mechanischen Lehren der Technologie in zwey Bänden* (Wien 1825);
- *Grundriß der mechanischen Technologie*. Als Leitfaden für den technologischen Unterricht an polytechnischen Instituten und Gewerbeschulen; in zwei Bänden (Hannover 1837/1841) – die 2. bis 6. Auflage erschienen zwischen 1851 und 1905 jeweils unter dem Titel „Handbuch der mechanischen Technologie".

Im „Grundriß" unterscheidet er zunächst zwischen spezieller und allgemeiner Technologie:

„Die spezielle Technologie (die älteste und gewöhnlichste Darstellungsart der Wissenschaft) verfolgt der Reihe nach den Gang der Operationen, welche zur Hervorbringung eines gewissen Produktes dienen […] Die allgemeine Technologie (welche man vielleicht besser vergleichende Technologie nennen könnte) betrachtet die Mittel (d.h. die Verfahrensarten, Werkzeuge und Maschinen) an sich". (Karmarsch 1851: 2–3).

Über die AT schreibt er dann weiter:

„Diese Behandlungsart des Gegenstandes gewährt ungemeines Interesse und einen sehr großen Nutzen, weil sie die beste Übersicht verschafft, das Urtheil und den Erfindungsgeist schärft, und einen Vorrath von wohlgeordneten Kenntnissen hervorbringt, aus welchem, wie aus einem alphabeti-

> schen Register […] leicht und schnell das rechte Mittel für einen gegebenen Zweck hergelangt werden kann.“ (Karmarsch 1851: 3)

Der Nutzen der Technologie (als „systematische Beschreibung und Erklärung derjenigen Verfahrensarten und Hülfsmittel, durch welche die rohen Naturprodukte zu Gegenständen des physischen Gebrauchs verarbeitet werden“) ist nach Karmarsch ein mehrfacher:

> „a. Der Gewerbtreibende selbst lernt durch ein zweckmäßig betriebenes Studium der Technologie oft erst die wahren Grunde seiner Verfahrungsarten […]. b. Dem Nicht-Gewerbtreibenden ist es bei zahllosen Veranlassungen des täglichen Lebens wichtig, mit den Einzelheiten der praktischen Gewerbstriebe bekannt zu seyn […]. c. Jedem Gebildeten überhaupt sollte eben so wenig eine gewisse Kenntniß der Technologie mangeln, als dieß mit manchen anderen Wissenschaften der Fall seyn darf.“ (Karmarsch 1851: 1)

Diese Zielstellungen finden sich im Zusammenhang mit aktuellen Weiterentwicklungen der AT wieder. – Schließlich verweist Karmarsch auf ein methodisches Prinzip, das zugleich ein Hinweis, der für die heutige Gestaltung von Curricula im Bereich der allgemeintechnischen „Unterweisung“ ist:

> „Es ist übrigens wohl zu begreifen, daß jene Darstellung, die man allgemeine Technologie nennt, erst das Resultat einer Kenntniß zahlreicher Thatsachen seyn kann, wie die spezielle Technologie sie darbietet; und daß daher Letztere dem Studium der allgemeinen Technologie vorausgehen muß, wenn diese in ihrem strengen Systeme vorgetragen und gehörig verstanden werden soll.“ (Karmarsch 1851: 3)

Karmarsch hat den Beckmannschen Ansatz (universalistische Perspektive, verbale Darstellung, vergleichende Betrachtung, systematische Ordnung, auf praktische Anwendbarkeit hin ausgerichtet) zum Höhepunkt, aber gleichzeitig auch an ein vorläufiges Ende gebracht. Er hatte wohl mehr erahnt denn erkannt, dass die wissenschaftlich begründete (mechanische) Technologie, die über die bloße Beschreibung der Phänomene hinausgeht und die zugrundeliegenden allgemeinen Prinzipien untersuchen will, auf die theoretische Durchdringung von Objekten und Prozessen abzielt, die in ihrer Heterogenität und Ausdifferenzierung für ein einzelnes Individuum nicht mehr leistbar (weil kaum noch überschaubar) war, denn nach der Mitte des 19. Jh.s ließ sich dieses Konzept sowohl infolge der Entwicklung der (Technik-)Wissenschaften

als auch der Entwicklungen im Bereich der Technik bzw. des Technischen kaum mehr realisieren (siehe Tabelle 1):

Tendenzen in der Entwicklung der (Technik-)Wissenschaften
o Differenzierung der TW (konstruktiv/„prozessorientiert“; „werkstückbezogen“)
o technologische Ansätze
o „Disziplinübergreifende Notwendigkeit“
Tendenzen in der Entwicklung der Technik/des Technischen
technische Entwicklungstendenzen
o Veränderungen der Arbeitsmittel [„Werkzeuge“]
o Einführung qualitativ neuer Arbeitsgegenstände [„Werkstücke“]
technologische Entwicklungen
o „Fertigungsorganisation“ [„Fabrikbetrieb“]
o Standardisierung / Austauschbau
o „Internationalisierung“

Tabelle 1: Tendenzen der Entwicklung der (Technik-)Wissenschaften und der Technik nach der Mitte des 19. Jh.s. (eigene Darstellung).

3 AT an der Wende zum und im frühen 20. Jh.

Vor dem Hintergrund dieser Entwicklungen verlor in der Folgezeit der Ansatz einer insbesondere an Beckmann orientierten AT als ein die gesamte Technik er- bzw. umfassender Entwurf an Bedeutung. Allerdings fehlte es nie an Bemühungen (teilweise zeitgleich mit Karmarsch), für einzelne technische oder technikwissenschaftliche Bereiche mehr oder weniger umfassende Verallgemeinerungen vorzunehmen.

3.1 Ebene (2) Schaffung von TS: „Erfinden“ und „Erfindung“

Mit der Entwicklung der Technikwissenschaften wurde das gedankliche „Erschaffen“ von TS in einem stärker (konstruktions-)methodisch ausgerichteten Ansatz etwa ab der Mitte des 19. Jh.s aus unterschiedlichen wissenschaftlichen Blickwinkeln systematischer analysiert (auch im

Zusammenhang mit der Herausbildung des Patentwesens). Exemplarisch sei verwiesen auf Franz Reuleaux (1829–1905), Carl Ernst Hartig (1836–1900), Max Eyth (1836–1906) und Peter Klimentitsch von Engelmeyer (1860–1922).

Reuleaux war als Professor für Maschinenbau zunächst am Eidgenössischen Polytechnikum Zürich und dann an der Königlichen Gewerbeakademie zu Berlin, aus der 1879 die Königlich Technische Hochschule zu Berlin hervorging (deren Rektor Reuleaux 1890/91 wurde), tätig. Er will die in jedem Erfindungsprozess enthaltene „mehr oder weniger deutliche logische Gedankenfolge" aufdecken, diese Tätigkeit beschreiben, um sie so (besser) „lehr- und lernbar" zu machen:[6]

> Das „unerforschte Gebiet ist aber […] die Frage: wie ist man zu dem Mechanismus, wie zu seinen Elementen gelangt? Was ist das Gesetzmäßige in dem Verfahren, einen Mechanismus zu kombiniren? Gibt es überhaupt hier eine Gesetzmäßigkeit? Oder hat man nur einfach das entgegenzunehmen, was uns die Erfindung überliefert hat; und bleibt als wissenschaftliche Aufgabe nur die Analysirung des so erhaltenen, das gleichsam naturhistorische Verfahren übrig? Bisher wurde so zu sagen ausschließlich nach der letzten Ansicht verfahren; von einem Eindringen hinter das 'Gegebene' sind nur Spuren vorhanden. Demzufolge hat sich auf dem Forschungsgebiete des Maschinenwesens der eigenthümliche Zustand entwickelt, dass mit hoch ausgebildeten Hilfsmitteln an den Resultaten menschlicher Erfindung, also menschlicher Denkkraft, gearbeitet wird, ohne dass man die Denkprozesse, welche das Objekt selbst geliefert haben, kennt. Mit dieser sonderbaren Unhomogenität, welche man auf anderen Gebieten des exakten Wissens sich nicht leicht verzeihen würde, findet man sich dadurch ab, dass man das Erfinden als eine Art Offenbarung, als Folge höherer Eingebung, wenn auch nicht gerade immer bezeichnet, so doch stillschweigend anerkannt. Es begründet für jemanden eine besondere Art von Respekt, wenn man von ihm sagt, er habe diese oder jene Maschine erfunden. […] Wie aber die Erfinder zu denselben gelangten, lassen wir unerörtert, vorbehaltlich des Gefühlsinteresses, welches wir für diesen Punkt mitbringen." (Reuleaux 1871: 111–112)

In seinem 1875 erschienenen *Lehrbuch der Kinematik: Grundzüge einer Theorie des Maschinenwesens* (1875) versucht er, die „Maschinenwissenschaft der Deduktion" zu entwickeln, d.h. Regeln („Axiome") theore-

---

6 In den in diesem Zusammenhang bedeutsamen sogenannten „Methodenstreit" kann hier nur verwiesen, nicht jedoch näher eingegangen werden (vgl. dazu Banse 2019: 21–23).

tisch zu begründen bzw. zu fundieren, mit denen die verschiedensten Mechanismen entwickelbar seien (vgl. Reuleaux 1875). Ziel war die Errichtung eines deduktiven Systems, mit dem die verschiedensten Mechanismen hinsichtlich Gestaltung, Bemessung und Dimensionierung entwickelbar seien. Er wollte – anknüpfend an naturwissenschaftliche Disziplinen, speziell die Mechanik, und orientiert an deren Wissenschaftsverständnis – auf logischem Wege zu reproduzierbaren und damit nachvollziehbaren Erkenntnissen über die Gedankenreihe kommen, die jeder maschinentechnischen Erfindung und Konstruktion zugrunde liegt.[7]

Hartig war seit 1865 Professor für mechanische Technologie am Königlichen Polytechnikum bzw. der 1890 daraus hervorgegangenen Königlich Sächsischen Technischen Hochschule Dresden, deren erster Rektor er wurde. Er hat sich um die Entwicklung des Patentwesens verdient gemacht und war Wegbereiter für den Einsatz des Experiments in Forschung und Lehre der Technikwissenschaft:

> „Die Industrie erhält zuverlässige Informationen von technischem und wirtschaftlichem Wert und von gleichmässiger Genauigkeit, die Lehranstalt gewinnt eine erwünschte Fühlung mit dem praktischen Leben, für das sie ihre Schüler heranzubilden gedenkt, und eine erwünschte Gelegenheit, sie in den Methoden des technischen Experiments zu unterweisen: ich habe gefunden, dass diejenigen Studirenden der mechanischen Technik, welche eine Versuchskampagne solcher Art in einer grössren Fabrik mitmachten […] von einer Ueberschätzung der Theorie, die unseren Schülern so häufig vorgeworfen wird, zurückkamen und jene gleichmässige Wertschätzung der intellektuellen und der empirischen Quellen unserer Erkenntnis zu erwerben wussten, welche den besonnenen und in allen Unternehmungen sicheren Leiter der modernen Fabriken charakterisiert“ (Hartig 1893: 304).

Damit hängt auch seine Skepsis gegenüber der Lehr- und Lernbarkeit technischer Entwurfsprozesse, seine Warnung vor der „Gefahr einer einseitigen übermässigen Betonung der spekulirenden Theorie“ (Hartig 1893: 304) zusammen: der Erfindungsprozess vollziehe sich nicht gesetzmäßig. Obwohl selbst um die Entwicklung der „Technologik“ be-

---

7 Das Konzept konnte nicht vollständig aufgehen, da Reuleaux (u.a.) „übersehen“ hatte, dass gedankliche Arbeit vor allem im schöpferischen Bereich im Allgemeinen nicht in strikten Algorithmen verläuft, sondern dass diese nur die logischen Abstraktionen über reale Verläufe darstellen.

müht, hatte Hartig in seinen „Studien in der Praxis des Kaiserlichen Patentamtes“ formuliert:

> Es „soll nur hervorgehoben sein, dass das Zerlegen vorhandener und das Konstruieren und Zusammensetzen neuer Maschinen gelehrt werden kann, das technische Erfinden nicht, dessen Ergebnisse gerade den Stempel des *Unerwarteten* an sich tragen, sich als *Geistesblitze* erweisen, die nicht systematisch und willkürlich erzeugt werden können. Für die räumliche Gestaltung einer Maschine, deren Thätigkeitsprogramm gegeben ist, lassen sich Regeln und Gesetze entwickeln, für das Erfinden dieses Programmes aber nicht; *das Erfinden spottet aller Gesetzmässigkeit*. […] Eine Wissenschaft, Maschinen zu erfinden, giebt es daher nicht“. (Hartig 1890, 150; H.d.V. – G.B.)

Der Ingenieur, Erfinder und Dichter Eyth hat sich für den Einsatz dampfgetriebener Maschinen in der Landwirtschaft und der Seilschifffahrt verdient gemacht. Vor diesem Erfahrungshintergrund hat er in „klassischer“ Form sowohl das Erfinden begrifflich gefasst als auch Erfindungen unterschiedlicher Ordnungen gekennzeichnet:

> „Wer erfolgreich Mittel und Wege zeigt, ein bisher unerreichtes Ziel auf dem Gebiet materiellen Wirkens zu erreichen, oder auch wer neue Wege und Mittel zeigt, ein bereits bekanntes Ziel zu erreichen, hat eine Erfindung gemacht. […] Es gibt Erfindungen – erster Ordnung möchte ich sie nennen –, bei welchen neue Mittel zu einem neuen Zweck zur Verwendung kommen. […] Häufiger sind […] Erfindungen, bei denen ein neues, nie zuvor erreichtes Ziel durch bekannte Mittel erreicht wird. […] Bei einer dritten Klasse von Erfindungen werden bekannte Ergebnisse mit Hilfe neuer Mittel erreicht. […] Bei der weitaus größten Zahl von sogenannten Erfindungen endlich handelt es sich um solche, bei welchem ein bekanntes Mittel oder Werkzeug zu einem bekannten Zweck zum erstenmal Verwendung findet.“ (Eyth 1919: 231–233)

Damit ergeben sich so vier Neues hervorbringende Kombinationsmöglichkeiten, die so bis heute Bestand haben (siehe Abbildung 1; vgl. auch Ropohl 2001: 148–149).

Ziel / Weg / Mittel	***bekannt***	***neu***
bekannt	Übertragung	„Semi-Neues“ II
neu	„Semi-Neues“ I	**Neues**

Abbildung 1: Arten von Neuerungen (eigene Darstellung in Anlehnung an Ropohl 2001: 149).

Der deutsch-russische Ingenieur Engelmeyer geht davon aus, dass Schaffung von Technik eine „objektivierende“ Tätigkeit ist,

> „eine Tätigkeit, bei welcher eine Idee als Ziel vorschwebt und eine Naturerscheinung hervorgebracht werden soll, welche diese Idee konkret ausdrückt.“ (Engelmeyer 1909: 371; vgl. auch Engelmeyer 1893, 1928)

Das Werden dieser Erfindungen kann durch den „Dreiakt“ des Wollens, des Wissens und des Könnens bzw. – in Anlehnung an die heutige Terminologie – der Zielsetzung, des Plans der Zielerreichung und der wirklichen materiellen Ausführung hinreichend charakterisiert werden. Damit ist dann auch nach Engelmeyer die „Theorie der Erfindung, die Heurologie“ (Engelmeyer 1909: 375) umrissen, die das Ziel seiner Bemühungen darstellt. Dabei setzt er sich bewusst mit der Auffassung von Ernst Hartig auseinander, dass sich der Erfindungsprozess nicht gesetzmäßig vollziehe. Engelmeyer ist dagegen der Ansicht, dass sich im Werdegang von Erfindungen, im Zusammenwirken von psychologischen und außerpsychologischen Faktoren Gesetzmäßigkeiten aufzeigen lassen, die durch den *Dreiakt* umrissen sind:

> „Der richtige Erfinder muß im betreffenden Fache das Erreichbare wollen, das Richtige wissen und das Nötige können.“ (Engelmeyer 1909: 385)

Im *ersten* Akt – „Entstehung der Absicht. Akt des Wollens und der Intuition“ – wird durch das Auftauchen bzw. Aufklären einer Idee die Problemlösung in Form der Hauptbestandteile mehr erahnt denn gewusst. Typisch ist dabei der hypothetische Charakter des solchermaßen Vorgestellten, weil sowohl die Zweckmäßigkeit der Prinzip-Lösung erst einmal nachzuweisen ist, als auch – bei begründeter Zweckmäßigkeit – die Prinzip-Lösung bis zur Funktionsfähigkeit höchstwahrscheinlich modifiziert werden muss. Deshalb ist im *zweiten* Akt – „Ausarbeitung des

Schemas. Akt des Wissens und Denkens" – die Idee nachzuprüfen, aus der Absicht ein ausführbarer Plan zu machen und das zweckgerichtete und zweckmäßige Zusammenwirken der einzelnen Elemente zu ersinnen, wozu umfangreiche Kenntnisse erforderlich sind. Durch das „Experimentieren mit Gedanken und Sein" wird das Neue und Charakteristische der Erfindung ermittelt bzw. ausgearbeitet, so dass im *dritten* Akt – „Konstruktive Ausführung der Erfindung. Akt des Könnens" – der Plan ausgeführt werden kann: „Jetzt gilt es nicht mehr Gedanken, sondern die äußere Materie umzuformen." Dafür sind fachmännische Gewandtheit und gewerbliche Routine erforderlich. Erst mit der Realisierung des dritten Aktes ist das Werk vollendet und es kann von einer Neuerung, von einer Erfindung gesprochen werden (vgl. Engelmeyer 1909, S. 385–386).

Um Missverständnissen und Schematisierungen vorzubeugen, verweist Engelmeyer wiederholt darauf, dass die drei Akte im Erfindungsprozess keinesfalls Stadien der Manipulation am Substrat, sondern drei gedankliche Entfaltungsstadien der Erfindung sind, die sich gegenseitig derart bedingen,

> „daß man ohne theoretische (zweiter Akt) und praktische (dritter Akt) Vorkenntnisse kaum eine praktische Idee (erster Akt) empfangen kann, denn es liegt ja auf der Hand, daß nur die Idee bis ins Werk gedeiht, die mit den Naturgesetzen stimmt und zur Zeit praktisch ausführbar ist." (Engelmeyer 1909: 390)

In dieser Phase von Verallgemeinerungen auf Ebene (1) Schaffung von TS wurde vor allem die individuelle kognitive Seite des technischen Schaffensprozesses analysiert. Gesellschaftliche, vor allem wirtschaftliche und politische Beziehungen – z.B. hinsichtlich Bewertungs- oder Selektionskriterien und -mechanismen, der Annahme oder Ablehnung, der Durchsetzung oder Nichtrealisierung von Neuerungen – wurden von ihr kaum reflektiert.

3.2 Ebene (1) Systematisierung von TS: „Allgemeine Chemische Technologie" – Grundoperationen & Grundprozesse

Im Zusammenhang mit der Ausbildung von „Chemical Engineers" bzw. der Herausbildung des Chemieingenieurwesens kam es insbesondere in den USA in den zwanziger und dreißiger Jahren des 20. Jh.s zu

Verallgemeinerungen in Richtung „unit operations“ und „unit processes“. Diese Überlegungen zu Grundoperationen und Grundprozessen kann man als Grundlage bzw. Grundlegung einer Allgemeinen chemischen Technologie bewerten (vgl. Hartmann 1997: 81–84; Krug 2002).

Auf Arthur Dehon Little (1863–1935) (vgl. Little 1913) sowie William Hultz Walker (1869–1934), Warren Kendall Lewis (1882–1975) und William Henry McAdams (1892–1975) (vgl. Walker et al. 1923) geht das Konzept der *unit operations* (‚Grundoperationen‘) zurück. Damit werden wiederkehrende physikalische Vorgänge in chemisch-technologischen Verfahren erfasst:

> „Unabhängig vom jeweiligen chemisch-technologischen Prozeß kommen immer wieder gleiche elementare Operationen zur Anwendung, die keine Stoffumwandlungen bezwecken. Sie sind Bausteine des technologischen Prozesses und sind eine Einheit aus dem erstrebten physikalischen Vorgang, der entsprechenden technischen Einrichtung und den Einflußgrößen.“ (Schade 1974: 17)[8]

Je nach Klassifikation bzw. Systematik lassen sich ca. 10 bis 200 dieser Grundoperationen unterscheiden, die zunächst nur deskriptiv-ordnend dargestellt, dann jedoch mehr und mehr physikalisch und mathematisch begründet wurden.

Das Konzept der *unit processes* (‚Grundprozesse‘) geht auf Arbeiten von Philip Herkimer Groggins (1888–1962) (vgl. Groggins 1938), Randolph Norris Shreve (1885–1975) (vgl. Shreve 1945) sowie Donald Frederick Othmer (1904–1995) und Raymond Eller Kirk (1890–1957) (vgl. Othmer/Kirk 1947/60) zurück. Damit werden die „grundlegenden“ chemischen Reaktionsprozesse in chemisch-technologischen Verfahren erfasst:

> „Chemische Grundverfahren […] stellen analog zu den Grundoperationen eigenständige naturwissenschaftlich-technologische Abschnitte in einem chemischen Verfahren dar und bilden eine Einheit aus der chemischen Re-

---

8 Eine persönliche Anmerkung: Das Lehrbuch von Werner Schade (*1932) wurde von mir hier bewusst ausgewählt, da ich während meines Studiums nicht nur an seinen Vorlesungen zur Chemischen Technologie teilnahm, sondern bei ihm auch als studentische Hilfskraft tätig war. Beides hat mich zur Beschäftigung mit allgemeineren Fragen der Technik und der Technikwissenschaften angeregt. – In einem persönlichen Gespräch Anfang der 1970er Jahre bezweifelte Schade die Möglichkeit einer sinnvollen weitergehenden Verallgemeinerung technischer bzw. technologischer Sachverhalte über die Allgemeine chemische Technologie hinaus.

aktion, der technischen Einrichtung (Reaktor) und den Einflußgrößen." (Schade 1974: 52)

Je nach Klassifikation bzw. Systematik lassen sich ca. 5 bis ca. 30 derartige Grundprozesse unterscheiden (vgl. Gruhn et al. 1975: 75–76).

Mit dem Konzept der Grundoperationen bzw. Grundverfahren ist eine *integrative* Sicht auf Prozess bzw. Verfahren *und* Apparat bzw. Anlage verbunden. Infolge unterschiedlicher Möglichkeiten der Idealisierung und der mathematischen Beschreibung sind bislang die Grundoperationen besser verallgemeinerbar als die Grundprozesse, da diese u.a. viel stärker vom Chemismus abhängig sind.

4 AT in der zweiten Hälfte des 20. Jh.s

In den vergangenen fünfzig Jahren ist nun die Diskussion um eine AT erneut belebt worden: Es wurden – zumeist unter explizitem Rückgriff auf Beckmann – verallgemeinernde und generalisierende Überlegungen bzw. Ansätze zu einer AT von verschiedenen Wissenschaftlern aus der Sicht unterschiedlicher Wissenschaftsdisziplinen vorgelegt. In diesen Ansätzen kommt es zur Erfassung des Allgemeinen technischer Objekte und Prozesse in technischen Prinzipien, Grund- und Leitsätzen, Regularien, Aussagen über Wirkpaarungen und -anordnungen u.ä.

Dabei wird auch deutlich, dass (idealtypisch!) stärker zu unterscheiden ist, ob man unter AT mehr beschreibende Systematisierungen und Verallgemeinerungen versteht, die – allein oder vor allem – methodischen Zwecken dienen sollen, oder ob man darunter Aussagensysteme im Sinne einer (technik-)wissenschaftlichen Metatheorie bzw. einer Grundlagentheorie bzw. -lehre der Technikwissenschaften verstanden wissen will, die gesetzmäßige Zusammenhänge technologischer Prozesse theoretisch erklärt und begründet sowie dieses Wissen in einer generalisierenden Perspektive (als *Allgemeine* Technikwissenschaft) zusammenführt – und damit im Gegensatz zu den zahlreichen *ad-hoc*-Theorien der (einzelnen) Ingenieur- bzw. Technikwissenschaften steht. Das kann hier jedoch nicht weiter ausgeführt werden.[9]

---

[9] Wenn es um „Sinn" oder „Unsinn" von AT geht, spielen diese „Begründungsfiguren" bzw. „Rechtfertigungsargumentationen – wie noch gezeigt wird – eine bedeutende Rolle. – Ablehnende oder einschränkende Begründungen finden sich u.a. in Herlitzius 1976: 616–618; Jobst 1986: 18; 1997.

Für eine (mehr oder weniger) systematische Betrachtung allgemeintechnischer Überlegungen mit Bezug zu AT bieten sich zwei Perspektiven an:

1. nach „Zielgruppen“: Unterschieden werden kann (1.) der Bereich der technischen Allgemeinbildung vom (2.) Bereich Grundlage für das Studium (vor allem bezogen auf Wirtschaftswissenschaften/-ingenieurwesen, Lehrer für Polytechnik/Arbeitslehre und Technikwissenschaften);
2. nach „Regionen“ und „Personen“: Unterschieden werden kann hier nach (1.) Konzepten im „Osten“ (insbesondere in der DDR) und (2.) im „Westen“ (insbesondere in der BRD und in Österreich).

4.1 Betrachtungsperspektive „Zielgruppen“

4.1.1 Bereich technische Allgemeinbildung

Zu diesem Bereich gehören einerseits die Forderung nach „technologischer Aufklärung“, andererseits Überlegungen zur Fundierung des „polytechnischen Auftrags“ der Bildung (vgl. generell Frankiewicz 1968; Hartmann et al. 2008; Kos 1999; Meier 2012; Tietze 2912).

Ausgehend von Immanuel Kants Bestimmung von Aufklärung aus dem Jahre 1784 lässt sich nach Günter Ropohl (1939–2017) – in die Gegenwart unserer technischen Kultur projiziert – die Notwendigkeit einer *technologischen Aufklärung* ableiten:

> „Die Demokratisierung der Gesellschaft erfordert heute also »eine Übersetzung des technisch verwertbaren Wissens in das praktische Bewußtsein einer sozialen Lebenswelt.« Diese Übersetzung des technisch verwertbaren Wissens in das praktische Bewußtsein einer sozialen Lebenswelt wollen wir als technologische Aufklärung bezeichnen; denn »nur in dem Maße […], in dem Wissenschaft und Technik durch die Köpfe der Menschen hindurch mit der Lebenspraxis vermittelt« werden, kann »sich eine verwissenschaftlichte Gesellschaft als mündig konstituieren«. […] Wenn technologische Aufklärung im Speziellen das Allgemeine hervortreten lassen, wenn sie die innere Einheit technischer Problemstellungen und Lösungen verständlich machen soll, so muß sie sich auf eine »systematisch geordnete Menge von Aussagen« über den Bereich des Technischen schlechthin stützen können: Technologische Aufklärung bedarf einer systematisierenden und generalisierenden, allgemeinen Techniktheorie als fachdidaktische Basis“. (Ropohl 1973: 227–228)

Eine derartige „kohärente Wissenschaft von der gesamten Technik“ ist, so konstatiert Ropohl, jedoch (noch) nicht vorhanden, allenfalls existieren Ansätze zu einer allgemeineren Theorienbildung, die er in folgenden vier Richtungen ausmacht (vgl. Ropohl 1973: 228–229):

- die wissenschaftstheoretische Reflexion der Technikwissenschaften und ihre Einordnung in das Wissenschaftssystem;
- die Schaffung einer sozio-ökonomisch-technischen Theorie der technischen Innovation;
- die Ausarbeitung einer objektivierbaren Methodologie planvollen Erfindens und
- Überlegungen zu einer allgemeinen Theorie technischer Gebilde und Verfahren.[10]

Alle diese Ansätze sind für Ropohl als Grundlage oder Bestandteil der technologischen Aufklärung von Bedeutung. Er schließ jedoch die Bemerkung an, dass „insofern angestrebt wird, technisches Fundamentalwissen in allgemeiner und einheitlicher Darstellungsform zu verbreiten“, der vierte Ansatz besonders wichtig sei: diesen meine er vor allem, wenn er von einer allgemeinen Techniktheorie oder AT spreche (Ropohl 1973: 229).

Der *polytechnische Auftrag der Bildung* wird (exemplarisch) von Horst Wolffgramm (1926–2020) wie folgt begründet:

> „Der Grad der Beherrschung der wissenschaftlichen Grundlagen technologischer Prozesse und ihrer umfassenden Nutzung in der Produktion, das Niveau der technologischen Arbeit, bestimmen in hohem Maße die Effektivität der Produktionsprozesse und sind ein entscheidender Faktor zur Verbesserung der Arbeits- und Lebensbedingungen. […] eine der entscheidenden Grundlagen für die Disponibilität der Arbeitskraft [ist die Kenntnis der] Gemeinsamkeiten der Produktion“. (Wolffgramm 1978: 11–12)

Er schreibt dann weiter: Das vorliegende Buch

> „soll allen interessierten Werktätigen, den Arbeitern, der Jugend, den Studenten und auch Schülern wesentliche technologische Zusammenhänge

---

10 Zu ähnliche Überlegungen bin ich in meiner Habilitationsschrift vom Anfang der 1980er Jahre gekommen. denn hatte ich vermutet, dass sich derartige Gedankengebäude in folgenden vier Richtungen herausbilden würden: (a) (allgemeine) Theorie technischer Systeme, (b) (allgemeine) Theorie technologischer Vorgänge („AT“), (c) (allgemeine) Konstruktionswissenschaft und (d) (allgemeine) Werkstoffwissenschaft (vgl. Banse 1981: 169–172).

> […] nahebringen, in Denkweisen der allgemeinen Technologie einführen und ihre grundlegenden Kategorien, Strukturen, Gesetze und Prinzipien erläutern." (Wolffgramm 1978: 12)

Unter Leitung von Wolffgramm wurde vor diesem konzeptionellen Hintergrund Mitte der 1980er Jahre einer „Leitlinie" für das populärwissenschaftliche Wirken der Urania – Gesellschaft zur Verbreitung wissenschaftlicher Kenntnisse im Bereich von Technik und Technikwissenschaften erarbeitet. Aus heutiger Sicht kann man dieses Material als Handreichung für eine (allgemein-)technische Bildung im außerschulischen Bereich bezeichnen, in der – modern gesprochen – ein multiperspektivisches und multidimensionales Technikverständnis auf der Basis der Allgemeinen Technologie unterstellt wurde.

4.1.2 Bereich Grundlage für das Studium

AT wurde insbesondere genutzt in der Lehre der Wirtschaftswissenschaften bzw. des Wirtschaftsingenieurwesens[11] (vgl. z.B. Autorenkollektiv 1979; Hölzl 1980, 1984), in der Ausbildung von Lehrern für Polytechnik/Arbeitslehre (vgl. z.B. Autorenkollektiv 1970ff.; Reichmann/Thiele 1973; Greiner/Thiele 1980) sowie im Studium der Technikwissenschaften (vgl. z.B. Blandow/Schneider 1971; Hansen 1974; Ropohl 1979; vgl. auch VDI 1990). Das erfolgte häufig mit direktem Bezug zu Beckmann.

4.2 Betrachtungsperspektive „Regionen" und „Personen"

Für diese Betrachtungsperspektive bietet es sich jeweils an, den o.g. zwei Ebenen „(1) Systematisierung von TS" und „(2) Schaffung von TS" als weitere Ebene „(3) Beckmann" hinzuzufügen, da in dieser Zeit eine stärkere Rückbesinnung auf Johann Beckmann begann, was in vielfältigen Aktivitäten ihren Niederschlag fand. Zudem wird als „Nachwende-Entwicklung" abschließend exemplarisch kurz auf AT-Aktivitäten an der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus eingegangen.

---

[11] Eigene Erfahrungen in der Lehre an der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus in der Mitte der 1990er Jahre sind, dass die Mehrzahl der Teilnehmer*innen an der Lehrveranstaltung „Allgemeine Technologie" im fächerübergreifenden Studium Studierende des Wirtschaftsingenieurwesens waren.

4.2.1 Region „Osten“

- *Ebene (1) Systematisierung von TS:* Hier ist vor allem auf die Arbeiten von Wolffgramm (und seiner „Gruppe“) in Halle zu verweisen[12] (vgl. Wolffgramm 1994/98, 1998; vgl. als Überblick Hartmann/ Theuerkauf 2008), aber auch auf die von Dietrich Blandow (1937–1998) in Erfurt (vgl. z.B. Blandow 1977; Blandow/Schneider 1972) und Bernd Thiele (*1942) in Berlin (vgl. z.B. Thiele 1979) sowie auf Aktivitäten an der TH Leipzig und am Polytechnikum in Leningrad/St. Petersburg.
- *Ebene (2) Schaffung von TS* (gedankliche Bearbeitungsprozesse): Hier sind vor allem Arbeiten von Johannes Müller (1921–2008) insbesondere zur „Systematischen Heuristik“ (vgl. Müller 1969, 1980, 1990; vgl. auch Gilde/Belkius 1960; Wendt 1976), von Gennadi S. Altschuller (1926–1998) zu „TRIZ“ („теория решения изобретательских задач“ / „Theorie des erfinderischen Problemlösens“; vgl. Altschuller 1984; Altschuller/Seljuzki 1983) sowie die „Erfinderschulen“ (vgl. Gräbe 2020; Rindfleisch/Thiel 1994; vgl. auch Draeger 1986; Füting 1984; Zobel 1985) zu nennen. Zu verweisen ist zudem auf Überlegungen der polnischen Wissenschaftler Wojciech Władysław Gasparski (1936–2022) zur Praxeologie (vgl. 1978) und Janusz Dietrych (1907–2001) zur Konstruktionslehre (vgl. Dietrych 1978).
- *Ebene Beckmann*: Insbesondere im Zusammenhang mit „runden Geburtstagen“ von Beckmann oder seiner Werke gab es sowohl Reprint-Ausgaben (vgl. z.B. Beckmann 1970, 1990; vgl. auch Beckert 1983) als auch wissenschaftliche Veranstaltungen, insbesondere an der TH Magdeburg 1985 (vgl. WZ 1986), der TU Magdeburg 1989 (vgl. WZ 1990; vgl. auch Banse 1990) sowie der TH Wismar 1989 (vgl. KDT 1989) mit nachfolgender Gründung der Ingenieur- und Wirtschaftsakademie Johann Beckmann. Im Jahr 1989 erschien sogar eine Sonderbriefmarke (im Wert von 10 Pfennig).

---

12 Wolffgramm wirkte an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg im Bereich der Ausbildung von Lehrern für Polytechnik.

4.2.2 Region „Westen“

- *Ebene (1) Systematisierung von TS*: Hier ist vor allem auf die Arbeiten von Ropohl zu verweisen[13] (vgl. Ropohl 1999).[14]
- *Ebene (2) Schaffung von TS* (gedankliche Bearbeitungsprozesse): Hier ist einerseits die Weiterführung der konstruktionsmethodische Tradition, die auf Hugo Wögerbauer (1904–1976; vgl. Wögerbauer 1943) und Fritz Kesselring (1897–1977; vgl. Kesselring 1954) zurückgeht, vor allem durch Wolfgang Beitz (1934–2020) und Gerhard Pahl (1925–2015) zu nennen (vgl. Pahl/Beitz 1977; vgl. auch Pahl 1994; Mackensen 1997); anderseits ist auf die konstruktionswissenschaftliche Konzeptualisierung durch Vladimir Hubka (1924–2006) und Ernst W. Eder (*1930; vgl. Hubka 1973; Hubka/Eder 1992) sowie der „morphologische“ Ansatz von Fitz Zwicky (1898–1974; vgl. Zwicky 1966) zu verweisen. Hier sind zudem sowohl die Arbeiten von Horst W. J. Rittel (1930–1990) zum Entwurfsprozess (vgl. Rittel 1992) als auch – umfassender – die zur Entwicklung einer „Design Science“ einzuordnen (vgl. als Überblick Banse 1997b, 1999).
- *Ebene Beckmann*: Hier sind unterschiedliche, zumeist mit Beckmann-Jubiläen zusammenhängende Aktivitäten einzuordnen, etwa: Gründung der Deutschen Gesellschaft für Warenkunde und Technologie (DGWT) Anfang der 1970er Jahre,[15] Reprint-Ausgabe der „Algemeinen Technologie“ (vgl. Beckmann 1983) und der „Schwedischen Reise“ (vgl. Beckmann 1995), Johann Beckmann-Ausstellung der Universität Göttingen 1984, Gründung der Johann Beckmann-Gesellschaft 1987 (die das „Johann Beckmann-Journal“ herausgab; vgl. dazu auch Bayerl/Beckmann 1999; Exner 1989) sowie Interna-

---

13 Ropohl wirkte an der Goethe-Universität Frankfurt am Main im Bereich der Ausbildung von Lehrern für Arbeitslehre.

14 Der argentinische Philosoph Mario Bunge (1990–2020) ist m.W. der einzige Wissenschaftler im Bereich der Technikforschung, der außerhalb des deutschsprachigen Raums den Terminus *General Technology* verwendet hat, allerdings (nur) als Überschrift eines Abschnitts des Kapitels “Technology from Engineering to Decision Theory” im Band 7 seiner *Treatise on Basic Philosophy*. In diesem Abschnitt werden auf sieben Seiten – anders als erwartet – kurz die “Systems Theory” und die “Decision Theory” behandelt (vgl. Bunge 2011: 300–307).

15 Vgl. näher http://www.dgwt.de/ (30.11.2022); die DGWT gibt „FORUM WARE. Internationale Zeitschrift für Warenlehre“ heraus.

tionales Beckmann-Symposium 1989 in Göttingen (vgl. dazu Müller/Troitzsch 1992).

4.2.3 BTU Cottbus (1991ff.)

Die bereits genannte „Empfehlung des VDI zur Integration fachübergreifender Studieninhalte in das Ingenieurstudium" gehörte mit zum geistigen Fundament der Gründung der Brandenburgischen Technischen Universität (BTU) Cottbus im Jahr 1991. Sie enthält u.a. die zeitgemäße Forderung nach einer

> „verbindlichen Vorlesung in Sinne einer ‚Allgemeinen Techniklehre', die einen systematischen Überblick über Grundkonzepte der technischen Wissenschaften und der technischen Denk- und Lösungsprinzipien sowie über die grundlegenden Bedingungen und Folgen technischen Handelns geben müßte". (VDI 1990: 3)

Deshalb war an der BTU neben einem Lehrstuhl Technikphilosophie die Einrichtung eines Lehrstuhls Allgemeine Technikwissenschaft vorgesehen. Im Jahr 1994 wurde der Autor dieses Beitrags beauftragt, einen derartigen Lehrstuhl konzeptionell-inhaltlich in Forschung und Lehre vorzubereiten.[16] Zur Unterstützung der Lehre wurde an Bernd Thiele regelmäßig ein Lehrauftrag vergeben. Zu einer Ausschreibung des Lehrstuhls kam es indes nicht, denn er wurde im Jahr 1996/97 in Richtung eines weiteren Lehrstuhls im Bereich der Wirtschaftswissenschaften „umgewidmet".[17]

Eine wichtige Aktivität war die Durchführung des Symposiums „Johann Beckmann und die Folgen" im Februar 1996 (vgl. Banse 1996). Dieses Symposium mit ca. 50 Teilnehmer*innen war das erste größere Zusammentreffen von an technischer Allgemeinbildung Inte-

---

16 Dafür gab es folgende Festlegungen für Forschung und Lehre: „Leitmotiv der gesamten wissenschaftlichen Aktivitäten des Lehrstuhls sind verallgemeinerte bzw. verallgemeinerbare Einsichten, die die Komplexität, die Ganzheitlichkeit und die ‚Unschärfe' im technischen Wissen und Handeln betreffen." Pro Semester wurden zunächst acht Wochenstunden Lehrveranstaltungen im Fächerübergreifenden Studium durchgeführt, insbesondere zur AT, Wissenschaftstheorie der Technikwissenschaften sowie Risiko- und Technikgenese-Forschung; von 1999 bis 2012 waren es nur noch zwei Semester-Wochenstunden Vorlesung, zumeist zur AT.

17 Erst im Jahr 2017 kam es zur (Neu-)Einrichtung eines Lehrstuhls Allgemeine Technikwissenschaft; vgl. https://www.b-tu.de/fg-technikwissenschaft (30.11. 2022).

ressierten aus dem „Osten“ und dem „Westen“. Das Programm umfasste zwei Schwerpunkte. Im *ersten* Schwerpunkt wurden vier Vorträge gehalten, in denen jeweils bestimmte Seiten der Weiterentwicklung eines allgemeintechnologischen Denkeinsatzes zwischen 1806 und der Gegenwart analysiert wurden:

- Zur Wirkungsgeschichte von Beckmanns „Entwurf der algemeinen Technologie“;
- Von Kamarsch bis Reuleaux – verallgemeinernde technikwissenschaftliche Denkbemühungen in der zweiten Hälfte des 19. Jh.s;
- Auf dem Wege zu einer Allgemeinen Chemischen Technologie;
- Allgemeine Technologie in technik-didaktischer Perspektive.

Den *zweiten* Schwerpunkt bildete die Podiumsdiskussion zwischen Ropohl und Wolffgramm – als *erstmaliges* (!) Zusammentreffen und „Zusammenwirken“ der beiden wichtigsten Protagonisten der AT in der Gegenwart.[18] Es kam zu einem kritischen „Abklopfen“ und Hinterfragen ihrer Intentionen sowie einem Vergleich ihrer Ansätze hinsichtlich Übereinstimmungen, Differenzen und Konträrem sowie möglichen Perspektiven (vgl. Banse 1997a).

Unabhängig vom Programmablauf des Symposiums, aber nicht unabhängig von seiner Thematik und zahlreichen Teilnehmern, wurde zeitgleich in Cottbus das „Wissenschaftliche Collegium Johann Beckmann“ in der Gesellschaft für Technikgeschichte e.V. gegründet, das mit einem kurzen Memorandum die Notwendigkeit weiterer Forschungen im Umfeld von Johann Beckmann und seinem Schaffen verdeutlichte.[19] (Hintergrund dieser Gründung waren inhaltlich-konzeptionelle Differenzen in der Johann Beckmann-Gesellschaft, die zum Austritt von Mitgliedern geführt hatten und die dann zum Suchen einer neuen wissenschaftlichen „Heimat“ führten.)

---

[18] Das zweite und letzte Mal gemeinsamen Wirkens waren ihre Vorträge und Diskussionen während des (2.) AT-Symposiums „Fortschritte bei der Herausbildung der Allgemeinen Technologie“ im Mai 2004 (vgl. Banse/Reher 2004: 21–34, 69–80).

[19] Vgl. https://www.gtg.tu-berlin.de/ws/index.php/forschung/17-arbeitskreise/57-collegium-johann-beckmann (30.11.2022); zu Aktivitäten vgl. z.B. Banse/Müller 2001; Bluma et al. 2004.

5 AT zur Jahrtausendwende und danach

In dem hier zu betrachtenden Zeitraum setzten sich zunächst bisherige Entwicklungen der AT fort und erreichten ihren Höhepunkt. Die Begründung bzw. Grundlegung einer AT kann – in Anlehnung an die Beckmannschen Überlegungen – von drei Ausgangspunkten her erfolgen: (1.) vom technischen Sachsystem, (2) vom technischen Handeln und (3.) vom technischen Wissen. Ordnet man dem am Beginn des hier interessierenden Zeitraum Autoren zu, dann ergibt sich eine Zuordnung, wie sie in Abbildung 2 dargestellt ist.

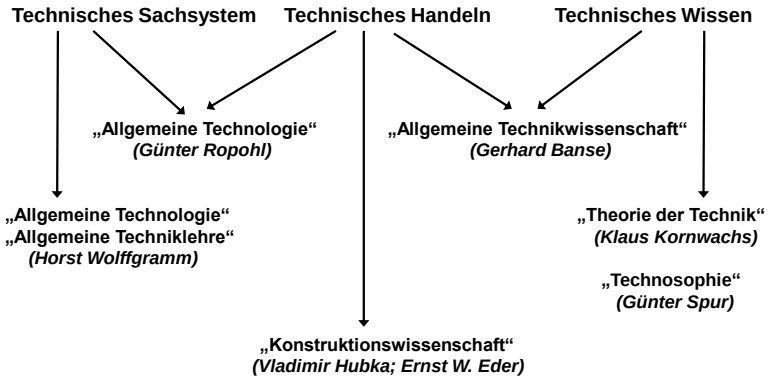


Abbildung 2: Grundlegungen und Akteure der AT um die Jahrtausendwende (eigene Darstellung nach Banse 1998: 16).

Durch den Übergang in den Ruhestand bzw. das Ableben mehrerer Hauptakteure in diesem Bereich kam (und kommt) es indes – gelinde ausgedrückt – zu einer Stagnation bei entsprechenden Aktivitäten (siehe dazu unten Abbildung 3).

Forschung

- *Ebene (1) Systematisierung von TS*: Zu nennen sind hier neben neuen Auflagen der „Standardwerke“ von Ropohl und Wolffgramm (vgl. Ropohl 2009; Wolffgramm 2012, vgl. auch Ropohl 2004) insbesondere Überlegungen von Günter Spur (1928–2013; vgl. etwa Spur 1998, 2007) und Klaus Kornwachs (*1947; vgl. z.B. Kornwachs 1995, 2010, 2012) sowie die Publikationen, die vom Verein

Deutscher Ingenieure (VDI) bzw. von der Alcatel SEL Stiftung für Kommunikationsforschung geförderten Projekten hervorgegangen sind (vgl. Banse et al. 2006; Banse/Ropohl 2004[20]). – Am Beginn dieses Zeitraums erfolgt auch die Gründung des Arbeitskreises Allgemeine Technologie der Leibniz-Sozietät.

- *Ebene (2): Schaffung von TS* (gedankliche Bearbeitungsprozesse): Für diesen Zeitraum sind einerseits Arbeiten zur Entwicklung einer Universal oder General Design Theory zu nennen (vgl. z.B. Suh 2001). Diese Arbeiten kommen dem Anspruch von Reuleaux konzeptionell nahe, allerdings auf einem höheren informationstechnischen Niveau. Andererseits ist auf Überlegungen zu verweisen, den (technischen) Konstruktionsprozess umfassender zu analysieren bzw. zu interpretieren (vgl. z.B. Banse/Friedrich 2000; Eckert/Schadewitz 2011; Rothe/Urbach 2014). Einzuordnen sind hier auch die Veranstaltung des Vereins Brandenburgische Ingenieure und Wirtschaftler (VBIW) „Systematisches Erfinden" (2015; vgl. Miethig 2016),[21] das Symposium des Arbeitskreises AT „Von der Idee zur Technologie – Kreativität im Blickpunkt" (2018; vgl. Banse/Mertzsch 2018) sowie die Aktivitäten (Tagungen und Publikationen) des Leibniz-Instituts für interdisziplinäre Studien (LIFIS) zu TRIZ (vgl. Banse et al. 2021).[22]
- *Ebene Beckmann*: Hier sind erstens Aktivitäten zu nennen, die im Zusammenhang mit Beckmann-Jubiläen stehen (vgl. z.B. Banse/Reher 2007), zweitens gab es mehrere Nach- bzw. Neuauflagen Beckmannscher Werke (vgl. Beckmann 2002, 2006, 2011) und drittens sind Publikationen zu nennen, die an bestimmten Überlegungen von Beckmann anknüpfen (vgl. z.B. Banse/Müller).

Lehre

Ein vollständiger Überblick liegt hierzu nicht vor. Exemplarisch seien genannt:

---

[20] Beide Publikationen sind nicht allein der Ebene (1) zuzuordnen, sondern sie enthalten auch Inhaltliches zu Ebene (2).

[21] Da der Bericht über diese Veranstaltung nicht mehr auf der Internetseite des VBIW verfügbar ist, wird der Text (von Herrn Dr. Norbert Mertzsch zur Verfügung gestellt) als Anlage beigefügt.

[22] Vgl. näher dazu die Informationen auf folgender Internetseite: http://www.dorfwiki.org/wiki.cgi?HansGertGraebe/RohrbacherKreis/SIM-2022 (30.11.2022).

- Brandenburgische Technische Universität Cottbus: Einführung in die Allgemeine Technologie (Fächerübergreifendes Studium) 2000–2012;
- Goethe-Universität Frankfurt am Main: Allgemeine Technologie (Lehramt Arbeitslehre) bis 2005;
- Universität Potsdam: Allgemeine Technologie (BA/MA Lehramt Technik Sek. II, später BA/MA Lehramt Wirtschaft-Arbeit-Technik Sek. I) 2005–2018;
- Technische Hochschule Merseburg: Einführung in die Allgemeine Technologie (Abendvorlesung) 2013;
- Technische Hochschule Wildau: Angebot einer Lehrveranstaltung 2015.

Abbildung 3 spiegelt – nicht sehr hoffnungsvoll – die aktuelle Situation im Bereich der AT wider.

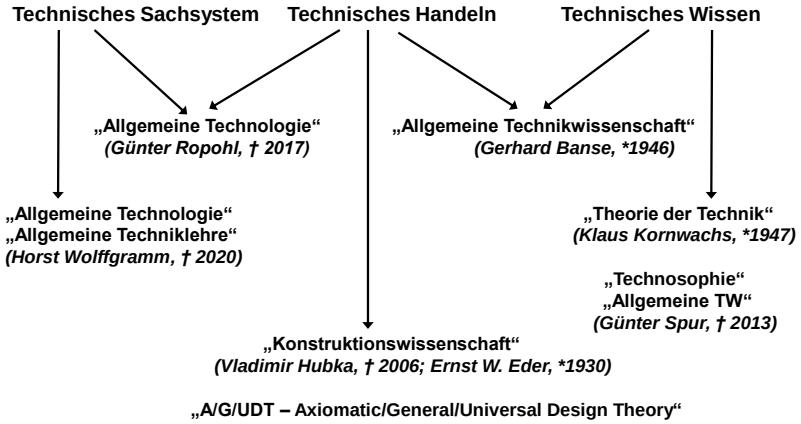


Abbildung 3: Grundlegungen und Akteure der AT in der Gegenwart (eigene Darstellung verändert nach Banse 1998: 16).

Bibliographie

Altschuller, Genrich Saulowitsch (1984): *Erfinden. Wege zur Lösung technischer Probleme*. Berlin: Verlag Technik.

Altschuller, Genrich Saulowitsch/Seljuzki, Alexander Borisowitsch (1983): *Flügel für Ikarus – Über die moderne Technik des Erfindens*.

Moskau: Verlag MIR/Leipzig u.a.O.: Urania-Verlag.

Autorenkollektiv (1970ff.): *Allgemeine Technologie. Lehrmaterial Fernstudium für Lehrer des polytechnischen Unterrichts*. Halle: Pädagogisches Institut (im Auftrag des Instituts für Lehrerweiterbildung Leipzig).

Autorenkollektiv (1979): *Industrielle Produktionstechnik. Eine Einführung*. Berlin: Verlag Technik.

Banse, Gerhard (1981): *Technik – Technikwissenschaften – Philosophie*. Dissertation (B). Berlin: Akademie der Wissenschaften der DDR (Zentralinstitut für Philosophie).

Banse, Gerhard (1990): „Johann Beckmanns Entwurf einer Allgemeinen Technologie und die Gegenwart". *Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Magdeburg* 34 (3), 20–25.

Banse, Gerhard (1996): „Johann Beckmann und die Folgen". *TU-profil* 25 (April/Mai), 7–8.

Banse, Gerhard (Hrsg.) (1997a): *Allgemeine Technologie zwischen Aufklärung und Metatheorie. Johann Beckmann und die Folgen*. Berlin: Verlag edition sigma.

Banse, Gerhard (Hrsg.) (1997b): *Auf dem Wege zur Konstruktionswissenschaft. Recherchen im Bereich der Konstruktionstheorie und -methodologie aus der Sicht der Technikphilosophie*. Cottbus: Brandenburgische Technische Universität (Fakultät für Mathematik, Naturwissenschaften und Informatik. Berichte. Nr. PT – 03/97).

Banse, Gerhard (1998): *Die Verbindung „wahrer Grundsätze" und „zuverlässiger Erfahrungen": Zur Möglichkeit und Wirklichkeit von Allgemeiner Technikwissenschaft nach Johann Beckmann. Abschiedsvorlesung*. Cottbus: Brandenburgische Technische Universität (Fakultät für Mathematik, Naturwissenschaften und Informatik. Berichte. Nr. PT – 03/1998).

Banse, Gerhard (1999): „Research in Design Theory and Methodology. A Selective Overwiew of Recent Work in English". *Research in Philosophy of Technology. Supplement 4*, hrsg. von Carl Mitcham. Stamford, CN: Jai Press, 149–172.

Banse, Gerhard (2002): „Johann Beckmann und die Folgen. Allgemeine Technologie in Vergangenheit und Gegenwart". *Allgemeine Technologie – Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft,* hrsg. von Gerhard Banse/Ernst-Otto Reher. Berlin: trafo Verlag, 17–46 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Jg. 2001, Bd. 50, H. 7).

Banse, Gerhard (2019): „Kreativität im Rahmen der Allgemeinen Technologie". *Von der Idee zur Technologie – Kreativität im Blickpunk*t, hrsg.

von Gerhard Banse/Norbert Mertzsch. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag, 15–36 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 138).

Banse, Gerhard (2021): „Die Verbindung ‚wahrer Grundsätze' und ‚zuverlässiger Erfahrungen'. Zur Möglichkeit und Wirklichkeit von Allgemeiner Technologie nach Johann Beckmann". *Einblicke in Ergebnisse Interdisziplinärer Arbeit – Kreative Tätigkeiten im Fokus des LIFIS* –, hrsg. von Gerhard Banse/Werner Regen/Frieder Sieber. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag, 29–52 (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 69).

Banse, Gerhard/Friedrich, Käthe (Hrsg.) (2000): *Konstruieren zwischen Kunst und Wissenschaft. Idee – Entwurf – Gestaltung*. Berlin: Verlag edition sigma.

Banse, Gerhard/Grunwald, Armin/König, Wolfgang/Ropohl, Günter (Hrsg.) (2006): *Erkennen und Gestalten. Eine Theorie der Technikwissenschaften*. Berlin: Verlag edition sigma.

Banse, Gerhard/Mertzsch, Norbert (2018): *Symposium Von der Idee zur Technologie – Kreativität im Blickpunkt – Bericht*. https://leibniz-sozietaet.de/symposium-von-der-idee-zur-technologie-kreativitaet-im-blickpunkt-bericht/.

Banse, Gerhard/Müller, Hans-Peter (Hrsg.) (2001): *Johann Beckmann und die Folgen. Erfindungen – Versuch der historischen, theoretischen und empirischen Annäherung an einen vielschichtigen Begriff*. Münster u.a.O.: Waxmann-Verlag (Cottbuser Studien zur Geschichte von Technik, Arbeit und Umwelt 17).

Banse, Gerhard/Regen, Werner/Sieber, Frieder (Hrsg.) (2021): *Einblicke in Ergebnisse Interdisziplinärer Arbeit – Kreative Tätigkeiten im Fokus des LIFIS* –. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag.

Banse, Gerhard/Reher, Ernst-Otto (Hrsg.) (2004): *Fortschritte bei der Herausbildung der Allgemeinen Technologie*. Berlin: trafo Verlag (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät 75).

Banse, Gerhard/Reher, Ernst-Otto (2007): „Zum 200. Jahrestag des ‚Entwurfs der Algemeinen Technologie' von Johann Beckmann". *Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät* 92, 153–166.

Banse, Gerhard/Ropohl, Günter (Hrsg.) (2004): *Wissenskonzepte für die Ingenieurpraxis. Technikwissenschaften zwischen Erkennen und Gestalten*. Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure (Beruf und Gesellschaft. Report 35).

Bayerl, Günter; Beckmann, Jürgen (Hrsg.) (1999): *Johann Beckmann (1739–1811). Beiträge zu Leben, Werk und Wirkung des Begründers der Allgemeinen Technologie*. Münster u.a.O.: Waxmann-Verlag (Cottbuser Studien zur Geschichte von Technik, Arbeit und Umwelt 9).

Beckert, Manfred (1983): *Johann Beckmann*. Leipzig: BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft (Biographien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner 68).

Beckmann, Johann (1802): *Anleitung zur Technologie, oder zur Kentniß der Handwerke, Fabriken und Manufacturen, vornehmlich derer, die mit der Landwirthschaft, Polizey und Camerahwissenschaft in nächster Verbindung stehn* [1777]. 5., verb. u. verm. Aufl. Göttingen: Vandenhoeck und Ruprecht.

Beckmann, Johann (1806): „Entwurf der algemeinen Technologie". *Vorrath kleiner Anmerkungen über mancherley gelehrte Gegenstände. Drittes Stück*. Göttingen: Verlag Johann Friedrich Röwer, 463–533.

Beckmann, Johann (1968): *Anleitung zur Technologie, oder zur Kentniß der Handwerke, Fabriken und Manufacturen, vornehmlich derer, die mit der Landwirthschaft, Polizey und Camerahwissenschaft in nächster Verbindung stehn*. 2. Ausg. 1780. Reprint. Leipzig: Fachbuchverlag.

Beckmann, Johann (1983): *Entwurf der algemeinen Technologie. In: Vorrath kleiner Anmerkungen über mancherley gelehrte Gegenstände. III. Stück. Göttingen 1806*. Reprint. Ulm: Deutsche Gesellschaft für Warenkunde und Technologie.

Beckmann, Johann (1990): „Entwurf der algemeinen Technologie" [1806]. *Vorrath kleiner Anmerkungen über mancherley gelehrte Gegenstände. Drittes Stück*. Auszugsweiser Nachdruck, hrsg. von Manfred Beckert. Leipzig: Fachbuchverlag, 137–207.

Beckmann, Johann (1995): *Schwedische Reise nach dem Tagebuch der Jahre 1765–1766*, hrsg. von Svenska Linné-Sällskapet. Düsseldorf: Libelle Verlag.

Beckmann, Johann (2002): *Beckmanns Allgemeine Technologie. Herrn Hofrath Beckmanns Vorlesungen über die Technologie*, eingeleitet, kommentiert und herausgegeben von Alois Kernbauer. Graz: Akademische Druck- und Verlagsanstalt, Universitätsbuchdruckerei und Universitätsverlag (Publikationen aus dem Archiv der Universität Graz 38).

Beckmann, Johann (2006): *Anleitung zur Technologie, oder zur Kentniß der Handwerke, Fabriken und Manufacturen, vornehmlich derer, die mit der Landwirthschaft, Polizey und Camerahwissenschaft in nächster Verbindung*

stehn [1802]. 5. Aufl. Nachdruck, hrsg. von Bernd Meier/Helmut Meschenmoser. Berlin: Machmit-Verlag (Schriften zu Arbeit – Beruf – Bildung).

Beckmann, Johann (2011): *Entwurf der algemeinen Technologie* [1806]. Nachdruck, hrsg. von Bernd Meier/Helmut Meschenmoser. Berlin: Machmit-Verlag (Schriften zu Arbeit – Beruf – Bildung, Bd. 4).

Blandow, Dietrich (1977): „Aussagewerte zu technischen Prinzipien". *Wissenschaftliche Zeitschrift der Pädagogischen Hochschule Erfurt/Mühlhausen. Mathematisch-naturwissenschaftliche Reihe* 13 (2/A), 6–16.

Blandow, Dietrich/Schneider, Gottfried (1971): *Zur Analyse und Synthese Technischer Gebilde für die Ingenieurausbildung im Maschinenbau.* Dissertation (B). Dresden: Technische Universität.

Blandow, Dietrich/Schneider, Gottfried (1972): „Zur Konzeption einer Vorgangslehre". *Wissenschaftliche Zeitschrift der Pädagogischen Hochschule Erfurt/Mühlhausen. Mathematisch-naturwissenschaftliche Reihe* 8 (2), 9–19.

Bluma, Lars/Pichol, Karl/Weber, Wolfhard (Hrsg.) (2004): T*echnikvermittlung und Technikpopularisierung. Historische und didaktische Perspektiven.* Münster u.a.O.: Waxmann-Verlag (Cottbuser Studien zur Geschichte von Technik, Arbeit und Umwelt 23).

Bunge, Mario (2011): *Treatise on Basic Philosophy. Vol. 7* (Part II: Life Science, Social Science and Technology) [1985]. Dordrecht u.a.O.: D. Reidel Publishing Company.

Dietrych, Janusz (1978): *System i konstrukcja* [System und Konstruktion]. Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne [Verlag für Wissenschaft und Technik] (poln.).

Draeger, Walter (1986): *Ingenieurarbeit – schöpferisch und effektiv*. Berlin: Verlag Technik.

Eckert, Claudia/Schadewitz, Nicole (2011): „Disziplinen der Produktentwicklung aus der Perspektive des angelsächsischen Raums". *Wissenschaft im Kontext. Inter- und Transdisziplinarität in Theorie und Praxis*, hrsg. von Gerhard Banse/Lutz-Günther Fleischer. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag, 243–254 (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 27).

Engelmeyer, Peter Klimentitsch von (1893): „Ueber das Entwerfen von Maschinen. Psychologische Analyse". *Der Civilingenieur. Organ des Sächsischen Ingenieur- und Architekten-Vereins* 39, 533–554.

Engelmayer, Peter Klimentitsch von (1909): „Der Dreiakt als Lehre von

der Technik und der Erfindung". *Zeitschrift für gewerblichen Rechtsschutz und Urheberrecht* 14 (11), 367–397.

Engelmeyer, Peter Klimentitsch von (1928): „Erfindungslehre (Heurologie)". *Technik und Kultur. Zeitschrift des Verbandes Deutscher Diplom-Ingenieure* 19 (9), 141–145.

Exner, Wilhelm (1989): *Johann Beckmann. Begründer der technologischen Wissenschaft* [1878], hrsg. von Ulrich Troitzsch. Hoya : Johann-Beckmann-Gesellschaft.

Eyth, Max (1919): „Zur Philosophie des Erfindens" [1903]. *Lebendige Kräfte. Sieben Vorträge aus dem Gebiete der Technik*, von Max Eyth. 3. Aufl. Berlin: Springer-Verlag, 229–262.

Frankiewicz, Heinz (1968): *Technik und Bildung in der Schule der DDR. Ein Beitrag zur Theorie der polytechnischen Bildung und zu den neuen Lehrplänen für den polytechnischen Unterricht*. Berlin: Verlag Volk und Wissen.

Füting, Dieter (1984): „Methodisch orientiertes Erfinden – ein Erfordernis der wissenschaftlich-technischen Revolution". *Deutsche Zeitschrift für Philosophie* 32 (6), 582–586.

Gasparski, Wojciech (1978): *Projektowanie. Koncepcyjne przygotowanie działań* [Design. Konzeptionelle Vorbereitung der Handlungen]. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe [Staatlicher Verlag der Wissenschaften] (poln.).

Gilde, Werner/Belkius, Edeltraut (1960): *Erfinden was noch niemals war*. Leipzig u.a.O.: Urania-Verlag.

Gräbe, Hans-Gert (Hrsg.) (2020): *Erfinderschulen, TRIZ und Dialektik*. Berlin: Leibniz-Institut für interdisziplinäre Studien (Rohrbacher Manuskripte 20).

Groggins, Philip Herkimer (1938): *Unit Processes in Organic Synthesis*. New York: McGraw-Hill.

Greiner, Heinz/Thiele, Bernd (Hrsg.): *Produktionsprozeß und Technologie. Studienmaterial zur Ausbildung von Diplomlehrern Polytechnik. Lehrgebiet Allgemeine Technologie*. Berlin: Humboldt-Universität.

Gruhn, Günter/Fratzscher, Wolfgang/Krug, Klaus (1975): *Einführung in die Verfahrenstechnik*. Leipzig: Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie.

Hansen, Friedrich (1974): *Konstruktionswissenschaft. Grundlagen und Methoden*. Berlin: Verlag Technik.

Hartig, Ernst (1890): *Studien in der Praxis des kaiserlichen Patentamtes*. Leipzig: Verlag A. Felix.

Hartig, Ernst (1893): „Das Experiment auf dem Gebiet der mechanischen Technik". *Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure* 37 (11), 302–307.

Hartmann, Elke (1997): „Auf dem Wege zu einer Allgemeinen Chemischen Technologie". *Allgemeine Technologie zwischen Aufklärung und Metatheorie. Johann Beckmann und die Folgen*, hrsg. von Gerhard Banse. Berlin: Verlag edition sigma, 65–84.

Hartmann, Elke/Kussmann, Michael/Scherweit, Steffen (Hrsg.) (2008): *Technik und Bildung in Deutschland. Technik in den Lehrplänen allgemeinbildender Schulen. Eine Dokumentation und Analyse*. Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure (Beruf und Gesellschaft. Report 38).

Hartmann, Elke/Theuerkauf Walter E. (Hrsg.) (2008): *Allgemeine Technologie und technische Bildung*. Frankfurt am Main u.a.O.: Peter Lang Internationaler Verlag der Wissenschaften.

Herlitzius, Erwin (1976): „Erfahrungswissen und neue Technologie". *Sozialistische Arbeitswissenschaft. Theoretische Zeitschrift für arbeitswissenschaftliche Disziplinen* 20 (8), 614–618.

Hermbstaedt, Sigismund Friedrich (1814): *Grundriß der Technologie; oder Anleitung zur rationellen Kenntniß und Beurtheilung derjenigen Künste, Fabriken, Manufakturen und Handwerke, welche mit der Kameral- und Policeywissenschaft, so wie der Landwirthschaft in nächster Verbindung stehen*. Berlin: Verlag Georg Reimer.

Hermbstaedt, Sigismund Friedrich (1831): C*ompendium der Technologie; oder Anleitung zur Kenntniß derjenigen Fabriken, Manufakturen und Handwerke, welche mit der Landwirthschaft, der Policey und Kameralwissenschaft in nächster Verbindung stehen: Als Leitfaden zum Gebrauche akademischer Vorlesungen*. Berlin: Verlag Georg Reimer.

Hölzl, Josef (1980): *Einführung in die Warenlehre*. Wien: Wirtschaftsuniversität (Schriftenreihe des Instituts für Technologie und Warenwirtschaftslehre, Bd. 2/1980).

Hölzl, Josef (1984): *Allgemeine Technologie*. Wien: Wirtschaftsuniversität (Schriftenreihe des Instituts für Technologie und Warenwirtschaftslehre, Bd. 1/1984).

Hubka, Vladimir (1973): T*heorie der Maschinensysteme. Grundlagen einer wissenschaftlichen Konstruktionslehre*. Berlin u.a.O.: Springer-Verlag (2. Aufl. 1984 unter dem Titel „Theorie technischer Systeme").

Hubka, Vladimir/Eder, W. Ernst (1992): *Einführung in die Konstruktionswissenschaft. Übersicht, Modell, Ableitungen*. Berlin u.a.O.: Springer-

Verlag (2. Aufl. 2012).

Jobst, Eberhard (1986): „Besonderheiten von Klassen von Technikwissenschaften". *Erkenntnismethoden in den Technikwissenschaften. Eine methodologische Analyse und philosophische Diskussion der Erkenntnisprozesse in den Technikwissenschaften*, hrsg. von Gerhard Banse/Helge Wendt. Berlin: Verlag Technik, 15–18.

Jobst, Eberhard (1997): „Komplementarität von Spezialisierung und Generalisierung statt Utopie einer ‚Allgemeinen Technologie'". *Allgemeine Technologie zwischen Aufklärung und Metatheorie. Johann Beckmann und die Folgen*, hrsg. von Gerhard Banse. Berlin: Verlag edition sigma, 144–145.

Karmarsch, Karl (1851): *Handbuch der mechanischen Technologie. Erster Bd.* 2., sehr vermehrte, Aufl. Hannover: Helwing'sche Hof-Buchhandlung.

KDT – Kammer der Technik (Hrsg.) (1989): *Technologie von Beckmann bis heute – Erkenntnisse für morgen. Vorträge zum Internationalen Wissenschaftlich-Technischen Beckmann-Kolloquium am 8. und 9. Juni 1989 an der Technischen Hochschule Wismar/DDR anlässlich des 250. Geburtstages von Johannes Beckmann (1739–1811)*. Berlin: KDT.

Kesselring, Fritz (1954): *Technische Kompositionslehre. Anleitung zu technisch-wirtschaftlichem und verantwortungsbewußtem Schaffen*. Berlin u.a.O.: Springer-Verlag.

Kornwachs, Klaus (1995): „Theorie der Technik?". *Forum der Forschung. Wissenschaftsmagazin der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus* 1 (1), 11–21.

Kornwachs, Klaus (Hrsg.) (2010): *Technologisches Wissen. Entstehung, Methoden, Strukturen*. Berlin u.a.O.: Springer-Verlag (acatech diskutiert).

Kornwachs, Klaus (2012): *Strukturen technologischen Wissens. Analytische Studien zu einer Wissenschaftstheorie der Technik*. Berlin: Verlag edition sigma.

Kos, Olaf (1999): T*echnik und Bildung. Eine systematisch-problemgeschichtliche Rekonstruktion bildungstheoretischer Konzeptionen technischer Bildung in Ost- und Westdeutschland im Zeitraum von 1945–1965*. Frankfurt am Main u.a.O.: Peter Lang Europäischer Verlag der Wissenschaften.

Krug, Klaus (2002): „Technologie und Chemieingenieurwesen aus historischer Sicht". *Allgemeine Technologie – Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft*, hrsg. von Gerhard Banse/Ernst-Otto Reher. Berlin: trafo-Verlag, 175–185 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd. 50,

2001, H. 7).

Little, Arthur Dehon (1913): „Industrial Research in America". *Science* 7 (November), 643–656.

Mackensen, Rainer (Hrsg.) (1997): *Konstruktionshandeln. Nicht-technische Determinanten des Konstruierens bei zunehmendem CAD-Einsatz.* München/Wien: Carl Hanser Verlag.

Meier, Bernd (Hrsg.) (2012): *Arbeit und Technik in der Bildung. Modelle arbeitsorientierter technischer Bildung im internationalen Kontext*. Frankfurt am Main u.a.O.: Peter Lang Internationaler Verlag der Wissenschaften (Gesellschaft und Erziehung. Historische und systematische Perspektiven 12).

Miethig, Rudolf (2016): „Systematisches Erfinden". *Wirtschaft + Markt. Das Ostdeutsche Unternehmermagazin* (2), 61.

Müller, Hans-Peter/Troitzsch, Ulrich (Hrsg.) (1992): *Technologie zwischen Fortschritt und Tradition. Beiträge zum Internationalen Johann Beckmann-Symposium Göttingen 1989*. Frankfurt am Main u.a.O.: Verlag Peter Lang.

Müller, Johannes (1969): *Grundlagen der systematischen Heuristik*. Berlin: Dietz-Verlag.

Müller, Johannes (1980): *Methoden muß man anwenden*. Halle: Zentralinstitut für Schweißtechnik (Technisch-wissenschaftliche Abhandlungen des ZIS 132).

Müller, Johannes (1990): A*rbeitsmethoden der Technikwissenschaft. Systematik, Heuristik, Kreativität*. Berlin u.a.O.: Springer-Verlag.

NN (2018): „Arbeitskreis ‚Allgemeine Technologie'". *25 Jahre Leibniz-Sozietät – Vielfalt des wissenschaftlichen Lebens 1993 bis 2018. Beiträge und Materialien*, hrsg. von Gerhard Banse/Wolfgang Küttler/Heinz-Jürgen Rothe. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag, 51–63 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 137).

Othmer, Donald Frederick/Kirk, Raymond Eller (eds.) (1947/60): *Encyclopedia of Chemical Technology*. 15 Vol. New York: The Interscience Encyclopedia.

Pahl, Gerhard (Hrsg.) (1994): *Psychologische und pädagogische Fragen beim methodischen Konstruieren*. Köln: Verlag TÜV Rheinland.

Pahl, Gerhard/Beitz, Wolfgang (1977): *Konstruktionslehre. Handbuch für Studium und Praxis*. Berlin u.a.O.: Springer Verlag.

Poppe, Johann Heinrich Moritz Poppe (1833): *Ausführliche Volks-Gewerbslehre oder allgemeine und besondere Technologie zur Belehrung und*

zum Nutzen für alle Stände: nach dem neuesten Zustande der technischen Gewerbe und deren Hilfswissenschaften bearbeitet. 1, Allgemeine Technologie. Stuttgart: Carl Hoffmann/Wien: Carl Gerold'sche Buchhandlung.

Reichmann, Johannes/Thiele, Bernd (1973): *Studienanleitung für die Lehrveranstaltung „Allgemeine Technologie"*. Berlin: Humboldt-Universität.

Reuleaux, Franz (1871): „Kinematische Mitteilungen. 1. Einleitung". *Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleisses in Preußen* 50, 106–125, 177–196.

Reuleaux, Franz (1875): *Lehrbuch der Kinematik. Grundzüge einer Theorie des Maschinenwesens. Bd. 1: Theoretische Kinematik*. Braunschweig: Vieweg-Verlag.

Rindfleisch, Hans-Joachim/Thiel, Rainer (1994): *Erfinderschulen in der DDR*. Berlin: trafo Verlag.

Rittel, Horst W. J. (1992): *Planen, Entwerfen, Design. Ausgewählte Schriften zur Theorie und Methodik*, hrsg. von Wolf D. Reuter. Stuttgart u.a.O.: Kohlhammer-Verlag (Facility Management, 5).

Ropohl, Günter (1973): „Gesellschaftliche Perspektiven und theoretische Voraussetzungen einer technologischen Aufklärung". *Technokratie als Ideologie. Sozialphilosophische Beiträge zu einem politischen Dilemma*, hrsg. von Hans Lenk. Stuttgart u.a.O.: Verlag Kohlhammer, 223–233.

Ropohl, Günter (1979): *Eine Systemtheorie der Technik. Zur Grundlegung der Allgemeinen Technologie*. München/Wien: Carl Hanser Verlag (= 1. Aufl.).

Ropohl, Günter (1999): *Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik*. München/Wien: Carl Hanser Verlag (= 2. Aufl.).

Ropohl, Günter (2001): „Philosophie der Erfindung". *Erfindungen – Versuch der historischen, theoretischen und empirischen Annäherung an einen vielschichtigen Begriff*, hrsg. von Gerhard Banse/Hans-Peter Müller. Münster u.a.O.: LIT-Verlag, 143–156.

Ropohl, Günter (2004): *Arbeits- und Techniklehre. Philosophische Beiträge zur technologischen Bildung*. Berlin: Verlag edition sigma.

Ropohl, Günter (2009): *Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik*. Karlsruhe: Universitätsverlag (= 3. Aufl.).

Rothe, Heinz-Jürgen/Urbach, Tina (2014): „Der Faktor Mensch im Innovationsprozess. Psychologische Ansätze der Innovationsforschung". *Wissenschaft – Innovation – Technologie*, hrsg. von Gerhard Banse/Hermann Grimmeiss. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag,

291–306 (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 37).

Schade, Werner (1974): *Einführung in die chemische Technologie*. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften (Chemie für Lehrer 8).

Shreve, Randolph Norris (1945): *Chemical Process Industries*. New York: McGraw-Hill.

Spur, Günter (1998): *Technologie und Management. Zum Selbstverständnis der Technikwissenschaft*. München/Wien: Carl Hanser Verlag.

Spur, Günter (2007): „Erscheinungsformen und Modelle technischer Systeme: Beitrag zur theoretischen Begründung der Technikwissenschaften". *Wissenschaft und Technik in theoretischer Reflexion*, hrsg. von Heinrich Parthey/Günter Spur. Frankfurt am Main u.a.O.: Peter Lang Europäischer Verlag der Wissenschaften, 103–130 (Wissenschaftsforschung. Jahrbuch 2006).

Suh, Nam Pyo (2001): *Axiomatic Design. Advances and Applications*. New York: Oxford University Press.

Tietze, Andreas (2012): D*ie theoretische Aneignung der Produktionsmittel. Gegenstand, Struktur und gesellschaftstheoretische Begründung der polytechnischen Bildung in der DDR*. Frankfurt am Main u.a.O.: Peter Lang Internationaler Verlag der Wissenschaften (Gesellschaft und Erziehung. Historische und systematische Perspektiven 11).

Thiele, Bernd (1979): „Allgemeine Technologie und weltanschauliche Probleme der Polytechnik". *PHIL.-HIST. '78. Philosophische und historische Fragen der technischen Wissenschaften*. Bd. III. Dresden: Technische Universität, 297–306.

VDI – Verein Deutscher Ingenieure (1990): *Empfehlung des VDI zur Integration fachübergreifender Studieninhalte in das Ingenieurstudium*. Düsseldorf: VDI.

Walker, William Hultz; Lewis, Warren Kendall; McAdams, William Henry (1923): *Principles of Chemical Engineering*. New York: McGraw-Hill.

Wendt, Helge (1976): *Natur und Technik – Theorie und Strategie. Erkannte Naturgesetze und Prinzipien ihrer bewußten Ausnutzung*. Berlin: Akademie-Verlag.

Wögerbauer, Hugo (1943): *Die Technik des Konstruierens*. München/Berlin: Verlag R. Oldenburg.

Wolffgramm, Horst (1978): *Allgemeine Technologie. Elemente, Strukturen und Gesetzmäßigkeiten technologischer Systeme*. Leipzig: Fachbuchverlag (= 1.

Aufl.).

Wolffgramm, Horst (1994/98): *Allgemeine Techniklehre. Elemente, Strukturen, Gesetzmäßigkeiten*. 4 Bde. (Allgemeine Technologie 2 Teile; Technische Systeme 2 Teile). Hildesheim: Verlag Franzbecker (= 2. Aufl.).

Wolffgramm, Horst (1998): „Von der Allgemeinen Technologie zur Allgemeinen Techniklehre". *technica didactica. Zeitschrift für Allgemeine Techniklehre* 2 (1), 3–23.

Wolffgramm, Horst (2012): *Allgemeine Techniklehre. Elemente, Strukturen, Gesetzmäßigkeiten (Einführung in die Denk- und Arbeitsweisen der allgemeinen Techniklehre)*. https://dgtb.de/wp-content/uploads/2018/11/Wolffgramm-Allgemeine-Techniktheorie-klein.pdf (= 3. Aufl.).

WZ (1986): „Wissenschaftliches Kolloquium Johann Beckmann – Leben und Werk". *Wissenschaftliche Zeitschrift der TH Magdeburg* 30 (4), 87–125.

WZ (1990): „Beckmann-Ehrung der DDR". *Wissenschaftliche Zeitschrift der TU Magdeburg* 34 (3), 1–59.

Zobel, Dietmar (1985): *Erfinderfibel. Systematisches Erfinden für Praktiker*. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften.

Zwicky, Fritz (1966): *Entdecken, Erfinden, Forschen im morphologischen Weltbild*. München/Zürich: Droemer Knaur Verlag.

Anlage

Bericht zur Vortragsveranstaltung „Systematisches Erfinden“

Am 04. Dezember richtete der Verein Brandenburgischer Ingenieure und Wirtschaftler e.V. (VBIW) gemeinsam mit dem Verein der Ingenieure, Techniker und Wirtschaftler in Sachsen e.V. (VITW) erstmals eine Vortragsveranstaltung zum Thema „Systematisches Erfinden“ aus. Als Unterstützer für diese Veranstaltung konnten wir die Brandenburgische Ingenieurkammer, die IHK Cottbus und die Technischen Hochschule Wildau gewinnen.

Grußworte hielten das Vorstandsmitglied der Brandenburgischen Ingenieurkammer, Herr Dipl.-Ing. *Bernd Zebitz* in Vertretung des Kammerpräsidenten, und der Präsident der Technischen Hochschule Wildau, Herr Professor *László Ungvári*.

Da Erfinderschulen, in denen „Systematisches Erfinden“ gelehrt wurde, und Lehrgänge zum Rechtsschutz wissenschaftlich-technischer Ergebnisse ein wichtiges Betätigungsfeld der Vorgängerorganisationen – Kammer der Technik in der DDR und Ingenieurtechnischer Verband KDT e.V. – der einladenden Ingenieurvereine waren, sollte die Vortragsveranstaltung daran anknüpfen und einen Überblick über den heutigen Stand auf diesem Gebiet geben.

Als Einstieg in die Problematik hielt Herr Prof. Dr. sc. phil. *Gerhard Banse* (Leibniz-Sozietät der Wissenschaften e.V.) einen Vortrag zum Thema „Kreativität aus Sicht der Technikphilosophie“. Im Anschluss daran gab Herr Prof. Dr.-Ing. *Thomas Bindel* von der HTW Dresden einen „Überblick über Kreativitätstechniken“, die er in Lehrveranstaltungen seinen Studenten vermittelt. Ausführlich auf die Theorie zum Lösen Erfinderischer Aufgaben – TRIZ (Teorija rešenija izobretatel'skich zadač) ging Herr Dr. rer. nat. habil. *Dietmar Zobel* (Wittenberg) in seinem Vortrag „Systematisches Erfinden und TRIZ“ ein. Herr Prof. Dr.-Ing. habil. *Hans-Jochen Günther* (Verein der Ingenieure und Wirtschaftler in Mecklenburg-Vorpommern e.V.) berichtete dann zum Thema „TRIZ und Bionik“ und gab einen Einblick in die Erfahrungen des Senioren Erfinderclubs des VIW M-V. Über die Mühen, wie man von einer Erfindung zu einem erteilten Patent kommt, informierte Herr Dipl.-Ing. (FH) PA *Ingo Weißfloh* (VITW) in seinem Vortrag „Von der Erfindung zum Patent“. Im letzten Vortrag „Kollaborative Innovationen in kreativen Laborumgebungen“ ging Frau Prof. Dr. rer. pol. *Dana Mietzner* von der TH Wildau auf folgende Fragen ein:

- Was bedeutet „kollaborativ“ bei der Entwicklung von Innovationen?
- Wie können Menschen mit verschiedenen Fachhintergründen und Erfahrungen zusammen arbeiten und wie kann auch die Zivilgesellschaft bei der Entwicklung von Innovationen einbezogen werden?
- Welche Rolle spielt in diesem Zusammenhang eine „kreative Laborumgebungen“?
- Welche neueren Ansätze (z.B. FabLabs, Offene Werkstätten, Coworking spaces) existieren, um die deskollaborative Entwicklung von Innovationen zu unterstützen?

Die Umsetzung einer „kreativen Laborumgebung“ wurde am Beispiel des ViNN:Lab an der TH Wildau mit der Vorstellung von Beispielen für die Umsetzung der kollaborativen Innovation im ViNN:Lab, der erzielten Effekte, der Vor- und Nachteile sowie der Entwicklungsperspektiven dargestellt.

An dieser Stelle sei den Referenten für die Bereitschaft, ihr Wissen mit den Teilnehmern der Veranstaltung zu teilen, gedankt.

Die rege Diskussion zu den Vorträgen, aber auch in den Pausen zeigte, dass an der Problematik großes Interesse besteht. Um diesem nachzukommen wird im November 2016 das Leibniz-Institut für interdisziplinäre Studien e.V. (LIFIS) die 21. Leibniz-Konferenz dem „Systematischen Erfinden“ widmen. Seitens des VBIW und des VITW werden Möglichkeiten geprüft, die Veranstaltung des LIFIS zu unterstützen. Wegen der großen Außenwirkung wird auch überlegt, wie sich die Beschäftigung mit dem Thema verstetigen lässt.

Dr. Mertzsch
VBIW

Dipl.-Ing. (FH), PA Weißfloh
VITW

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *156 (2023), 55–57*

Anmerkungen einer interessierten Teilnehmerin

Elke Hartmann
(Halle/Saale)

Was trieb eine Ruhestandsprofessorin in Zeiten abnehmender Corona zu einem Symposium der Allgemeinen Technologie nach Potsdam? Der „Hunger" nach einem wissenschaftlichen Gedankenaustausch? Oder um ehemalige Kollegen zu treffen? Sicher treffen beide Beweggründe zu. Die Allgemeine Technologie hat mein Berufsleben mehr als 50 Jahre begleitet oder auch etwas arrogant formuliert: Ich konnte die Allgemeine Technologie mehr als 50 Jahre lang begleiten. Als Studentin mit der Generierung eines bestimmten Funktionselementes in verschiedenen technischen Systemen beauftragt, war ich unwissentlich an der Findung von Invarianten beteiligt. Lehre und Forschung zu Fragen der Allgemeinen Technologie waren von da an ständiger Begleiter. Umso erfreulicher ist es zu erfahren, dass die Allgemeine Technologie auch vermeintlich Fachfremde und sogar Praktiker aus der Wirtschaft umtreibt, Erkenntnisse aus ihr für ihr künftiges Tun zu gewinnen. Dies erfüllt mich mit Freude.

Dennoch stellt sich die Frage, inwieweit Ansätze der Allgemeinen Technologie in benachbarten Wissenschaften und in internationalen Forschungen ihren Erkenntnisstand qualitativ bereichern. Ist es nicht vielleicht vielmehr so, dass die Allgemeine Technologie in ihrer interdisziplinären Anwendung sich (nur) selbst voranbringen kann? Diese und andere Fragen zu beantworten, war Anliegen verschiedener Vorträge auf dem Symposium.

Die akribische Zusammenschau von Gerhard Banse zu Erkenntnissen und Positionen der Allgemeinen Technologie, beginnend bei Jo-

hann Beckmann bis in die zweite Hälfte des 20. Jh.s, spricht von einer langjährigen und intensiven Auseinandersetzung mit Fragen der Forschung in den Technikwissenschaften, Fragen der Technikentwicklung und der Vermittlung dieser Disziplinen in unterschiedlichen Kontexten. Der Beitrag basiert auf profunden Literaturkenntnissen und ihrer systematischen Analyse. Es ist ein Gewinn, diesen historischen Abriss zu lesen, um sich ein Gesamtbild von der Entwicklung der Allgemeinen Technologie machen zu können.

Immer noch auf der Suche nach Autoren in anderen Ländern, die aus einer anderen Perspektive und vielleicht mit einem anderen Ansatz allgemeintechnologische Grundsätze formuliert haben, ermuntert Gerhard Banse die Teilnehmer, in ihren „Gedächtnis"-Archiven zu stöbern. Aus den internationalen Kontakten, die an der Universität Halle gepflegt wurden, ist mir Ervin Szuecs (*1930) aus Budapest in Erinnerung, der versucht, technische Prozesse auf der Basis naturwissenschaftlicher Gesetze zu strukturieren und zu clustern und sie damit auch zu mathematisieren (vgl. Szücs 1976).

Die interessierte Teilnehmerin möchte aufgrund ihrer Sicht auf die Allgemeine Technologie als eine der Grundlagen technischer Bildung hier insbesondere auf den Vortrag von Gerhard Banse eingehen und seine Ausführungen hinsichtlich der Rolle der Allgemeinen Technologie in der Lehre ergänzen. Der Rückblick von Gerhard Banse auf die Beiträge des Arbeitskreises Allgemeine Technologie umfasst auch die wesentlichen Forschungsergebnisse und Lehrinhalte in der didaktisch intendierten Disziplin Polytechnik (vgl. auch Hartmann/Hein 2021), die als grundlegendes Lehrgebiet in der Ausbildung von Polytechnik-Lehrern bis 1990 galt (aber darüber hinaus!). Sie war nicht nur ein eigenständiges Lehrgebiet, sondern prägte die Konzeption und die Inhalte der ingenieurwissenschaftlichen Spezialgebiete in der Ausbildung sehr stark (vgl. Hartmann 2021: 281–292). Bedauerlicherweise konnte das Ausbildungskonzept der nun ab 1993 schlicht Techniklehrer genannten Ausbildung nicht in dem Maße fortgeführt werden. Durch die Umstrukturierung der Lehrerbildung in ein Studium von ausnahmslos zwei Unterrichtsfächern halbierte sich der Studienumfang gegenüber der Lehrerausbildung für das Fach Polytechnik, das als ein Einfachstudium studiert wurde. Zudem kam noch in Sachsen-Anhalt die unsinnige Fusion mit Wirtschaft zu einem Unterrichtsfach „Wirtschaft/Technik" als ein Lehramtsstudienfach hinzu. Damit halbierte sich der Studienum-

fang noch einmal und ging nun auf ein Viertel der ursprünglichen Lehrerbildung Polytechnik zurück. Dennoch behielt die Lehrerausbildung an der Universität Halle das Konzept der Allgemeinen Technologie bei. Ganz stark reduziert auf die Vermittlung weniger Repräsentanten auf den Gebieten Stoff-, Energie- und Datenumsatz gelang es mehr oder weniger, den Studenten ein Denkwerkzeug in die Hand zu geben, mit dem sie die technische Welt strukturiert und basierend auf ihren Prinzipien verstehen und erfassen konnten (vgl. Hartmann 2021: 292–301).

Mit dem Weggang der Techniklehrerausbildung aus der Universität Halle, dem Ort der Gründung der Polytechnik durch Horst Wolffgramm (1926–2020) und ihrer Etablierung an der Universität Magdeburg war auch das „Aus" der Allgemeinen Technologie als Leitdisziplin in der Techniklehrerausbildung in Sachsen-Anhalt gegeben. Wirft man einen Blick in die Techniklehrerausbildung und in die für das Fach Arbeitslehre, so trifft man sehr wohl die Allgemeine Technologie an, insbesondere wird in den alten Bundesländern auf die Konzeption von Günter Ropohl (1939–2017) eingegangen (vgl. Hartmann et al. 2008: 37–413).

Bibliographie

Hartmann, Elke (2021): „Die Ausbildung von Lehrkräften im Kontext von Polytechnik und Arbeit–Wirtschaft–Technik". V*on der allgemeinbildenden Schule in die Arbeitswelt in Zeiten gesellschaftlicher Umbrüche*, hrsg. von Bernd Meier. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag, 269–308 (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 64).

Hartmann, Elke/Hein Christian (2021): „Allgemeine Technologie – Bilanz über 50 Jahre Forschungsarbeit für die Allgemeine Technische Bildung". *Lebenszyklusanalysen. Stationen im Lebenszyklus von Technologien und Aspekte ihrer Bewertung*, hrsg. von Gerhard Banse/Norbert Mertzsch. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag, 23–39 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 146).

Hartmann, Elke/Kussmann, Michael/Scherweit, Steffen (Hrsg.) (2008): T*echnik und Bildung in Deutschland. Technik in den Lehrplänen allgemeinbildender Schulen. Eine Dokumentation und Analyse.* Düsseldorf: VDI – Verein Deutscher Ingenieure (Beruf und Gesellschaft. Report 38).

Szücs, Ervin (1976): *Dialoge über technische Prozesse*. Leipzig/Budapest: Fachbuchverlag/Akadémiai Kiadó.

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *156 (2023), 59–79*

Allgemeine Technologie – Elemente der Theorie und Anwendung

Dietrich Balzer, Werner Regen, Frieder Sieber
(Oranienburg, Jena, Chemnitz, MLS)

Abstract

The goal of general technology as a technical science is to analyze and determine the structure and parameters of technological systems. In order to achieve this goal, it is particularly important to use quantitative methods in addition to qualitative methods. Starting from the central position of civil engineering within the technical sciences, the special role of construction technology within general technology is also presented. Quantitative methods include above all the mathematical modelling of technological systems. The mathematical models are based on balance equations in the form of material, energy and momentum balances. Many publications and inventories on general technology neglect the quantitative methods that are of particular importance for practical engineering. Of particular importance for the further development and application of general technology are the relations with ergonomics and communication science. This involves a contribution to the design of a new world of work, which consists above all in the coordinated development and application of a variety of innovation methods and in the first-time creation of optimization algorithms for increasing the effectiveness of work processes. The methods of general technology for the analysis, modeling and optimization of technological processes and plants have been or are used in the realization of the following projects:

- Production of diesel from organic waste and residues.
- Conversion of waste heat into electricity.
- Mobile and energy self-sufficient technological systems for waste processing.
- Transport, handling and storage processes in construction technology.
- Increasing the effectiveness of biogas plants by methanisation of biogas.

Resümee

Das Ziel der Allgemeinen Technologie als Technikwissenschaft besteht darin, Struktur und Parameter technologischer Systeme zu analysieren und zu bestimmen. Um dieses Ziel zu erreichen, ist es besonders wichtig, neben den qualitativen Methoden auch quantitative Methoden einzusetzen. Ausgehend von der zentralen Stellung des Bauingenieurwesens innerhalb der Technikwissenschaften wird auch die besondere Rolle der Bautechnologie innerhalb der Allgemeinen Technologie dargestellt. Zu den quantitativen Methoden gehört vor allem die mathematische Modellierung technologischer Systeme. Die mathematischen Modelle basieren auf Bilanzgleichungen in Form von Material-, Energie- und Impulsbilanzen. Viele Veröffentlichungen und Bestandsaufnahmen zur Allgemeinen Technologie vernachlässigen diese quantitativen Methoden, die für die praktische Ingenieurtätigkeit von besonderer Bedeutung sind. Neben den Ergebnissen des Arbeitskreises „Allgemeine Technologie" der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften werden bisher nicht beachtete Quellen aus Lehre, Forschung und Praxis analysiert und in unsere Betrachtungen einbezogen. Von besonderer Wichtigkeit für die Weiterentwicklung und Anwendung der Allgemeinen Technologie sind die Beziehungen zur Arbeitswissenschaft und zur Kommunikationswissenschaft. Dabei geht es um einen Beitrag zur Gestaltung einer neuen Arbeitswelt, der vor allem in der koordinierten Entwicklung und Anwendung einer Vielzahl von Innovationsmethoden und in der erstmaligen Erstellung von Optimierungsalgorithmen für die Erhöhung der Effektivität der Arbeitsprozesse besteht. Die Methoden der Allgemeinen Technologie für die Analyse, Modellierung und Optimierung technologischer Prozesse und Anlagen wurden bzw. werden bei der Realisierung folgender Projekte angewendet:

- Herstellung von Diesel aus organischen Abfall- und Reststoffen.
- Umwandlung von Abwärme in elektrischen Strom.
- Mobile und energieautarke technologische Systeme zur Abfallverarbeitung.
- Transport-, Umschlag- und Lagerprozesse in der Bautechnologie.
- Erhöhung der Effektivität von Biogasanlagen durch Aufmethanisierung von Biogas.

Keywords/Schlüsselwörter

Methods of innovation, life cycle of a technical system, mathematical modelling, universal technology

Innovationsmethoden, Lebenszyklus eines technischen Systems, mathematische Modellierung, Universaltechnologie

1 Einleitung

Die Ziele der Allgemeinen Technologie, die auch als Universaltechnologie bezeichnet werden kann, lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Analyse und Bestimmung der Struktur und Parameter technologischer Systeme im gesamten Lebenszyklus eines technischen Systems (Entwurf, Realisierung, Betrieb, Rekonstruktion, Entsorgung) mit qualitativen und quantitativen Methoden;
- Analyse der Machbarkeit (methodisch, personell, ökonomisch) eines technologischen Systems;
- inhaltliche Koordinierung zwischen den Technikwissenschaften, den Naturwissenschaften und den Gesellschaftswissenschaften;
- Rolle als Triebfeder in der Wissenschaftsentwicklung und Erarbeitung von Empfehlungen für die Anwendung von Innovationsmethoden.

Ausgehend von der zentralen Stellung des Bauingenieurwesens innerhalb der Technikwissenschaften wird auch die besondere Rolle der Bautechnologie innerhalb der Allgemeinen Technologie dargestellt. Bei der Darstellung der Rolle der Allgemeinen Technologie im Rahmen der Wissenschaftsentwicklung werden die Beziehungen zur Kommunikationswissenschaft und zur Arbeitswissenschaft beschrieben.

Zu den quantitativen Methoden gehört vor allem die mathematische Modellierung technologischer Systeme, die im nächsten Abschnitt behandelt wird.

Viele Veröffentlichungen und Bestandaufnahmen zur Allgemeinen Technologie vernachlässigen die quantitativen Methoden, die für die praktische Ingenieurtätigkeit von besonderer Bedeutung sind. In diesem Zusammenhang soll auf das Buch „Analyse und Steuerung von Prozessen der Stoffwirtschaft“ verwiesen werden, das bereits 1971 im Akademie-Verlag und im Deutschen Verlag für Grundstofftechnologie veröffentlicht wurde. Herausgeber ist das Mitglied der Leibniz-Sozietät Klaus Hartmann. Inhaltlich widmet sich dieses Buch der systemtheoretischen Analyse technologischer Systeme (vgl. Hartmann 1971).

Als weitere Veröffentlichung auf diesem Gebiet sei das Buch „Wissensbasierte Systeme in der Automatisierungstechnik“ genannt, das sich vor allem mit der Dynamik technologischer Systeme im Lebenszyklus dieser Systeme beschäftigt (vgl. Balzer et al. 1991).

Bezüglich der Allgemeinen Technologie sollen hier besonders die Kolloquien zur Allgemeinen Technologie an der Technischen Hochschule Leipzig von 1970 bis 1990, über die in den „Wissenschaftlichen Berichten der Technischen Hochschule Leipzig“ informiert wurde,[1] und die Ergebnisse des Arbeitskreises „Allgemeine Technologie“ der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften[2] genannt werden. Vermerkt werden soll auch, dass das bereits 1828 gegründete St. Petersburger Staatliche Technologische Institut (Technische Universität) / *Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)* bereits seit 60 Jahren über einen Lehrstuhl „Allgemeine Technologie“ verfügt. Die gewärtige Tätigkeit dieser Technischen Universität zeichnet sich durch die Einheit von Lehre und Forschung auf den Gebieten der Allgemeinen Technologie und der speziellen Technologien in der Stoffwirtschaft aus. Einzelheiten sind auf der Internet-Seite dieser russischen Technischen Universität veröffentlicht.[3] Inhaltliche Schwerpunkte sind die chemische Technologie und die Verfahrenstechnik. Innerhalb der fünf Fakultäten dieser Universität beschäftigen sich die Fakultät für Informationstechnologien und Steuerung sowie die ingenieurtechnologische Fakultät mit Fragen der Allgemeinen Technologie. So ist z.B. am Lehrstuhl für Systemanalyse und Informationstechnologien die wissenschaftliche Tätigkeit auf die mathematische Modellierung und Optimierung technologischer Prozesse orientiert.

Es ist zu empfehlen, die Lücken in der Analyse der Veröffentlichungen zur Allgemeinen Technologie zu schließen. Dazu wollen wir einen Beitrag leisten, der sich vor allem auf die Entwicklung und Anwendung quantitativer Methoden in der Allgemeinen Technologie auf der Basis der mathematischen Modellierung bezieht

2 Methodik der mathematischen Modellierung

Die Methodik der mathematischen Modellierung als Bestandteil der Allgemeinen Technologie basiert auf Bilanzgleichungen (Materialbilanz,

---

1 Die TH Leipzig wurde im Jahre 1996 geschlossen. Deshalb sind Informationen zu diesen Tagungen, die zumeist von Kurt Fiedler (1933–2021), Lehrstuhl Grundlagen der Bautechnologie, organisiert worden waren, nur über die Bibliothek der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig zugänglich.

2 Vgl. dazu die in diesem Band enthaltene „Anlage: Überblick über Aktivitäten des Arbeitskreises ‚Allgemeine Technologie‘“.

3 Vgl. https://technolog.edu.ru/fakulteti.

Energiebilanz, Impulsbilanz). Die Abbildungen 1 und 2 zeigen die bei der mathematischen Modellierung verwendeten Beziehungen.

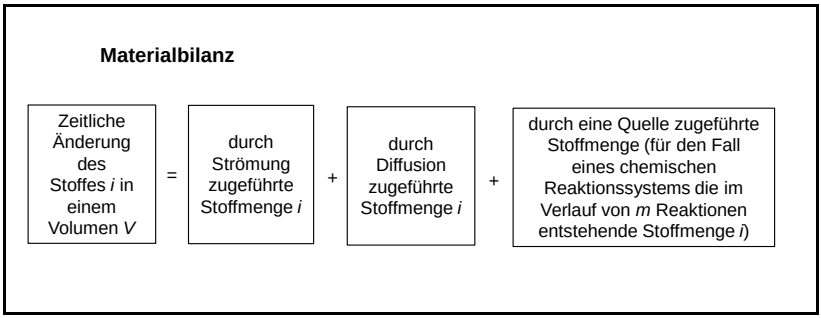


Abbildung 1: Grundgleichung der Materialbilanz (eigene Darstellung).

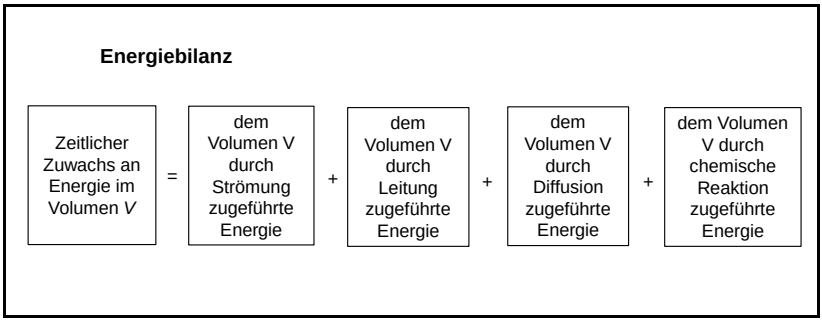


Abbildung 2: Grundgleichung der Energiebilanz (eigene Darstellung).

Auf eine Impulsbilanz wird oft verzichtet.

Am LIFIS wurden und werden folgende Forschungs- und Kundenprojekte unter Nutzung von Methoden der Allgemeinen Technologie bearbeitet:

- Projektierung und Steuerung von Horizontal-Fermentern;
- Automatisiertes Verfahren zur Herstellung von Dieselöl aus organischen Abfall- und Reststoffen;
- Projektierung und Steuerung dezentraler, mobiler und energieautarker Biogasanlagen;
- Erzeugung von Agrosubstrat aus Klär- und Gärresten;
- Abgaswärmenutzung in Biogasanlagen zur Stromerzeugung;

- Erhöhung der Effektivität von Biogasanlagen durch Aufmethanisierung von Kohlendioxid;
- Wärmemobilität.

Der Einsatz von Methoden der mathematischen Modellierung wird im Folgenden am Beispiel der Erhöhung der Effektivität von Biogasanlagen durch Aufmethaniserung von Kohlendioxid (siehe Abbildung 3) gezeigt. Der innovative Inhalt dieses Projektes besteht erstens in der Erzeugung von grünem Wasserstoff durch eine Hochtemperaturelektrolyse und zweitens in der Aufmethanisierung von Biogas.

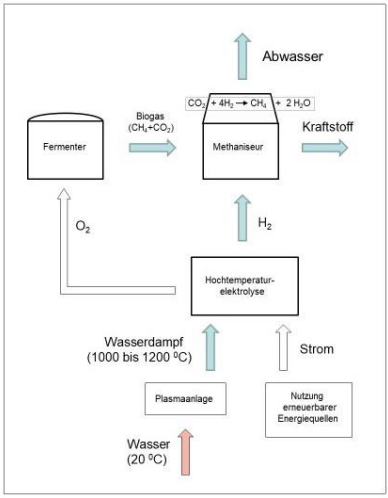


Abbildung 3: Erhöhung der Effektivität von Biogasanlagen durch Aufmethanisierung von Kohlendioxid (eigene Darstellung).

Das mathematische Modell des Methaniseurs besteht aus zwei Gleichungen:

1. Eindimensionales Diffusionsmodell (Materialbilanzen)

$$\frac{\partial x_i}{\partial t} + w\frac{\partial x_i}{\partial l} + D_L \frac{\partial^2 x_i}{\partial l^2} = \sum_i f_i(x_1, x_2, .., x_n, T) \qquad (1)$$

i = 1, 2, …, n

x_i *(t, l)* – Konzentration der Komponente i

T (t, l) – Temperatur

$f_i(x_1, x_2, ..., x_i, ..., x_n, T)$ – Reaktionsgeschwindigkeit auf der Basis der

Formalkinetik bei Bildung bzw. Verbrauch der Komponente x_i
w – lineare Geschwindigkeit der Komponenten im Reaktor
D_L – Längsvermischungskoeffizient
T – Zeit
L – laufende Länge des Reaktionsraumes

2. Eindimensionales Diffusionsmodell (Energiebilanz)

$$\frac{\partial T}{\partial t} + w\frac{\partial T}{\partial l} + D_L\frac{\partial^2 T}{\partial l^2} = \sum_i h_i f_i(x_1, x_2, ..., x_n, T) + \alpha(T - T_k) \qquad (2)$$

T – Temperatur des Reaktionsgemisches
T_k – Temperatur des Heizmediums in Abhängigkeit von der Länge des Reaktors und von der Zeit
h_i – von der Wärmetönung der chemischen Reaktion und von der spezifischen Wärmekapazität des aufzuheizenden Mediums abhängiger Koeffizient
l, t – laufende Länge des Reaktors bzw. laufende Zeit
α – von den Wärmeübertragungseigenschaften abhängiger Koeffizient
$f_i = \frac{dx_i}{dt}$ – Reaktionsgeschwindigkeit

Die oben beschriebenen mathematischen Modelle werden für die optimale Konstruktion und die optimale Steuerung verwendet.

Adäquatheitstest der mathematischen Modelle

Um das Prinzip des Adäquatheitstestes zu erläutern, stellen wir die entwickelten mathematischen Modelle in folgender Form dar:

$$\dot{y} = f(y, p, u, t) \qquad (3)$$

Es wurden folgende Bezeichnungen verwendet:
u_i – Eingangsgrößen
y_i – Ausgangsgrößen
p_i – Systemparameter (Wärmeübertragungsfläche, Wärmeübertragungskoeffizient, kinetische Konstanten, Reaktionsenthalpie, geometrische Abmessungen usw.)

Für den Adäquatheitstest sind folgende zwei Quadratsummen zu vergleichen:

1. Defektquadratsumme

$$D = \sum_{i=l}^{N} \left(\tilde{Y}^i - y^i \right)^2 \tag{4}$$

D stellt eine Abschätzung der Differenz zwischen den theoretischen Ausgangsgrößen y^i und den übertragenen bzw. gemessenen Ausgangsgrößen $\tilde{y}^i$ dar.

2. Fehlerquadratsumme

$$Q = \sum_{i-l}^{N} \sum_{j=l}^{M} \left(\tilde{Y}^{ij} - \tilde{y}^i \right)^2 \tag{5}$$

Q stellt eine Abschätzung des Messfehlers dar. Gewöhnlich ist die Abschätzung der Dokumentation des Sensorlieferanten zu entnehmen. M ist die Gesamtzahl der Messungen der Ausgangsgröße.

Für den Adäquatheitstest der theoretischen und der gemessenen Prozessgrößen wird das so genannte Fisher-Kriterium verwendet:

$$P(K < \varepsilon) = F_{\varphi_1 \varphi_2}(\varepsilon) \tag{6}$$

$$K = \frac{D/\varphi_1}{Q/\varphi_2} \tag{7}$$

Dabei stellen φ_i die zu berechnenden Freiheitsgrade der Quadratsumme und ε eine vorzugebende Schranke dar.

Wir geben uns P vor und ermitteln den dazugehörigen Wert für ε. Ist K°<°ε, so wird das Modell als adäquat, sonst als nicht adäquat angenommen.

3 Die Einheit von qualitativen und quantitativen Methoden der Allgemeinen Technologie beim Entwurf und bei der Rekonstruktion sowie bei der Sicherung technologischer Systeme

Die modellbasierte Optimierung der Struktur und der Parameter technologischer Systeme erfolgt unter Einsatz algebraischer Methoden und Methoden der Künstlichen Intelligenz.

Optimale Konstruktion

Die optimale Konstruktion verwendet ein mathematisches Modell des stationären Zustandes des Methaniseurs. Das Modell des stationären Zustandes wird aus den Gleichungen (1) und (2) abgeleitet, indem

$$\frac{\partial x_i}{\partial t} = 0 \text{ und } \frac{\partial T}{\partial t} = 0$$

gesetzt werden. Die zu optimierenden Konstruktionsparameter sind Bestandteil der Größen α und D_L. Als Optimierungskriterium wird verwendet:

$$F = x_{Methan}(L) \xrightarrow[\text{Konstruktionsparameter}]{} \max \tag{8}$$

Dabei ist $x_{Methan}(L)$ die Methankonzentration am Ausgang des Methaniseurs.

Optimale Steuerung

Bei der optimalen Steuerung geht es erstens darum, die An- und Abfahr- sowie die Umsteuerungsprozesse so schnell wie möglich abzuschließen. Zweitens wird angestrebt, dass während dieser dynamischen Prozesse die Abweichung vom optimalen Zustand so klein wie möglich ist.

Als Optimierungskriterium wird deshalb verwendet:

$$Q = \int_0^T \int_0^L \left[T(t,l) - T^{opt}(l)\right]^2 dl dt \xrightarrow[V(t)_{Biogas}, V(t)_{Wasserstoff}, T(t,l)_{Heizwedium}]{} \max \tag{9}$$

In Gleichung (9) wurden folgende Bezeichnungen verwendet:

$T(t, l)$ – Temperatur des Reaktionsgemisches

$T^{opt}(l)$ – optimales Temperaturprofil des Reaktionsgemisches im stationären Zustand unter der Bedingung

$$x_{Methan}(L) \xrightarrow[V(t)_{Biogas}, V(t)_{Wasserstoff}, T(t,l)_{Heizwedium}]{} \max$$

Steuergrößen:

$V(t)_{Biogas}$ – Menge Biogas/Zeiteinheit am Eingang in den Methaniseur

$V(t)_{Wasserstoff}$ – Menge Wasserstoff/Zeiteinheit am Eingang in den Methaniseur

$T(t, l)_{Heizmedium}$ – über die Länge des Methaniseurs veränderliche Temperatur des Heizmediums

Bei der Lösung der Optimierungsaufgaben (8) und (9) werden als Nebenbedingungen die mathematischen Modelle der zu konstruierenden und zu steuernden technologischen Prozesse verwendet.

Um die oben genannten Aufgaben der Konstruktion und Steuerung erfolgreich zu lösen, wird ein neuartiges hierarchisch strukturiertes modellbasiertes Optimierungsverfahren eingesetzt, das zwei Ebenen besitzt. Auf der unteren Ebene wird die Konstruktion mit folgenden Methoden autonom entsprechend Gleichung (8) optimiert: Gauss-Seidel-Methode, Gradienten-Methode, Methode des steilsten Anstieges. Als Nebenbedingung wird das mathematische Modell der Statik des Methaniseurs verwendet. Außerdem werden auf der unteren Ebene die optimalen Steuergrößen entsprechend Gleichung (9) mit Hilfe des Maximum-Prinzips nach Pontrjagin für Systeme mit verteilten Parametern autonom berechnet.

Auf der oberen Ebene erfolgt einmal eine Koordinierung der Konstruktion und der Steuerung. Außerdem geht es um die Auswahl von Innovationsfeldern und die Organisation der Zusammenarbeit zwischen den Kooperationspartner. Dabei ist die Präzisierung der Innovationsfelder und Innovationsideen einerseits und die Einführung und Entwicklung neuer Innovationsmethoden andererseits als eine Einheit zu betrachten. Das bedeutet, dass in einem kooperativen Prozess der Entwicklung neuer Lösungen eine Vielfalt von Innovationsmethoden zu koordinieren ist (siehe Abbildung 4).

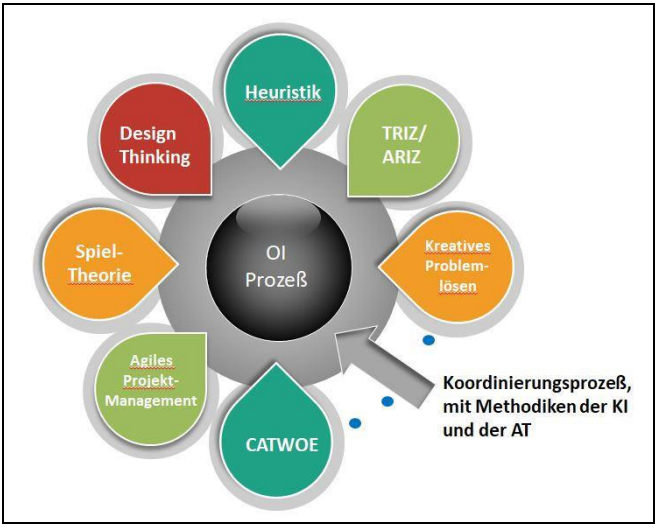


Abbildung 4: Open Innovation durch Koordinierung von Innovationsmethoden und Kreativitätstechniken. KI – Künstliche Intelligenz; AT – Allgemeine Technologie (eigene Darstellung).

Der Koordinierungsprozess beinhaltet erstens die mathematische Modellierung als Nachbildung der statischen und dynamischen Eigenschaften der technologischen Prozesse im Rahmen der Allgemeinen Technologie und zweitens die Durchführung logischer Operationen im Rahmen der Künstlichen Intelligenz. In diesem Zusammenhang trägt die Allgemeine Technologie zur Modellierung von Geschäftsprozessen bei.

Unter Verwendung von Methoden der Kommunikationswissenschaften und der Arbeitswissenschaften wurde ein OOI-Geschäftsmodell (OOI = Overall Open der Innovation) erstellt. In diesem Modell werden externe Ressourcen in industrielle und nichtindustrielle Einheiten unterteilt, um die Interaktionsmethoden zwischen produzierenden Unternehmen und externen Ressourcen festlegen zu können. Besonderes Augenmerk wird auf die Verwaltung externer Ressourcen gelegt, die an einem TOI-Zyklus (TOI = Technology Open Innovation) beteiligt sind. Dazu gehören:

- die Klassifizierung der externen Ressourcen eines TOI;
- die Schaffung allgemeiner Mechanismen bzw. Algorithmen, die zur Auswahl und Nutzung qualifizierter Ressourcen und nicht qualifizierter Ressourcen herangezogen werden können;

- die Schaffung eines Geschäftsmodells für die Zusammenarbeit zwischen Unternehmen und externen Ressourcen.

Bei der Entwicklung der Geschäftsmodelle sind folgende Fragen zu beantworten:

- Welche Arten von externen Ressourcen könnten identifiziert werden, um die Entwicklung von Open Innovation zu erleichtern?
- Welches Geschäftsmodell ist erforderlich, um die Zusammenarbeit zwischen produzierenden Unternehmen und externen Ressourcen während eines offenen Innovationsprozesses zu entwickeln
- Wie kann ein produzierendes Unternehmen einen bestimmten Mechanismus anwenden, um diese externen Ressourcen effektiv zu verwalten?

Modellbasierte Sicherungssysteme

Modellbasierte Sicherheitsmechanismen werden vor allem mit dem Ziel eingesetzt, Angriffe auf das Prozessleitsystem einer technologischen Anlage zu erkennen und abzuwehren (siehe Abbildung 5).

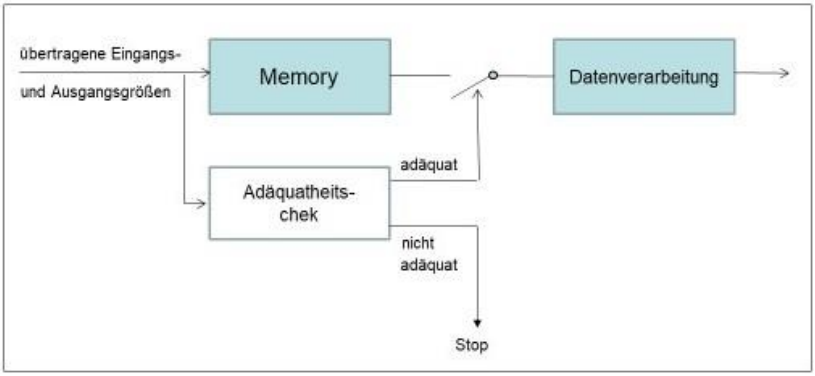


Abbildung 5: Struktur eines modellbasierten Sicherungssystems (eigene Darstellung).

In der Regel werden wissensbasierte, bzw. modellbasierte Algorithmen eingesetzt. Dabei wird davon ausgegangen, dass für das Steuerungsobjekt (z. B. Bioreaktor, Gasspeicher, Blockheizkraftwerke) ein adäquates mathematisches Modell existiert, das die Abhängigkeit der Ausgangsgrößen von den Eingangsgrößen beschreibt. Das bedeutet, dass die Ausgangsgrößen unter Verwendung der gemessenen Eingangsgrößen

und des mathematischen Models berechnet werden können. Der modellbasierte Security-Mechanismus befindet sich im zentralen Teil des Prozessleitsystems. Der Algorithmus selbst besteht aus folgenden Stufen:

- Datenerfassung der Eingangs- und Ausgangsgrößen im Steuerungsobjekt und Datenübertragung (z. B. über das öffentliche Netz bzw. Internet) zum zentralen Steuerungssystem.
- Berechnung der theoretischen Ausgangsgrößen unter Benutzung der übertragenen Eingangsgrößen und des mathematischen Modells.
- Vergleich der übertragenen und der berechneten Ausgangsgrößen und Prüfung der Adäquatheit dieser beiden Ausgangsgrößen unter Verwendung der Gleichungen (3) bis (7).
- Im Falle einer fehlenden Adäquatheit (intrusion detection) wird die Datenverarbeitung im zentralen Steuerungssystem gestoppt (intrusion response).
- Ermittlung der Ursachen der fehlerhaften Adäquatheit.

4 Steuerung externer Ressourcen durch Vektoroptimierung als neue Methode der Allgemeinen Technologie

Die optimale Steuerung externer Ressourcen ist ein Beitrag der Allgemeinen Technologie zur Wissenschaftsentwicklung (vgl. Balzer/Regen 2021). Dabei wird besonderer Wert auf die Verhaltensmodellierung des Menschen als eine qualitative Methode der Allgemeinen Technologie gelegt (siehe Abbildung 6). In diesem Zusammenhang wird auch der Beitrag der Spieltheorie beschrieben (vgl. Leyendecker et al. 2021).

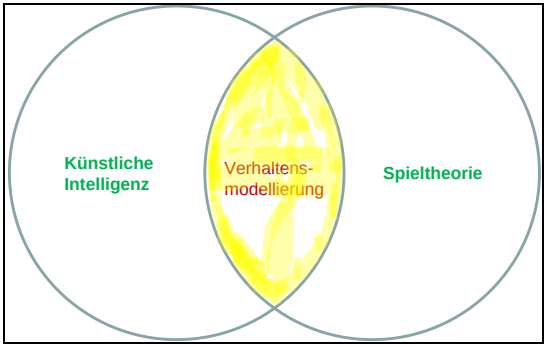


Abbildung 6: Verhaltensmodellierung durch Kombination von Künstlicher Intelligenz und Spieltheorie (eigene Darstellung).

Um bei der Nutzung von externen und territorial verteilten Ressourcen aller Art bei der Projektierung und beim Betrieb technologischer Anlagen zu quantifizierten optimalen Lösungen zu kommen werden erstmals Methoden der Polyoptimierung (Vektoroptimierung) eingesetzt, bei denen mehrere Optimierungsaufgaben durch die Auswahl der gleichen Konstruktionsparameter und Steuergrößen zu lösen sind:

$$I(x,u) = \{ f_{01}(x,u), f_{02}(x,u), \ldots, f_{0m}(x,u) \} \rightarrow \max_u \tag{10}$$

$$f_{0i}(x,u) \rightarrow \max_u$$

$$i = 1,2,\ldots,m$$

$$u_i^{opt} = \arg\max_u f_{0i}(x,u)$$

$$u_1^{opt} \neq u_2^{opt} \neq \ldots \neq u_m^{opt}$$

Es wurden folgende Bezeichnungen verwendet:

$I(x, u)$ – Gesamtzielfunktion, die eine Verallgemeinerung der Gleichungen (8) und (9) darstellt

$f_{0i}(x, u)$ – Teilzielfunktionen

x – Prozessparameter

u – Steuergrößen, Konstruktionsparameter

In den Teilzielfunktionen sind die Verhaltungsmodelle des Menschen (Verhaltensmodellierung) und des technologischen Prozesses bzw. der technologischen Anlage (Mathematische Modelle) integriert.

Die oben beschriebene Aufgabe ist im Sinne der klassischen Optimierungstheorie nicht korrekt. Diese Nichtkorrektheit wird durch

koordinierte Anwendung von Künstlicher Intelligenz und Spieltheorie überwunden. Dabei existieren zwei Lösungsmöglichkeiten:

1. Überführung der nicht korrekten Aufgabenstellung in eine klassische Optimierungsaufgabe mit skalarer Zielfunktion;
2. Bestimmung einer Kompromissmenge (Pareto-Menge): Wenn mit keiner Variation der optimalen Steuergrößen der Wert einer beliebigen Zielfunktion erhöht werden kann, ohne gleichzeitig der anderen Zielfunktionen zu verringern.

Wir verwenden die erste Lösungsmöglichkeit. Die Überführung in eine klassische Optimierungsaufgabe kann mit folgenden Methoden erreicht werden:

- Auswahl und Optimierung der wichtigsten Teilzielfunktion

$$I(x,u) = f_{0k}(x,u) \to \max_u \tag{11}$$

$$f_{0i}(x,u) = c_i$$

i = 1, 2, …, k-1, k, k+1, … m

- Einführung von Wichtungs-Koeffizienten

$$I(x,u) = \sum_{i=1}^{m} \alpha_i f_{0i}(x,u) \to \max_u \tag{12}$$

$$\sum_{i=1}^{m} \alpha_i = 1 \qquad \alpha_i \geq 0$$

- Bildung globaler Abstandsmaße

$$I(x,u) = \sum_{i=1}^{m} \left[f_{0i}{}^{opt}(x,u) - f_{0i}(x,u) \right]^{\eta} \to \min_u \tag{13}$$

$$\eta \geq 0$$

Durch die oben beschriebenen Algorithmen ist auch die Basis für eine Digitalisierung der Arbeitsprozesse gegeben.

Wir haben uns für die Einführung von Wichtungs-Koeffizienten (Gleichung 12) entschieden. da in diesem Fall die Interessenskonflikte zwischen den Betreibern der einzelnen dezentralen Systeme am einfachsten zu lösen sind.

Die Steuerung externer Ressourcen erfolgt in zwei Stufen:

1. Auswahl der Koeffizienten α_i;

2. Lösung der Optimierungsaufgabe (12) durch Methoden der Künstlichen Intelligenz und durch algebraische Methoden.

Die Auswahl der Koeffizienten α_i erfolgt durch Spieltheorie und Coaching mit dem Ziel, Interessenkonflikte zwischen den Verantwortlichen für die einzelnen mobilen Biogasanlagen zu lösen.

Ursachen der Konflikte sind:

- angenommene oder tatsächliche Konkurrenz;
- Verfahrensinteressen:
- psychologischen Interessen;
- Eigeninteressen, Eigennutz.

Mögliche Interventionen sind:

- Positionen stehen im Vordergrund, daher auf Interessen und Bedürfnisse eingehen;
- Suche nach objektivierbaren Kriterien;
- Suche nach Wegen, die Optionen und Ressourcen zu erweitern;
- Suche nach umfassenden Lösungen, die den Interessen und Bedürfnissen optimal entsprechen;
- Aushandeln von globaleren Lösungen;
- Gerechtigkeitsaspekte ansprechen.

5 Entwicklung der Biosystemverfahrenstechnik als neue Wissenschaftsdisziplin

Die in den Punkten 2 bis 4 beschriebenen theoretischen Ergebnisse wurden teilweise im Rahmen des Projektes „Projektierung und Steuerung dezentraler, mobiler und energieautarker Biogasanlagen“ erzielt und erprobt. Dabei ist die Biosystemverfahrenstechnik als eine neue Wissenschaftsdisziplin entstanden, bei der die Allgemeine Technologie als Triebfeder wirkte.

Ein wesentlicher Inhalt der Biosystemverfahrenstechnik ist die Integration von Systemtheorie und biotechnologischem Prozesswissen. Dabei kommt es darauf an, mathematische und informationstechnologische Techniken mit biotechnischen Stoffumwandlungen zu verknüpfen.

Folgende Inhalte sind relevant:

- Systemtheoretische Analyse biotechnologischer Anlagen;

- Mathematische Modellierung (Kinetik, Thermodynamik, Hydrodynamik) von Komponenten und Systemen;
- Sensibilität und Stabilität;
- Systemoptimierung biotechnologischer Anlagen (Entwurf der optimalen Struktur und Parameter);
- Optimale Steuerung von Systemen.

6 Rolle des Bauingenieurwesens als universaler Technikwissenschaft innerhalb der Allgemeinen Technologie

Die Stellung des Bauingenieurwesens innerhalb der technischen Wissenschaften ist ein wichtiger Ausgangspunkt für die Entwicklung der Allgemeinen Technologie. Sowohl die Geschichte der technischen Wissenschaften als auch die gegenwärtige theoretische und praktische Ingenieurtätigkeit zeigen, dass das Bauingenieurwesen eine zentrale Rolle in der Entwicklung und Anwendung von Ingenieurmethoden spielt. So wurde bereits im Mittelalter der Begriff *Ingenieur* mit der Tätigkeit eines Baumeisters in Verbindung gebracht. Im 17. Jh. bedeutete dann das Wort *ingénieur* (franz.) Fachmann auf technischem Gebiet mit theoretischer Ausbildung. Bild 7 zeigt die Stellung des Bauingenieurwesens innerhalb der Technikwissenschaften, die oft auch als ökonomisierte Naturwissenschaften bezeichnet werden.

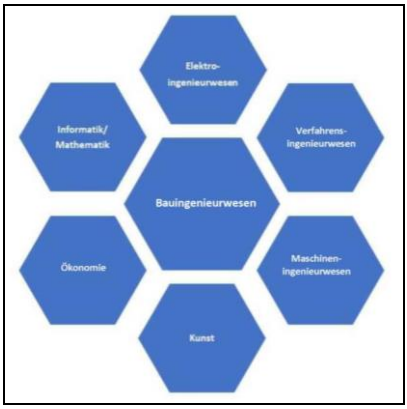


Abbildung 7: Die Stellung des Bauingenieurwesens innerhalb der Technikwissenschaften (eigene Darstellung).

Von besonderer Bedeutung sind die Beziehungen zwischen dem Bauingenieurwesen einerseits und dem Elektroingenieurwesen, dem Verfahrensingenieurwesen, dem Maschineningenieurwesen und der Informatik andererseits. Die Beziehung zur Kunst wird vor allem durch die Architektur charakterisiert. Der Einfluss des Bauingenieurwesens auf die Entwick-lung der Allgemeinen Technologie trägt vor allem interdisziplinären Charakter. (Eine Beschreibung dieses Gesichtspunkts findet sich in Sieber/Balzer 2021.)

Ein markantes Beispiel für den Einfluss des Bauingenieurswesens auf die Entwicklung der Rechentechnik und der Informatik ist die Tätigkeit des Bauingenieurs Konrad Zuse. Da die statischen Berechnungen im Bauingenieurwesen sehr zeitaufwendig waren, kam Zuse die Idee, diese zu automatisieren. Er entwickelte deshalb eine Rechenmaschine auf der Basis der elektromechanischen Relais-Technik (siehe Abbildung 8). Damit war der erste Schritt in Richtung Umsetzung der mathematischen Modelle in eine konkrete Software getan.

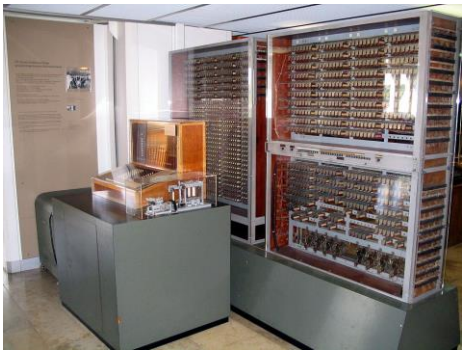


Abbildung 8: Erste elektromechanische Rechenmaschine Zuse Z3 (1941; Nachbau im Deutschen Museum in München; Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Zuse_Z3).

Der Einfluss des Bauingenieurwesens auf die Wissenschaftsentwicklung kommt in besonderem Maße dadurch zum Ausdruck, dass sich neue Fachdisziplinen in Lehre und Forschung herausgebildet haben, wie zum Beispiel: Bauphysik, Bauautomatisierung, Bauinformatik. Im Weiteren wird auf die Bauautomatisierung als neuer Wissenschaftsdisziplin eingegangen.

Seit Anfang der 1980er Jahre wird die Mechanisierungsphase im Bauwesen von einer Automatisierungs- und Optimierungsphase mit zunehmender Anwendung der Rechentechnik abgelöst. Elektronische Komponenten und Systeme werden in Baumaschinen vor allem zuerst punktuell als Ergänzung und Modifizierung der hergebrachten Technik eingeführt. Bei der Automatisierung bautechnologischer Prozesse kommen heute vor allem Bauroboter zum Einsatz.

Ein hoher Automatisierungsgrad ist seit Jahren bei den stationären Anlagen zum Mischen von Baustoffen (Beton und Asphalt) und bei der Serienfertigung standardisierter Betonwaren erreicht. Die automatisierte Vorfertigung großformatiger Stahlbeton-Fertigteile entwickelt sich zü-

gig. Das betrifft vor allem computerunterstützte (CAM) und auch computerintegrierte Fertigungsanlagen (CIM).[4]

Von besonderer Bedeutung ist die automatisierte Steuerung von Transport-, Umschlag- und Lagerprozessen (TUL-Prozesse) in der Bautechnologie. Nach dem Grad des Zusammenhanges zwischen Abnehmer und Transporttechnologie existieren:

- technologisch gebundene Transporte (z.◦B. Transporte von Frischbeton);
- technologisch nicht gebundene Transporte (z.◦B. Containertransporte mit Ausbaumaterialien für den komplexen Wohnungsbau).

Bestimmend dafür ist der Grad der Lagerfähigkeit der zu transportierenden Güter.

Die mathematische Modellierung und Steuerung der technologischen Prozesse basiert auf der Dekomposition in Klassen von Prozesszuständen:

- ungestörter Prozess mit konstanten Parametern;
- ungestörter Prozess mit planmäßigen Änderungen von Parametern;
- gestörter Prozess durch unbekannte und nicht vorhersehbare Änderungen von Parametern;
- Havarie mit der Notwendigkeit der Verhinderung von Schäden und Gefährdungen.

Wichtig für Modellierung von TUL-Prozessen im Bauwesen sind die Lösung folgende Aufgaben: Modellierung N-stufiger Entscheidungsprozesse, dynamische Optimierung in Verbindung mit Echtzeitalgorithmen, Bilanzmodelle zum Ausgleich von Transportleistungen und Bedarf, Transportmodelle unter Nutzung der linearen Optimierung.

Abbildung 9 zeigt ein Beispiel für eine Verknüpfung von Elementen der TUL-Prozesse.

---

4 Zu Entwicklungen und Ergebnissen im Industrie-, Wohnungs-, Gesellschafts- und Tiefbau einschließlich der Bauautomatisierung vgl. Fritsche/Sieber 2006.

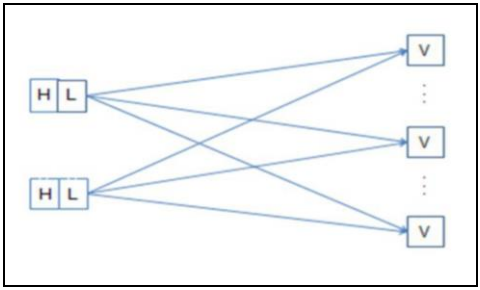


Abbildung 9: Beispiel für eine Verknüpfung von Hersteller (H), Verbraucher (V) und Lager (L) (eigene Darstellung).

Anfang der 1980er Jahre wurde an der Technischen Hochschule Leipzig gemeinsam mit der Bauakademie in Berlin erstmals in Lehre und Forschung eine Spezialrichtung Bauautomatisierung ins Leben gerufen.

Bibliographie

Balzer, Dietrich/May, Volker/Müller, Rainer (1991): *Wissensbasierte Systeme in der Automatisierungstechnik*. München/Wien: Carl Hanser Verlag.

Balzer, Dietrich/Regen, Werner (2021): „Die Vektoroptimierung als quantitative Methode der Kommunikationswissenschaft". *Einblicke in Ergebnisse interdisziplinärer Arbeit – Kreative Tätigkeit im Fokus des LIFIS e.V.*, hrsg. von Gerhard Banse/Werner Regen/Frieder Siebert. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag, 89–108 (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 69).

Cebulla, Horst/Regen, Werner/Sieber, Frieder (Hrsg.) (2021): *Automatisierung – Fluch oder Segen*. 2 Teile. Berlin: Leibniz-Institut für Interdisziplinäre Studien (LIFIS aktuell 2).

Fritsche, Hans/Sieber, Frieder (2006): *Bauen in der DDR*. Berlin: Beuth Verlag.

Hartmann, Klaus (Hrsg.) (1971): *Analyse und Steuerung von Prozessen der Stoffwirtschaft*. Berlin/Leipzig: Akademie-Verlag, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie.

Leyendecker, Aloys/Regen, Werner/Sieber, Frieder (2021): „Spieltheorie und systemische Arbeit in der Kommunikationstheorie und –praxis". *Einblicke in Ergebnisse interdisziplinärer Arbeit – Kreative Tätigkeit im Fokus des LIFIS e.V.*, hrsg. von Gerhard Banse/Werner Regen/Frieder Siebert. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag, 109–136

(Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 69).

Sieber, Frieder/Balzer, Dietrich (2021): „Bauindustrie zwischen Kontinuität und Wandel – Problemstrukturen und Lösungsansätze". *Einblicke in Ergebnisse interdisziplinärer Arbeit – Kreative Tätigkeit im Fokus des LIFIS e.V.*, hrsg. von Gerhard Banse/Werner Regen/Frieder Siebert. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag, 155–160 (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 69).

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *156 (2023), 81–98*

Was noch zu betrachten wäre – Anwendung der Prinzipien der Allgemeinen Technologie auf weitere Fachgebiete

Norbert Mertzsch
(Rheinsberg, MLS)

Abstract

In the symposiums of the past few years, technologies have been considered from a wide variety of perspectives. Naturally, not all available technologies could be treated equally. Using three examples, it should be shown here that the principles of general technology also apply to these. The first example to be mentioned is the entire complex of metallurgy, which is based on common principles despite the wide variety of individual technologies. This is of particular interest, since the energy transition has required significant changes in the reduction of metals away from carbon as a reducing agent, which also has an impact on other areas of technology. Furthermore, the building trade should be briefly discussed, which played no role in the previous symposia. In addition to timber construction, which has been used industrially for many years, new trends in construction with mineral building materials are discussed. Finally, the possibility of applying the principles of general technology to the use of buildings should be described.

Resümee

In den Symposien der letzten Jahre wurden Technologien unter den unterschiedlichsten Gesichtspunkten betrachtet. Naturgemäß konnten dabei nicht alle verfügbaren Technologien gleichermaßen behandelt werden. An drei Beispielen soll hier gezeigt werden, dass auch bei diesen die Prinzipien der Allgemeinen Technologie gelten. Als erstes Beispiel soll der Gesamtkomplex der Metallurgie genannt werden, der trotz unterschiedlichster Einzeltechnologien auf gemeinsamen Prinzipien beruht. Dieser ist besonders von Interesse, da hier durch die Energiewende bedeutende Wandlungen bei der Reduktion der

Metalle, weg vom Kohlenstoff als Reduktionsmittel nötig sind, was auch Auswirkungen auf weitere Technologiebereiche hat. Weiterhin soll kurz auf das Bauwesen eingegangen werden, welches bei den bisherigen Symposien keine Rolle spielte. Dabei wird neben dem seit vielen Jahren industriell betriebenen Holzbau auf neue Tendenzen beim Bau mit mineralischen Baustoffen eingegangen. Als Letztes soll die Möglichkeit der Anwendung der Prinzipien der Allgemeinen Technologie auf die Nutzung von Gebäuden beschrieben werden.

Keywords/Schlüsselwörter

General technology, metallurgy, building, use of buildings
Allgemeine Technologie, Metallurgie, Bauwesen, Nutzung von Gebäuden

1 Einführung

Die Vorstellungen zur Allgemeinen Technologie gehen auf Schriften und Vorlesungen von Johann Beckmann (1739–1811) zurück (vgl. Beckmann 1780, 1990, 2002). Ausgehend von diesen Vorstellungen und den Arbeiten von Horst Wolffgramm (1926–2020; vgl. Banse 2021) und Günter Ropohl (1939–2017) wurde in den letzten Jahren insbesondere im Rahmen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin die Allgemeine Technologie weiterentwickelt (vgl. u.a. Banse/Reher 2002, 2008).

Dabei wurden in den durchgeführten Symposien Technologien unter den unterschiedlichsten Gesichtspunkten betrachtet. Naturgemäß konnte dabei nicht auf alle verfügbaren Technologien gleichermaßen eingegangen werden. An drei Beispielen soll hier gezeigt werden, dass auch bei diesen die Prinzipien der Allgemeinen Technologie gelten.

2 Beispiel Metallurgie

Als erstes Beispiel soll der Gesamtkomplex der Metallurgie genannt werden, der trotz unterschiedlichster Einzeltechnologien auf gemeinsamen Prinzipien beruht. Dieser ist besonders von Interesse, da hier durch die Notwendigkeit der Reduktion der Emission von Kohlenstoffdioxid im Rahmen der Energiewende bedeutende Wandlungen bei der Reduktion der Metalle, weg vom Kohlenstoff als Reduktionsmittel nötig sind, was auch Auswirkungen auf weitere Technologiebereiche im

Bereich der Metallurgie hat.

Die Metallurgie, auch als Hüttenwesen bezeichnet, umfasst alle Verfahren zur Herstellung und Nutzung von Metallen und Halbmetallen. Dabei ist sie mit dem Bergbau der benötigten Erze eng verbunden. Die Metallurgie ist ein sehr altes Gewerbe und begleitet die Entwicklung der Menschheit bereits seit Beginn der Kupferzeit bzw. Kupfersteinzeit vor über 7.000 Jahren (vgl. Wikipedia 2022b). Dabei entwickelte sich die Herstellung und Verarbeitung der Metalle vom Handwerk über die Manufaktur zu Großindustrie.

Nach Witold Brostow lässt sich der metallurgische Prozess ausgehend vom Erz folgendermaßen beschreiben (vgl. Brostow 1984: 185):

- Vorbereitende Anreicherung des Metalls (manchmal Röstprozesse eingeschlossen);
- Reduktion der Metalloxide;
- Raffination und Beseitigung von Verunreinigungen;
- Gießen oder Sintern;
- Wärmebehandlung der Metallphase und Verarbeitung in ein Endprodukt.

Diese Beschreibung des metallurgischen Prozesses entspricht der Darstellung der technologischen Struktur von Produktionsprozessen im Rahmen der Allgemeinen Technologie von Wolffgramm (vgl. Wolffgramm 1978: 159–162), der diese in eine vorbereitende Phase, eine Hauptphase und eine Schlussphase unterteilt. Dabei lassen sich die einzelnen Prozesse der Metallurgie den drei Phasen des Produktionsprozesses folgendermaßen zuordnen:

- *Vorbereitende Phase:* Vorbereitende Anreicherung des Metalls, wenn nötig Stückigmachung (Sintern) bzw. Pelletierung.
- *Hauptphase:* Reduktion der Metalloxide mit Raffination und Beseitigung von Verunreinigungen.
- *Schlussphase:* Gießen, Sintern, Formgebung durch Walzen, Pressen, Tiefziehen sowie Wärmebehandlung der Metallphase und Oberflächenbehandlung.

Auch wenn sich im Laufe der Jahrtausende dauernden Nutzung der metallurgischen Verfahren in den einzelnen Phasen die genutzten Technologien, entsprechend dem jeweiligen Stand der Technik, verbessert haben bzw. durch effizientere ersetzt wurden, bleiben die notwendigen Arbeitsschritte erhalten.

Im Folgenden sollen nun die einzelnen Arbeitsschritte durch einige Beispiele untersetzt werden.

2.1 Vorbereitende Phase

In der vorbereitenden Phase wird das abgebaute Erz aufbereitet, so dass es in der folgenden Hauptphase zum Metall reduziert werden kann. Dabei werden nicht benötigte und den weiteren Prozess störende Beimengungen entfernt und das Erz in eine reduzierbare Form überführt.

Bei allen Varianten der vorbereitenden Phase steht am Anfang die Zerkleinerung des Erzes auf eine Korngröße, die die Durchführung der nachfolgenden Schritte ermöglicht. Dazu werden Brech- und Mahlwerke eingesetzt. Klassische Brecher übernehmen die Grobzerkleinerung. Die weitere Zerkleinerung findet dann in den Erzen angepassten Mühlen statt (vgl. Vauck/Müller 1978: 226–276).

Als nachfolgende Arbeitsschritte werden üblicherweise genutzt:

- *Mechanische Aufbereitungsverfahren:* Diese lassen sich anwenden, wenn zwischen den einzelnen Komponenten des Erzes große Dichteunterschiede bestehen. Angewandt wird dieses Verfahren z.B. bei der Aufbereitung von Zinnerz (vgl. Vasters et al. 2020).
- *Flotation:* Diese lässt sich anwenden, wenn sich Erz und Beimengungen durch unterschiedliche Oberflächenbenetzbarkeiten trennen lassen. Die Trennung der Materialien findet in einer Flüssigkeit unter Zufuhr von Gas statt (vgl. Vauck/Müller 1978: 301–306).
- *Rösten:* Dabei werden üblicherweise schwefel-, antimon- und arsenhaltige Erze in Metalloxide überführt. Eisenerze werden geröstet um besser weiterverarbeitet werden zu können. Das betrifft sowohl die Sinteranlagen, wo Sinter (Agglomerat) hergestellt wird, das stückig, fester und leichter reduzierbar ist, als auch die Pellet-Herstellung.
- *Laugung:* Dabei werden die Erze mit Säuren oder wässrigen Cyanid-Lösungen behandelt, um die zu gewinnenden Metalle direkt zu erhalten. Bei der mikrobiellen Erzlaugung werden Mikroorganismen zur Umwandlung der Erze eingesetzt.
- *Hydrothermaler Aufschluss:* Darunter ist der Aufschluss von Rohstoffen unter hydrothermalen Bedingungen zu verstehen (vgl. Mertzsch 2020). Bekanntestes Beispiel ist die Drucklaugung von Bauxit. Wei-

tere Anwendungen sind hinzugekommen. Mittlerweile werden solche Verfahren aber auch zur Gewinnung von Wertstoffen aus Abfällen eingesetzt.

2.2 Hauptphase

In der Hauptphase des metallurgischen Prozesses erfolgt zunächst die Reduktion des Metalls, welches im Erz als Oxid oder bei Laugungsprozessen als ionische Lösung vorliegt. Als Reduktionsmittel werden üblicherweise eingesetzt:

- Kohlenstoff (Holzkohle, Koks);
- Kohlenstoffmonoxid (im Aggregat über die Bouduard-Reaktion [$C + CO_2 \rightarrow 2CO$] unter hohen Temperaturen gewonnen);
- Kohlenwasserstoffe (z. B. Methan) – diese werden im Aggregat bei hohen Temperaturen gecrackt, so dass Kohlenstoff und Wasserstoff als Reduktionsmittel wirksam sind;
- Wasserstoff;
- elektrischer Strom.

Die ausgeführten Prozesse zur Reduktion der Metalle sind sehr verschieden, die Grundprinzipien aber die gleichen. Es sind immer die Metall-Kationen im festen Oxid oder in einer Lösung bzw. Schmelze zu reduzieren und in das Metall zu überführen.

Am Beispiel der Eisengewinnung lässt sich der Wandel der angewandten Technologien besonders gut darstellen. Die Reduktion von Eisenerz erfolgte von Beginn der Eisenzeit bis zur frühen Neuzeit (also über 2.000 Jahre lang) in sogenannten Rennöfen (vgl. Hägermann 1999). Diese waren ca. 1 bis 2 m hohe Schachtöfen aus Steinen oder Lehm. In unseren Regionen wurde als Erz das weit verbreitete Raseneisenerz verwendet (vgl. Sitschick et al. 2005), als Reduktionsmittel wurde Holzkohle eingesetzt. Im unteren Bereich des Rennofens befand sich ein Lufteintritt, in den die Luft üblicherweise mit einem Blasebalg eingetragen wurde. Produkt war eine mit Schlacke durchsetzte Eisenluppe (Renneisen), aus der das Eisen dann ausgeschmiedet wurde.

Ein Beispiel für ein Eisenverhüttungszentrum aus spätgermanischer Zeit stellte Wolkenberg in der Lausitz, gelegen zwischen Elbe und Oder/Neiße dar (vgl. Koch 2007). Die Besonderheit ist die große Anzahl der Rennöfen (ca. 1.200). Hinzu kam eine große Zahl von Holz-

kohlemeilern. Die Lage abseits der Siedlungen war eine Besonderheit. Die Eisenproduktion in Wolkenberg, die besonders während des zweiten Drittels des 3. Jh.s und von der Mitte bis Ende des 4. Jh.s betrieben wurde, wurde vor allem für den Handel innerhalb der Niederlausitz genutzt (vgl. Spazier 2005–2007).

Ab Mitte des 17. Jh.s sind in Nordbrandenburg erste Hochöfen betrieben worden, z. B. in Zehdenick und in Hohenofen bei Neustadt/Dosse (vgl. Gatzke 2022; Teske 2004).

Hochöfen, in denen die Temperatur soweit erhöht werden konnte, dass flüssiges Eisen als Produkt gewonnen werden konnte, setzten sich erst durch, als Verfahren zur Weiterverarbeitung des Roheisens durch Frischen gefunden wurden und ein Bedarf an Gusseisen z.B. für Kanonen und Kugeln vorhanden war. So diente der Hochofen in Zehdenick zur Herstellung von Kanonenkugeln für die Armee des brandenburgischen Kurfürsten Friedrich Wilhelm. Diese Hochöfen wurden noch mit Holzkohle beschickt. Der Bedarf an Holz pro Tonne Roheisen betrug 30 t (8 t Holzkohle). Erst der Übergang zur Nutzung von Koks als Kohlenstoffquelle ermöglichte den Übergang zu größeren Produktionsmengen.

Eine moderne Hochofenanlage, wie der Hochofen 5A von ArcelorMittal in Eisenhüttenstadt (vgl. ArcelorMittal 2022), besteht aus den Bereichen

- Erzvorbereitung (Anlieferung, Lagerung, Mahlung);
- Kalkbrenn- und Mahlanlage;
- Sinteranlage (Herstellung von stückigem Eisenerz-Sinter (Agglomerat) für den Einsatz im Hochofen);
- Hochofen mit Hochofenprozess.

Der 1997 errichtete Hochofen 5A ist als Schachtofen aufgeführt. Zur Erzeugung von Roheisen wird stückiges bzw. in der Sinteranlage stückig gemachtes Eisenerz (Agglomerat) mit Koks und Kohlenstaub reduziert. Der Hochofen hat ein Arbeitsvolumen von 1.779 m³ und eine Schmelzleistung von 5.000 t/24 h.

Um auf Koks als Reduktionsmittel zu verzichten, wurde seit den 1970er Jahren die Direktreduktion von Eisenoxidpellets entwickelt. Als Reduktionsgase werden Gase aus der Vergasung von Kohle (Corex-Prozess; vgl. Wikipedia 2022a) oder wasserstoffreiches Gas aus der Spaltung von Erdgas (Midrex-Verfahren; vgl. PT 2022) eingesetzt. Da-

bei entsteht entweder flüssiges Eisen oder ein Eisenschwamm, der in einem Elektrolichtbogenofen zu Stahl weiterverarbeitet wird.

Neuste Variante der Direktreduktion ist das HYFOR-Verfahren, in dem die Direktreduktion der Eisenoxide in Zukunft mit 100 % Wasserstoff in der Wirbelschicht erfolgt (vgl. Newsletter 2021). Ein großer Vorteil dieses Verfahrens ist, dass kein Agglomerationsschritt für die Eisenerzkonzentrate nötig ist.

Für die Raffination der Metalle bzw. die Beseitigung von Verunreinigungen steht eine breite Palette an Verfahren zur Verfügung.

Elektrochemische Verfahren sind insbesondere bei der Gewinnung von Reinkupfer bekannt (vgl. Leifichemie 2022). Zunächst werden aus dem Rohkupfer Anoden gegossen. Diese können in der elektrolytischen Raffination zur Herstellung von Reinkupfer eingesetzt werden. Die Elektrodenplatte aus Rohkupfer taucht in eine mit Schwefelsäure angesäuerte Kupfersulfat-Lösung. Als Kathode dient eine Elektrode aus Reinkupfer oder auch aus Edelstahl. Es wird üblicherweise bei einer Spannung von 0,2 bis 0,3 V elektrolysiert. Als Nebenprodukt fällt der sogenannte Anodenschlamm an, aus dem in weiteren Schritten Edelmetalle gewonnen werden können.

Die Weiterverarbeitung von Roheisen erfolgt im Konverter durch Frischen, einem Verfahren zur Verringerung des Kohlenstoffanteils im Eisen (vgl. Lexikon 2022a). Dabei werden auch andere unerwünschte Bestandteile des Roheisens, wie Phosphor, Schwefel und Silizium durch Sauerstoff oxidiert. Diese gehen dann in die Schlacke über. Der in diesem Verfahren entstehende Rohstahl kann im Konverter, oder im dem Konverter nachgeschalteten Pfannenofen, mit Legierungsmetallen versetzt werden. Je nach Stahlsorte erfolgt noch eine Behandlung in einer Vakuumanlage, um im Stahlbad gelöste Gase zu entfernen und so einem „Altern“ des Stahls vorzubeugen.

Weitere Verfahren, die zu diesem Technologiebereich gehören, sind die Weiterverarbeitungen in einem Elektrolichtbogenofen (vgl. Lexikon 2022b). Dieser wird besonders für die Weiterverarbeitung direktreduzierten Eisens, aber auch für das Schrottrecycling eingesetzt. Ein weiteres Verfahren in der Eisenmetallurgie, welches zur Erzeugung von speziellen Legierungen eingesetzt wird, ist die Verarbeitung in einem Elektronenstrahl-Vakuum-Ofen (vgl. Enzyklopädie 1968a).

Für spezielle Anwendungen, bei denen hochreine Materialien, z.B. für die Mikroelektronik, gewonnen werden sollen, steht das Zonen-

schmelzen zur Verfügung. Grundlage des Verfahrens ist der Übergang von Verunreinigungen aus dem Feststoff in die Schmelze. Das Verfahren kann horizontal oder vertikal, tiegelfrei ausgeführt werden (vgl. Enzyklopädie 1968b).

2.3 Schlussphase

Im Bereich Schlussphase der Metallurgie ist dem Metall die gewünschte Form und Größe zu geben (vgl. Brostow 1984: 188–193). Als Technologien stehen dafür zur Verfügung:

- Gießen;
- Sintern;
- Walzen, Schmieden, Pressen, Tiefziehen.

Beim Gießen wird das flüssige Metall in einer Gießform verfestigt. Diese Form kann den zu produzierenden Artikel abbilden, der später nur noch nachbearbeitet wird. Beim Gießen kann das Metall aber auch in eine Form gebracht werden die die Weiterverarbeitung, z.B. durch Walzen, erlaubt.

Beim Sintern wird das Metall zu einem Pulver verarbeitet. Dieses wird dann zur Form des gewünschten Werkstücks gepresst, wobei ein minimaler Zusammenhalt der Partikel gegeben sein muss. Anschließend erfolgt die Sinterung unterhalb der Schmelztemperatur des Metalls, wobei sich die Metallpartikel verbinden und das Porenvolumen verringert wird.

Walzen wird eingesetzt, um aus kompaktem Metall Bleche zur Weiterverarbeitung zu erzeugen. Dabei kann das Metall im kalten Zustand, oder deutlich erwärmt, verarbeitet werden. Schmieden wird genutzt um das Metall durch Druck in die gewünschte Form zu bringen. Die Umformung des Metalls erfolgt beim Schmieden in der Regel bei höheren Temperaturen. In beiden Fällen kann in die Bearbeitung des Metalls eine thermische Behandlung eingeschlossen sein, die die Phasenstruktur beeinflusst und damit gewünschte Eigenschaften einstellt.

Als weitere Verfahren in der Schlussphase sind Pressen und Tiefziehen zu nennen. An diese Verfahren kann sich eine Oberflächenbehandlung der Metalle anschließen.

3 Beispiel Bauwesen

Das Bauwesen war bis zu Beginn des 20. Jh.s im Wesentlichen ein handwerklich ausgerichteter Wirtschaftszweig. Seit Mitte des 20. Jh.s hat es sich so weit entwickelt, dass in weiten Bereichen industriemäßige Produktionsmethoden anwendet werden und umfangreiche spezialisierte Technik genutzt wird.

Besonderheit des Bauwesens ist nach Wolffgramm, dass der Arbeitsgegenstand (das Bauwerk) ortsgebunden und das Baumaterial wie auch die umfangreiche Bautechnik dorthin zu bringen ist (vgl. Wolffgramm 2012: 548–549). Darüber hinaus kennzeichnen das Bauwesen eine relativ kurze Produktionsdauer an einem Standort, ein häufiger Standortwechsel und eine hohe Abhängigkeit von den örtlichen Bedingungen.

Im Rahmen der Symposien zur Allgemeinen Technologie wurde die Problematik der Errichtung von Bauwerken, die nicht Bestandteil technologischer Anlagen sind, noch nicht betrachtet. Für die Errichtung eines neuen Bauwerks sprechen üblicherweise vor allem wirtschaftliche Gründe:

- Errichtung für eine neue Nutzung (z. B. Krankenhaus, Laborgebäude, Industriegebäude, Gewerbe, Wohnungen);
- Ersatz eines verschlissenen Bauwerkes (z. B. Brücke).

Auch rechtliche oder politische Gründe können für den Ersatz eines Bauwerkes verantwortlich sein. Als Beispiel kann der Ersatz eines asbestbelasteten Gebäudes durch einen Neubau dienen.

Hinzu kommt zunehmend die Modernisierung bzw. der Umbau bestehender Gebäude um diese weiter effizient nutzen zu können bzw. eine neue Nutzung zu ermöglichen. Das ist unter ökologischen Gesichtspunkten oft günstiger als die Errichtung eines neuen Bauwerks.

Der Bauausführung vorgelagert ist die Bauplanung. In dieser Phase werden die Anforderungen an das Gebäude definiert. Entsprechend dem Stand der natur- und technikwissenschaftlichen Erkenntnisse und unter Beachtung gesetzlicher Vorgaben werden diese in Planungsunterlagen umgesetzt, die vor der Bauausführung behördlich zu genehmigen sind. Dazu sind u.a. umfangreiche rechnerische Nachweise für die Standsicherheit des zu errichtenden Gebäudes zu erbringen. Für die gesamte planerische Bearbeitung wird gegenwärtig BIM (Building In-

formation Modeling – Bauwerksdatenmodellierung) als modernste Form der Planungstechnologie angestrebt (vgl. Bund 2022; Falenski et al. 2022). Hierbei ist das Ziel, durch eine komplexe rechnergestützte Verknüpfung aller für die Bauausführung relevanten Fachplanungen zu optimalen Bauabläufen, effektiven und nachhaltigen sowie störungsfreien Lösungen beizutragen. Das Verfahren wird sowohl für die Planung, als auch die Bauausführung verwendet. Ziel ist es dieses Verfahren über die ganze Lebensdauer eines Gebäudes zu nutzen, also auch während der Betriebszeit und dem Rückbau. Problematisch dürfte der Aufwand für die ständige, jahrzehntelange Pflege der Daten und die Anpassung an den Entwicklungsstand der Rechentechnik sein.

Nach Erhalt der Baugenehmigung können dann die Baudurchführungsplanung, Bauablaufplanung, die Vergabe der Bauaufträge und die eigentliche Bauausführung entsprechend der Bauplanung auf der Baustelle begonnen werden. Dazu gehören z.B. bei Gebäuden:

- vorbereitende Tiefbauarbeiten (Bodenaushub, Verlegung von Ver- und Entsorgungsleitungen);
- Errichtung des Kellers und danach der einzelnen Geschosse;
- Dachausbau;
- Innenausbau mit Einbau der technischen Gebäudeausrüstung;
- Fassadengestaltung.

Dabei kann sich die Errichtung der Gebäude erheblich voneinander unterscheiden. So wird zunehmend auf der Baustelle die klassische Bauweise der Errichtung von Ziegelbauten durch die Errichtung von Bauwerken unter dem Einsatz von industriell vorgefertigten Bauteilen und Modulen ersetzt.

Die industrielle Vorfertigung von Bauteilen im Bauwesen entwickelte sich zunächst insbesondere im Bereich des Holzbaus. In Deutschland war in den 1920er Jahren die Firma Christoph & Unmack AG in Niesky ein führendes Unternehmen (vgl. Reinboth 2022). Hier wurden, ausgehend vom Bau von Baracken, standardisierte, maschinell vorgefertigte Holzhäuser entwickelt und produziert. Neben Wohnhäusern wurden u.a. öffentliche Gebäude, Hotels, Schulen und Industriehallen gebaut. Die vorproduzierten Bauteile wurden auf der Baustelle dann nur noch entsprechend der Planung zusammengesetzt und miteinander verbunden. Besonders hervorzuheben sind hier die Arbeiten des aus Frankfurt an der Oder stammenden Architekten Konrad Wachsmann

(1901–1980), der von 1926 bis 1929 für das Unternehmen tätig war (vgl. Grüning 1985: 213–223).

Diese Bauweise hat sich im Holzbau in den letzten Jahrzehnten besonders im Eigenheimbau bewährt. Aber auch die weitere Verbreitung des Holzbaus bei größeren Gebäuden nutzt die industrielle Vorfertigung der Bauteile. Dadurch lassen sich die Bauzeiten auf der Baustelle deutlich verringern.

Bei anderen Bauweisen setzte sich die industrielle Vorfertigung ebenfalls immer weiter durch. Wurden in früheren Jahrhunderten zunächst genormte Ziegel gefertigt – schon Beckmann ging in seinen Vorlesungen darauf ein (vgl. Beckmann 2002: 114–115) –, kamen später Großblock-Hohlsteine hinzu. Seit Mitte des 20. Jh.s werden auch Betonbauten industriell vorgefertigt. Besonders hervorzuheben sind hier verschiedene Typenbauten des DDR-Wohnungsbaus, deren Bauteile in speziell errichteten Plattenwerken vorgefertigt und auf der Baustelle montiert wurden (vgl. Wikipedia 2022c).

Auch im heutigen Wohnungs- und Industriebau und bei sonstigen Bauwerken werden Fertigbauelemente aus Beton eingesetzt. Beispiele sind der Landtag in Potsdam (in Form des Stadtschlosses) und das Humboldt-Forum in Berlin (teilweise in Form des Stadtschlosses).

Die Vorfertigung von Bauelementen hat auch in der Baustoffindustrie Einzug gehalten. So werden bei der Produktion von Kalksandsteinen auch Formate hergestellt und angeboten, die speziellen Anforderungen entsprechen. Diese werden vom Hersteller als kompletter Wandbausatz inklusive aller Passelemente zusammen mit EDV-Versetzplänen auf die Baustelle geliefert. Die Verarbeitung erfolgt mit Dünnbettmörtel, der ebenfalls vom Hersteller der Bauelemente mitgeliefert wird (vgl. z.B. Baustoffwerke 2022).

Eine neue Technologie, die sich auch im Bereich des Bauens etabliert, ist der 3D-Druck (vgl. Dittmann 2021; Näther et al. 2017). Hierbei wird das am Rechner entworfene Gebäude in ein Druckprogramm umgesetzt. Auf der Baustelle werden dann die Wände des Gebäudes mit einer schnell härtenden Betonmischung Schicht für Schicht ausgedruckt. Geschossdecken und das Dach sind allerdings als eigene Bauteile einzubauen. Das gilt auch für den Gebäudeausbau. Der 3D-Druck kann auch zur industriellen Vorfertigung genutzt werden, wobei die gedruckten Bauteile vor Ort nur noch montiert werden. Auch auf Basis von Holzfasern und biobasierten Harzen lässt sich der 3D-Druck von

Gebäuden realisieren (vgl. Schwan 2022). Eine Überführung in die Praxis steht hier allerdings noch aus.

Zur Verringerung des Materialaufwandes bei der Errichtung von Betonbauten wurden in den letzten Jahren Bauelemente entwickelt, bei denen der Baustahl im Stahlbeton durch Karbonfasern ersetzt wurde (vgl. Carbocon 2022). Die Korrosionsbeständigkeit der Karbonfasern erlaubt es, die Betondeckung mit Feinbeton auf ein Minimum zu reduzieren. Dadurch lässt sich der Materialaufwand für Bauelemente deutlich verringern. Somit kann nachhaltig, ressourcenschonend, weniger materialintensiv und leichter gebaut werden.

Im Rahmen der Allgemeinen Technologie lässt sich die Bauausführung auf der Baustelle entsprechend des Schemas von Wolffgramm folgendermaßen beschreiben (vgl. Wolffgramm 1978: 159–162):

- *Vorbereitende Phase:* Vorbereitende Tiefbauarbeiten;
- *Hauptphase:* Errichtung des Gebäudes;
- *Schlussphase:* Innenausbau mit Einbau der technischen Gebäudeausrüstung, Fassadengestaltung.

Die Vorfertigung von Bauteilen lässt sich im Rahmen der Allgemeinen Technologie ebenfalls beschreiben.

4 Beispiel Gebäudenutzung

4.1 Vorbemerkungen

Als Letztes soll die Möglichkeit der Anwendung der Prinzipien der Allgemeinen Technologie auf der Nutzung von Gebäuden beschrieben werden. Dabei lassen sich diese vor allem auf komplexe Gebäude, wie Krankenhäuser, Laborgebäude und Industriegebäude, anwenden. Der Schwerpunkt bei diesen Gebäuden liegt auf der komplexen technischen Gebäudeausrüstung (z. B. Lüftung, Klimatisierung, Versorgung mit Gasen, digitale Infrastruktur etc.).

Im Rahmen des Symposiums „Lebenszyklusanalysen. Stationen im Lebenszyklus von Technologien und Aspekte ihrer Bewertung“ lag der Schwerpunkt auf der Technologie bzw. der technologischen Anlage (vgl. Banse/Mertzsch 2021). Die systematische Betrachtung aller Phasen des Lebenszyklus („From cradle to grave“) von Technologien und der dazugehörigen Artefakte lässt sich entsprechend der von Klaus

Hartmann aufgeführten Phasen des Lebenslaufs von Technologien (vgl. Hartmann 2014: 54–55) auch auf komplexe Gebäude übertragen, wobei sich dabei Überschneidungen zum Bauwesen ergeben. Diese sind entsprechend:

- Entwurf;
- Aufbau;
- Betrieb;
- Beseitigung.

Als wesentliches Hilfsmittel bei einer effektiven Gebäudenutzung soll in Zukunft das bereits beschriebene BIM dienen. Dieses soll über die ganze Lebensdauer eines Gebäudes genutzt werden. In diesem Rahmen sollen alle gebäudebezogenen Handlungen (Reparaturen, Umbauten, Umnutzungen etc.) dokumentiert werden. Auf dieser Basis lassen sich wertvolle Informationen für den Weiterbetrieb und den Rückbau bereitstellen.

4.2 Inbetriebnahme von Gebäuden

Mit der Erst-Inbetriebnahme beginnt die eigentliche Nutzungszeit eines komplexen Gebäudes. Dabei beginnen die Prozesse der Inbetriebnahme eines solchen Gebäudes bereits in der Bauphase. Umfassend wurden diese Probleme beim Vortrag von Uwe Pahl „Erfahrungen mit dem Arbeitsmittel Inbetriebnahme-Management für komplexe technische Anlagen in Theorie und Praxis“ beim Symposium „Lebenszyklusanalysen. Stationen im Lebenszyklus von Technologien und Aspekte ihrer Bewertung“ behandelt, weshalb an dieser Stelle darauf verwiesen wird (vgl. Pahl 2021).

4.3 Betrieb von Gebäuden

Der Betrieb eines komplexen Gebäudes entsprechend der festgelegten Parameter durch den Betreiber, der mit den Nutzern nicht übereinstimmen muss, ist entscheidend für den wirtschaftlichen Erfolg der getätigten Investition. Dabei sind die Anlagen der technischen Gebäudeausrüstung regelmäßig zu kontrollieren und zu warten und auch Bauteile auf ihren Zustand zu prüfen, damit die zuverlässige Nutzung gesichert ist. Die Versorgung mit Betriebsstoffen und Energie muss ständig

gewährleistet sein. Gleiches gilt für die Entsorgung entsprechend den gesetzlichen Bestimmungen.

Um den Betrieb eines komplexen Gebäudes über einen möglichst langen Zeitraum zu gewährleisten, ist die technische Gebäudeausrüstung auf einem aktuellen Stand zu halten. Nachrüstungen können im Laufe der Jahre zu deutlichen Effizienzgewinnen führen und zu Kostensenkungen beim Betrieb führen. Hinzu können Änderungen am Bauwerk kommen, die z.B. durch eine veränderte Nutzung nötig werden. So kann der Einbau neuer Diagnostikgeräte (MRT) oder Bestrahlungsgeräte (Linearbeschleuniger) Änderungen am Bauwerk und der technischen Gebäudeausrüstung erfordern.

Während der Nutzung eines komplexen Gebäudes sind ständig die geltenden Anforderungen aus Genehmigungen und Vorschriften einzuhalten. Änderungen in diesen Bereichen können sich nachhaltig auswirken (z.B. Nachrüstpflichten in den Bereichen Arbeitsschutz, Gewässerschutz, Immissionsschutz oder Klimaschutz).

4.4 Rückbau

Außerbetriebnahme und anschließender Rückbau eines komplexen Gebäudes beendet seinen Lebenslauf. Die notwendigen Maßnahmen, die zu ergreifen sind, entsprechen denen beim Rückbau von technologischen Anlagen (vgl. Mertzsch 2014), weshalb ich hier nicht näher darauf eingehen will. Entscheidend wird in Zukunft unter dem Aspekt der Klimawirksamkeit solcher Maßnahmen die Erhöhung der Recyclingquote der Baumassen sein. Deshalb sollte als erstes die Frage einer möglichen Nachnutzung eines Gebäudes stehen.

Danksagung
Für die Unterstützung bei der Abfassung des Vortrags bin ich Herrn Dr. Jörg Mernitz, Eisenhüttenstatt (Metallurgie), und Dipl.-Ing. Bernd Packheiser, Fürstenwalde (Bauwesen), zu Dank verpflichtet.

Bibliographie

ArcelorMittal (2022): *Roheisenerzeugung*. https://eisenhuettenstadt.arcelormittal.com/icc/arcelor-ehst-de/broker.jsp?uMen=ebd422ba-1fff-a51e-8fe1-a327d7b2f25d (04.01.2023).

Banse, Gerhard (2021): „Horst Wolffgramm (1926–2020) – Einer der ‚Väter' der modernen Allgemeinen Technologie". *Lebenszyklusanaly-*

sen. Stationen im Lebenszyklus von Technologien und Aspekte ihrer Bewertung, hrsg. von Gerhard Banse/Norbert Mertzsch. Berlin. trafo Wissenschaftsverlag, 15–22 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 146).

Banse, Gerhard/Mertzsch, Norbert (Hrsg.) (2021): *Lebenszyklusanalysen. Stationen im Lebenszyklus von Technologien und Aspekte ihrer Bewertung*. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 146).

Banse, Gerhard/Reher, Ernst-Otto (Hrsg.) (2002): *Allgemeine Technologie. Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft*. Berlin: trafo Verlag (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät 50 (7)).

Banse, Gerhard/Reher, Ernst-Otto (Hrsg.) (2008): *Allgemeine Technologie – verallgemeinertes Fachwissen und konkretisiertes Orientierungswissen zur Technologie*. Berlin: trafo Verlag (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 99).

Baustoffwerke Havelland (2022): *UNIKA Kalksandstein. UNIKA Planelemente*. https://www.baustoffwerke-havelland.de/produkte-unika-porit/produkte-unika.html (04.01.2023).

Beckmann, Johann (1780): *Anleitung zur Technologie, oder zur Kentniß der Handwerke, Fabriken und Manufacturen, vornehmlich derer, die mit der Landwirthschaft, Polizey und Cameralwissenschaft in nächster Verbindung stehn* [1777]. 2. Aufl. Goettingen: Vandenhoeck und Ruprecht.

Beckmann, Johann (1990): „Entwurf der algemeinen Technologie" [1806]. *Vorrath kleiner Anmerkungen über mancherley gelehrte Gegenstände. Drittes Stück*. Auszugsweiser Nachdruck, hrsg. von Manfred Beckert. Leipzig: Fachbuchverlag, 137–207.

Beckmann, Johann (2002): *Beckmanns Allgemeine Technologie. Herrn Hofrath Beckmanns Vorlesungen über die Technologie*, eingeleitet, kommentiert und herausgegeben von Alois Kernbauer. Graz: Akademische Druck- und Verlagsanstalt, Universitätsbuchdruckerei und Universitätsverlag (Publikationen aus dem Archiv der Universität Graz 38).

Brostow, Witold (1984): *Einstieg in die moderne Werkstoffwissenschaft*. Leipzig: Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie.

Bund (2022): *Das BIM-Portal des Bundes*. https://via.bund.de/bim/infrastruktur/landing (04.01.2023).

Carbocon (2022): *Carbonbeton*. https://www.carbocon.de/carbonbeton/ (04.01.2023).

Dittmann, Matthias (2021): *Haus aus dem 3D-Drucker: Was Interessenten*

wissen müssen. https://www.bauen.de/a/haus-aus-dem-3d-drucker.html (04.01.2023).

Enzyklopädie (1968a): „Elektronengeräte und Ionengeräte". *Kleine Enzyklopädie Atom Struktur der Materie*, hrsg. von einem Autorenkollektiv. Leipzig: Bibliographisches Institut, 308-314.

Enzyklopädie (1968b): „Halbleitertechnik. Reinigungsverfahren". *Kleine Enzyklopädie Atom Struktur der Materie*, hrsg. von einem Autorenkollektiv. Leipzig: Bibliographisches Institut, 655.

Falenski, Martin/Katzschmann, Wilhelmina/Kaupmann, Marcel/Kramer, Markus/Oltmanns, Hans-Georg/Rehman, Aqib (2022): *BIM-START für Ingenieurbüros*. Berlin: Bundesingenieurkammer e.V. https://bingk.de/wp-content/uploads/2022/09/BIM_Start.pdf (04.01.2023).

Gatzke, Margitta (2022): *Die Geschichte Zehdenicks*. https://www.zehdenick.de/geschichte.html (04.01.2023).

Grüning, Michael (1985): *Der Wachsmann-Report. – Auskünfte eines Architekten*. Basel: Birkhäuser Verlag.

Hägermann, Dieter (1999): „Technik im frühen Mittelalter zwischen 500 und 1000. Eisenproduktion". *Propyläen Technikgeschichte. Landbau und Handwerk 750 v. Chr. bis 1000 n. Chr.*, hrsg. von Dieter Hägermann/Helmuth Schneider. Berlin: Propyläen Verlag, 419-434.

Hartmann, Klaus (2014): „Technologien – Elemente der Produktionssphäre". *Beiträge zur Allgemeinen Technologie*, hrsg. von Gerhard Banse/Ernst-Otto Reher. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag, 51-82 (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 36).

Koch, Friederike (2007): „Die spätkaiserzeitliche Besiedlung der Westlausitz. Vortrag zur 16. Jahrestagung der Naturforschenden Gesellschaft der Oberlausitz am 11. März 2006 in Kamenz". *Berichte der Naturforschenden Gesellschaft der Oberlausitz* 15, 19–31.

Leifichemie (2022): *Kupferherstellung: Elektrolytische Raffination. Metalle und Erze*. https://www.leifichemie.de/anorganische-chemie/metalle-und-erze/grundwissen/kupferherstellung-elektrolytische-raffination (04.01.2023).

Lexikon (2022a): „Konverter". *Lexikon der Chemie*. https://www.spektrum.de/lexikon/chemie/konverter/5045 (04.01.2023).

Lexikon (2022b): *Lichtbogenofen*. https://www.chemie.de/lexikon/Lichtbogenofen.html (04.01.2023).

Mertzsch, Norbert (2014): „Außerbetriebnahme und Rückbau von

Technologien“. *Beiträge zur Allgemeinen Technologie*, hrsg. von Gerhard Banse/Ernst-Otto Reher. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag, 349-378 (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 36).

Mertzsch, Norbert (2020): „Hydrothermal processes in industry“. *ChemTexts* 6 (21). https://doi.org/10.1007/s40828-020-00116-9.

Näther, Mathias/Nerella, Venkatesh Naidu/Krause, Martin/Kunze, Günter/Mechtcherine, Viktor/Schach, Rainer (2017): *Beton-3D-Druck – Machbarkeitsuntersuchungen zu kontinuierlichen und schalungsfreien Bauverfahren durch 3D-Formung von Frischbeton*. Stuttgart: Fraunhofer IRB-Verlag. https://www.irbnet.de/daten/rswb/17079004398.pdf (04.01.2023).

Newsletter Austria Innovativ (2021): *Kohlenstofffreie, wasserstoff-basierte Direktreduktion durch HYFOR-Pilotanlage*. https://www.austriainnovativ.at/singleview/article/kohlenstoff-freie-wasserbasierte-direkt-reduktion-durch-hyfor-pilotanlagen (04.01.2023).

Pahl, Uwe (2021): „Erfahrungen mit dem Arbeitsmittel Inbetriebnahme-Management für komplexe technische Anlagen in Theorie und Praxis“. *Lebenszyklusanalysen. Stationen im Lebenszyklus von Technologien und Aspekte ihrer Bewertung*, hrsg. von Gerhard Banse/Norbert Mertzsch. Berlin. trafo Wissenschaftsverlag, 81-86 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 146).

PT – Primetals Technologies (2022): *Midrex® – Das weltweit führende Verfahren zur DRI-Erzeugung*. https://www.primetals.com/de/portfolio/ironmaking/midrexr (04.01.2023).

Reinboth, Lutz (2022): *Firmenporträt: Die Fertighäuser von Niesky*. https://www.dach-holzbau.de/artikel/firmenportrait-die-fertig-haeuser-von-niesky_3179290.html (04.01.2023).

Schwan, Ben (2022): *55 Quadratmeter und recyclebar: 3D-Drucker macht Haus aus Holzfasern und Harzen*. https://www.heise.de/hintergrund/55-Quadratmeter-und-recyclebar-3D-Drucker-macht-Haus-aus-Holzfasern-und-Harzen-7351876.html (04.01.2023).

Sitschick, Heidemarie/Ludwig, Frank/Wetzel, Elke/Luckert, Joachim/Höding, Thomas (2005): „Raseneisenerz – auch in Brandenburg ein mineralischer Rohstoff mit bedeutender wirtschaftlicher Vergangenheit“. *Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge* 12 (1/2), 119-128.

Spazier, Ines (2005–2007): „Das Eisenverhüttungszentrum Wolkenberg“. *Veröffentlichungen zur brandenburgischen Landesarchäologie* 39/40,

89-229.

Teske, Manfred (2004): „Eisengewinnung und Silberschmelze in Hohenofen“. *Jahrbuch Ostprignitz-Ruppin,* Jg. 13., hrsg. von der Kreisverwaltung Ostprigniz-Ruppin. Neuruppin: Kreisverwaltung, 113-121.

Vasters, Jürgen/Franken, Gudrun/Elsner, Harald (2020): *Zinn. Informationen zur Nachhaltigkeit*. Hannover: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (B 1.2 Geologie der mineralischen Rohstoffe. Arbeitsbereich Bergbau und Nachhaltigkeit).

Vauck, Wilhelm R. A./Müller, Herrmann A. (1978): *Grundoperationen chemischer Verfahrenstechnik*. Leipzig: Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie.

Wikipedia (2022a): *Corex*. https://de.wikipedia.org/wiki/Corex (04.01.2023).

Wikipedia (2022b): *Kupfersteinzeit*. https://de.wikipedia.org/wiki/Kupfersteinzeit (04.01.2023).

Wikipedia (2022c): *Plattenbau. Deutsche Demokratische Republik*. https://de.wikipedia.org/wiki/Plattenbau#Deutsche_Demokratische_Republik (04.01.2023).

Wolffgramm, Horst (1978): *Allgemeine Technologie. Elemente, Strukturen und Gesetzmäßigkeiten technologischer Systeme*. Leipzig: Fachbuchverlag.

Wolffgramm, Horst (2012): *Allgemeine Techniklehre. Elemente, Strukturen und Gesetzmäßigkeiten (Einführung in die Denk- und Arbeitsweise der allgemeinen Techniklehre)*. https://dgtb.de/wp-content/uploads/2018/11/Wolffgramm-Allgemeine-Technikthеorie-klein.pdf (04.01.2023).

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *156 (2023), 99–112*

Zukunftsfähige Fernwärme – Der lange Weg von der Entwicklung bis zum Einsatz neuer Technologien

Kerstin Becker, Ernst-Peter Jeremias
(Rheinsberg; Flecken Zechlin, MLS)

Abstract

District heating supply is an excellent option, not only in large cities and metropolitan areas. With their help, the transformation from fossil fuels to renewable energy sources can be accelerated. District heating networks have a long tradition in the history of technology. Today's energy supply would be inconceivable without them. On the contrary. Local and district heating networks are increasingly coming into focus due to the current international situation in the summer of 2022 and the difficult situation on the energy market. The oil crisis led to the first Heat Supply Act in Denmark in 1979. Denmark should become less dependent on imported fuel and increasing energy prices. Today, 63 % of the households in our Danish neighbor are supplied with district heating. More than 60 % of this heat is generated from renewable sources. In Germany, only a good 14 % of the housing stock in Germany was supplied with district heating in 2021. In Germany in 2020, the share of renewable energies will be just under 18 %. This comparison leads to the main thesis of this article: *"The implementation of innovations and new technologies depends to a large extent on the social framework."* District heating systems have thus developed into an important element of municipal services of general interest. They are still clearly expandable in Germany. They offer an excellent solution for the necessary energetic transformation process in society and the implementation of sector coupling. The article deals with the main obstacles in establishing district heating systems in Germany and shows ways to overcome them.

Resümee

Fernwärmeversorgung ist eine hervorragende Möglichkeit, nicht nur in den großen Städten und Ballungsgebieten, die Transformation von fossilen zu erneuerbaren Energieträgern zu forcieren. Fernwärmenetze haben in der Geschichte der Technik eine lange Tradition. Sie sind aus unserer heutigen Energieversorgung nicht mehr wegzudenken. Im Gegenteil. Die aktuelle internationale Situation im Sommer 2022 und die resultierende, verschärfte Lage auf dem Energiemarkt rücken Nah- und Fernwärmenetze stärker als bisher in den Fokus. In Schlussfolgerung aus der Ölkrise brachte Dänemark das erste Wärmeversorgungsgesetz im Jahr 1979 auf dem Weg. Es hatte zum Ziel, unabhängiger von importierten Brennstoffen und zunehmenden Energiepreisen zu werden. Heute werden 63 % der Haushalte unseres dänischen Nachbarn mit Fernwärme versorgt. Über 60 % dieser Wärme wird dabei aus erneuerbaren Quellen erzeugt. In Deutschland wurden 2021 nur gut 14 % des Wohnungsbestandes in Deutschland wurden 2021 mit Fernwärme versorgt. Der Anteil der Einkommensenergien beträgt 2020 hierzulande nur knapp 18 %. Dieser Vergleich führt zur Hauptthese dieses Beitrages: *„Die Umsetzung von Innovationen und neuer Technologien hängt maßgeblich von den gesellschaftlichen Rahmenbedingungen ab."* Fernwärmesysteme haben sich also zu einem wichtigen Element der kommunalen Daseinsvorsorge entwickelt, auch wenn sie in Deutschland noch deutlich ausbaufähig ist. Sie bieten einen hervorragenden Lösungsansatz für den notwendigen energetischen Transformationsprozess in der Gesellschaft und die Umsetzung der Sektorenkopplung. Der Beitrag setzt sich mit wesentlichen Umsetzungshindernissen bei der bei der Etablierung von Fernwärmesystemen in Deutschland auseinander und zeigt Wege zu deren Überwindung auf.

Keywords / Schlüsselwörter

District heating network, energy supply, implementation of innovations, new technologies, social framework
Fernwärmenetz, Energieversorgung, Umsetzung von Innovationen, neue Technologien, gesellschaftliche Rahmenbedingungen

1 Einführung und Problemstellung

Die Gaspreise in Europa und insbesondere auch in Deutschland sind im September 2022 trotz einer leichten Marktberuhigung auf einem historisch hohen Niveau.

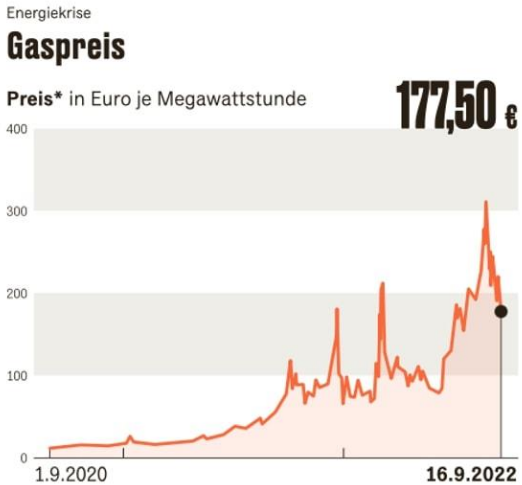


Abbildung 1: Entwicklung des Erdgaspreises zwischen dem 01.09.2020 und dem 16.09.2022 (Quelle: Handelsblatt 2022).

Die Folge sind hohe Kosten für Wärme- und Prozesswärmeenergie bei privaten, gewerblichen und industriellen Energieabnehmern. Was sind die Ursachen?

> „Vor allem beim Gas gibt es derzeit eine Knappheit, die zu einem extremen Preisschub führt. Dies liegt zum einen daran, dass die Gasspeicher in Europa ungewöhnlich leer waren. Zum anderen ist das Angebot knapper als sonst – auch weil der russische Gazprom-Konzern derzeit weniger Gas über Pipelines durch die Ukraine nach Europa liefert. Manche Experten vermuten, dass der Kreml hier absichtlich auf die Bremse tritt, um ein Faustpfand für die umstrittene Ostseepipeline Nord Stream 2 in der Hand zu haben. Denn der Vorteil bei Nord Stream 2 ist aus russischer Sicht, dass dort keine Transitgebühren an die Ukraine anfallen. Auf jeden Fall trifft das knappe Angebot an Gas auf eine Nachfrage, die nach der Corona-Krise wieder deutlich angezogen hat – in dem Maße, wie sich die Wirtschaft in Europa erholt. Das führte zu dem massiven Preissprung.“ (Hosan 2022)

Auch die Rohöl- und Heizölpreise verhalten sich derzeit sehr volatil mit steigender Tendenz. So wurden im März 2022 von bis zu 130 Dollar/Barrel (+ 545 % zu 2020) auf dem Weltmarkt verlangt.

Neben dieser wirtschaftlichen Komponente gewinnt die Freisetzung von CO_2-Emissionen aus fossilen Brennstoffen vor dem Hinter-

grund des Klimawandels eine hervorragende Bedeutung und bedarf einer sofortigen Abkehr von diesen Primärenergieträgern.

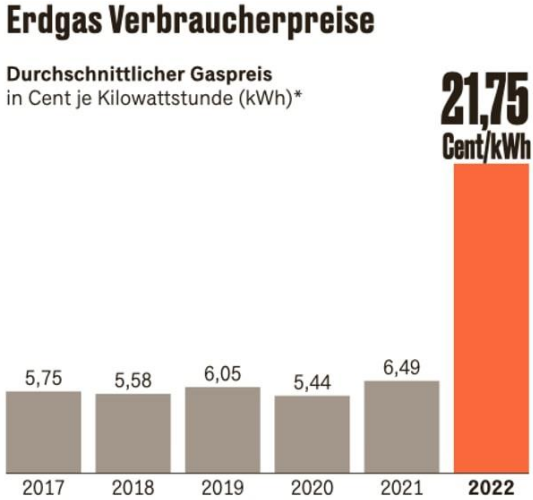


Abbildung 2: Entwicklung der Erdgas-Verbraucherpreise von 2017 bis 2022 (Quelle: Handelsblatt 2022).

Aber nicht nur die unmittelbaren Gasverbraucher sind von den hohen Preissteigerungen betroffen.

Auch in den Fernwärmenetzen, deren Erzeugeranlagen in Deutschland heute, motiviert durch die frühere Politik, Erdgas vorrangig in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen verwenden, sind betroffen und müssen die Kosten an ihre Kunden weitergeben. Und nicht nur das! Es gelten derzeit Vorgaben, möglichst kein Erdgas für die Erzeugung von Wärme und Strom einzusetzen (vgl. BfJ 2023).

Trotzdem ist die Fernwärmeversorgung eine hervorragende Möglichkeit, nicht nur in den großen Städten und Ballungsgebieten, die Transformation von fossilen zu erneuerbaren Energieträgern zu forcieren.

Fernwärmenetze haben in der Geschichte der Technik eine lange Tradition. Sie sind aus unserer heutigen Energieversorgung nicht mehr wegzudenken. Im Gegenteil. Die aktuelle internationale Situation im Sommer 2022 und die resultierende, verschärfte Lage auf dem Energiemarkt rücken Nah- und Fernwärmenetze stärker als bisher in den Fokus.

Historisch gesehen finden sich die Anfänge der öffentlichen Fernwärmeversorgung im 19. Jh. in den USA. Zwischen 1879 und 1889 wurden erste Lizenzen für den öffentlichen Fernheizbetrieb in New York erteilt. In Deutschland wurden um 1870 erste größere Fernheizungen zunächst zur Eigenversorgung (vorrangig Krankenanstalten, wie z. B. in Andernach, Beelitz, Bonn und Düsseldorf) errichtet. 1893 sind dann in Kiel erste Fernwärmeversorgungen für benachbarte Wohngebäude errichtet worden. Weitere Meilensteine der Entwicklung der Fernwärmeversorgung in Deutschland, die zunächst als „Städteheizung" bezeichnet wird, sind:

- Inbetriebnahme des staatlichen „Fernheiz- und Elektrizitätswerks Packhofstraße" im Dezember 1900 in Dresden.
- Es folgen München (1901), Karlsruhe (1906), Kiel (1907), Leipzig (1912) und Berlin (1912).

Ab 1920 ist die Entwicklung sprunghaft.

Im Nachkriegsdeutschland stieg die Einspeisung in Wärmenetze von 10 PJ pro Jahr im Jahr 1950 auf 110 PJ im Jahr, also um das Elffache. Die angestrebte Steigerung der gesamtstädtischen Energieeffizienz und der geförderte Einsatz regenerativer Energien bedeutet heute einen hohen Stand existierender Fernwärmesysteme und gleichermaßen einen weiteren Ausbau von Nah- und Fernwärmesystemen.

Dieser Ausbau wurde in der Vergangenheit in Deutschland aber nicht mit der erforderlichen Zielstrebigkeit, Konsequenz und Effizienz verfolgt und dem Erdgas bisher eine zu große Bedeutung als Primärenergieträger beigemessen. Man kann das sehr gut begründen, wenn man beispielsweise die Entwicklungen der öffentlichen Wärmeversorgung in Dänemark und in Deutschland in den letzten 25 Jahren vergleicht (vgl. Becker/Jeremias 2022).

Als Konsequenz der Ölkrise brachte Dänemark das erste Wärmeversorgungsgesetz im Jahr 1979 auf dem Weg. Es hatte zum Ziel, unabhängiger von importierten Brennstoffen und zunehmenden Energiepreisen zu werden. Seitdem sind Kommunen in Dänemark gesetzlich verpflichtet Wärmepläne zu entwickeln. Die Wärme muss, wo möglich, durch Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt werden. Die Wärmepreise müssen alle erforderlichen Kosten decken und gemeinnützig bleiben. Heute werden 63 % der Haushalte unseres dänischen Nachbarn mit Fernwärme versorgt. Über 60 % dieser Wärme wird dabei aus erneuerbaren

Quellen erzeugt. Die Nutzung von Abwärme aus der Industrie in den Fernwärmesystemen nimmt zu. Zukünftig werden die flexiblen Fernwärmesysteme, die die Integration von hohen Anteilen an Windenergie unterstützen, eine Schlüsselrolle im Energiesystem spielen (vgl. Cantos/Lamvers 2021).

Anders bei uns in Deutschland, wie Abbildung 3 zeigt.

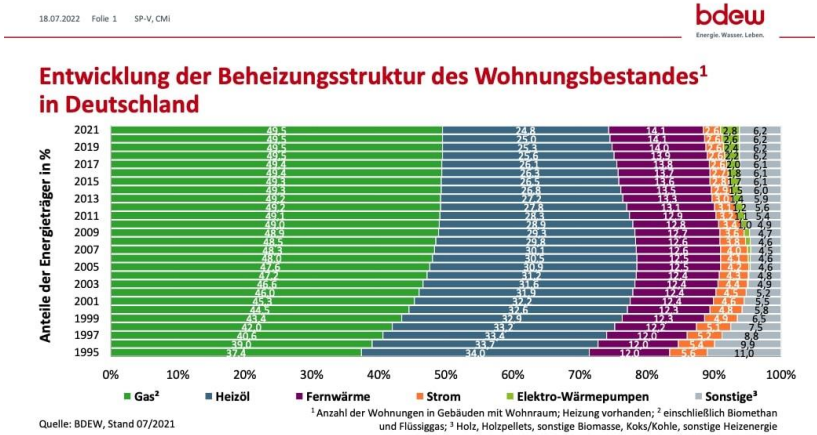


Abbildung 3: Entwicklung der Beheizungsstruktur des Wohnungsbestandes in Deutschland (Quelle: BDEW 2022).

Nur gut 14 % des Wohnungsbestandes in Deutschland wurden 2021 mit Fernwärme versorgt. Den Anteil von Einkommensenergie an der Nettowärmeerzeugung für die Fernwärme im Jahr zeigt Abbildung 4.

Der Anteil der Einkommensenergien beträgt 2020 nur knapp 18 %. Das ist eine vergebene Chance in Deutschland. Fernwärmesysteme könnten heute bei besserer brennstoffseitiger und technisch-technologischer Ausrichtung einen wesentlichen Beitrag zur Überwindung der schwierigen energiepolitischen Situation des Landes leisten.

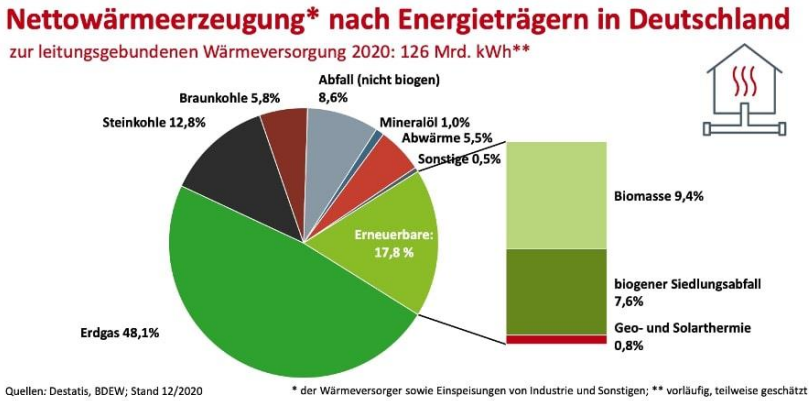


Abbildung 4 Nettowärmeerzeugung nach Energieträgern in Deutschland (Quelle: BDEW 2022).

Der Beitrag geht auf einige wesentliche technisch-technologische Bedingungen ein, die einer schnellen Umstellung der Fernwärmeversorgung in Deutschland vom Vermögensenergieträger Erdgas auf Einkommensenergien unter Nutzung der Sektorenkopplung entgegenstehen. Es wird an Beispielen gezeigt, dass die politischen Rahmenbedingungen einen wesentlichen Einfluss auf die Durchsetzung neuer Technologien in der allgemeinen Praxis haben. Dänemark und Deutschland, unter nahezu gleichen klimatischen Bedingungen existierend, sind dabei gut vergleichbar. Tabelle 1 zeigt den wesentlichen Unterschied in den rahmenrechtlichen Voraussetzungen in Dänemark im Vergleich zu Deutschland.

Vergleichsbeispiel	Dänemark	Deutschland
Politische Veranlassung	Ölpreiskrise 1979/1980	Entscheidung zum Ausbau Erneuerbarer Energien
Politische Maßnahme	Wärmeversorgungskonzept 1979	Stromeinspeisegesetz 1990 und Erneuerbares-Energien-Gesetz 2000
Wirkung	Konsequenter und vorrangiger Ausbau von Fernwärmestrukturen	Ausbau der Stromerzeugung aus Solar- und Windenergie, Biomasse
Ergebnisse in Bezug auf die nationale Fernwärmeversorgung	63 % der Haushalte werden heute über Fernwärme versorgt, dabei 60 % der Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Quellen	14 % (2018) der Haushalte werden mit Fernwärme erzeugt, 18 % (2020) der Nettowärmeerzeugung aus Erneuerbaren Quellen
Technisch-technologische Konsequenzen für die Fernwärmeversorgung	Moderne, flächendeckende Fernwärmnetze mit hoher energetischer Effizienz	Regionale Fernwärmeversorgung mit vorrangig Kraft-Wärme-Kopplung (Erdgas) in traditionellen Netzstrukturen

Tabelle 1: Vergleich der Fernwärmesysteme in Dänemark und in Deutschland (eigene Darstellung).

Mit einem langjährigen kommunalen Modellprojekt wurden über drei Jahrzehnte Erfahrungen gesammelt. In der Stadt Rheinsberg wurde 1992/93 ein Fernwärmenetz nach dänischem Vorbild und mit dänischer Technologie (niedrige Netztemperaturen, große Temperaturspreizung, frische Waldhackschnitzel als Primärenergieträger in Kombination mit einer erdgasbasierenden Kraft-Wärme-Kopplung) errichtet, das bis heute nicht die energetische Effizienz erreicht, die theoretisch möglich wäre. Der Grund dafür sind Gebäudeheizanlagen im Bestand, die mehrheitlich noch immer nicht den Bedingungen der Technischen Anschlussbedingungen Fernwärme (TAB Fernwärme) der Stadtwerke Rheinsberg entsprechen. Insbesondere die Wärmenetztemperaturen sind eine grundsätzliche Voraussetzung für die gewünschte und wirtschaftlich notwendige energetische Effizienz des Versorgungssystems.

Die vorstehenden Betrachtungen führen uns zur Hauptthese dieses Beitrages: *„Die Umsetzung von Innovationen und neuer Technologien hängt maßgeblich von den gesellschaftlichen Rahmenbedingungen ab."*

Die weiterführenden Betrachtungen erfolgen für das Versorgungssystem Fernwärme in Deutschland.

2 Die Zukunft der Fernwärme

Fernwärmesysteme haben sich zu einem wichtigen Element der kommunalen Daseinsvorsorge entwickelt, auch wenn sie in Deutschland noch deutlich ausbaufähig ist.

Die Hauptaufgaben der Fernwärme in der Zukunft werden sein:

- Klimaneutrale Wärmeversorgung für Quartiere im Bestand;
- dezentrale / zentrale Wärmeversorgung auch bei niedrigen Bebauungsdichten und Neubau bei Vorhandensein geeigneter Wärmequellen;
- wichtiger Bestandteil des Transformationsprozesses zum Wechsel von den Vermögensenergien (fossile Brennstoffe) zu den Einkommensenergien (sogenannte erneuerbare Energien).

In diesem Transformationsprozess müssen der Fernwärmeversorgung wichtige Funktionen und Aufgaben zugeordnet werden:

- Senkung der Wärmenetztemperaturen bis hin zum Temperaturniveau von Kaltnetzen;

- Erhöhung der Energieeffizienz;
- zeitliche Entkopplung von Wärmequelle und Wärmeverbrauch bei fluktuierenden Quellen und für optimale Sektorenkopplung.

Mit der Senkung der Wärmenetztemperaturen verändern sich die technisch-physikalischen Bedingungen in der Weise, dass zunächst die temperaturgetriebenen Wärmeverluste des Wärmenetzes und seiner technischen Komponenten maßgeblich gesenkt werden. Das hat großen Einfluss auf die energetische Effizienz des Systems. Der notwendige Energieaufwand für die Wärmeerzeugung und -verteilung könnte dadurch erheblich gesenkt werden. Einkommensenergien wie solare- und geothermische Potenziale sowie die Nutzung von Umweltwärme aller Art mit Wärmepumpen wird bei niedrigen Wärmenetztemperaturen erst sinnvoll und wirtschaftlich. In der favorisierten Sektorenkopplung von Elektroenergie, die zukünftig vorrangig aus Einkommensenergien erzeugt werden soll, in Wärmeenergie, werden Wärmepumpen in der Zukunft eine hervorragende Rolle spielen müssen. Im Großen, also in Fernwärmenetzen, wie im Kleinen. Niedrige Wärmenetztemperaturen gewährleisten dafür die notwendige Wärmesenke. Das gilt auch für die thermosolare Energieerzeugung.

Durch möglichst hohe Temperaturdifferenzen zwischen Vor- und Rücklauf des Wärmenetzes wird die Leistungsaufnahme der Umwälzpumpen signifikant verringert und damit die Menge und Kosten des notwendigen Elektroenergieeinsatzes reduziert. Die optimierte Netzhydraulik wird schließlich die Belastungen der Rohrnetze vermindern. Durch örtlich hohe Druckverluste verursachte Dampfbildung und in Verbindung damit auftretende Kavitationseffekte können insbesondere in komplexen Wärmenetzen mit großen geodätischen Höhenunterschieden vermieden werden. Unter Kavitation versteht man die Bildung von Blasen in einer Flüssigkeit. Dabei sinkt der lokale Druck schnell unter den Dampfdruck der Flüssigkeit. Es bildet sich eine Dampfblase in der Flüssigkeit, die in der Regel nur kurze Zeit bestehen bleibt, bevor sie wieder in eine Flüssigkeit kollabiert. Dieser Kollaps ist heftig.

Insbesondere die Senkung der Wärmenetzrücklauftemperaturen führt also zur Minimierung des Pumpenstromeinsatzes bei verringerter thermomechanischer Belastung der Rohrleitungen und vermeidet Kavitationseffekte in Pumpen und Rohrleitungen. Deshalb sind die Maßnahmen zur Senkung der Wärmenetztemperaturen, insbesondere der Rücklauftemperatur zwingend für moderne und wirtschaftliche Fern-

wärmenetze. Der Schlüssel für entsprechende wirksame Maßnahmen sind die Gebäudewärmeverteilnetze.

3 Anforderungen an die Gebäudeheiznetze in modernen Fernwärmesystemen

Die Rücklauftemperaturen aus den Gebäuden betragen aktuell und typisch zwischen 50 und 60°C.

Der allgemeine fachliche Konsens geht bisher davon aus, dass niedrigere Rücklauftemperaturen anzustreben sind. Die Rücklauftemperaturen werden durch den Gebäudeeigentümer maßgeblich beeinflusst. Zumeist werden in den Technischen Anschlussbedingungen für die Fernwärmkunden die einzuhaltenden Parameter vorgeschrieben. Die Einsicht in die Zuständigkeit und Verantwortlichkeit ist aber bei den meisten Gebäudeeigentümern nicht vorhanden. Das Problem ist technisch-physikalisch bei jeder Heizungsanlage relevant, auch in nicht fernwärmeversorgten Objekten. Die Wärmeversorger selbst verzichten oft auf eine Durchsetzung der TAB Fernwärme durch die Wärmekunden, um diese möglichst nicht zu verlieren. Die Kosten für die Ertüchtigung der Gebäudeheizanlage liegen nämlich auf der Seite des Gebäudeeigentümers.

Das wirft nun die Frage auf, warum eine entsprechende Entwicklung der Fernwärmenetze technisch stagniert?

Die Antwort ist einfach: Der Einsatz fossiler Brennstoffe war einfach, nicht limitiert und preislich attraktiv. Der betriebswirtschaftliche Bilanzkreis bezieht bislang ausschließlich auf das entsprechende Fernwärmesystem, nicht jedoch auf gesellschaftlichen Folgekosten und führt zum ausschließlichen Vergleich der Fernwärmekosten mit dem anlegbaren Wärmemarktpreis für alle Wärmeversorgungssysteme und verfügbaren Brennstoffe. Fernwärme wurde gesamtgesellschaftlich bisher also überwiegend nach ihrem Preis beurteilt. Das hat zur Folge, dass die Auseinandersetzung mit dem Thema Netztemperaturen bisher bei den praktischen Prioritäten eher nachrangig behandelt wurde, da der wirtschaftliche Nutzen von Maßnahmen zur Optimierung von Netzparametern bisher in der Regel nicht nachzuweisen war.

Die aktuelle Entwicklung der Preise für Primärenergieträger, wie bereits im Abschnitt°1 erläutert, sollte endlich ein Grund zum technologischen Umdenken sein. Der aktuelle massive Anstieg der Marktprei-

se für Heizöl und Erdgas; die preislich bevorzugten Primärenergieträger der Vergangenheit; erfordern ein schnellstmögliches Umdenken und vor allem Handeln hinsichtlich der nunmehr bevorzugten Nutzung von Einkommensenergie, auch in der Fernwärme. Das erfordert auch die Schaffung neuer gesellschaftlicher Rahmenbedingungen für die Nutzung von Fernwärme.

Ein erster wichtiger Schritt ist die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze, ein bereits lange erwartetes Förderprogramm, mit dem die Fernwärmebranche in ihrer Transformation und Dekarbonisierung unterstützt werden soll. Dabei spielt nach jetzigem Kenntnisstand die Erstellung sogenannter Transformationspläne eine besondere Rolle (vgl. AGFW 2022).

Unterstellt man einen Erkenntnisprozess im Sinne der erforderlichen Anforderungen an moderne, effiziente Fernwärmenetze, dann leiten sich nachfolgende Fragen für den erforderlichen Umsetzungsprozess ab:

1. Existiert das erkannte Problem aus der Sicht der Anwender?
2. Sind sich die Anwender dessen bewusst?
3. Worin konkret zeigt sich der Nutzen der Problemlösung?
4. Ist der Nutzen für die Anwender relevant?
5. Wie einfach ist die Lösung für den Anwender umzusetzen?
6. Wie teuer ist die Problemlösung?
7. Wie beurteilen maßgebliche Meinungsführer das Problem und dessen Lösung?

Die Beantwortung der vorstehenden Fragen schärft das Problembewusstsein und führt dann zwangsläufig zur Konkretisierung der resultierenden Effekte. Im Falle der Wärmenetzeffizienz sei das folgende Beispiel erläutert:

Eine Verdopplung der Temperaturspreizung im Fernwärmenetz bedeutet bei gleichbleibender Wärmeleistungsübertragung eine Halbierung des Volumenstromes. Das wiederum hat zur Folge, dass die Druckverluste im Wärmenetz überproportional sinken. Damit geht eine Reduzierung des Pumpenstromaufwandes um (theoretische) 87,5°% einher. Das ist eine bedeutsame Größenordnung zur Reduzierung der laufenden Betriebskosten. Wichtige Effekte der Beeinflussung der Wärmenetztemperaturen sind außerdem die Senkung der Wärmenetzverluste und eine Verbesserung der Versorgungsqualität an Schlecht-

punkten bzw. die Erhöhung der Übertragungskapazität. Als Schlechtpunkte werden Wärmenetzbereiche mit hydraulisch grenzwertig niedrigem Differenzdruck bezeichnet. Im Netzschlechtpunkt können bei nicht ausreichendem Differenzdruck Versorgungsprobleme auftreten.

Die technischen Lösungsansätze sind vielfältig und komplex. Ein grundsätzlicher Ansatz ist, die Wärmeübergabestationen vom Wärmeverteilnetz an die Gebäudeheizungsanlagen, auch Hausanschlussstationen genannt, nach modernen Grundsätzen zu gestalten. Hier wird häufig auch die Leistungsgrenze zwischen Wärmeversorger und Wärmekunde definiert. Besonderes Augenmerk muss auf die Bereitstellung von Brauchwarmwasser gerichtet werden. Es gibt zahlreiche Lösungsansätze. Gängige Systeme für Wohnungsübergabestationen sind Durchflussstationen, Speichersysteme und Speicherladesysteme. Eine wichtige Rolle spielt die Regelungstechnik, beispielsweise durch die Begrenzung der Rücklauftemperatur oder die Einspeisung Warmwasserzirkulationsrücklauf in den Heizungsvorlauf. Man muss an dieser Stelle nicht betonen, dass solche komplexen Lösungen auch kostenintensiv sind, wodurch die Motivation zur technischen Anpassung nicht immer befördert wird, auch heute noch nicht. Insofern sollten die Systeme auch so unkompliziert wie möglich konzipiert werden.

4 Umsetzungshindernisse

Die Modernisierung bestehender Fernwärmenetze und deren Neubau in Stadteilen und Quartieren ist ein Gebot unserer Zeit. Es ist ein wichtiger und richtiger Lösungsansatz bei der energetischen Transformation unserer Gesellschaft zur klimaneutralen Energieversorgung. Es gilt die „alten Zöpfe“ schnell zu überwinden.

Zu beachten ist jedoch die teils hohe Individualität der verschiedenen Wärmenetze, die durch Rohrnetzdimensionen, Abnehmerstrukturen, geodätische Höhenverhältnisse, Druckverhältnisse, Netzabdeckung zu Datenübertragung und individuelle technische Lösungen geprägt ist. Daher gibt es nicht DEN EINEN technischen Lösungsansatz, der für alle Wärmenetze gleichermaßen gilt.

Nicht zuletzt sind auch arbeitsorganisatorische und psychologische Aspekte zu berücksichtigen. Mit zunehmender Arbeitsbelastung, die aus dem spürbaren Fachkräftemangel resultiert, sinken die Möglichkeit der aktiven kognitiven Durchdringung der thermohydraulischen Vor-

gänge im Wärmenetz und die Bereitschaft zum Einsatz neuer herausfordernder Technologien.

Zusammenfassend ist hier verallgemeinernd zu konstatieren: Hindernisse, die dem Einsatz der technischen Neuerungen entgegenstehen, können wie folgt identifiziert werden:

- *Wirtschaftliche Hindernisse* unter den Gesichtspunkten der Marktwirtschaft und den damit einhergehenden beschränkten Bilanzgrenzen der Betrachtungen,
- *Technische Hindernisse*, die auf lokalen und individuellen technischen Voraussetzungen beruhen,
- *Arbeitsorganisatorische Hindernisse* unter Einbeziehung von psychologischen Belastungen und Möglichkeiten und Grenzen der Wissensvermittlung,
- *Gesellschaftliche und politische Hindernisse* die sich insbesondere in einschränkenden rechtlichen Rahmenbedingungen äußern und
- Fragen der *Wahrnehmung des Nutzens* der technologischen Entwicklungen bei den Anwendern.

Die einführende These dieses Beitrages sollte also hiermit bestätigt sein. Die Politik muss auch weiterhin die Rahmenbedingungen für moderne und effiziente Wärmenetze noch maßgeblich ausprägen.

Bibliographie

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. (2022): *AGFW-Empfehlungen zur Erstellung eines Transformationsplanes nach BEW*. https://www.agfw.de/technik-sicherheit/erzeugung-sektorkopplung-speicher/aktuelles-aus-dem-bereich/newsdetail/agfw-empfehlungen-zur-erstellung-eines-transformationsplanes-nach-bew (27.01.2023).

BDEW – Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (2020): *Grafik Fernwärme*. https://www.bdew.de/media/documents/20210122_BDEW-Zahl_der_Woche_Grafik_Fernwaerme.pdf (27.01.2023).

BDEW – Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (2022): *Entwicklung der Beheizungsstruktur des Wohnungsbestandes in Deutschland*. https://www.bdew.de/media/documents/Wohnungsbestand_Beheizungsstruktur_Entw_ab_1995_online_o_dw_jaehrlich_CMi_1807

2022.pdf (27.01.2023).

Becker, Kerstin/Jeremias, Ernst-Peter (2022): „Entwicklungstendenzen bei der Wärmeversorgung mit Wärmenetzen". *Die Energiewende 2.0. Im Fokus: Die Infrastruktur*, hrsg. von Norbert Mertzsch/Ernst-Peter Jeremias. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag, 35-55 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 155).

BfJ – Bundesministerium für Justiz (2023): *Gesetz zur Sicherung der Energieversorgung (Energiesicherungsgesetz – EnSiG).* https://www.gesetze-im-internet.de/ensig_1975/BJNR036810974.html (27.01.2023).

Cantos, Elena/Lamvers, Eric (2021): *Kommunale Wärmewende. Die Dänische Wärmewende.* https://www.waermewende.de/daenischewaermewende/ (27.01.2023).

Handelsblatt (2022): *Gaspreisentwicklung – Gaspreise fallen auf Drei-Monats-Tief.* https://www.handelsblatt.com/unternehmen/energie/gaspreisentwicklung-gaspreise-fallen-auf-drei-monats-tief/28682942.html (27.01.2023).

Hosan, Bastian (2022): *Capital erklärt: Warum gerade jetzt die Energiepreise steigen.* https://www.capital.de/wirtschaft-politik/capital-erklaert-warum-steigen-gerade-die-energiepreise (27.01.2023).

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *156 (2023), 113–138*

Lebenszyklen und Paradigmenwechsel in der maschinellen Verarbeitung von Sprache

Gerda Haßler
(Potsdam, MLS)

Abstract
The concept of making language comprehensible and processable through machine technology has a long history dating back hundreds of years. In the 18th century, a competition emerged to see who would be the first to develop a functioning and high-quality method for speech synthesis. Over the past half-century, there have been numerous attempts to process human speech through machines, with the systems used in the 1960s relying on semantic information processing and simple methods. In the early 1980s, automatic translation began to produce higher-quality results in limited areas. Today, we have advanced translation systems such as DeepL and text creation programs like ChatGPT, which are accessible to the public and consider the contextual and idiomatic aspects of language usage. Despite these advancements, the limitations of machine language processing remain evident, even in the most sophisticated systems.

Resümee
Die Idee, Sprache mittels maschineller Verarbeitung verstehbar und handhabbar zu machen, ist Jahrhunderte alt. Im 18. Jahrhundert hatte ein Wettlauf darum eingesetzt, wem es als Erstem gelingen würde, eine funktionierende und zugleich auch qualitativ überzeugende Methode zur Sprachsynthese bereitzustellen. Seit mehr als einem halben Jahrhundert gibt es ernst zu nehmende Versuche, menschliche Sprache maschinell zu verarbeiten. Die in den 1960er Jahren verwendeten Systeme versuchten sich an semantischer Informationsverarbeitung, verwendeten aber überwiegend einfache Mittel. Seit Beginn der 1980er Jahre konnte die automatische Übersetzung in eingeschränkten Bereichen Ergebnisse von höherer Qualität liefern. Inzwischen gibt es gut funktio-

nierende und jedermann zugängliche Übersetzungssysteme (z.B. DeepL) und Texterstellungsprogramme (ChatGPT), die auch kontextuelle und idiomatische Voraussetzungen der Sprachverwendung berücksichtigen. Dennoch bleiben die Grenzen der maschinellen Sprachverarbeitung auch in modernsten Systemen sichtbar.

Keywords/Schlüsselwörter
language processing, speech synthesis, semantic information processing, automatic translation, text creation programmes, contextual and idiomatic prerequisites
maschinelle Sprachverarbeitung, Sprachsynthese, semantische Informationsverarbeitung, automatische Übersetzung, Texterstellungsprogramme, kontextuelle und idiomatische Voraussetzungen.

1 Einleitung

Wenn es in diesem Beitrag um Lebenszyklen und Paradigmenwechsel in der maschinellen Verarbeitung von Sprache geht, so unterscheiden sich die behandelten Gegenstände mindestens in dreifacher Richtung von dem auf einem Symposium zur Allgemeinen Technologie Erwartbaren. Erstens wird es nicht um Funktions- und Strukturprinzipien technischer Sachsysteme (vgl. Beckmann 1806) gehen, nicht um materielle Gegenstände, sondern um Sprache, die trotz ihrer lautlichen und grafischen Manifestierungen ideeller Natur ist. Unter dem Gesichtspunkt der Sprachtechnologien sind die durch Geräte vollzogene Umwandlung von Sprache, z.B. gesprochener in geschriebene und umgekehrt, oder die Übersetzung in eine andere Sprache interessant. Zweitens werden Lebenszyklen und Paradigmenwechsel in einer historischen Perspektive behandelt, die vor der Zeit Beckmanns beginnt. Das frühe Interesse der Menschen an Sprachtechnologien wird auch in grundlegende philosophische Fragen eingeordnet. Drittens wird das Thema von einer Sprachwissenschaftlerin und Wissenschaftshistorikerin behandelt. Handwerkliche Techniken der Herstellung der frühen Sprechmaschinen oder Details der Softwareherstellung heutiger Texterzeugungsprogramme bleiben ausgeklammert.

2 Sprachtechnologien *avant la lettre*: Sprechmaschinen

Dass im 18. Jahrhundert eine große Begeisterung für Automaten, die menschliche Tätigkeiten ausüben sollten, geherrscht hat, lässt sich schon am Beispiel des berühmten Schachautomaten des Barons Wolfgang von Kempelen (1734–1804) zeigen, der gegen Friedrich II und später auch gegen Napoleon gewonnen haben soll.

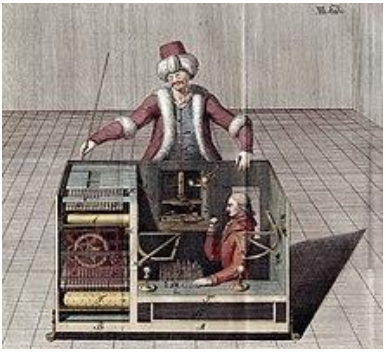


Abbildung 1: Kempelens Schachmaschine (Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Wolfgang_von_Kempelen#/media/Datei:Rac knitz_-_The_Turk_3.jpg).

Dabei handelte es sich jedoch nicht um einen wirklichen Schachautomaten, denn in dem Gerät verborgen steuerte ein offensichtlich sehr guter menschlicher Schachspieler mithilfe einer kunstreichen Mechanik die Schachzüge einer türkisch gekleideten Puppe. Die Differenz zwischen echten und falschen Automaten ist aber allenfalls graduell und sie ist nicht maßgeblich für die Unterscheidung eines Scharlatans vom Konstrukteur und Wissenschaftler (Gessinger 1994: 391). Von Kempelen hatte selbst nie einen Schachtürken mit einem Androiden identifiziert, sondern ihn lediglich zu Unterhaltungszwecken gebaut.

Anders war es mit seiner Sprechmaschine, mit der ihm eine wissenschaftsgeschichtlich bedeutende Leistung gelang. Er hatte die erste grundsätzlich funktionstüchtige Konstruktion zur Sprachsynthese gebaut, mit der es möglich war, menschliche Sprachlaute hervorzubringen. Er konnte dafür natürlich Vorarbeiten nutzen, wie zum Beispiel die von Christian Gottlieb Kratzenstein (1723–1795) 1780 als Antwort auf eine Preisfrage der Sankt Petersburger Akademie entwickelten fünf

Zungenpfeifen, die jeweils einen Vokal (a, e, i, o, u) synthetisch erzeugen konnte. Kempelen stellte auf 456 Seiten und mit 25 eigenhändig gestochenen Abbildungstafeln die physiologische Seite der menschlichen Sprache dar, so dass nach ihm mehrere interessierte Techniker zum Nachbau der verloren gegangenen Sprechmaschine in der Lage waren.

Abbildung 2: Replik der Sprechmaschine am Leibniz-Institut für Deutsche Sprache, Mannheim (Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Wolfgang_von_ Kempelen#/media/Datei:KEMPELEN_Speaking_Machine_Replica_2017.png).

Die Funktion der Kempelenschen Sprechmaschine wird in der Berlinischen Monatsschrift folgendermaßen beschrieben:

> „Es ist ein kubisches Kästchen, ungefähr einen Fuß lang, breit, und hoch. Oben sind etwa 15 Runde Oeffnungen, deren jede einige Linien im Durchschnitt haben mag. Auf der einen Seite ist ein Blasebalg angebracht, der durch ein Gewicht aufgezogen wird. Wenn die Maschine reden soll, so greift der Künstler mit beiden Händen auf zwei verschiedene Seiten, in das Kästchen, berührt die Tangenten, drückt den Blasebalg mit dem Ellenbogen nieder, und Sie hören eine vollkommene Menschenstimme; nicht bloß vox humana der Orgeln, sondern artikulirte Töne, Wörter, Rede. Das erste, was wir hörten, war: Mama, Papa, ah ma chère Mama, on m'a fait du mal, und nun konnte

> jeder in der Gesellschaft ein Wort fordern. Alle sprach die Maschine mit der größten Deutlichkeit aus. Auch die doppelten Vokale und Konsonanten pronunciirt sie sehr rein und richtig, der Ton ist wie bei einem Kinde von drei Jahren.“ (*Berlinische Monatsschrift*, 4. Bd., 4. Stück, 1784: 505)

Androide Automaten hatten eine besondere Faszination, wie ein Bekenntnis aus Christoph Martin Wielands (1733-1813) „Der Teutsche Merkur“ aus dem Jahr 1784 belegt:

> „[…] sie können es nicht glauben, L. Freund, was für eine sonderbare Sensation, das erste Hören einer Menschenstimme und Menschensprache, die augenscheinlich nicht aus einem Menschen Munde kam, auf uns alle machte. Wir sahen einander stumm und betroffen an, und gestunden es uns hernach offenherzig, daß uns im ersten Momente ein kleiner heimlicher Schauer überlaufen hätte.“ (Wieland: *Ueber Herrn von Kempelens Schach-Spieler und Sprach-Maschine;* zit. nach Gessinger 1994: 398)

Der magische Schauer, der sich hier des Zeugen bemächtigt hatte, hing natürlich auch mit der religiösen Überzeugung zusammen, dass eine exklusiv dem Menschen zugeschriebene Eigenschaft wie die Sprache nicht von einer Maschine hergestellt werden konnte. Wurde hier die überlegene Technologie um den Preis des Verlustes der Seele erkauft?

Noch deutlicher wurde die Skepsis gegenüber der maschinellen Hervorbringung von Sprache, wenn nicht nur die mechanische Lautproduktion, sondern die Produktion sprachlicher Sinngebilde betrachtet wurde. Dazu war von René Descartes (1596–1650) mit der Annahme des Dualismus von Körper und Geist eindeutig Position bezogen worden. In den späten Schriften Descartes’ bleibt die Sprache als einzige Form übrig, in der sich das vom Körper verhüllte und eingeschlossene Denken zu erkennen gibt (Brief an Morus vom 5. Februar 1649. AT, V, 344-345: *quae sola cogitationem in corpore demonstrat*). Descartes reduziert in diesem Zusammenhang seine Beweisführung für die Betrachtung der Tiere als Automaten auf folgenden Schluss: 1. Es ist unmöglich, dass eine Maschine sprechen kann. 2. Das Tier kann nicht sprechen. 3. Es ist also eine seelenlose Maschine. Mit der Umkehrung des ersten Satzes zu einer Prämisse („Was nicht sprechen kann ist eine Maschine“) ist der Ansatz für eine hohe Wichtung der Sprache für die anthropologische Bestimmung des Menschen bei Descartes gegeben. Die lautliche Form der Sprache gehörte für ihn zum Materiellen, zum Körperlichen, das

durchaus auch von Tieren und Maschinen produziert werden kann. Der mit der menschlichen Sprache transportierte Sinn ist jedoch nur dem Menschen zugänglich und er ist unabhängig von der lautlichen Gestalt der Sprache.

Descartes hatte deutlich zwischen einer materiellen Perfektion des Automaten und seiner Sprach- und universellen Handlungsfähigkeit unterschieden. Ebenso wie eine Uhr die Zeit besser messen könne als der Mensch, könne ein Tier für bestimmte Verrichtungen durch seine organische Disposition sogar besser eingerichtet sein (vgl. Descartes AT VI: 59). Im Hinblick auf die Sprachfähigkeit können dagegen auch noch so wohlkonstruierte Tiere und Automaten nicht einmal mit den zurückgebliebensten und stumpfsinnigsten Menschen mithalten:

> „[...] il n'y a point d'hommes si hebetez & si stupides, sans en excepter mesme les insensez; qu'ils ne soient capables d'arrenger ensemble diuerses paroles, & d'en composer vn discours par lequel il facent entendre leur pensées; et qu'au contraire, il n'y a point d'autre animal, tant parfait & tant heureusement né qu'il puisse estre, qui face le semblable." (Descartes AT VI: 57. „[…] es gibt keine Menschen, die so stumpfsinnig und dumm wären, nicht einmal die Unzurechnungsfähigen ausgenommen, dass sie nicht imstande wären, zwei Worte zusammenzufügen und daraus eine Rede zu bilden, durch die sie ihre Gedanken hörbar machen; und im Gegensatz dazu gibt es kein Tier, so vollkommen und glücklich es auch geschaffen sein mag, das Ähnliches tun würde.")

Von daher ist es durchaus möglich, dass Papageien oder andere Tiere sprachliche Äußerungen ebenso oder besser von sich geben als Menschen, sie werden jedoch nicht in der Lage sein, sie der Vernunft entsprechend einzusetzen und zu verstehen zu geben, dass sie denken, was sie sagen. Dagegen erfinden Menschen, die taub und stumm geboren sind, sich selbst Zeichen zum Ausdruck ihrer Gedanken, da die menschliche Natur danach verlangt. Der Unterschied zwischen den Tieren und den Menschen ist für Descartes somit kein gradueller, der durch besonders hervorragende oder depravierte Vertreter einer Gattung in der einen oder anderen Richtung zu überwinden wäre, sondern ein unüberbrückbarer und durch das Vorhandensein von Vernunft beim Menschen gegebener:

> „[...] on voit que les pies & les perroquets peuuent proferer des paroles ainsi que nous, & toutfois ne peuuent parler ainsi que nous, c'est a dire,

> en tesmoignant qu'ils pensent ce qu'ils disent; au lieu que les hommes qui, estans nés sours & muets, sont priuez des organes qui servent aux autres pour parler, autant ou plus que les bestes, ont coustume d'inuenter d'eux mesmes quelques signes, par lesquels ils se font entendre a ceux qui, estans ordinairement auec eux, ont loysir d'apprendre leur langue. Et cecy ne tesmoigne pas seulement que les bestes ont moins de raison que les hommes, mais qu'elles n'en ont point du tout." (Descartes AT VI: 58. „Die Elstern und Papageien können wie wir Wörter hervorbringen, aber sie können nicht so sprechen wie wir, d.h. zeigen, dass sie das, was sie sagen, auch meinen. Stattdessen pflegen Menschen, die als taube und stumme Wesen geboren sind und denen die Organe, die anderen zum Sprechen dienen, ebenso oder mehr als den Tieren fehlen, von sich aus einige Zeichen zu gebrauchen, durch die sie sich denen verständlich machen, die häufig mit ihnen zusammen sind und den Wunsch haben, ihre Sprache zu lernen. Und das beweist nicht nur, dass die Tiere weniger Verstand haben als die Menschen, sondern auch, dass sie überhaupt keinen haben.")

Dieser Gedanke Descartes ist ein paradigmatischer, der sich bis in die heutige Zeit immer wieder findet. Eine Produktion von Sprachlauten auf mechanischer Basis war nach Descartes durchaus möglich, dennoch rief die Äußerung von sinntragenden Wörtern und Sätzen „Schauer" hervor, da sie an Fähigkeiten erinnerte, die nur dem Menschen als vernunftbegabtem Wesen zugeschrieben wurden. Obwohl Descartes selbst wenig zur Sprache geschrieben hatte, tauchte seine Anwendung der Trennung von Körper und Geist in sprachtheoretischen Werken auch im 18. und beginnenden 19. Jh. immer wieder auf und musste für eine ernsthafte Beschäftigung mit Sprechmaschinen erst einmal aufgehoben oder teilweise vergessen werden. Zur Zeit Kempelens, also im letzten Viertel des 18. Jh.s war das offensichtlich der Fall. Die ausschließliche Zuschreibung der Sprachfähigkeit an den Menschen konnte also „vergessen" werden, was die Konstruktion von Sprechmaschinen ermöglichte.

3 Die Entwicklung im 19. Jahrhundert

Mit dem Paradigmenwechsel weg vom Rationalismus Descartes' und der Weiterentwicklung technischer Möglichkeiten im 19. Jahrhundert entstanden vielfältige Weiterentwicklungen der mechanischen Sprachproduktion. Genannt sei der Phonograph, ein Audiorekorder zur akus-

tisch-mechanischen Aufnahme und Wiedergabe von Schall mithilfe von Tonwalzen. Das Patent dafür wurde 1878 Thomas Alva Edison (1847–1931) erteilt (vgl. Clark 1981).

Abbildung 3: Thomas Alva Edison mit seinem leicht verbesserten Zinnfolien-Phonographen von 1878 (Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Phonograph#/me-dia/Datei:Edison_and_phonograph_edit1.jpg).

Parallel dazu hatte es mehrere ähnliche Entwicklungen gegeben, zum Beispiel hatte der französische Dichter und Erfinder Charles Cros (1842–1888) ein *Paléophone* genanntes Gerät konzipiert, mit dem man Schwingungen in Metall gravieren könnte, damit eine an einer Membran befestigte Nadel über die eigravierten Schwingungen laufen und die Töne reproduzieren könnte. Cros hatte jedoch kein Interesse an der Vermarktung seiner Erfindung und er hatte kein Geld für die Patentierung (vgl. Kranz 1973). Der *Euphonia* genannte Apparat des österreichischen Mathematikers Joseph Faber (1786–1866) wurde nicht ernst genommen. Um einen Lebenszyklus überhaupt zu beginnen, waren also bestimmte Bedingungen erforderlich, die nicht alle Erfindungen von Sprechmaschinen erfüllten.

Edisons Phonograph hat mehrere Entwicklungen erlebt, in denen frühere Stadien außer Gebrauch gerieten und neue eingeführt wurden (vgl. Parzer 1902; Kittler 1986; Gauß 2009). Ursprünglich hatte er aus einer mit einem Staniolblatt bezogenen Walze bestanden, eine Vervielfältigung war noch nicht möglich, sodass jede Walze einzeln besprochen wurde. Solche Aufnahmen überstanden im Regelfall nicht mehr

als fünf Abspielvorgänge. Die Firma Bell und Tainter finanzierte ein Laboratorium, dass eine Art Schallplatte mit Rillenvertiefungen entwickelte. Der erste darauf gesprochene und aufgezeichnete Text ist bezeichnend für den Beginn eines neuen Lebenszyklus: „Ich bin ein Graphophone und meine Mutter ist ein Phonograph." Schon nach einem Jahr kehrte man jedoch zur Walzenform zurück, da die Plattenkonstruktion zu kompliziert war. Ein neuer Sprung in der Entwicklung war der Wachswalzen-Phonograph, der im angelsächsischen Sprachgebrauch *The New Phonograph* genannt wurde. Schließlich wurden auch Kopiermaschinen für Edisons Wachswalzen entwickelt und es wurde Zelluloid als Trägersubstanz verwendet. Aber selbst die nochmals verbesserten, aufnahmetechnisch hervorragenden Walzen konnten den europäischen und amerikanischen Tonträgermarkt nicht mehr zurückerobern. Die Schallplatte war inzwischen dominierend geworden.

In diese Folge von Lebenszyklen, die zur Entwicklung des Grammophons und weiterer Geräte zur Aufnahme und Wiedergabe von akustischen Ereignissen führte, war aber die Sprachwissenschaft höchstens als Nutzer für phonetische Untersuchungen einbezogen. Mit dem heutigen Begriff der Sprachtechnologien ist Sprache als Ganzes gemeint und nicht nur ihre lautliche Seite.

4 Das heutige Verständnis von Sprachtechnologien

4.1 Zur Entwicklung der Sprachtechnologien in der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts

Die Anwendung von Sprachtechnologien hat uns heute alle bereits im Alltag erreicht. Dazu gehören zum Beispiel begriffsgestützte Untersuchungen im Internet, Rechtschreibprüfung Volltextsuche, Expertensysteme, Übersetzungssysteme, Fahrgastinformationssysteme und Vieles mehr. Zunächst seien zwei reale Szenarien genannt, in denen Produkte der Sprachtechnologie, die wir als marktreife Anwendungen der maschinellen Sprachverarbeitung betrachten, genutzt werden können:

- Ein Richter am Amtsgericht diktiert kurze Beschlüsse direkt in seinen PC. Funktionierende Spracherkennung erlaubt es ihm, den Text zu überblicken und zu ergänzen.

- Ein Sitzungsprotokoll einer internationalen Organisation wird von einem deutschen Mitarbeiter in dessen Muttersprache verfasst, soll aber in mehreren weiteren Sprachen zur Verfügung stehen. In dem dafür erteilten Übersetzungsauftrag spielt maschinelle Übersetzung eine nicht wegzudenkende Rolle.

Für die maschinelle Sprachverarbeitung werden in der Regel vier verschiedene Bereiche angenommen, die aus unterschiedlicher Schwerpunktsetzung resultieren, sich aber immer mehr miteinander vermischen (Carstensen 2017: 8-9):

- die theoretisch orientierte Computerlinguistik, für die maschinelle Sprachverarbeitung im Wesentlichen als Instrument zur Falsifizierung ihrer Theorien und Modelle eingesetzt wird;
- die linguistische Datenverarbeitung, die primär an der zweckgerechten Verarbeitung von Sprachdaten interessiert ist;
- die maschinelle Sprachverarbeitung im engeren Sinne (*natural language processing*), die als Teilgebiet der Künstliche-Intelligenz-Forschung Sprache als ein kognitives Phänomen auffasst und zu simulieren versucht;
- die Sprachtechnologie (*Language Engineering, Human Language Technology*), die in erster Linie an kommerziell eingesetzten Sprachverwendungen interessiert ist.

Seit der Entstehung der maschinellen Sprachverarbeitung in der Mitte des 20. Jahrhunderts sind mehrere sich ablösende Lebenszyklen von Systemen und Paradigmenwechsel zu verzeichnen (ausführlicher vgl. Carstensen 2017: 25–29). Die in den 1960er Jahren verwendeten Systeme versuchten sich an semantischer Informationsverarbeitung, verwendeten aber überwiegend einfache Mittel (Muster, Heuristiken) sowohl für die syntaktische als auch für die semantische Verarbeitung. In den 1970er Jahren wurden ambitioniertere wissensbasierte Experimentalsysteme entwickelt, die jedoch die unzufriedenstellende Situation im Bereich der Wissensrepräsentation offenbarten. In den 1980er Jahren wurde auf diese Situation mit Logik-orientierten Formaten reagiert und die Kommerzialisierung begann. Mit dem Beginn des Internetzeitalters wurden die computerlinguistischen Methoden mehr an der beobachtbaren sprachlichen Oberfläche ausgerichtet und zunehmend wurden empirisch orientierte statistische Verfahren entwickelt. Dieser „statistical turn“ der 1990er Jahre war erfolgreich und führte dazu, dass die Ent-

wicklung von Spracherkennungssoftware ausschließlich auf der Basis statistischer Verfahren betrieben wurde. Das danach erfolgende Aufgeben der strikten Trennung zwischen Sprachtechnologie und Computerlinguistik brachte Erfolge, die vor allem in Verfahren der natürlichsprachlichen Suche im Web, maschineller Verarbeitung gesprochener und geschriebener Sprache, der Entwicklung von Korpora-Verwaltungswerkzeugen und der Computer-gestützten Übersetzung sichtbar sind.

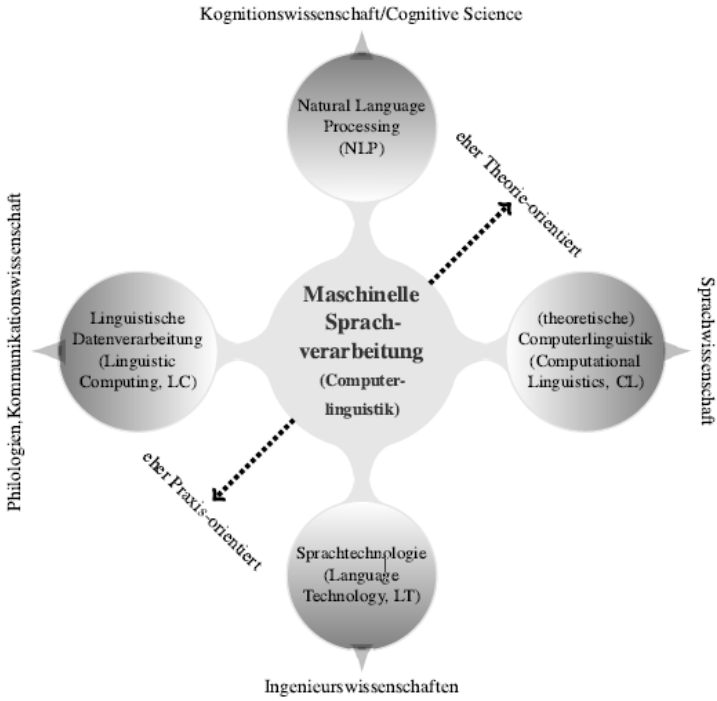


Abbildung 4: Bereiche der maschinellen Sprachverarbeitung (nach Carstensen 2017: 9).

4.2 Die Überwindung des Verstehensproblems und die Einführung der Kontextsensitivität

Automatische Übersetzung und Texterzeugung sind heute aus vielen Bereichen, so auch aus dem akademischen Alltag, nicht mehr wegzu-

denken. Der Erfolg dieser Sprachtechnologien hängt wesentlich mit der Überwindung der Verstehensproblematik zusammen. Noch vor fünf Jahren wurden die Ergebnisse der maschinellen Übersetzung auf dem Hintergrund einer sechzigjährigen Entwicklung als ernüchternd eingeschätzt. Erst seit Beginn der 1980er Jahre konnte sie in eingeschränkten Bereichen Ergebnisse von höherer Qualität liefern. Inzwischen gibt es gut funktionierende und jedermann zugängliche Übersetzungssysteme (DeepL), die auch kontextuelle und idiomatische Voraussetzungen der Sprachverwendung berücksichtigen.

Wie auch bei anderen Anwendungsbereichen der maschinellen Sprachverarbeitung besteht in der maschinellen Übersetzung schriftlicher und mündlicher Texte zunächst das Verstehensproblem in der Spracherkennung. Dabei können Probleme in mindestens drei Bereichen auftreten.

1. Die gesprochene Sprache ist gekennzeichnet durch die *Kontinuität* der Sprachschalls, in dem Wort-, Phrasen- oder Satzgrenzen schwer zu identifizieren sind, was durch artikulatorische Verschleifung beim Sprechen noch verstärkt werden kann. Wie soll also der mündlich geäußerte englische Satz [flainpleinz kænbɪdeinʒərɔs] ins Deutsche übersetzt werden?

   Flying planes can be dangerous. → Flugzeuge zu steuern kann gefährlich sein.

   Fly in planes can be dangerous. → In Flugzeugen zu fliegen kann gefährlich sein.

   Das hier vorliegende Problem der Segmentierung tritt auch in der Schriftsprache auf, wo die Trennung von Wörtern weniger problematisch ist. In der Schriftsprache ist die Trennung von Sätzen und die Bestimmung der Funktion ihrer Teile jedoch nicht immer eindeutig, da Information über die Satzmelodie fehlt. In dem folgenden Satz können sowohl *Hans* als auch *Peter* das Subjekt der Handlung sein:

   In Wirklichkeit schlägt Hans nur Peter.

   Durch den vorausgehenden Satz wird jedoch Peter als der aggressive Schüler in einen Rahmen gestellt, er ist also das Subjekt der Handlung:

> Die Lehrer denken, dass alle Schüler Hans schlagen. In Wirklichkeit schlägt Hans nur Peter.

Für eine Übersetzung ins Französische hätte das Nichterkennen dieser Rahmung die schwerwiegende Konsequenz, dass die Rollen vertauscht würden. Im Französischen kann das Subjekt nicht am Schluss des Satzes stehen, Hans wäre in diesem Fall also der Schläger:

> En réalité, Hans bat seulement Pierre.

Selbst das sehr gute automatische Übersetzungsprogramm DeepL erkennt diese Rahmung nicht und übersetzt die beiden Sätze folgendermaßen:

> Les enseignants pensent que tous les élèves frappent Hans. En réalité, Hans ne frappe que Pierre.

Ein Meilenstein für die Lösung solcher Probleme war die Integration der Frame-Semantik in die Spracherkennung. Das bedeutet, dass die Situation einen Rahmen setzt, der thematisch und auch im Hinblick auf die Besetzung der syntaktischen Aktanten beim Verstehen hilft. Gute Übersetzungsprogramme berücksichtigen die semantischen Frames, was jedoch nicht immer gelingt, wie am Beispiel aus DeepL gezeigt wurde.

2. *Variabilität* ist ein weiteres Problem in der maschinellen Sprachverarbeitung. Damit ist die Tatsache gemeint, dass sprachliche Einheiten akustisch auf unterschiedlichste Weise realisiert sein können. Diese Unterschiede sind zum Beispiel beeinflusst durch den Übertragungskanal, Umgebungsgeräusche, Sprechweise, individuelle physische Sprechermerkmale wie Alter, Geschlecht, Vokaltraktanatomie, Gesundheitszustand, und habituelle Sprechermerkmale, wie Dialekt und Soziolekt. Beim Nutzen eines Diktierprogramms, zum Beispiel Dragon, muss das Programm zuerst auf die Stimme und Sprechweise des Benutzers trainiert werden. Wenn jemand anderes es mit dem gespeicherten Profil nutzt, wird das Ergebnis nicht befriedigend sein.
3. Das größte Problem für die Sprachverarbeitung in der automatischen Übersetzung ist jedoch die *Ambiguität*. Damit bezeichnet man die zur Variabilität kontroverse Tatsache, dass eine bestimmte sprachliche Realisierung mehr als einer linguistischen Einheit zu-

gewiesen werden kann, zum Beispiel entspricht die Lautfolge [ra:t] dem Wort *Rat* oder wegen Auslautverhärtung dem Wort *Rad*. Auch die Auflösung der Polysemie von Wörtern stellt ein Problem dar. So ist zum Beispiel das deutsche Wort *Flügel* hochgradig polysem, wie die Aufgliederung seiner Bedeutungen in drei große Gruppen, 'ein Körperteil bei einigen Tiergruppen', 'ein Teil von Geräten und Maschinen' und 'eine Seite eines Artefakts oder einer Menschengruppe', zeigt:

Flügel:

Körperteil bei einigen Tiergruppen:

- Flügel (Vogel)
- Flügel (Insekt)
- Flügel (Schmetterling)
- Flügel bei Fledermäusen und Flugsauriern
- Pflanzenteil
- Musikinstrument, Flügel (Tasteninstrument)
- Türflügel

Teil von Geräten und Maschinen:

- ein Bauteil zur Erzeugung von Auftrieb
- ein Teil eines Rotors
- als Flügel einer Windmühle
- ein Teil einer Turbine
- ein Teil eines Autos, Flügel (Landfahrzeug)
- eine Spindel mit abgespreizten Armen

Seite, Teil:

- Teil eines Gebäudes, Gebäudetrakt
- eine Gruppierung innerhalb einer politischen Partei
  - Der Flügel, völkisch-nationalistische rechtsextreme Gruppierung innerhalb der Partei *Alternative für Deutschland (AfD)*
- Seitenteil eines Triptychons, Flügelaltar
- Hälfte des Bretts beim Schach
- eine Position in Mannschaftssportarten, Flügelspieler
- ein Teil einer militärischen Schlachtordnung

Abbildung 5: Polysemie des Wortes *Flügel*.

Darüber hinaus sind auch noch weitere metaphorische Übertragungen zu verzeichnen, die zu noch mehr Polysemie geführt haben, zum Beispiel von der Bezeichnung des Flügels eines Vogels auf das Musikinstrument. Aus dieser Polysemie konnten in der maschinellen Übersetzung der vorletzten, inzwischen überholten Generation Probleme resultieren. Noch vor fünf Jahren übersetzten die gängigen kostenlosen Übersetzungsprogramme den folgenden deutschen Satz folgendermaßen ins Französische

> Im Konzertsaal stand ein großer **Flügel**.
> Dans la salle de concert, il y avait une grande **aile**.

Das französische Wort für 'Flügel (eines Vogels)' wurde hier verwendet, das eben nicht die Bedeutung 'Konzertflügel' einschließt. Polysemie ist immer eine sprachspezifische Angelegenheit und man kann daraus, dass ein Wort in einer Sprache eine bestimmte Bedeutung ausgeprägt hat, nicht einfach schließen, dass seine Entsprechung in einer anderen Sprache diese Bedeutung auch hat.

Eine Lösung des Problems wäre auch hier die Berücksichtigung des semantischen Rahmens gewesen. Der semantische Rahmen 'Konzertsaal' lässt das Auftreten einer Bezeichnung für einen Vogelflügel sehr unwahrscheinlich erscheinen, zumindest gibt es auch in größeren Korpora keine Kollokationen dafür. In der früheren Generation der Übersetzungsprogramme wurde also der semantische Rahmen, oder einfacher gesagt der Kontext nicht hinreichend berücksichtigt.

Andere Übersetzungsprogramme boten noch abwegigere Lösungen an, so zum Beispiel die folgende:

> Dans l'anguille de concert, une grande aile était.
> In der Aal von Konzert ein großer Vogelflügel war

Die Verbform *était* wurde für *stand* gewählt und, der Wortfolge des Französischen folgend, nach das Substantiv gesetzt; *était* ist aber eine Kopula, die nie am Ende eines Satzes stehen kann. Neben diesem syntaktischen Fehler trug ein weiterer lexikalisch-semantischer dazu bei, dass ein des Deutschen nicht mächtiger französischer Nutzer dieses Programms überhaupt nicht verstanden hätte, worum es geht. *Konzertsaal* wird hier nicht als Kompositum aus *Konzert* und *Saal* verstanden, sondern dass *s* wird als Fugen-s gedeutet, das das Wort *Konzert* mit der Bezeichnung des Fisches *Aal* verbindet. Von der Berücksichtigung des Kontextes oder des semantischen Rahmens kann hier natürlich über-

haupt nicht die Rede sein. Auch das Wort *Flügel* wurde nicht kontextualisiert. Dieser Anbieter von Übersetzungssoftware (*babelfish*) hat seine Tätigkeit inzwischen auf andere Gebiete umgestellt, ähnliche Fehler konnte man jedoch auch bei anderen Anbietern feststellen.

4.3 Zu einigen modernen Sprachtechnologien

Was können wir nun daraus für die Entwicklung der maschinellen Übersetzung im Internet entnehmen? Die Generation der automatischen Übersetzung ohne Berücksichtigung des Kontextes ist inzwischen eindeutig obsolet. Sie ist von einer neuen Generation abgelöst worden, die weitgehend richtige Übersetzungen liefert und mit der man einen Text in wenigen Minuten in dreißig Sprachen übersetzen kann. DeepL (https://www.deepl.com/translator) wirbt mit der Exaktheit seiner Übersetzungen und ist das derzeit erfolgreichste Unternehmen auf diesem Gebiet, doch auch andere Übersetzungsprogramme sind inzwischen schon recht gut. Noch vor fünf Jahren hätten die meisten Sprachwissenschaftler gesagt, dass eine vollwertige maschinelle Übersetzung nicht möglich sei. Die Auffassung Descartes', dass die Sprache ein unterscheidendes Merkmal des Menschen sei, wirkt also durchaus noch weiter.

Die Entwicklung solcher hervorragender Übersetzungsprogramme verlief vor allem über die Berücksichtigung großer Datenmengen, die inzwischen in Form großer Korpora zur Verfügung stehen, und die Einbeziehung des Kontexts. Auch hierfür gibt es eine neue Generation, die nicht mehr nur statische Korpora anbietet, sondern die als Suchmaschine funktioniert, mit der man sich selbst Beispiele aus dem Internet extrahieren kann. Sketch Engine (https://www.sketchengine.eu) ist eine solche Suchmaschine, mit der man sehr schnell große Datenmengen geliefert bekommt. Für das spanische Lemma *leer* 'lesen' erhält man z.B. über 5 Millionen Beispiele, von denen die ersten in Abbildung 5 aufgelistet sind:

SKETCH ENGINE

simple leer • **5,790,728**
295.55 per million tokens • 0.03%

	Details	Left context	KWIC	Right context
1	caac.es	hibido el cante, de una advertencia que se podía	**leer**	en muchas tabernas durante el franquismo- reúne
2	dary.es	ra mejorar la experiencia de navegación.</s><s>	**Leer**	más</s><s>Una cookie es un fichero que se desc
3	ivecinos.es	ta tecnología nos permite saber si un email se ha	**leído**	o no, en qué fecha, la dirección IP desde la que h
4	javiermarias.es	ia colección que lo albergaba.</s><s>Yo probé a	**leer**	El Jabato y El Cosaco Verde, que, con ser agrada
5	javiermarias.es	s de aquel héroe principal de la infancia.</s><s>	**Leo**	ahora que el próximo 14 de mayo se cumplirán ci
6	caac.es	n Prina.</s><s>La segunda frase de todo lo que	**leo**	eres tu Máquinas de mirar o cómo se originan las
7	upm.es	/irusProt.</s><s>Desde el portal VirusProt puede	**leerse**	la entrevista realizada por Dña.</s><s>Carolina D
8	umh.es	iembre de 2017.</s><s>En este enlace se puede	**leer**	la información completa y los requisitos y realizar
9	unileon.es	a Agraria Grado en Ingeniería Forestal y ... Sigue	**leyendo**	→</s><s>¡¡¡Nuestra Escuela se viste de gala!!!</s
10	unileon.es	astante más nuevo de lo que realmente ... Sigue	**leyendo**	→</s><s>Con el título de: "ESCUELA DE INGEN
11	unileon.es	estro recuerdo y muchos de ellos fueron ... Sigue	**leyendo**	→</s><s>Jornada de formación especializada "A
12	unileon.es	Castilla y León, Junta de Castilla y León. ... Sigue	**leyendo**	→</s><s>Enmarcada dentro del cincuentenario d

Abbildung 6: Mit Sketch Engine ermittelte Konkordanzen von sp. *leer* 'lesen'.

Diese Funktionen nutzen auch die besten Übersetzungsprogramme, indem sie die Konkordanzen abgleichen. Doch auch innerhalb der Korpora gibt es eine ständige Entwicklung, es werden neue und größere Versionen der Korpora entwickelt. Natürlich muss man dabei immer auch die großen technischen Fortschritte in der Entwicklung der Computerkapazitäten mitdenken. Eine deutliche Verbesserung der Übersetzungsprogramme wurde auch durch die Entwicklung von Parallelkorpora erreicht, die übersetzte Texte in großer Zahl gegenüberstellen. Über diese Konkordanzen ist es auch möglich, die Kontexte zu erfassen, in denen ein Wort auftreten kann, und die passenden Entsprechungen zu bestimmen. In der folgenden Abbildung sind Ausschnitte aus den Konkordanzen der Lexeme *Flügel* – *aile* des deutsch-französischen Parallelkorpus aus Sketch Engine erfasst:

Europarl3	<s> Ich möchte mich insbesondere auch an Kommissar Liikanen wenden, und liebe Kolleginnen und Kollegen, der elektronische Geschäftsverkehr kann der Wirtschaft **Flügel** verleihen und damit viele neue Arbeitsplätze schaffen, Arbeitsplätze, die Europa so sehr nötig hat. </s>	<s> **Monsieur le Président, c' est surtout au commissaire Liikanen que je désire m' adresser, ainsi qu' à mes chers collègues.** </s><s> **Le commerce électronique pourrait donner des ailes à l' économie et créer par conséquent un grand nombre d' emplois, ces emplois dont l' Europe a tant besoin.** </s>
Europarl3	<s> Herr Präsident, ich möchte eine Frage zur Geschäftsordnung stellen und auf eine Geschäftsordnungsfrage aus dem konservativen **Flügel** dieses Hauses zur Anwesenheit der Kommissare eingehen. </s>	<s> **Monsieur le Président, c ' est une motion de procédure.** </s><s> **Je voudrais me référer à une motion de procédure provenant de l ' autre côté de l' hémicycle concernant la présence des commissaires.** </s>
Europarl3	<s> Die damalige Berichterstatterin, Frau Dührkop, verglich die harmonischen Beziehungen mit einer Symphonie, gespielt auf einem **Flügel** . </s>	<s> **Mme Dührkop, lorsqu' elle était rapporteur, comparait la relation harmonieuse à une symphonie jouée sur un piano à queue.** </s>
Europarl3	<s> Eric Morecombe saß am **Flügel** und produzierte entsetzliche Geräusche. </s>	<s> **Cela me rappelait un duo comique célèbre au Royaume-Uni - Morecombe and Wise - et une scène où Eric Morecombe joue du piano à queue de manière cacophonique.** </s>
Europarl3	<s> Auch wir vom linken **Flügel** müssen die Geschäftsordnung einhalten. </s>	<s> **La gauche aussi doit respecter le règlement.** </s>
Europarl3	<s> Wahrscheinlich ist es kein Zufall, daß gerade in Schweden, dem Mitgliedstaat, in dem der mit Abstand höchste Steuerdruck der ganzen Union herrscht, die Phantasie **Flügel** bekommt, wenn es darum geht, neue Steuerquellen zu finden. </s>	<s> **Ce n' est peut-être pas un hasard si c' est précisément en Suède, dans le pays qui connaît la pression fiscale la plus élevée de toute l' Union, que l' imagination est la plus débordante lorsqu' il s' agit d' inventer de nouvelles taxes.** </s>
KDE4	<s> Dies mag merkwürdig klingen (wieso eine Trompete anstelle eines Klaviers nehmen?), aber es ist äußerst nützlich. Der GM -Standard definiert zum Beispiel, dass ein MIDI-Keyboard Patch 0 als akustischer **Flügel** interpretiert wird, aber ein älterer Synthesizer interpretiert Patch 0 z.B. als Elektrische Gitarre und hat den akustischen Flügel z.B. auf Patch 3. Hierin liegt nun die Aufgabe der MIDI-Map. Sie muss alle Ereignisse des Typs Change patch to 0 in Ereignisse des Typs change patch to 3 umwandeln und so auch wirklich das richtige Instrument spielen lassen. </s>	<s> **Cela peut sembler bizarre (pourquoi vouloir jouer avec une trompette alors que la chanson est faite pour être jouée avec un piano & #160;?), mais c' est très utile. Le standard GM spécifie que lorsqu' un clavier midi reçoit un évènement de changement de programme 0, il va changer le son actuel en Grand Piano, mais un synthétiseur plus vieux va changer le son actuel vers Electric Guitar par exemple lorsqu' il reçoit un 0. Ce vieux clavier aurait dû recevoir un changement de programme 3 (par exemple) pour changer le son actuel en Piano. C' est ici qu' intervient la map midi, en changeant tous les changement de programme 0 en changement de programme 3 permettant ainsi au synthétiseur de jouer avec le bon instrument.** </s>

Abbildung 7: Ausschnitt aus den Konkordanzen von *Flügel* – *aile* aus dem Parallelkorpus von Sketch Engine.

Bei standardisierten Verwaltungstexten, die man beispielsweise ins Englische übersetzt, merkt man der Übersetzung kaum an, dass sie auf

automatischen Wegen entstanden ist. Es gibt natürlich auch in Deepl noch nicht gelöste Probleme.

Ein solches Problem tritt z.B. in der Übersetzung des folgenden Textes auf, der das Wort *schon* enthält:

> Von der Verwaltung der Universität erhielt ich die nachstehende E-Mail, in der Sie gebeten werden, eventuelle Änderungen Ihrer Promotionsabsicht mitzuteilen. Falls das zutrifft, bitte ich Sie, dies in einer E-Mail an Frau XXX, Cc an mich, mitzuteilen. Unabhängig von dieser Anfrage, die ein reiner Verwaltungsakt ist, würde mich natürlich *schon* der Stand Ihrer Arbeit interessieren.

> I received the following e-mail from the university administration asking you to notify any changes in your intention to do a doctorate. If this is the case, please inform Mrs. XXX, Cc to me, in an e-mail. Irrespective of this request, which is a purely administrative act, I would of course *already* be interested in the status of your work.

Das Wort *schon* ist im Deutschen polyfunktional und kann als Temporaladverb ein über die Erwartungen hinaus frühes Eintreten eines Sachverhalts bezeichnen, wie z.B. in der Äußerung *Ich war schon um 8 da*. In dieser Bedeutung würde ihm das englische *already* entsprechen. In unserem Bespieltext wird *schon* aber als Modalpartikel verwendet, die das tatsächliche Eintreten einer Situation, das Ausführen einer Handlung, das Vorhandensein einer Haltung oder Ähnliches bekräftigt und vielleicht auch einen Gegensatz zum Erwarteten markiert. Mit dem letzten Satz des Beispieltextes wollte die Schreiberin also sagen 'Obwohl ich Ihnen einen einfachen Verwaltungsbrief weiterleite, möchte ich tatsächlich auch wissen, wie weit Sie mit Ihrer Arbeit sind'. Der englische Satz drückt mit *already* hingegen aus, dass die Frage nach dem Stand der Arbeit früh gestellt würde, und wäre besser folgedermaßen zu formulieren:

> Irrespective of this request, which is a purely administrative act, I would of course *indeed* be interested in the status of your work.

Diese Möglichkeit bietet DeepL neben anderen auch an, wenn man auf das als nicht adäquat verdächtige Wort *already* klickt. Die vorgeschlagenen Übersetzungslösungen können außerdem mit gut oder schlecht bewertet werden, was zur weiteren Verbesserung des Programms beiträgt:

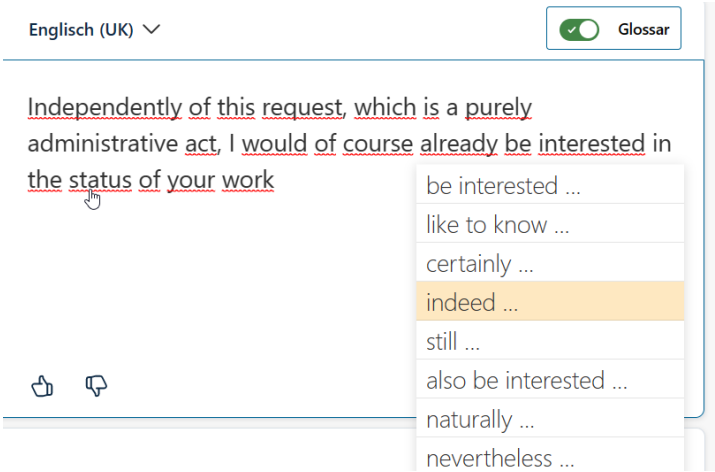


Abbildung 8: Angebot weiterer Übersetzungslösungen in DeepL.

Für eine sinnvolle Nutzung von DeepL ist somit ein Mindestmaß an Beherrschung der Zielsprache und an der Fähigkeit zur Beurteilung der entstandenen Textqualität erforderlich. Man muss vorsichtig sein, da es immer wieder Fälle gibt, in denen nicht die richtige oder zumindest nicht die optimale Übersetzung geliefert wird. Modalpartikeln wie *schon* sind eine reiche Quelle für missverständliche Übersetzungen, da bei ihnen oft auch die automatische Kontexterkennung nicht richtig läuft.

Auch das textbasierte Dialogsystem ChatGPT (**G**enerative **P**re-trained **T**ransformer), das von dem US-amerikanische Unternehmen OpenAI entwickelt und im November 2022 veröffentlicht wurde, fordert von seinen Benutzern eine vorsichtige und kritische Benutzung seiner Textproduktion, insofern auf der Homepage darauf hingewiesen wird, dass falsche, schädliche oder voreingenommene Informationen generiert werden können.

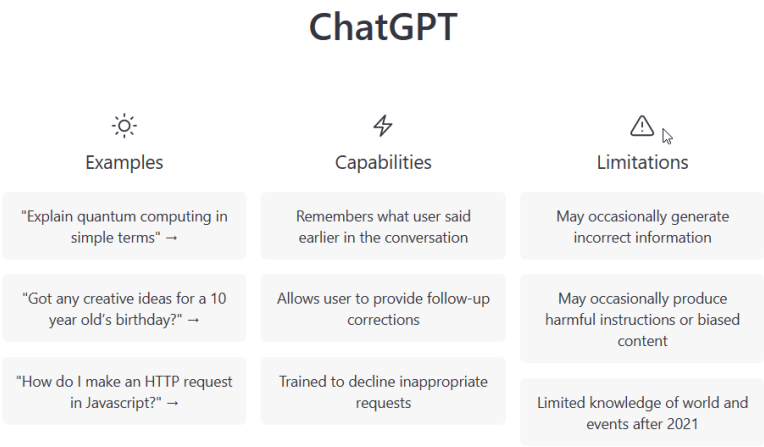


Abbildung 9: Homepage von ChatGPT (https://chat.openai.com).

Die Veröffentlichung von ChatGPT hat viel Aufsehen erregt und scheint tatsächlich ein Meilenstein in der öffentlichen und privaten Kommunikation zu sein. Es kann für eine Vielzahl von Aufgaben der natürlichen Sprachverarbeitung eingesetzt werden. ChatGPT kann verwendet werden, um menschenähnliche Textantworten auf Eingabeaufforderungen zu generieren, was es für die Erstellung von Chatbots für den Kundendienst, die Generierung von Antworten auf Fragen in Online-Foren oder sogar die Erstellung personalisierter Inhalte für Beiträge in sozialen Medien nützlich macht. Es kann auch für Sprachübersetzungsaufgaben oder die stilistische Verbesserung eingegebener Texte verwendet werden. Indem man dem Modell eine Texteingabe in einer Sprache gibt und die Zielsprache angibt, kann das Modell genaue und flüssige Übersetzungen des Textes oder verbesserte Fassungen erstellen. ChatGPT kann Zusammenfassungen von langen Dokumenten oder Artikeln erstellen. Dies kann nützlich sein, um sich schnell einen Überblick über einen Text zu verschaffen, ohne das gesamte Dokument lesen zu müssen. Außerdem kann ChatGPT verwendet werden, um die Stimmung eines bestimmten Textes zu analysieren. Dies kann hilfreich sein, um den allgemeinen Ton und die Emotionen eines Textes zu verstehen oder um die Stimmung von Kundenfeedback zu erkennen, um die Kundenzufriedenheit zu verbessern.

Um einen Beispieltext zu generieren, wurden die deutschen Schlüsselwörter zu diesem Beitrag in ChatGPT eingegeben und die entspre-

chende Aufgabe formuliert. Als Antwort wurde der folgende Text generiert:

> ***Aufgabe:*** Schreibe einen Text mit folgenden Stichwörtern: maschinelle Sprachverarbeitung, Sprachsynthese, semantische Informationsverarbeitung, automatische Übersetzung, Texterstellungsprogramme, kontextuelle und idiomatische Voraussetzungen
>
> ***Generierte Antwort:***
>
> Maschinelle Sprachverarbeitung ist ein wichtiger Teilbereich der künstlichen Intelligenz, der sich mit der Verarbeitung natürlicher Sprache beschäftigt. Es beinhaltet verschiedene Technologien wie Sprachsynthese, semantische Informationsverarbeitung und automatische Übersetzung.
>
> Sprachsynthese ist die Technologie, die es ermöglicht, maschinell erzeugte Stimmen zu produzieren, die menschenähnliche Sprache imitieren. Diese Technologie wird oft in GPS-Systemen, automatischen Informationsdiensten und Assistenzsystemen eingesetzt.
>
> Semantische Informationsverarbeitung beschäftigt sich mit der Verarbeitung von Bedeutungen und Kontexten in natürlicher Sprache. Diese Technologie ist wichtig für die automatische Übersetzung, bei der sichergestellt werden muss, dass der Kontext der ursprünglichen Sprache auch in der Übersetzung erhalten bleibt.
>
> Automatische Übersetzung ist ein wichtiger Teilbereich der maschinellen Sprachverarbeitung, der es ermöglicht, Texte und Dokumente in eine andere Sprache zu übersetzen. Diese Technologie ist für die Übersetzung von Websites, Geschäftsdokumenten und sogar ganzer Bücher von großem Nutzen.
>
> Texterstellungsprogramme sind eine weitere wichtige Anwendung der maschinellen Sprachverarbeitung. Sie ermöglichen es Benutzern, Texte in natürlicher Sprache zu erstellen, ohne dass sie programmieren müssen. Diese Programme berücksichtigen kontextuelle und idiomatische Voraussetzungen, um Texte zu erstellen, die natürlich und lesbar klingen.
>
> Insgesamt spielt die maschinelle Sprachverarbeitung eine wichtige Rolle bei der Verarbeitung natürlicher Sprache und trägt dazu bei, dass Texte und Dokumente in andere Sprachen übersetzt werden können. Es ist ein wachsendes und sich ständig weiterentwickelndes Feld, das viel Potential für die Zukunft hat.

Der generierte Text ist durchaus flüssig und vermittelt relevante Informationen auf einer sehr allgemeinen Ebene. Dass dabei aus dem Fundus vorhandener Texte geschöpft wurde, zeigt schon die Tatsache der Erwähnung von GPS-Systemen, automatischen Informationsdiensten

und Assistenzsystemen, die in den Schlüsselwörtern nicht vorkamen und über die in diesem Beitrag nicht geschrieben wurde. Da nur Schlüsselwörter und keine Prädikationen eingegeben wurden, sind die Aussagen sehr allgemein, wofür auch das fünfmalige Vorkommen des Adjektivs *wichtig* bezeichnend ist. Obwohl der Text kohärent ist, kommt im ersten Absatz ein Kohäsionsfehler vor: das Pronomen *es* hat kein koreferentes Substantiv im Neutrum, auf das es sich beziehen könnte. Pronomen sind neben der Informationsstruktur und den bereits erwähnten Modalpartikeln häufige Stolpersteine in der automatischen Sprachverarbeitung. Dennoch können derartige Systeme ihren Zweck erfüllen, ihn sogar ausgezeichnet erfüllen, wenn sie zur Eigeninformation genutzt werden. Für das Erstellen und Übersetzen von Texten für die Öffentlichkeit ist jedoch eine redaktionelle Bearbeitung und auch eine kritische Sichtung des Inhalts erforderlich.

5 Perspektiven und Abschätzung der Folgen von Sprachtechnologien

Eine umfassende Einschätzung der Folgen von Sprachtechnologien ist gegenwärtig noch nicht möglich, da die am weitesten gehende Neuerung erst seit einigen Monaten auf dem Markt ist. Schon jetzt gibt es jedoch kritische Stimmen, die unter anderem rechtliche und bildungspolitische Bedenken anmelden. So wird in der Süddeutschen Zeitung Anfang Dezember 2022 die Veröffentlichung von ChatGPT als bedenklich dargestellt (Moorstedt 2022; vgl. auch Schurter 2022; Pretschner/Hilgendorf/Schmid/Schmid-Petri 2023), da viele Internetnutzer die erhaltenen Antworten nicht hinterfragten und wegen fehlender Quellenangaben auch nicht in der Lage seien, sie auf Korrektheit zu prüfen. Außerdem besteht die Gefahr, dass durch dieses Programm „Datenhalluzinationen“ geschaffen werden können, die den Internetdiskurs erheblich beeinflussen könnten. Zur Jahreswende 2022/23 begann eine Diskussion um Zivil- und strafrechtliche Haftungsfragen sowie urheberrechtliche Probleme beim Einsatz von ChatGPT und ähnlichen Systemen, da der von der Software generierte Text nicht vor der Veröffentlichung von Menschen auf Richtigkeit und Rechtmäßigkeit geprüft würde.

Bisher wurden noch keine literarischen Werke und Sachbücher mit einem System wie ChatGPT erstellt, für die Zukunft ist dies jedoch

nicht auszuschließen. Investoren der Firma OpenAI wie Elon Musk und Microsoft scheinen nahe zu legen, dass über derartige Programme in Zukunft auch unsere Kultur bestimmt werden wird. Derzeit wird an ChatGPT 4 gearbeitet, das unter anderem die Produktion von Videos, reduzierte Fehleranfälligkeit und die Integration in Microsoft-Produkte wie Word ermöglichen wird (vgl. Weßels 2023).

Im Bereich der Sprachtechnologien kann man beobachten, wie schnell Firmen gegründet werden und dann wieder vom Markt verschwinden. Die betriebswirtschaftliche Realität computerlinguistischer Firmengründungen wird dadurch beeinflusst, dass es eine große Anzahl von Spin-offs universitärer Forschungsprojekte gibt, die von ehemaligen Mitarbeitern solcher Projekte gegründet, allerdings in der Regel von den Geldgebern nur anfinanziert werden. Der Markt wird von den großen Anbietern dominiert und kleinere Start-ups haben oft nicht die Chance, nach dem Auslaufen der Finanzierung auf eigenen Beinen zu stehen.

Auch die bildungspolitischen Konsequenzen der Produkte der Sprachtechnologien werden diskutiert, ohne dass bisher entsprechende Lösungen gefunden wurden. Schon seit geraumer Zeit wird von Lehrkräften in der Übersetzerausbildung bemängelt, dass Studierende mit automatischen Übersetzungsprogrammen arbeiten und dass dadurch die Ermittlung ihres Leistungsniveaus behindert würde. Längst haben Übersetzungsprogramme wie DeepL auch Eingang in die Übersetzungspraxis gefunden, machen jedoch Übersetzer nicht überflüssig, da die entstandenen Texte einer Nacharbeit bedürfen. Die Übersetzung von Gebrauchstexten dürfte durch solche Programme jedoch wesentlich beschleunigt werden, zudem haben sich die Anforderungen an die Fähigkeit der Übersetzer erhöht, Fehlerquellen beim automatischen Übersetzen zu durchschauen und zu beheben.

Das Prüfungssystem an Schulen und Universitäten, in dem Referate und Hausarbeiten eine erhebliche Rolle spielen, steht durch Programme der automatischen Texterzeugung vor großen Herausforderungen. Mit ChatGPT verfasste Arbeiten lesen sich oft besser und flüssiger als von Studierenden geschriebene, wenn es lediglich um die Reproduktion und Verpackung von Wissen geht. Auch das Erlernen von Fremdsprachen kann durch die Existenz von Übersetzungsprogrammen, die leicht zu handhaben sind und jedem zur Verfügung stehen, infrage gestellt werden. Sollte man jedoch keine Fremdsprachen mehr lernen, weil man ja

alles leicht übersetzt bekommt, und sollte man das Schreiben von Texten zurückstellen, weil man sie mit entsprechenden Programmen bei Eingabe von ein paar Stichwörtern erhalten kann? Eine bejahende Antwort auf diese Fragen könnte sich aus den eingeschränkten Bedingungen der Bildung ergeben, sie wäre jedoch in zweierlei Hinsicht gefährlich. Zum einen fördert das selbstständige Schreiben von Texten und das Erlernen von Fremdsprachen auch die Entwicklung des Denkens der Lernenden. Sie erfahren, dass Unterschiede in den Sprachen auch Unterschiede in den ausgedrückten Inhalten bezeichnen und erwerben nicht nur technisch vielleicht substituierbar kommunikative Fähigkeiten, sondern auch Kenntnisse über ihre eigene Sprache. Beim Schreiben wird auch die Gedankenentwicklung geschult, das sich Konzentrieren auf einen Gegenstand, seine Analyse und die anschließende Synthese. Zum anderen würden breite Kreise der Bevölkerung in eine erhebliche Technikabhängigkeit getrieben, wenn keine Fremdsprachen mehr in der Schule gelernt würden und wenn das Schreiben als Bildungsinhalt zurückgestellt würde. Elementare Fähigkeiten des Menschen würden auf technische Hilfsmittel ausgelagert und schließlich verlernt.

Die Produkte der Sprachtechnologien müssen in ihren Vorteilen genutzt werden, was jedoch nur entsprechend vorgebildeten und aufmerksamen Nutzern möglich ist.

Bibliographie

Beckmann, Johann (1806): *Entwurf der algemeinen* [sic!] *Technologie*. Johann Beckmann: *Vorrath kleiner Anmerkungen über mancherley gelehrte Gegenstände*. Stück 3. Göttingen: Röwer, 463–533

Berlinische Monatsschrift (1783–1796), herausgegeben von Friedrich Gedike und Johann Erich Biester. Berlin: Haude und Spener.

Carstensen, Kai-Uwe (2017): *Sprachtechnologie. Ein Überblick*. URL: http://www.kai-uwe-carstensen.de/Publikationen/Sprachtechnologie.pdf. 1. November 2022.

Descartes, René (1974–1986): *Oeuvres*. Publiées par Charles Adam & Paul Tannery, Nouvelle présentation, en co-édition avec le CNRS. 11 vols. Paris: Vrin (zit.: Descartes AT I etc.)

Friedrich Kittler (1986): *Grammophon, Film, Typewriter*. Berlin: Brinkmann & Bose.

Gauß, Stefan (2009): *Nadel, Rille, Trichter. Kulturgeschichte des Phonographen und des Grammophons in Deutschland (1900–1940)*. Köln/Weimar/ Wien: Böhlau.

Gessinger, Joachim (1994): *Auge & Ohr. Studien zur Erforschung der Sprache am Menschen 1700–1850*. Berlin/New York: Walter de Gruyter.

Kranz, Dieter (1973): *Zwischen Tradition und Moderne. Der Lyriker Charles Cros in seiner Zeit*. Frankfurt am Main: Humanitas-Verlag.

Moorstedt, Michael (2022): „Künstliche Intelligenz Chat GPT beantwortet Fragen verblüffend klug". *sueddeutsche.de*. 4. Dezember 2022. am 9. Dezember 2022.

Parzer-Mühlbacher, Alfred (1902): *Die modernen Sprechmaschinen, deren Behandlung und Anwendung*. Wien: A. Hartleben's Verlag.

Pretschner, Alexander/Hilgendorf, Eric/Schmid, Ute/Schmid-Petri, Hannah (2023): „Die mächtigen neuen Assistenzsysteme. Was aus der Künstlichen Intelligenz ChatGPT folgt, über die gerade alle sprechen". *Frankfurter Allgemeine Zeitung*. 9. Januar 2023, 18.

Ronald W. Clark (1981): *Edison – Der Erfinder, der die Welt veränderte* (Übersetzung von L. Nürenberger). Frankfurt/Main: Societäts-Verlag.

Schurter, Daniel (2022): „Datenwissenschaftlerin aus Zürich warnt vor ChatGPT und den bösen Folgen". *Watson* 13. Dezember 2022. 23. Dezember 2022. https://www.watson.ch/digital/analyse/5607-41870 -wissenschaftlerin-aus-zuerich-warnt-vor-chatgpt-ki-faelscht-quellen

Temath, Christian et al. (2021): *Moderne Sprachtechnologien. Konzepte, Anwendungen, Chancen*. Sankt Augustin: Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme.

Weßels, Doris (2023): „Muss man künstliche Intelligenz in der Schule verbieten? Das ist definitiv der falsche Weg. Doris Weßels im Interview mit Martin Spiewak". *Die Zeit*. 19. Januar 2023, 28.

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *156 (2023), 139–167*

Allgemeine Technologie und Lehrerbildung.

Allgemeine Technologie als eine Basiswissenschaft für die allgemeine technische Bildung?

Bernd Meier
(Potsdam, MLS)

Abstract

This article is addressing the development of the discipline specific training of technology teachers at general education school level. On the one hand, the article focuses on the training of teachers for polytechnic teaching following the 3rd higher education reform in the GDR. On the other hand, the focus is on the further development of the concept of training of technology teachers following the political and social change after 1990. In the latter context the emphasis is on the higher education reform based on the Bologna Process, establishing the Bachelor's, and Master's degree programs. Following selected criteria, the proposition is advanced that "General Technology" can form an important basic discipline specific science for technical teacher training.

Resümee

Der Beitrag widmet sich der Entwicklung der fachwissenschaftlichen Ausbildung von Lehrkräften für Technik an allgemeinbildenden Schulen. Dabei erfolgt eine Fokussierung einerseits auf die Ausbildung von Lehrkräften für den Polytechnischen Unterricht nach der 3. Hochschulreform in der DDR und andererseits auf die Weiterentwicklung des Konzepts nach der politischen und gesellschaftlichen Wende nach 1990 und hier vor allem im Rahmen der Hochschulreform im Bologna-Prozess zur Konstituierung von Bachelor- und Masterstudiengängen. Anhand von ausgewählten Kriterien wird die Position vertreten, dass „Allgemeine Technologie“ eine wichtige Basiswissenschaft für die Ausbildung von Techniklehrkräften bilden kann.

Keywords/Schlüsselwörter

Teacher training, subject sciences, GDR – FRG, general technology, technological systems, polytechnic, higher education reform, Bologna process

Lehrerbildung, Fachwissenschaft, DDR – BRD, Allgemeine Technologie, Technisches System, Polytechnik, Hochschulreform, Prozess von Bologna

1 Vorbemerkung

Mit diesem Beitrag knüpfen wir unmittelbar an unsere Ausführungen zu den Entwicklungslinien einer polytechnischen Bildung (vgl. Meier 2021) sowie den Darstellungen von Elke Hartmann zur Lehrerbildung in der DDR im Allgemeinen und der Polytechnik im Besonderen (vgl. Hartmann 2021) an. Dabei konzentrieren wir uns einerseits ausschließlich auf die fachwissenschaftliche Ausbildung von Lehrkräften für den Polytechnischen Unterricht nach der 3. Hochschulreform in der DDR und der Weiterentwicklung des Konzepts im Rahmen der politischen und gesellschaftlichen Wende nach 1990. Damit untersuchen wir zwei entscheidende Zeiträume, die für die Herausbildung und Profilierung der Lehrerbildung für eine allgemeine technische Bildung in Deutschland fundamental waren.

Unsere zentrale Fragestellung lautet dabei: Inwieweit werden die zentralen Themenbereiche einer Allgemeinen Technologie im Rahmen der Lehrerbildung im Gegenstandsbereich TECHNIK aufgegriffen? Dabei gehen wir davon aus, dass sich die Allgemeine Technologie

> „mit dem Vergleich technologischer Prozesse und ihrer Bestandteile auf unterschiedlichen (Hierarchie-)Ebenen und (strukturellen) Niveaus mit dem Ziel [befasst], das Allgemeine und Wesentliche technologischer Erscheinungen zu erfassen, um Gesetzmäßigkeiten zu erkennen und Prinzipien, Vorschriften, Empfehlungen und Methoden zur Gestaltung der materiell-technischen Seite des Produktionsprozesses für die Anwendung bereitzustellen, deren Aussagen für alle bzw. eine abgrenzbare Summe technologischer Prozesse gültig sind“. (Banse/Reher 2008: 21)

Als zentrale Themenbereiche einer Allgemeinen Technologie (AT) bzw. Allgemeinen Techniklehre (ATL) sehen wir an (vgl. Ropohl 2006: 338):

- Begriff der Technik;

- Technische Sachsysteme: Funktion, Struktur, Klassifikation;
- Technikentstehung im soziotechnischen Kontext: Entwerfen (Konzipieren), Gestalten, Produzieren;
- Technikverwendung im soziotechnischen System: Arbeits- und sozialwissenschaftliche Analyse der Mensch- Maschine- Beziehungen;
- Theorien der technischen Entwicklung / des technischen Wandels: sozioökonomische Bedingungen und Folgen der Technisierung; Technikgeschichte; Technische Prognostik;
- Technikbewertung und Technopolitik.

Mit unseren Aussagen folgen wir uneingeschränkt der von Gerhard Banse formulierten These:

> „Eine zeitgemäße technische (Allgemein-)Bildung kann nur mit einer klaren begrifflich-konzeptionellen Grundlage (Grundlegung) erfolgen, wie sie die AT bietet". (Banse 2016: 33)

Zugleich ist zu konstatieren:

> „AT ist gegenwärtig mehr ein Programm denn ein aus- bzw. durchgearbeitetes Konzept – sie ist indes nicht nur möglich, sondern auch notwendig (stirbt aber institutionell wie personell aus)". (Banse 2016: 33)

2 Von der Wissenschaft über die Prinzipien der Produktion zur Allgemeinen Technologie

In dem Bestreben der Ausprägung eines neuen Bildungsverständnisses (vgl. Meier 2018) nach dem 2. Weltkrieg auf der Basis der drei großen Wirklichkeitsbereiche Natur – Technik – Gesellschaft als unabdingbare Bestandteile einer sozialistischen Allgemeinbildung war es notwendig, vor allem den bisher kaum berücksichtigten Bereich Technik didaktisch zu erschließen.

Es war vor allem Horst Wolffgramm, der auf der Lehre von Johann Beckmann zur Allgemeinen Technologie und den Erkenntnissen aus der Analyse der großen Industrie von Karl Marx aufbauend die Grundzüge einer Theorie über die Prinzipien der Produktion entwarf, die er als „Polytechnik" bezeichnet und in einer wissenschaftlichen Schrift anlässlich des fünfjährigen Bestehens des Instituts für Poly-

technische Bildung und Erziehung an der Universität Halle 1968 veröffentlichte (vgl. Hartmann/Hein 2021: 24).

> „In Anlehnung an Marx entwickelt Wolffgramm das System der Prinzipien der Produktion, das die allgemeinen wissenschaftlichen Grundsätze aller Produktionsprozesse enthält". (Hartmann/Hein 2021: 24)

Bezüglich der Prinzipien akzentuiert er die materiell-technische und ökonomische Seite der Produktion und systematisiert in Form einer Matrix mit den Kategorien Elemente, Strukturen und Funktionen in der Basiszeile und Prozesse, Gebilde und Relationen in der Basisspalte einen Entwurf für die Wissenschaft Polytechnik (vgl. Wolffgramm 1968; siehe Abbildung 1).

Entwurf einer Wissenschaft von den Prinzipien der Produktion

Polytechnik

materiell-technische Seite der Produktion | **ökonomische Seite der Produktion**

Das System der Prinzipien der Produktion

	Elemente	Strukturen	Funktionen
Prozesse	System der technologischen Grundverfahren	Strukturen technologischer Verfahren	Allgemeine Verfahrens-prinzipien
Gebilde	System der Funktionselemente und -organe	Strukturen technischer Systeme	Funktionsprinzipien technischer Systeme
Relationen	System der Grundrelationen	Strukturen ökonomischer Systeme	Prinzipien der Optimierung ökon. Systeme

Abbildung 1: Entwurf der Wissenschaft Polytechnik (Quelle: Hartmann/Hein 2021: 26; nach Wolffgramm 1968: 12).

Mit seinen wissenschaftlichen Arbeiten hat er eine Basis für die Strukturierung und Modellbildung sowohl in der allgemeinen Technischen Bildung als auch der Technikphilosophie geschaffen und

> „kann mit Recht – neben Günter Ropohl (1939–2017) – als einer der ‚Väter' der modernen, auf einem systemtheoretischen Konzept beruhenden Allgemeinen Technologie bezeichnet werden". (Banse 2021: 15)

Allerdings bestehen Unterschiede in den Auffassungen beider Wissenschaftler: Während Günter Ropohl vereinfacht die Allgemeine Technologie als die Wissenschaft bzw. die Lehre von der Technik versteht (im Sinne von Techno-*logie*; vgl. Ropohl 2006: 31), spricht Wolffgramm von einer Allgemeinen Techniklehre und betont:

> „Die Technologie ist ein Bereich, eine Seite der Technik, und die technologische Wissenschaft ist eine Disziplin innerhalb der Technikwissenschaften. […] Die Technologie ist eine Technikwissenschaft. Ihr *Gegenstand* sind die mittels technischer Systeme an Arbeitsgegenständen innerhalb eines Produktionsprozesses durchgeführten Bearbeitungsvorgänge". (Wolffgramm 1978: 22, 25)

Jahrzehnte später bekräftigt er erneut:

> „Ich ziehe die Bezeichnung ‚Allgemeinen Techniklehre' dem Terminus ‚Allgemeine Technologie' vor, insbesondere und vor allem deshalb, weil der Begriff der Technik die zentrale Kategorie für die Gesamtdisziplin ist (wir sprechen vom Gesamtbereich als den ‚Technikwissenschaften'). Zum anderen stellt die ‚Allgemeine Technologie' in dem von mir entworfenen System nur einen Teilbereich des gesamten Gegenstandsbereiches dar (die prozessuale Seite). Als weitere Bereiche sind die Theorie technischer Systeme (die sich mit den Artefakten der Technik befasst, mit dem die technologischen Vorgänge realisiert werden) und die Theorie der Arbeitsgegenstände (das ist der Bereich der materiellen Objekte, der durch die technologische Einwirkung in Gebrauchsgegenstände umgewandelt wird) zu nennen". (Wolffgramm 2004: 72)

Ursächlich hierfür sind die unterschiedlichen Wurzeln beider Wissenschaftler: Ropohl (1939–2017) war ein westdeutscher Technikphilosoph und Ingenieur; Wolffgramm (1926–2020) war Neulehrer für Chemie und Geographie mit Sozialisation in der DDR. In der DDR führte die Fachtradition im Zusammenhang mit einem diesbezüglichen Marx-Verständnis dazu, Technologie im Sinne einer „Produktionslehre" aufzufassen. In einer Definition, die von der Fakultät für Technologie der Technischen Universität Dresden im Dezember 1960 ausgearbeitet wurde, lautet es:

> „Technologie ist die Wissenschaft von den naturwissenschaftlich-technischen Gesetzmäßigkeiten der Produktionsprozesse". (Perner 1969: 17)

Diese Auffassung wurde nicht nur in den Ingenieurwissenschaften vertreten, auch Philosophen betonten den Bezug zum Produktionsprozess:

> „Technologie: Disziplin der technischen Wissenschaften, die die materiell-technische Seite des Produktionsprozesses, den technologischen Prozess, zum Gegenstand hat". (Banse/Thiele 1978: 911)

Zugleich fasst der Philosoph Banse an anderer Stelle die aktuellen Diskussionen zum Technikbegriff wie folgt zusammen:

> „Wir konstatieren, dass die Technik als Objektbereich der Technikwissenschaften folgendes umfasst:
> - vorhandene technische Systeme (in der Einheit von Struktur und Prozess);
> - zu schaffende technische Systeme;
> - Prozesse der Erzeugung und Nutzung technischer Systeme (Technologien);
> - Entwicklung, Herstellung und Verwendung von Werkstoffen.
>
> Damit ist zweierlei sichtbar gemacht: Erstens ist Technik nicht auf ihre gegenständlichen Momente (‚technische Gebilde') reduzierbar, sondern umfasst darüber hinaus auch die Vorgänge und Prozesse, die in den ‚technischen Gebilden' ablaufen, sowie die technologischen (Produktions-)Verfahren, die auf der Nutzung technischer Systeme beruhen und der Erzeugung von Gebrauchswerten (darunter auch technische Objekte) dienen. Zweitens gehört zum Objektbereich der Technikwissenschaften nicht nur bereits existierende und funktionierende Technik, sondern auch noch zu schaffende Technik, die ideell vorwegzunehmen, zu konstruieren oder zu projektieren ist". (Banse 1986: 12–13)

Auch hier wird die mit Wolffgramm übereinstimmende Auffassung deutlich, dass der Technikbegriff weiter als der der Technologie ist.

Ropohl greift später die Positionen aus den breiten Diskussionen von Vertretern verschiedener Wissenschaftsbereiche aus Ost und West auf und stellt fest:

> „Die Allgemeine Technologie umfasst generalistisch-transdisziplinäre Technikforschung und Techniklehre und ist […] die Wissenschaft von den allgemeinen Funktions- und Strukturprinzipien der technischen

> Sachsysteme und ihrer soziokulturellen Entstehungs- und Verwendungszusammenhänge". (Ropohl 2006: 337)

In Bezug auf den Technikbegriff setzt sich dann auch die Definition in der VDI-Richtlinie 3780 durch. Diese basiert vor allem auf Arbeiten der Technikphilosophen Klaus Tuchel und Ropohl. Nach deren Beschreibung umfasst Technik:

> „(1) die Menge nutzenorientierter, künstlicher und gegenständlicher Gebilde (Sachsysteme) (2) die Menge menschlicher Handlungen und Einrichtungen, in denen Sachsysteme entstehen (3) die Menge menschlicher Handlungen, in denen Sachsysteme verwendet werden" (VDI 2000: 4).

Es ist wiederum Banse, der diese Grundgedanken zur Technologie als Wissenschaft weiterführt. Einerseits werden von ihm die dominanten Auffassungen zum Technikbegriff bezüglich ihrer Konzeptualisierung hinterfragt und systematisiert (vgl. Banse/Hauser 2010). Herausgestellt werden: Enge Technikverständnisse, die das Gegenständliche, das „Arte-Faktische" von Technik in den Mittelpunkt (technische Sachsysteme) stellen, werden erweitert durch Auffassungen, in denen Verwendungs- bzw. Nutzungszusammenhängen auf der Ebene des Individuums einbezogen werden (Konzept der Mensch-Maschine-Systeme). Eine darüber hinausgehende Erweiterung im Technikverständnis nehmen Auffassungen vor, die Technik als soziales „Phänomen" begreifen (Technik als sozio-technisches System). Und schließlich wird noch die Auffassung von der Technik als Kulturprodukt explizit herausgestellt (vgl. Banse 2010: 3). Banse geht davon aus, dass Technik sowohl die technischen Sachsysteme selbst („Artefakte") als auch die Entstehungszusammenhänge (das „Gemacht-Sein") und die Verwendungszusammenhänge (das „Verwendet-Werden") umfasst. Zugleich ist sie einbezogen in menschliche Aktionen und Praktiken (Mittel für Ziele/Zwecke, „Realisierung" von Regeln). Somit sind sozio-technische Systeme (in eine vielfältige und heterogene „Umwelt") „eingebettete" Systeme, wobei schließlich Nützlichkeit von Technik immer auch etwas kulturell Interpretiertes ist. Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass technische Sachsysteme neben ihrem „Funktionswert (‚Mittel' für … zu sein) stets auch einen symbolischen Wert" haben (Banse 2010: 6).

Erneut ist es Banse, der bezüglich der Technik, Technologie und Technikwissenschaften die Bezüge zum technischen Handeln und technischen Wissen (technischen Wissenschaften) besonders untersucht

und hierbei nicht nur Erkennen und Gestalten akzentuiert, sondern auch das Technikbewerten und die Technikfolgenabschätzung in des Handlungskonzept integriert (vgl. Banse 2015, 2017; Banse et al. 2006; Banse/Wendt 1986).

Es ist nachstehend darzustellen, inwieweit diese Auffassungen und Grundpositionen ihren Niederschlag in der Ausbildung von Lehrkräften für die allgemeine technische Bildung gefunden haben.

3 Lehrerbildung „Polytechnik" im Kontext der 3. Hochschulreform[1]

Die 3. Hochschulreform wurde mit der Verkündigung des „Gesetzes über das einheitliche sozialistische Bildungssystem" vom Februar 1965 eingeleitet und war von grundlegenden Umgestaltungsmaßnahmen im gesamten Bildungssystem in einem engen Wechselverhältnis zu den damaligen Wirtschaftsreformen der DDR geprägt. Das Gesetz postuliert die Funktionen der einzelnen Bildungsbereiche, wie vorschulische Bildung, schulische Allgemein-, Berufs- und Weiterbildung sowie Hoch- und Fachschulbildung in einem pädagogischen Gesamtkonzept und Grundpositionen ihrer Ausgestaltung (vgl. Gesetz 1965).

Diese Hochschulreform stellt die entscheidende Zäsur in der Hochschulgeschichte der DDR dar. Sie war darauf gerichtet, das Hochschulwesen der DDR den Forderungen der Zeit gemäß umzugestalten. Dazu galt es, die Effektivität von Forschung und Ausbildung zu verbessern sowie eine stärkere Verbindung der Hochschulen mit der Wirtschaft zu erreichen. Zum anderen sollte die akademische Lehre praxisnäher werden. Deshalb sollten neue Ausbildungsprogramme und Studienpläne ausgearbeitet und nach und nach eingeführt werden. Im Zuge der Reform verabschiedete die IV. Hochschulkonferenz im Februar 1967 „Prinzipien zur weiteren Entwicklung der Lehre und Forschung an den Hochschulen der DDR". Die Prinzipien wurden in vier Bereiche zusammengefasst (vgl. MHF 1967):

---

[1] Die 1. Hochschulreform wurde mit der Wiedereröffnung der Universitäten und Hochschulen nach 1945 eingeleitet. Die 2. Hochschulreform fand ihre gesetzliche Grundlage in der „Verordnung über die weitere sozialistische Umgestaltung des Hoch- und Fachschulwesens in der Deutschen Demokratischen Republik vom 13.2.1958" (vgl. Gesetz 1958).

- Ausbildung und Erziehung der Studenten
  (Studium mit vier- oder fünfjähriger Dauer, Gliederung der Ausbildung in die vier Abschnitte Grundlagenstudium, Fachstudium, Spezialstudium, Forschungsstudium);
- Forschung
  (Hochschulforschung auf der Grundlage von Perspektivplänen in Übereinstimmung mit den Aufgaben und Zielen von Ausbildung und Erziehung);
- Profilierung.
  (Erarbeitung von Grundlinien der Profile für Ausbildung und Forschung);
- Leitung der wissenschaftlichen Arbeit im Hochschulwesen
  (Gründung von Sektionen, deren verbindender inhaltlicher Kern eine sogenannte „komplexe Wissenschaftseinheit" darstellt, Gliederung der Sektionen in Wissenschaftsbereiche, Abteilungen, Forschungskollektive, die dem Sektionsdirektor direkt unterstanden, die Sektionen unterstanden dem Rektor der Universität bzw. Hochschule).

Für die Lehrerbildung im Bereich der Polytechnik bedeutete die Reform grundlegende Veränderungen. Einerseits wurde die Ausbildung für Lehrer für den Werkunterricht profiliert und das Studium für das Unterrichtsfach „Grundlagen der sozialistischen Produktion" zu einem quasi „Einfach-Studium" umgewandelt und in „Polytechnik" umbenannt. Die Festlegung auf den einen Gegenstandsbereich „Polytechnik" war eine Ausnahmeregelung. Grundsätzlich mussten ansonsten mindestens zwei Unterrichtsfächer kombiniert werden, z. B. Mathematik/Physik oder Germanistik/Geschichte.

> „Tragende Gründe für diese Entscheidung waren die wissenschaftlich-technische Entwicklung in der Wirtschaft, die steigenden Ansprüche an die Qualifikation der Werktätigen in der Industrie und in der Landwirtschaft, die Industrialisierung der Landwirtschaft, das zunehmende technologische Wissen sowie die weitere Entwicklung der allgemeinbildenden polytechnischen Oberschulen zu einer Einheitsschule bis zur Klassenstufe 12, die vor allem auch Nachwuchs für die technischen Berufe in der sozialistischen Wirtschaft generieren sollte". (Hartmann 2021: 280)

Darüber hinaus erforderte die Komplexität des Produktionsgeschehens und die damit einhergehende Vielzahl von Wissenschaftsdisziplinen zur

Erfassung und Beherrschung dieser Komplexität eine derartige Beschränkung (vgl. Blandow/Wolfgramm 1975).

Mit dem Immatrikulationsjahrgang 1969 konnten die Studierenden den ersten akademischen Grad „Diplomlehrer" erwerben. Die Studienstrukturen wurden den Diplomstudiengängen der anderen Fachrichtungen mit Grund- und Hauptstudium, der Hauptprüfung in den Fächern sowie der Diplomprüfung zur Diplomarbeit angeglichen. Die Diplomlehrer für Polytechnik erhielten nach vier erfolgreichen Studienjahren die Lehrbefähigung für die Fächer „Werkunterricht" der Klassen 5 und 6, „Technisches Zeichnen" der Klassen 7 und 8 und „Einführung in die sozialistische Produktion" der Klassen 7 bis 10 der Polytechnischen Oberschule.

Die Immatrikulation erfolgte an den Sektionen Polytechnik der Pädagogischen Hochschulen in Potsdam, Güstrow, Halle, Erfurt, der Universitäten in Halle, Berlin sowie der Technischen Hochschule in Karl-Marx-Stadt. An jeder dieser Einrichtungen wurden jährlich zwischen 50 und 80 Studierende immatrikuliert.

Das Studium erfolgte an allen Einrichtungen nach einheitlichen Studienprogrammen, die durch den Ministerrat der Deutschen Demokratischen Republik, dem Ministerium für Volksbildung und dem Ministerium für Hoch- und Fachschulwesen erlassen und damit für die Einrichtungen verbindlich wurden. Diese Curricula wurden durch eine Zentrale Fachkommission Polytechnik beim Ministerium für Volksbildung und dem Ministerium für Hoch- und Fachschulwesen erarbeitet. Sie setzte sich aus ausgewählten Vertretern aller sieben akademischen Einrichtungen mit den Studiengängen „Diplomlehrer für Polytechnik" zusammen und wurde von einem Hochschullehrer aus diesen Einrichtungen geleitet. Im Grunde ging es nicht nur im Problemfeld „Lehrerbildung Polytechnik" um die zwei zentralen Schwerpunkte Berufsbezogenheit auf der einen und Wissenschaftsorientierung auf der anderen Seite.

4 Konzepte zur fachwissenschaftlichen Ausbildung von Diplomlehrern für Polytechnik

In Weiterführung der Diskussionen zur Profilierung der Ausbildung von Diplomlehrern für Polytechnik ziehen Dietrich Blandow und Wolffgramm (beide fungierten zu unterschiedlichen Zeiten als Leiter

der Zentrale Fachkommission Polytechnik; Wolffgramm war seit 1965 der erste, Blandow bis 1990 der letzte) eine gewisse Bilanz, indem sie die Erkenntnisse und Positionen zur Spezifik der fachwissenschaftlichen Ausbildung im Bereich Polytechnik zusammenfassen (vgl. Blandow/Wolfgramm 1975). Dabei betonen sie ein grundlegendes Merkmal von Professionalisierung in der Lehrerbildung:

> „Spätestens seit der Diskussion zur 3. Hochschulreform hat sich die Erkenntnis durchgesetzt, daß das fachwissenschaftliche Hinterland des Lehrers nicht nur durch die Fachwissenschaft selbst, sondern ganz wesentlich auch von Anforderungen des jeweiligen Unterrichtsfaches bestimmt wird" (Blandow/Wolfgramm 1975: 318).

Mit Blick auf die zentralen Themenbereiche der Allgemeinen Technologie finden wir bei ihnen Aussagen in Bezug auf:

a) *Begriff der Technik:*
Fragen und Antworten nach der Spezifik der Technik und der technischen Wissenschaften sind ein zentraler Themenbereich zur Fundierung der fachwissenschaftlichen Ausbildung von Diplomlehrern für Polytechnik. Dabei geht es sowohl um die Beziehungen von Technik und Naturwissenschaft, als auch um das Verhältnis von Technik und Gesellschaft. Die Aussagen münden schließlich in der bekannten Aussage: „Die Spezifik der Technik besteht in der charakteristischen Einheit von natürlichen und gesellschaftlichen Elementen (Blandow/Wolfgramm 1975: 321). Darüber hinaus sehen die Protagonisten der Polytechnik die Ausarbeitung von technischen Gesetzmäßigkeiten für die Profilierung der fachwissenschaftlichen Grundlagen für Polytechniklehrkräfte als bedeutungsvoll an.

b) *Technische Sachsysteme: Funktion, Struktur, Klassifikation*:
Im Zuge der Diskussion technischer Gesetzmäßigkeiten verweisen die Autoren auf die Organstruktur technischer Systeme. Das Organstrukturmodell trägt dazu bei, Teilsysteme eines technischen Sachsystems zu strukturieren und in Funktionsorgane einzuteilen. Unterschieden werden Bearbeitungs-, Führungs-, Übertragungs-, Positionierungs-, Antriebs-, Steuerungs-, Optimierungs- und Stützfunktionen. Es ist vor allem Blandow, der über die Kategorien Funktion, Struktur, Klassifikation technischer Sachsysteme hinausgehend die vorgangsorientierte Betrachtung

in technischen Systemen als wichtigen Themenbereich einer allgemeinen Techniklehre hinzufügt. Zentrale Begriffe sind hierbei der technologische Vorgang mit Wirkprinzip, Wirkungsweise, Wirkstelle, Wirkungsbedingungen (vgl. Blandow 1977: 7).

c) *Technikentstehung im soziotechnischen Kontext – Entwerfen (Konzipieren), Gestalten, Produzieren:*
Bezüglich der Prozesse des Technikentstehens akzentuieren die Autoren einerseits den Problemlösungsprozess in der Technik sowie den Produktionsprozess. Aus der Struktur des technischen Problembearbeitungsprozesses gelingt es den Autoren, Bereiche des Könnens zu bestimmen, die für die Technikentwicklung zentral sind. Hierzu zählen sie beispielsweise „Fähigkeiten, für einen Zweck Varianten von Vorgängen und Wirkungseisen in verschiedenen Konkretisierungsstufen darzustellen und sich Vorstellungen von technischen Lösungen zu erarbeiten. In Bezug auf den Produktionsprozess betonen sie dessen Komplexität und stellen ihn vor allem auch in einen gesellschaftlichen Zusammenhang. „Dabei beziehen wir den Begriff der Produktion nicht ausschließlich auf den einzelnen Betrieb als vielmehr auch die Produktionsweise der jeweiligen ökonomischen Formation. Sowohl die Herstellung, als auch die Verteilung, der Austausch und auch die Elemente der Konsumtion sind eingeschlossen (Blandow/Wolfgramm 1975: 323). In Konsequenz derartiger Positionen wird im Studienprogramm eine Lehrveranstaltung „Ausgewählte Produktionsprozesse (APP)“ ausgewiesen, „die die komplexe Darstellung der technischen, technologische und ökonomischen Aspekte unter Berücksichtigung ihrer naturwissenschaftlichen Grundlagen und gesellschaftswissenschaftlichen Determinierung volkswirtschaftlich wichtiger Produktionsprozesse zum Ziel hat und die Studenten mit entsprechenden Arbeitsmetoden bekannt macht“ (Blandow/Wolfgramm 1975: 323).

d) *Technikverwendung im soziotechnischen System: Arbeits- und sozialwissenschaftliche Analyse der Mensch-Maschine-Beziehungen:*
Wenn auch, wie voranstehend hervorgehoben, im Konzept einer polytechnischen Lehrerbildung von einem weit gefassten Begriff der Produktion ausgegangen wird, so wird in den Lehrprogrammen die Technikverwendung auf den Produktionsprozess reduziert. Der Gebrauch von Technik in Haushalt und Freizeit wird

komplett ausgeblendet. Als Grunderkenntnis wird stets herausgestellt:

In jedem Produktionsprozess wirken drei Hauptfaktoren zusammen:

- die menschliche Arbeitskraft,
- der Arbeitsgegenstand und
- das Arbeitsmittel.

In einem Prozess der Wechselwirkung stellt der Mensch die entscheidende Produktivkraft dar, die über das Arbeitsmittel auf den Arbeitsgegenstand einwirkt und so den technologischen Grundvorgang realisiert, mit dem die beabsichtigten Zustandsänderungen erreicht werden. Das Entwicklungsniveau der Arbeitsmittel bestimmt dabei, in welcher Art und Weise der Mensch in den Produktionsprozess einbezogen wird.

Später stellt Wolffgramm den Zusammenhang als technologisches System des Produktionsprozesses wie folgt graphisch dar (siehe Abbildung 2)

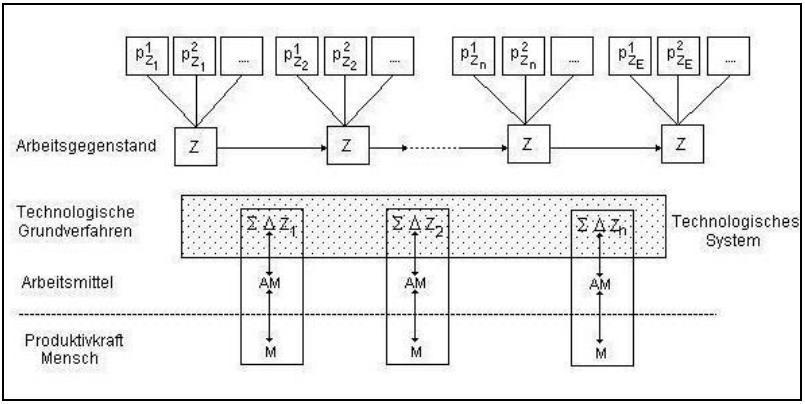


Abbildung 2: Schema des Produktionsprozesses (Quelle: Wolffgramm 2006: 121).

Immer wieder wird zudem mit Bezug auf Marx herausgestellt, dass Technik ein Produkt menschlicher Arbeit ist und sie somit materiell vergegenständlichte Wesenskräfte des Menschen verkörpert.

e) *Theorien der technischen Entwicklung / des technischen Wandels: sozioökonomische Bedingungen und Folgen der Technisierung; Technikgeschichte; Technische Prognostik:*
Theorien der technischen Entwicklung und ihrer Folgen sowie damit im engen Zusammenhang stehende Wissenschaftsgebiete wurden in dieser Phase der Konstituierung der Lehrerbildung-Polytechnik weniger beachtet.

f) *Technikbewertung und Technopolitik*:
Auch diese technikrelevanten Bereiche finden zu dieser (Gründungs-)Zeit keine explizite Beachtung. Bestimmt werden soll das „Allgemeintechnische". Mit diesem Begriff „werden die erfassbaren Integrations- und Differenzierungstendenzen, Struktur- und Entwicklungsgesetze. Kausale Abhängigkeiten, Arbeitsmethoden und Betrachtungsweisen belegt, die in mehreren technischen Einzelwissenschaften gleichermaßen nachweisbar sind" (Blandow/Wolfgramm 1975: 410).

5 Lehrerbildung im Land Brandenburg – Hochschulreform im Bologna-Prozess

Nach der politischen Wende und dem Beitritt zum Grundgesetz der BRD veränderten sich die gesellschaftlichen Rahmenbedingungen grundlegend. Lehrerbildung ist nun Ländersache, grundsätzlich erfolgt die Ausbildung in mindestens zwei Unterrichtsfächern und in zwei Phasen. Der akademischen Ausbildung an der Universität schließt sich ein Referendariat in Verantwortung der Bildungsverwaltung an.

Für die universitäre Ausbildung werden die Studienordnungen in den Fachbereichen auf der Basis von spezifischen Lehrerbildungsgesetzen der Bundesländer und Rahmenordnungen der Universitäten erarbeitet, durch die verantwortlichen Gremien der jeweiligen Universitäten verabschiedet und dem betreffenden Ministerium „angezeigt". Im Land Brandenburg ist die Universität Potsdam die einzige lehrerbildende Einrichtung. Sie ist unter anderem aus der Pädagogischen Hochschule Potsdam hervorgegangen. Nach der voruniversitären Entwicklungsphase der Lehrerausbildung an der Pädagogischen Hochschule Potsdam kann die Genese der Lehrerbildung seit 1990 in drei Etappen eingeteilt werden (vgl. Meier/Lowaßer 2013):

Die *erste* Etappe diente Anfang der neunziger Jahre der Anpassung der Lehrerbildung der Pädagogischen Hochschule Potsdam an die Rahmenbedingungen in der BRD. Hierzu wurde das Potsdamer Modell der Lehrerbildung entwickelt, in dem versucht wurde, unter Beachtung bundesdeutscher Rahmenbedingungen Innovationen in das System der Lehrerbildung der BRD einzubringen. Die Innovationen hatten ihre Wurzeln einerseits in der konsequenten Beachtung der veränderten gesellschaftlichen Bedingungen in der BRD zu Beginn der 90er Jahre und andererseits in den fortgeschrittenen Erfahrungen aus der Lehrerbildung in der DDR. Die *zweite* Etappe stand ganz im Zeichen der Europäisierung. Eingebunden in den europaweiten Bologna-Prozess führten Bund, Länder und Hochschulen die größte Hochschulreform seit Jahrzehnten durch. Ziel des 1999 in der italienischen Universitätsstadt Bologna angestoßenen Hochschulreformprozesses war und ist es, international akzeptierte Abschlüsse zu schaffen, die Qualität von Studienangeboten zu verbessern und mehr Beschäftigungsfähigkeit zu vermitteln. Die *dritte* Etappe stand ganz im Zeichen der Inklusion und nimmt weitere Elemente einer zeitgemäßen Lehrerbildung auf (vgl. Meier 2010: 15).

Wir konzentrieren die nachstehenden Aussagen vor allem auf die zweite Etappe, da diese für die Charakteristik der fachwissenschaftlichen Ausbildung die entscheidenden Veränderungen brachte. Grundlegende Forderungen von Bologna waren unter anderem

- die Einführung von zweistufigen Studiengängen (Bachelor- und einem Masterstudium) und
- die Modularisierung des Studienangebots.

Die Regelstudienzeit des Bachelorstudiums beträgt nunmehr sechs Semester (180 LP) einschließlich der Zeit für die Anfertigung der Bachelorarbeit. Die Regelstudienzeit des Masterstudiums beträgt überwiegend vier Semester (120 LP), jeweils einschließlich der Zeit für die Anfertigung der Masterarbeit. Module sind in sich sachlich geschlossene Einheiten, also thematisch und zeitlich abgerundete Stoffgebiete.

Ein Modul umfasst im Regelfall Inhalte eines einzelnen Semesters oder eines Studienjahres im Umfang von mindestens fünf Leistungspunkten (LP). Ein LP ist für die Studierenden mit einem Aufwand von ca. 30 Zeitstunden (Workload) verbunden. Jedes Modul wird mit einer Prüfung studienbegleitend abgeschlossen.

6 Konzepte zur fachwissenschaftlichen Ausbildung von Lehrkräften in lehramtsbezogenen Bachelor- und Masterstudiengängen

Das Konzept zur fachwissenschaftlichen Ausbildung der Lehrkräfte stellen wir vor allem exemplarisch dar und konzentrieren uns dabei auf die Universität Potsdam. Darüber hinaus werden auch Verweise auf analoge Ansätze in zentralen Orientierungen der Kultusministerkonferenz (KMK) und des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) angeführt.

Die lehrkonzeptionellen Arbeiten an der Universität Potsdam, Institut für Arbeitslehre/Technik, waren vor allem dadurch geprägt, dass einerseits die fortschrittlichen wissenschaftlichen Grundpositionen von Wolffgramm und Blandow bewahrt und andererseits aber auch die nunmehr zugänglichen Veröffentlichungen von Ropohl und aktuelle Forschungsergebnisse von Banse für die Profilierung der akademischen Lehre einbezogen wurden. Die erfolgreiche Arbeit führte unter anderem dazu, dass sowohl die Empfehlungen des VDI zum Bachelor-Master-Studiengang für Techniklehrer an allgemeinbildenden Schulen (vgl. VDI 2006) als auch die *Ländergemeinsamen inhaltlichen Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung* (vgl. KMK 2019) auch Grundpositionen des Potsdamer Instituts aufgriffen.

Wir konzentrieren uns in den nachstehenden analytischen Darstellungen wiederum vorrangig auf die oben genannten zentralen Themenbereiche der Allgemeinen Technologie.

6.1 Begriff der Technik

Im Selbstbericht zur Akkreditierung der BA/MA-Studiengänge des Instituts für Arbeitslehrer/Technik wird zunächst Technik mit Bezug auf Wolffgramm als „Einheit natürlicher und gesellschaftlicher Momente“ charakterisiert und als Kulturgut herausgestellt:

> „Wir gehen konform mit der angelsächsischen Kulturanthropologie, die ideelle, soziale und eben auch materielle Kultur unterscheidet und stellen die materielle Kultur als Aneignungsgegenstand in den Mittelpunkt“. (Meier/Mette 2007: 7)

Im Folgenden wird dann betont:

> „Alle Studiengänge basieren auf einem Technikbegriff mittlerer Reichweite, wie er auch vom Verein Deutscher Ingenieure vertreten wird". (Meier/Mette 2007: 9)

Auch in den Empfehlungen des VDI zum Bachelor-Master-Studiengang für Techniklehrer wird in der Inhaltsstruktur die Orientierung am Technikbegriff mittlerer Reichweite deutlich, wobei allerdings explizit ein mehrperspektivisches Verständnis postuliert wird:

> „Es ist zu unterstreichen, dass die vorliegenden Empfehlungen einen generellen, die Ingenieurdisziplinen übergreifenden Ansatz von Technikwissenschaft vertreten, der sich an einem mehrperspektivischen Verständnis von Technik orientiert". (VDI 2006: 11)

Eindeutig ist der Bezug auf die Allgemeine Technologie: Mit der Ausrichtung auf die allgemeine Technologie und auch soziotechnische Zusammenhänge werden in der Lehre technische Sachverhalte vorrangig unter folgenden Aspekten betrachtet (vgl. VDI 2006: 11):

- Produktionstechnischer Aspekt;
- konstruktionstechnischer Aspekt;
- konsumorientierter Aspekt;
- naturwissenschaftlicher Aspekt;
- ökonomischer Aspekt;
- sozialer Aspekt;
- ökologischer Aspekt;
- ethischer Aspekt.

In den „Ländergemeinsamen inhaltlichen Anforderungen" der KMK werden „Technikbegriff und Bedeutung der Technik in der Entwicklungsgeschichte der Menschheit" zwar als verbindliche Studieninhalte ausgewiesen, ihre Auslegung wird allerdings nicht ausgeführt (vgl. KMK 2019).

In diesem Kontext wird dann allerdings im Rahmenlehrplan Technik des Landes Brandenburg mit klarem Bezug auf die Arbeiten von Banse als inhaltlicher Schwerpunkt im Themenfeld 1: Mensch – Technik – Gesellschaft ausgeführt:

> „Technikbegriffe unterschiedlicher Reichweite (Technik als Realtechnik; Mensch-Maschine-System; Soziotechnik; Technik als Kulturprodukt; Technik als Handlungspraxis)". (MBJS 2018: 6)

6.2 Technische Sachsysteme: Funktion, Struktur, Klassifikation

Technische Sachsysteme haben traditionell einen zentralen Platz im Konzept der polytechnischen Bildung und Erziehung (vgl. Wolffgramm 1978) eingenommen. Besonders durch Bezug auf den Systemtheoretiker Ropohl wurden systemische Betrachtungsweisen verstärkt. Während die Studien- und Prüfungsordnungen zur Ausbildung von Diplomlehrern für Polytechnik noch stark ingenieurwissenschaftlich orientiert waren, somit Lehrgebiete nach Fertigungstechnik, Maschinentechnik, Elektrotechnik usw. unterschieden, wurden nunmehr spezielle Vertiefungsmodule „Systeme des Stoffumsatzes", „Systeme des Energieumsatzes" „Systeme des Informationsumsatzes" konzipiert (vgl. UP 2008). Speziell finden wir im Modulhandbuch des Instituts für Arbeitslehre Technik folgende Inhaltsangaben:

„1. Grundlagen der Allgemeinen Technologie (AT) – AT und Allgemeine Technische Bildung
   a. Begriffliches: Technik – Technologie – Innovation (Leitinnovation; moderne Technologien)
   b. Megatrend ‚Technologisierung'
   c. Theorie der ‚Langen Wellen' (Kondratieff-Zyklen)
2. Systeme des Stoff-, Energie- und Datenumsatzes – Vorgangsorientierte Betrachtungsweise
   a. Systembetrachtungen – Systemanalyse technischer Artefakte
   b. 9-Felder-Matrix
   c. Sozio-Technische Systeme
   d. Vorgangsorientierte Betrachtung technologischer Prozesse: Wirkprinzip, Wirkungsweise, Wirkungsstelle". (UP 2011: 32)

Diese Klassifizierung wurde auch konsequent in den *Ländergemeinsamen inhaltlichen Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung* der KMK Lehrerbildung (vgl. KMK 2019: 16) und den Empfehlungen des VDI zum Bachelor-Master-Studiengang für Techniklehrer (vgl. VDI 2006: 24–27) aufgegriffen. Neben verschiedenen Strukturmodellen wurden vor allem Prozesse, Geräte und Maschinen zur Erzeugung, Verarbeitung, Übertragung und Nutzung von Stoffen, Energie und Informationen als inhaltliche Schwerpunkte herausgestellt. Als zentrales Ziel wurde

> „Sachorientierung in der durch Technik immer komplexer gestalteten Welt in den Bereichen Stoff-, Energie- und Informationsumsatz“ ausgewiesen. (VDI 2006: 10)

6.3 Technikentstehung im soziotechnischen Kontext: Entwerfen (Konzipieren), Gestalten, Produzieren

Auch Prozesse der Technikentstehung nehmen traditionell einen zentralen Platz im Konzept der polytechnischen Ausbildung ein, wobei hier vor allem die technisch-konstruktive Tätigkeit (besser Entwurfshandeln; vgl. Banse 2003: 56–58, 2019: 16) und das unmittelbare Produzieren stark in den Mittelpunkt auch des Tätigkeitskonzepts gerückt wurde. Diese Linienführung wird auch im neuen Konzept der Lehrerbildung aufgegriffen. Als exemplarisches Qualifikationsziel soll stehen:

> „Die Studierenden können Fertigungsplanung, Fertigungsprozess und Fertigungskontrolle als Regelkreis der Fertigung auf unterschiedliche Produkte anwenden und Produktlebenszyklen analysieren und reflektieren. Sie beherrschen die Arbeitsablaufplanung und Prozesse zur Fertigung technischer Produkte mit manuellen und maschinellen Bearbeitungsverfahren. Sie können Maschinen und Baugruppen analysieren und in Modellen darstellen“. (UP 2008: 238)

Die Empfehlungen des VDI greifen ebenfalls Prozesse der Technikentstehung auf und bestimmen unter anderem folgende Schwerpunkte im Bereich Entwicklung und Gestaltung technischer Produkte (Genese):

„
- Kenntnis der Phasen der Produktplanung (Analysieren der Situation, Aufstellen von Suchstrategien, Finden von Produktideen, Auswählen von Produktideen, Definieren von Produkten, Anforderungsliste),
- Überblick über die Phasen der Produktentwicklung (Entwickeln der prinzipiellen Lösung, Entwicklung der Baustruktur, Gestaltung der Baustruktur, Festlegen der Fertigungsunterlagen)“. (VDI 2008: 16)

Grundsätzlich ist zudem festzustellen, dass schon angeregt durch die Tätigkeitstheorie (vgl. Leontjew 1964) sowie Handlungsregulationstheorie (vgl. Hacker 1973) und bekräftigt durch Grundaussagen der Allgemeinen Technologie und Technikphilosophie eine zunehmende Hinwendung zum technischen Handeln erfolgte. Ausgegangen wurde vom Modell der vollständigen Handlung. Besonders im Prozess der Entwicklung von Bildungsstandards zur Qualitätssicherung im Bildungssystem wurde das technische Handeln akzentuiert.

> „Besteht die bestimmende Funktion des Unterrichts über Arbeit und Technik darin, technische Handlungskompetenz zu entwickeln, dann muss das Technische Handeln im Mittelpunkt des Kompetenzmodells als Grundlage für die Formulierung von Standards gestellt werden. Technische Handlungskompetenz versteht sich dabei als Disposition, die jemanden befähigt und bereit macht, bestimmte Arten von Problemen in technisch bestimmten Situationen erfolgreich zu lösen". (Meier et al. 2005: 45)

Dabei wird u.a. folgendes Modell zu Grunde gelegt (siehe Abbildung 3):

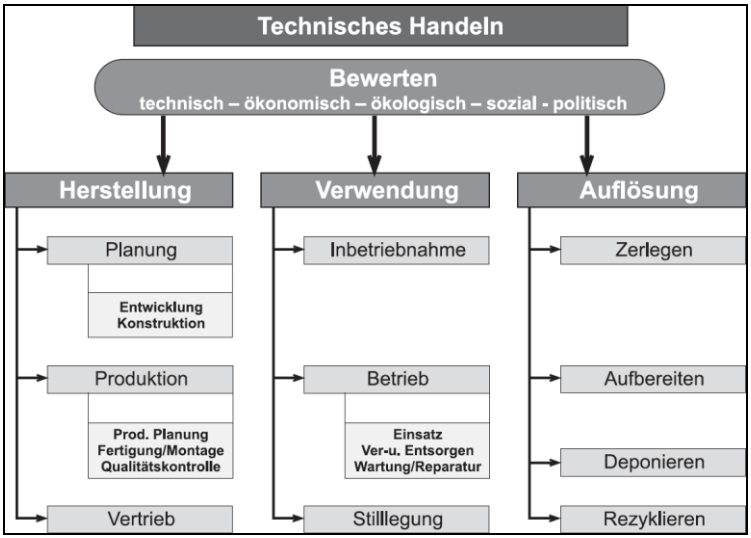


Abbildung 3: Technisches Handeln (Quelle: Meier 2013: 12).

6.4 Technikverwendung im soziotechnischen System: Arbeits- und sozialwissenschaftliche Analyse der Mensch-Maschine-Beziehungen

Der Begriff des soziotechnischen Systems war in der DDR im Allgemeinen und im Rahmen der Polytechnik im Besonderen ungebräuchlich. In den Bereich der Allgemeine Technologie hat Ropohl den Begriff eingeführt, um zu verdeutlichen, dass eine spezielle

> „Mensch-Maschine-Einheit nicht nur durch den einzelnen Nutzer gebildet, sondern auch von anderen Menschen mitgeprägt wird". (Ropohl 2009: 58–59)

Vor allem auch um die stark vernachlässigten Mensch-Technik-Beziehungen im Rahmen polytechnischer Betrachtungen zu überwinden, erhält das soziotechnische System in den neuen Studien- und Prüfungsordnungen eine überaus starke Gewichtung. Die BA/MA-Ordnung der Universität Potsdam weist „Grundlagen Soziotechnischer Systeme" neben „Grundlagen von Arbeitssystemen" und „Grundlagen Technischer Systeme" mit acht Leistungspunkten als eigenständiges Basismodul aus.

> „Generell betrachten wir Technik im Kontext menschlicher Handlungen. Dabei bildet die Technisierung eine Form soziotechnischer Arbeitsteilung (Verteilung zwischen Mensch und Maschine), berücksichtigt wird zugleich aber auch die sozioökonomische Arbeitsteilung (Verteilung der Arbeit zwischen Menschen)". (Meier/Mette 2007: 9)

Auch die Empfehlungen des VDI beinhalten im Modul „Natur – Technik – Gesellschaft" klar soziotechnische Inhaltsbereiche. Zur Charakteristik des Moduls wird expliziert:

> „Mit der Akzentuierung des soziotechnischen Systems werden sowohl der gesellschaftliche Charakter von Technik und als auch der technische Charakter von Gesellschaft herausgestellt. Darüber hinaus werden Wechselwirkungen von Natur und Technik ebenso sowie die Rolle von Persönlichkeiten bei der Entwicklung von Technik thematisiert". (VDI 2008: 13)

6.5 Theorien der technischen Entwicklung / des technischen Wandels: sozioökonomische Bedingungen und Folgen der Technisierung; Technikgeschichte; Technische Prognostik

Bezüglich der Darstellung von Theorien technischer Entwicklung wurden im Rahmen der Polytechnik vor allem auf die finale Betrachtungsweise und auf Aussagen zur technischen Phylogenese und Ontogenese zurückgegriffen. Das wird auch im neuen Konzept der BA/MA-Ordnung aufgegriffen. Darüber hinaus werden in einem Aufbaumodul „Technologie und Innovation" Leit-Innovationen für das 21. Jh. thematisiert. Leit-Innovationen werden verstanden als moderne Technologien, neue Produkte oder Produktgruppen, von denen erwartet wird,

dass sie eine Welle weiterer Innovationen nach sich ziehen können. In diesem Zusammenhang werden die Studierenden Einblick in Grundlagen der Innovationsmethodik erhalten und können Methoden der Zukunftsforschung beschreiben und bewerten (vgl. UP 2008: 48). Auch die Empfehlungen des VDI stellen in einem Inhaltsbereich „Technik – Gesellschaft – Natur“ als einen Studieninhalt „Technikgenese: Auf dem Weg zu Industrie 4.0“ heraus.

6.6 Technikbewertung und Technopolitik

Technikbewertung und Technopolitik stellten im Rahmen von Polytechnik einen eher untergeordneten Aspekt dar. Technikbewertung erfolgte vor allem aus technisch-funktionaler und technisch-konstruktiver Perspektive, ggf. wurden noch ökonomische und kaum ökologische Aspekte beachtet. Es waren vor allem wieder die Arbeiten von Banse (vgl. Banse 2008), die zur Aufnahme von Fragen der Technikbewertung und Technikfolgenabschätzung in die neuen Curricula der konsekutiven Studiengänge führten.

Im Grunde wurde in den Lehrkonzeptionen am Institut für Arbeitslehre/Technik der Universität Potsdam die Auffassung übernommen,

> „dass TA das mehr oder weniger systematische und weitgehend umfassende Erfassen (Beschreiben) und Beurteilen (Bewerten) der Einführungsbedingungen (Voraussetzungen) sowie der Nutzungs- und Folgedimensionen (Wirkungen) technischen Handelns unter gesellschaftlichen, politischen, ökonomischen, ökologischen, technischen, wissenschaftlichen, militärischen und humanen (einschließlich ethischen) Aspekten in praktischer Absicht und nachvollziehbarer Weise bedeutet“. (Banse 2008: 60)

Zugleich spielte der im Arbeitskreis Allgemeine Technologie der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin entwickelte „Technologische Trichter“ eine zentrale Rolle bei der didaktischen Umsetzung von Fragen der Technikbewertung und Technikfolgenabschätzung (siehe Abbildung 4; vgl. Banse/Reher 2004).

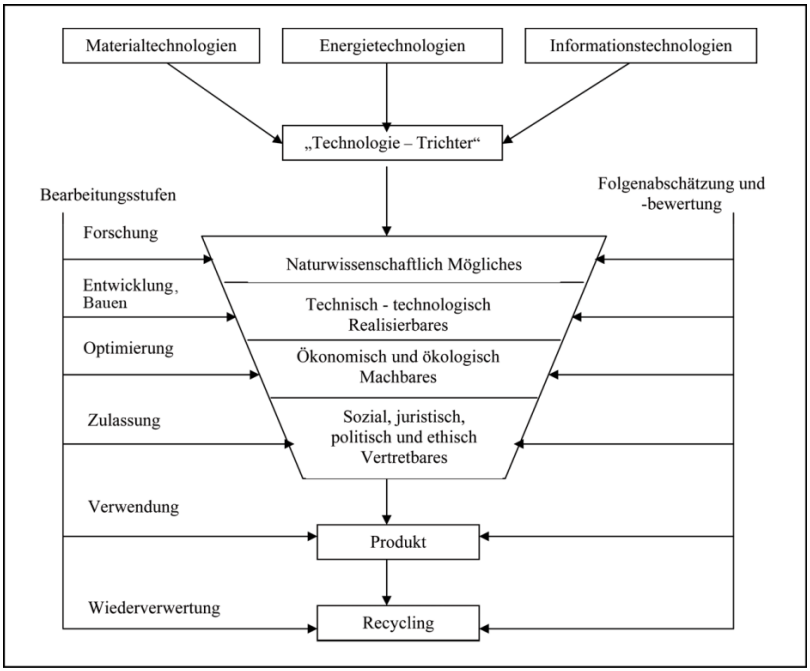


Abbildung 4: Technologischer Trichter des AK Allgemeine Technologie (Quelle: Banse/Reher 2004: 7).

Auch die Empfehlungen des VDI fordern die Kompetenzentwicklung in Bezug auf:

> „Technik mit ihren Wirkungen in der Vergangenheit und Gegenwart zu analysieren und zu bewerten sowie mit Technik unter Berücksichtigung der Folgen auf Natur, Mensch und Gesellschaft verantwortungsvoll umzugehen“. (VDI 2008: 14)

und stellen als Inhaltsschwerpunk heraus:

> „Überblick über Technikfolgen für Natur, Gesellschaft und Mensch in der Vergangenheit und Gegenwart (z. B. Mechanisierung, Automatisierung, Mobilitätsentwicklung, Energiegewinnung, Lebensmittelherstellung, Medizintechnik, Militärtechnik)“. (VDI 2008: 16)

Ebenso orientiert die KMK auf ein bereichsspezifisches Kompetenzprofil:

> „Die Studienabsolventinnen und -absolventen […]

○ können technische Problemstellungen und Lösungen in verschiedenen Anwendungsbezügen hinsichtlich ihrer Entstehungs-, Verwendungs- und Folgezusammenhänge darstellen und erklären,
○ können technische Sachverhalte und technisches Handeln in gesellschaftlichen, ökonomischen und historischen Zusammenhängen erfassen, sachlich und ethisch bewerten, um Technik verantwortungsvoll mitgestalten zu können". (KMK 2019: 16)

7 Fazit

Unsere Analyse belegt die These, dass die schrittweise entwickelte Wissenschaft „Allgemeine Technologie" oder „Allgemeine Techniklehre" wesentliche fachwissenschaftliche und philosophische Grundlagen für die akademische Ausbildung von Lehrkräften an allgemeinbildenden Schulen schafft und somit eine wichtige Basiswissenschaft für Techniklehrkräfte bildet. Bedeutsam sind für die Lehrerbildung Interdisziplinarität und Transdisziplinarität in Bezug auf die Wirklichkeitsbereiche Natur-Technik-Gesellschaft, die durch Aussagen und Aussagensysteme über allgemeine Funktions- und Strukturprinzipien von technischen Systemen und ihre soziokulturellen Entstehungs- und Verwendungszusammenhänge, insbesondere im Verständnis von Technik als Kulturprodukt geschaffen werden.

Dieses überaus positive Ergebnis wird dadurch getrübt, dass sich die Feststellung

> „AT […] stirbt […] institutionell wie personell aus" (Banse 2016: 33)

mehr und mehr bewahrheitet. So haben die Universitäten in Braunschweig und Münster ihre Lehramtsstudiengänge für den Technikunterricht an allgemeinbildenden Schulen der Sekundarstufe I eingestellt. Eine Orientierung des Curriculums an Aussagen der Allgemeinen Technologie finden wir beispielsweise noch an der Universität Duisburg-Essen, Universität Oldenburg, während sich die Universität Potsdam von ihrer konsequenten Umsetzung allgemeintechnologischer Positionen verabschiedet hat. So wird für das Bachelorstudium in der fachwissenschaftlichen Ausbildung im Gegenstandsbereich Technik nur noch ein Pflichtmodul „Technische Grundlagen WAT" mit neun Leistungspunkten (LP) und im Masterstudium nur noch ein Pflichtmodul „Wirtschaft-Arbeit-Technik in der digitalen Welt" mit sechs LP ausgewiesen. Das bedeutet, dass von 300 LP nur fünfzehn LP der fachwis-

senschaftlichen Ausbildung im fundamentalen Gegenstandsbereich Technik gewidmet werden.

Wie auf diese Weise eine solide Lehrerbildung gestaltet werden kann, bleibt gewiss ein Rätsel.

Bibliographie

Banse, Gerhard (1986): „Objektbereich, Funktionen und Inhalt der Technikwissenschaften". *Erkenntnismethoden in den Technikwissenschaften. Eine methodologische Analyse und philosophische Diskussion der Erkenntnisprozesse in den Technikwissenschaften*, hrsg. von Gerhard Banse/Helge Wendt. Berlin: Verlag Technik, 11–15.

Banse, Gerhard (2003): „Entwurfshandeln als Methode der Technikwissenschaften". *Unterricht Arbeit + Technik* 5 (18), 56–59.

Banse, Gerhard (2008): „Technikfolgenabschätzung. Ein strategisches Rahmenkonzept mit politischem Anspruch". *Unterricht Arbeit + Technik* 10 (39), 59–62.

Banse, Gerhard (2010): „Technisches und Kulturelles. Anmerkungen zu Interdependenzen". *LIFIS ONLINE* [08.03.2010]. http://www.leibniz-institut.de/archiv/banse_08_03_10.pdf (22.08.2022).

Banse, Gerhard (2015): „Technikverständnis – Eine unendliche Geschichte?" *Allgemeinbildung und Curriculumentwicklung. Herausforderungen an das Fach Wirtschaft – Arbeit – Technik*, hrsg. von Bernd Meier/Gerhard Banse. Frankfurt am Main u.a.O.: Peter Lang Internationaler Verlag der Wissenschaften, 36–50 (Gesellschaft und Erziehung. Historische und systematische Perspektiven 15).

Banse, Gerhard (2016): *Allgemeine Technologie. Historisches und Aktuelles*. Präsentationsfolien. Frankfurt (Oder): Verein Brandenburgische Ingenieure und Wirtschaftler e.V., 30. Januar.

Banse, Gerhard (2017): „Auf dem Weg zur kulturellen Technikbewertung". *Technik & Technologie. techne cum episteme et commune bonum*, hrsg. von Lutz-Günther Fleischer/Bernd Meier. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag, 111–130 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 131).

Banse, Gerhard (2019): „Kreativität im Rahmen der Allgemeinen Technologie". *Von der Idee zur Technologie – Kreativität im Blickpunkt*, hrsg. von Gerhard Banse/Norbert Mertzsch. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag, 15–36 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wis-

senschaften 138).

Banse, Gerhard (2021): „Horst Wolffgramm (1926-2020) – Einer der ‚Väter' der modernen Allgemeinen Technologie". *Lebenszyklusanalysen. Stationen im Lebenszyklus von Technologien und Aspekte ihrer Bewertung*, hrsg. von Gerhard Banse/Norbert Mertzsch. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag, 15–22 (Sitzungsberichte Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 146).

Banse, Gerhard/Grunwald, Armin/König, Wolfgang/Ropohl, Günter (Hrsg.) (2006): *Erkennen und Gestalten. Eine Theorie der Technikwissenschaften*. Berlin: Verlag edition sigma.

Banse, Gerhard/Hauser, Robert (2010): „Technik und Kultur". *Technik und Kultur*. Bedingungs- und Beeinflussungsverhältnisse, hrsg. von Gerhard Banse/Armin Grunwald. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing, 17–40 (Karlsruher Studien Technik und Kultur 1).

Banse, Gerhard/Reher, Ernst-Otto (2004): „Einleitung". *Fortschritte bei der Herausbildung der Allgemeinen Technologie*, hrsg. von Gerhard Banse/Ernst-Otto Reher. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag, 5–16 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 75).

Banse, Gerhard/Reher, Ernst-Otto (2008): „Verallgemeinertes Fachwissen und konkretisiertes Orientierungswissen zur Technologie – ein Überblick zum erreichten Stand und zu weiteren Aufgaben". *Verallgemeinertes Fachwissen und konkretisiertes Orientierungswissen zur Technologie*, hrsg. von Gerhard Banse/Ernst-Otto Reher. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag, 21–39 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 99).

Banse, Gerhard/Thiele, Bernd (1978): „Technologie". *Philosophie und Naturwissenschaften*. Wörterbuch zu den philosophischen Fragen der Naturwissenschaften, hrsg. von Herbert Hörz/Rolf Löther/Siegfried Wollgast. Berlin: Dietz-Verlag, 911–913.

Banse, Gerhard/Wendt, Helge (Hrsg.) (1986): *Erkenntnismethoden in den Technikwissenschaften. Eine methodologische Analyse und philosophische Diskussion der Erkenntnisprozesse in den Technikwissenschaften*. Berlin: Verlag Technik.

Blandow, Dietrich (1977): „Aussagewerte zu technischen Wirkprinzipien". *Wissenschaftliche Zeitschrift der Pädagogischen Hochschule Erfurt/Mühlhausen. Mathematisch-naturwissenschaftliche Reihe* 13 (2A), 6–16.

Blandow, Dietrich/Wolffgramm, Horst (1975): „Zur Spezifik der fachwissenschaftlichen Aus- und Weiterbildung von Diplomfachlehrern

für Polytechnik". *Polytechnische Bildung und Erziehung* 17 (8-9), 318–323; (11), 410–415.

Gesetz (1958): „Verordnung über die weitere sozialistische Umgestaltung des Hoch- und Fachschulwesens der DDR vom 13.02.1958". *Gesetzblatt der DDR* I/15, 175-177.

Gesetz (1965): „Gesetz über das einheitliche sozialistische Bildungssystem vom 25.2.1965". *Gesetzblatt der DDR* 1965 I/6, 83–106.

Hacker, Winfried (1973): *Allgemeine Arbeits- und Ingenieurpsychologie*. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften.

Hartmann, Elke (2021) „Ausbildung von Lehrkräften im Kontext von Polytechnik und Arbeit – Wirtschaft – Technik". *Von der allgemeinbildenden Schule in die Arbeitswelt in Zeiten gesellschaftlicher Umbrüche. Rückblicke und Ausblicke*, hrsg. von Bernd Meier. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag, 269–308 (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 64).

Hartmann, Elke/Hein, Christian (2021): „Allgemeine Technologie – Bilanz über 50 Jahre Forschungsarbeit für die Allgemeine Technische Bildung". *Lebenszyklusanalysen. Stationen im Lebenszyklus von Technologien und Aspekte ihrer Bewertung*, hrsg. von Gerhard Banse/Norbert Mertzsch. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag, 23–39 (Sitzungsberichte Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 146).

KMK – Kultusministerkonferenz (2019): *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung*. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008 i. d. F. vom 16.05.2019. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2008/2008_10_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf (22.08.2022).

Leontjew, Alexej (1964): *Probleme der Entwicklung des Psychischen*. Berlin: Verlag Volk und Wissen.

MBJS – Ministerium für Bildung, Jugend und Sport des Landes Brandenburg (2018): T*echnik – Rahmenlehrplan für den Unterricht in der gymnasialen Oberstufe im Land Brandenburg*. Potsdam (MBJS).

Meier, Bernd (2010): *Quo Vadis – Ist die Lehrerausbildung auf dem richtigen Weg? Expertengespräch: Arbeitsgemeinschaft für Bildung (AfB) der SPD*. Berlin (unveröffentlichtes Material).

Meier, Bernd (2013): *Wirtschaft und Technik unterrichten lernen – Didaktik für den Fachbereich Arbeit Wirtschaft Technik*. München: Oldenbourg-Verlag.

Meier, Bernd (Hrsg.) (2018): *Unser Bildungsverständnis im Wandel*. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 53).

Meier, Bernd (2021): „Entwicklungslinien polytechnischer Bildung und Erziehung in der DDR". *Von der allgemeinbildenden Schule in die Arbeitswelt in Zeiten gesellschaftlicher Umbrüche. Rückblicke und Ausblicke*, hrsg. von Bernd Meier. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag, 131–174 (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 64).

Meier, Bernd/Mette, Dieter (2007): *Selbstbericht des Instituts für Arbeitslehre/Technik der Humanwissenschaftlichen Fakultät der Universität Potsdam*. Potsdam, Juli (unveröffentlichtes Material).

Meier, Bernd/Mette, Dieter (2007): *Selbstbericht Institut für Arbeitslehre, Humanwissenschaftliche Fakultät, Universität Potsdam*. Potsdam (unveröffentlichtes Material).

MHF – Ministerium für Hoch- und Fachschulwesen (1967): *Prinzipien zur weiteren Entwicklung der Lehre und Forschung an den Hochschulen der DDR*. Berlin: MHF.

Perner, Harald (1969): *Technologie und Maschinen der Garnherstellung*. Leipzig: Fachbuchverlag.

Ropohl, Günter (2006): „Allgemeine Technikwissenschaft". *Erkennen und Gestalten. Eine Theorie der Technikwissenschaften,* hrsg. von Gerhard Banse/Armin Grunwald/Wolfgang König/Günter Ropohl. Berlin: Verlag edition sigma, 331–342.

Ropohl, Günter (2009): *Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik*. 3., überarb. Aufl. Karlsruhe: Universitätsverlag.

UP – Universität Potsdam (2008): „Neufassung der Ordnung für das Bachelor- und Masterstudium im Lernfeld Arbeitslehre für die Bildungsgänge der Sekundarstufe I und der Primarstufe an allgemeinbildenden Schulen sowie das Lernfeld Arbeitslehre und das Fach Technik für das Lehramt an Gymnasien in Lehramtsstudiengängen an der Universität Potsdam vom 29. Mai 2008". *Amtliche Bekanntmachungen der Universität Potsdam* 12 vom 29. September, 424–469.

UP – Universität Potsdam (2011): „WAT Universität Potsdam". *Modulhandbuch WS 2011/12*. Potsdam (internes Material).

VDI – Verein Deutscher Ingenieure (2000): *VDI-Richtlinie 3780: Technikbewertung. Begriffe und Grundlagen*. Düsseldorf: VDI.

VDI – Verein Deutscher Ingenieure (2006): *Empfehlungen des VDI zum Bachelor-Master-Studiengang für Techniklehrer an allgemeinbildenden Schulen*.

Düsseldorf: VDI.

Wolffgramm, Horst (1968): „Grundpositionen des allgemeintechnischen Unterrichts". *Zu wissenschaftlichen Grundlagen des Polytechnischen Unterrichts. Aus der Arbeit des Instituts*, hrsg. anläßlich seines fünfjährigen Bestehens von Horst Wolffgramm. Halle (MLU Halle), 7–33.

Wolffgramm, Horst (1978): *Allgemeine Technologie. Elemente, Strukturen und Gesetzmäßigkeiten technologischer Systeme*. Leipzig: Fachbuchverlag.

Wolffgramm, Horst (2004): „Gegenstandsbereich und Struktur einer Allgemeinen Techniklehre." *Fortschritte bei der Herausbildung der Allgemeinen Technologie*, hrsg. von Gerhard Banse/Ernst-Otto Reher. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag, 69–80 (Sitzungsberichte Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 75).

Wolffgramm, Horst (2006): *Allgemeine Techniklehre – Elemente, Strukturen und Gesetzmäßigkeiten. Einführung in die Denk- und Arbeitsweisen der allgemeinen Techniklehre*. DVD. Copyright by Horst Wolffgramm. Potsdam.

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *156 (2023), 169–194*

Produktionsschule heute – Allgemeine Technologie handlungsorientiert im Übergangssystem

Martin Mertens, Dirk Plickat
(Kassel; Eldingen, MLS)

Abstract

Against the backdrop of the leading public debates on the "shortage of skilled workers", the structural entrenchment of youth unemployment that has persisted for decades is too often overlooked. Currently, for example, Dieter Euler and Susan Seeber show a fixed base of about 15 % among 25 to 34 year-olds (cf. Euler/Seeber 2023) – growing figures of young people locked in between the reproduction of poverty, obstacles in their access to labor-market and social cut-offs from "full" citizenship. These problems are known since the 1950s. Old terms were "young-workers-problem" and "job-emergency of female youth". In universities the dispute over models escalated. Teachers fled. Instead of reforms, ruins of technology education and pre-vocational education remained. Politically, a jungle of special programs promises help. Poverty grows. The main reason for this problem, which has persisted for decades is the conceptual and didactic deficit in the orientation of schools, pre-vocational education, vocational training and workforce politics. There is a lack of a compass such as that offered by General Technology. Symptomatically, technology is in last place in the MINT acronym. In contrast, production school as a multiple interface concept to the multiple challenges of juvenile life is centered on the principles of general technology, which is action-oriented and geared to the life situations of adolescents. This article looks at production schools as a realized model of contemporary reform pedagogy and attempts to sketch the didactic profile of this so-called "youth school" (cf. Hiller 1994; Mack 2015).

Resümee

Vor dem Hintergrund der öffentlichen Leitdebatten um „Fachkräftemangel" und Digitalisierung wird zu oft die seit Jahrzehnten anhaltende Jugendausbildungslosigkeit übersehen. Aktuell weisen beispielsweise Dieter Euler und Susan Seeber mit Blick auf anschließende prekäre Lebenswege einen festen Sockel von etwa 15 % bei den 25- bis 34-Jährigen aus (vgl. Euler/Seeber 2023). Bereits in den 1950er Jahren waren „Jungarbeiterproblem" und „Berufsnot der weiblichen Jugend" Brennpunkte westdeutscher Debatten um Schulreform und mündeten in der Arbeitslehre als Reformkonzept. Diese Reformideen blieben ohne Wirkung. Konzeptionell und baulich bieten die „niederen" öffentlichen Schulen statt „Häusern des Lernens" in weiten Teilen Ruinen, speziell für junge Benachteiligte. Zumindest seit zwei Generationen vererben frühere ausbildungslose Heranwachsende ihre prekären Lebenslagen an ihre Kinder. Angesichts dieser sogenannten „Infantilisierung der Armut" kann die seit einer Generation konstatierte Verdoppelung der Anzahl von Armut betroffener Personen nicht überraschen. Unter den Überschriften der sognannten „Benachteiligten" und sogenannten „Sondermaßnahmen" entstand jenseits der Regelstrukturen von allgemeinbildender Schule und institutionalisierter Berufsbildung ein Förderdschungel; eine Landschaft, die heute euphemistisch als Übergangssystem ausgewiesen wird. Wesentlich für diese seit Dekaden anhaltende Problematik fehlender Anschlussfähigkeit ist, so die Leitthese hier, die Fortschreibung konzeptioneller und didaktischer Defizite in der Ausrichtung von Schule und Berufsbildung. Es fehlt ein Kompass, wie ihn die Allgemeine Technologie bietet. Symptomatisch steht Technik/Technologie im Akronym MINT an letzter Stelle. In Produktionsschule als multiples Schnittstellenkonzept zu den vielfachen Herausforderungen juvenilen Lebens hingegen findet sich eine handlungsorientierte und an den Lebenslagen Heranwachsender ausgerichtete Zentrierung an Prinzipen Allgemeiner Technologie. In diesem Beitrag wird Produktionsschule als realisiertes Modell heutiger Reformpädagogik in den Blick genommen und anhand von Schlaglichtern versucht, diese sogenannte „Jugendschule" (vgl. u.a. Hiller 1994; Mack 2015) in ihrem didaktischen Profil zu skizzieren.

Keywords/Schlüsselwörter

Action orientation; multiple connectivity; reference to life; social reproduction of poverty; work-based learning

Arbeitsplatzbezogenes Lernen, Handlungsorientierung, Lebensweltbezug, multiple Anschlussfähigkeit; soziale Reproduktion von Armut.

1 Einleitung – im System zwischen den Stühlen

Bereits bei ersten Zugängen zur Produktionsschule als Reformmodell treten mehrfache Benachteiligungen hervor, die Zielpersonenkreis, Personal, Modell, Lern- und Handlungsfelder sowie Organisationsformen betreffen. Obwohl es mittlerweile gelang, einen Ort in der Landkarte des Bildungssystems für die gegenwärtig mehr als zweihundert Produktionsschulen in Deutschland im sogenannten „Übergangssystem" zu finden. Sie ist jedoch in Wirtschaft, Politik (vgl. DBT 2021) und Öffentlichkeit als „Jugendschule" mit „besonderer pädagogischer Prägung" kaum bekannt. Sie steht im Schatten konventioneller berufspädagogischer Leitvorstellungen, gleichwohl sie disziplinär der Berufspädagogik zugeordnet wird. Mit der Elision und Selbstdekapitation der Arbeitslehre sowie der einhergehenden faktischen Institutionalisierung eines Vertretungsunterrichts in der Fächergruppe von Arbeit–Wirtschaft–Technik und Berufsorientierung steht sie bildungsbiographisch für die sie besuchenden Jugendlichen in einem institutionellen Vakuum zwischen Allgemeiner und Beruflicher Bildung. Zugleich ist sie stark durch Jugendhilfe geprägt und gehört, etwa nach Joachim Schroeder (vgl. Schroeder 2012, speziell zu Produktionsschulen: 247–257), zu den sogenannten „Jugendhilfeschulen". Vereinfachend und trivialisierend wird sie oftmals auch als „praktisch" deklariert. Die weitgehende kultuspolitische Ausblendung der sie freiwillig besuchenden Jugendlichen und ihrer Lebenslagen führt auch dazu, dass ihr spezifisches didaktisches Profil und ihre pädagogischen Potenziale nur selten betrachtet werden (vgl. Plickat 2015). Im westdeutschen Weg dominiert überdies die Leitkategorie „Beruf" samt Mythen des „Exportschlagers" vom Dualen System – also das, was bereits zur Zeit der „Jungarbeiter" und der „Berufsnot der weiblichen Jugend" nicht die proklamierte „Integration in Arbeit" erbrachte. Die Bedeutung von Pluralisierung und Diversität bleibt unberücksichtigt. Anschlussfähigkeit wird traditionell aufwärts, sozial selektiv gedacht. Die Notwendigkeit, auch „Modernisierungsverlierer" durch Mitdenken einer inklusiven Anschlussfähigkeit nach unten zu erreichen, gehört zu den typischen Tabus allgemeiner und beruflicher Bildung (vgl. Plickat/Mertens 2018). Produktionsschule entstand als Konzept der Förderung sozialer Teilhabe vor dem Hintergrund der Industrialisierung und des Pauperismus zur Zeit der Aufklärung und ist prinzipiell anschlussfähig für alle Bevölkerungskreise und

den gesamten Lebenslauf, wie dies auch bekanntere Reformmodelle mit Produktionsschulelementen ausweisen, etwa Fröbel, Jena-Plan, Walddorfschule Kassel, Hibernia, Produktives Lernen[1] oder das Bielefelder Oberstufen-Kolleg sowie neuere Konzepte inklusiver Arbeitsgestaltung in Feldern der Hilfe für Menschen mit Funktionsbeeinträchtigungen.

Zudem beinhaltet Produktionsschule als Reformkonzept eine weitere Zieldimension, die jenseits konventioneller schul- und berufspädagogischer Zielsetzungen der utilitaristischen Verdichtung von Lernzeiten und der Optimierung prüfbarer Lernzeiten liegt: Sie ist als „Jugendschule" ein für Heranwachsende und junge Erwachsene mitgestaltbarer Entwicklungsraum, der Zugänge zu Sozialität, Gemeinwesen und solidarischem Handeln eröffnet, das in der modernen Architektur von Regelschul- und Ausbildungsformen speziell für „Benachteiligte" nicht (mehr) vorgesehen ist. War beispielsweise bei Wolfgang Klafki Solidarität ausdrücklich an zentraler Stelle im Lernzielkatalog ausgewiesen (vgl. Klafki 1991), so haben neoliberale Steuerungen, die Agenda des politisch Korrekten und Rechtschreibreformen dazu beigetragen, diese Zieldimension ersatzlos zu „vergessen" und das Soziale auf monetäre Kompensationen zu reduzieren. Typisch für die Zielpersonenkreise von Produktionsschulen ist, dass für sie in ihren Biographien das Soziale mit seinen zivilgesellschaftlichen Qualitäten durch Überlagerungen von sozial repressiven Erfahrungen nicht glaubwürdig und oft noch nicht einmal vorstellbar erscheint. Ihnen wurden zu oft Anpassungsleistungen ohne glaubwürdige gesellschaftliche Gegenleistungen abverlangt. Das, was bei ihnen angekommen ist, lässt für sie Zivilgesellschaft konstituierende Prinzipien wie etwa den Gesellschaftsvertrag bestenfalls als propagandistische Chiffre erscheinen (vgl. Fischer/Lutz 2015).

Die neuen Formen von Produktionsschulen sind heutige Antworten auf die Herausforderungen von Armut und sozialer Ausgrenzung im Zuge von gesamtgesellschaftlichen Strukturwandlungen und Schüben technologischer Entwicklungen. Die politische und disziplinäre Zuordnung heutiger Produktionsschule führt zum Paradoxon, dass weite Teile ihrer Leistungen in der Allgemein- bzw. Grundbildung und damit auch der Vermittlung von allgemein technologischen Inhalten jenseits von Fachdebatten liegen. Vereinfachend ließe sich einführend bilanzieren:

---

[1] Heute bieten Berlin, Brandenburg, Thüringen, Sachsen-Anhalt, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen und Schleswig-Holstein Produktives Lernen an allgemeinbildenden Schulen an.

Produktionsschule wird geduldet, weil sie für „ungewollte“ Heranwachsende preiswerte Hilfen bei Problemen bietet, die offiziell bestenfalls verhalten eingestanden werden (vgl. Plickat 2015; Plickat/Mertens 2018).

Die Bedeutung von Allgemeiner Technologie in Produktionsschule ist heute vor dem Hintergrund der Ausweitung prekärer Lebens- und Lernlagen zu sehen. Sie ermöglicht ordnende Zentrierungen und erleichtert damit didaktische Realisierungen gerade auch im Hinblick auf die komplexen Herausforderungen der Herstellung von Anschlussfähigkeiten zu alltäglichen Herausforderungen ebenso wie auch perspektivisch mit Blick auf Teilhabe an Leit- und Schlüsseltechnologien.

2 Produktionsschule – ein kurzer Steckbrief in Thesen

Produktionsschule ist ein pädagogisches Prinzip, und einordnend, ein sich fortlaufend weiter entwickelndes reformpädagogisches Projekt. Gleichsam den fünf Fingern einer Hand beim Begreifen entsprechend ist Produktionsschule an Leitprinzipen ausgerichtet:

- Produktionsschule ist eine „Jugendschule“ und zentriert auf die jungen Menschen, denen sie Selbstbildungsangebote auf der Grundlage einer materiellen und handlungsorientierten Kultur des Lernens unterbreitet (vgl. Ropohl 1997).
- Angestrebt wird eine didaktische Einheit von Lern- und Arbeitsort, betrieblicher Struktur sowie Marktfähigkeit der Produkte und Dienstleistungen.
- Die gemeinschaftliche Aufgabenbewältigung prägt Lernen, Arbeiten und Teilhabe. So wird eine sonst fremde soziale Dimension des Lernens eingebunden.
- Produktionsschulen sind auf Kontinuität angelegt und fester Bestandteil des regionalen Wirtschafts-, Bildungs- und Sozialraums.
- An Produktionsschulen arbeiteten engagierte multiprofessionelle Teams.

Diese Prinzipien spiegeln sich in den Realisierungen.

Konstituierend wirkt die Verbindung von Arbeiten und Lernen unter betriebsnahen Bedingungen:

- Statt weitgehend entfremdeter Aufbereitungen einzelner Aufgabenunterweisungen in Klassen- und Unterrichtsräumen setzen Produktionsschulen auf möglichst realitätsnahe Bewältigung von Arbeitsaufgaben in Fertigung und Service/Dienstleistungen in Werkstätten und betriebsnahen Settings.
- Hierbei sind die Fachanleitungen durch werkstattpädagogisches Personal grundlegend, das eigens in spezifischen Ausbildungsgängen qualifiziert wird.

Produktionsschullernen ist grundsätzlich in allen Phasen eines Lebenslaufs möglich, zentriert gegenwärtig wegen der politischen Rahmensetzungen auf benachteiligte Jugendliche und Bewältigungshilfen für junge Menschen im Übergang von der Schule in die Arbeits- und Wirtschaftswelt. Entscheidend für die jeweiligen Realisierungsstrategien und konkreten Umsetzungen sind die Zielpersonenkreise.

Bildungs- und sozialpolitisch steht Produktionsschule in der Tradition der „entschiedenen Schulreformer" und weist in vielen Bereichen eine große Nähe zu anderen Reformmodellen auf. Die Produktionsschulen in Deutschland sind mehrheitlich im „Bundesverband Produktionsschulen" organisiert. Der Bundesverband engagiert sich in der politischen Interessenvertretung, der Information über das Produktionsschulwesen, der konzeptionellen Weiterentwicklung, der Pflege der Qualitätsstandards von Produktionsschule sowie verstärkt auch der Aus- und Weiterbildung des pädagogischen Personals. Als eigener Verband steht der Bundesverband Produktionsschulen bildungspolitisch für die Demokratisierung und Humanisierung des Bildungssystems und die gesellschaftliche Interessenvertretung benachteiligter junger Menschen, etwa für Perspektiven des Wiedereinstiegs in das Bildungs- und Berufsbildungssystems sowie für gesellschaftliche Teilhabe, Autonomie und Inklusion.

3 Entwicklungsziele von Produktionsschulen im Berufsbildungssystem

Für die weitere Entwicklung von Produktionsschulen in Deutschland sind folgende Entwicklungsfelder abgestimmt worden (siehe Abbildung 1):

- Die Zukunft von Produktionsschulen wird nicht in der Fortführung von Maßnahmen, sondern institutionalisiert in der Form betriebsnaher Produktionsschulen als fester Bestandteil des (beruflichen) Bildungssystems bzw. Ausbildungsvorbereitung bzw. dualen Ausbildung gesehen.
- Produktionsschule soll flächendeckend zu einem wesentlichen, frei wählbaren Angebot im Übergang bzw. der Beruflichen Bildung (siehe Berufsbildungsgesetz; Berufsausbildungsvorbereitung) für junge Menschen zwischen 14 und 27 Jahren (gemäß SGB VIII) weiterentwickelt werden. Dies beinhaltet auch schulische und außerschulische Formen der Berufsorientierung und Berufsvorbereitung.
- Schließlich wird mehr Verlässlichkeit und Versorgungssicherheit angestrebt durch Ausweitung des Geltungsbereichs der Qualitätsstandards, durch Vereinbarungen mit dem Bund über das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) sowie das Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) als Bildungsangebot sowie dem Ausbau der Möglichkeiten des Einstiegs Heranwachsender in Produktionsschulen über ein lokales Übergangsmanagement wie z. B. Jugendberufsagenturen.

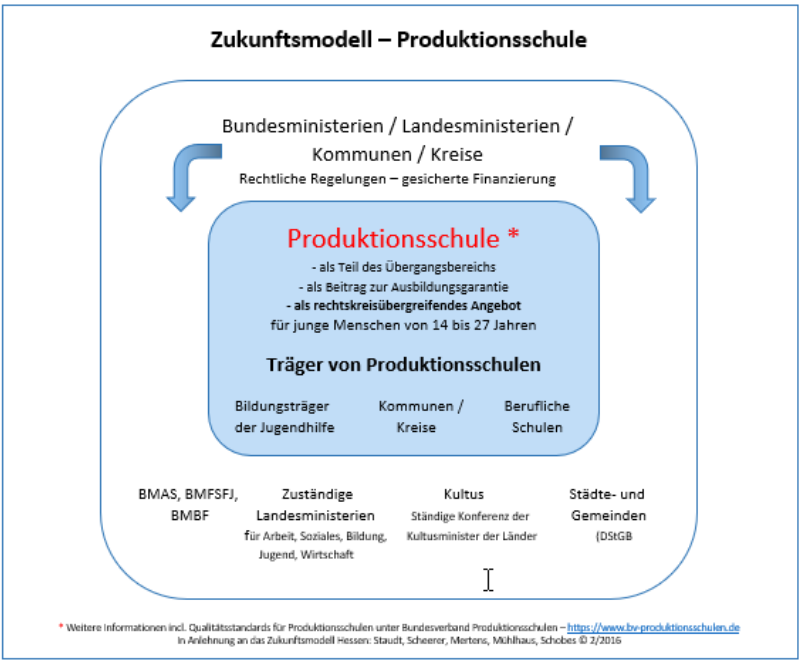


Abbildung 1: Zukunftsmodell Produktionsschule (Quelle: Mertens/Schobes 2016).

4 Upcycling – eine exemplarische Konkretisierung

Es fehlt nicht an Vorhaltungen gegenüber Produktionsschulen seitens traditioneller Berufsbildung. So etwa das Update des Vorwurfs gegenüber der Industriepädagogik von Menschen als Maschinenersatz, der zu starken Ausrichtung an sozialpädagogischen Kompensationsaufgaben oder dem Fehlen kreativer und innovativer Komponenten. Letztlich weisen diese Kritiken nur aus, wie wenig Kritiker über die Produktionsschule, ihre Schülerinnen und Schüler samt ihren Lebenslagen sowie über das wissen, was im kultus- und sozialpolitischen Abseits möglich ist. Und, wer die heutige Produktionsschule kritisiert, kennt moderne Projekte wie etwa Upcycling nicht:

> „Erst anheben, dann neigen“, erinnert Klaus N. der Ausbilder seinen Fahrschüler. Auf dem Hof der Kasseler Produktionsschule BuntStift findet heute praktischer Unterricht im Gabelstaplerfahren statt. „Wir

haben tatsächlich Bedarf an Gabelstaplerfahrern", erklärt der Ausbilder. Und für die Jugendlichen stellt der Gabelstaplerführerschein zunächst eine Herausforderung dar. Er erhöht nicht nur ihre Chancen auf dem Arbeits- bzw. Ausbildungsstellenmarkt, sondern ist für manche wichtig auf dem Weg zu einem gestärkten Selbstbewusstsein. „Oft ist es die erste Prüfung, die ein Jugendlicher besteht", erläutert Klaus Nulle.

Während auf dem Hof der Unterricht im Gabelstaplerfahren weitergeht, schraubt Sascha (21) einen alten Elektroherd auseinander. Ihm gefällt hier besonders gut, dass „die Leute aufeinander zugehen". Während der drei Monate, die er bereits in der Recyclingwerkstatt aktiv ist, hat er alle Arbeitsbereiche von der Demontage über Reinigung, Reparatur und Transport bis hin zum Kundendienst kennen gelernt.

Als Ausbildungs- und Arbeitsort für junge Menschen, die als „benachteiligt" gelten, ist die Recyclingwerkstatt ein Angebot, das die Jugendlichen freiwillig gern annehmen. „Mit Zwang würde das nicht funktionieren", sagt der Bunt-Stift-Geschäftsführer. Jugendliche, die mit einer betrieblichen Berufsausbildung ohne besondere Unterstützung überfordert wären, kommen zu BuntStift ebenso wie Jugendliche, die längere Zeit arbeitslos waren und vom Arbeitsamt geschickt werden oder sozial auffällig geworden sind. Manche sind auch einfach mit den alltäglichen Rahmenbedingungen überfordert. Wie zum Beispiel Dirk (22), der in einem privaten Unternehmen eine Ausbildung zum Elektroinstallateur absolviert hat, und zweimal durch die Abschlussprüfung gefallen ist. In dem Jahr in der Recyclingwerkstatt von BuntStift hat er mit Unterstützung seiner Ausbilder eine Ausnahmegenehmigung der Handwerkskammer bekommen, um die Prüfung ein drittes Mal zu versuchen.

„Unser oberstes Ziel ist es, dass der Betrieb funktioniert", erklärt der Leiter. Darüber vergessen die Pädagoginnen und Pädagogen jedoch nicht den besonderen Förderbedarf der Teilnehmer/-innen. Um die Anforderungen von Ausbildung und Sozialarbeit zu vereinen, verfügen die meisten Ausbilder*innen über eine Doppelqualifikation, zum Beispiel als Ingenieur und Berufsschullehrer.

Rund 4.000 Elektrogroßgeräte verarbeitet die Recyclingwerkstatt pro Jahr. Partner sind die Kasseler Stadtreiniger, aber auch Privathaushalte und gewerbliche Kunden. Manche der Elektroherde, Waschmaschinen, Spülmaschinen oder Trockner können noch repariert und wieder verkauft werden. Die anderen werden fachgerecht entsorgt. „Gerade der direkte Kontakt zum Kunden ist für die Jugendlichen eine Herausforderung", erklärt der Ausbilder (zit. aus Seyfried 2003: 22–23).

5 Grundsätzliches über Produktionsschulen

Produktionsschulen sind keine pädagogischen Entdeckungen der 70er oder gar der 90er Jahre des 20. Jh.s. Das Produktionsschulprinzip wurde im späten 18. Jh. „nicht in die Luft hinein konstruiert" (zur Historie vgl. Meyser 1996); es ist unterbaut von Gedanken der großen Pädagogen des 18. und 19. Jh.s zur Bewältigung sozialer Folgen der Industrialisierung, etwa des Pauperismus. Weitere Ursprünge der Produktionsschulbewegung in Deutschland finden sich in den 1920er Jahren und sind vor allem mit dem Namen Paul Oestreich und dem Bund entschiedener Schulreformer verbunden – und wieder ausgerichtet auf die gemeinschaftliche Bewältigung der Folgen von Arbeitslosigkeit, Armut und Ausgrenzungen. Als Gegenentwurf zur herkömmlichen Lernschule wurde die Integration von Produktionstätigkeit in den Unterricht verlagert. Neben vielfältigen reformpädagogischen Konzepten, besonders aus der Arbeitsschulbewegung, bieten viele Freie Schulen, sowohl Ansätze wie etwa das Produktive Lernen, die Freinet-Pädagogik als auch Paulo Freire Anknüpfungspunkte zum Arbeiten und Lernen nach Produktionsschulprinzipien. Vor dem Hintergrund des sogenannten „Jugendprotests" gelang es um Mitte der 1980er Jahre, beispielsweise in Berlin und Hamburg, damals noch unter dem Begriff der Jugendwerkstatt bzw. der Ausbildungswerke, Vorläuferformen heutiger Produktionsschulen in der Bildungslandschaft zu verstetigen.

In der Bundesrepublik regten Ende der 1970er bis Anfang der 1990er Jahre einige akademische Berufspädagogen (besonders Günter Wiemann, Wolf-Dietrich Greinert, Horst Biermann und Martin Kipp) über die Arbeitsgemeinschaft Produktionsschule an, Produktionsschulen als moderne (soziale und pädagogische) Methode und Struktur in der dualen Ausbildung umzusetzen und so ein kostengünstiges Angebot für Jungarbeiter in Großbetrieben bzw. als Struktur für die Einführung eines Berufsgrundbildungsjahres (BGJ) oder Berufsvorbereitungsjahres (BVJ) zu nutzen. Seit Beginn der 1990er Jahre kam es zur konkreten Einrichtung von Produktionsschulen z. B. in Hessen – eine Entwicklung, die in den Folgejahren bundesweit in eine Gründungswelle mündete.

In mehrfacher Hinsicht stellt die Produktionsschule seitdem einen „Spezialfall" von Schule dar: Eine paradox anmutende Interdependenz zwischen humanpädagogischen und betriebswirtschaftlichen Zielen.

Sichtbar an ihrer Rechtsform, Größe, Finanzierung, Sozialraumorientierung, Rekrutierung der Lernenden und hinsichtlich ihres pädagogischen Profils.

Die berufliche Bildung geht zwar im Kern als deklarierte Absicht durchaus regelhaft vom Konzept der Handlungsorientierung aus; in der Realität praktiziert sie methodisch jedoch formelhaft und frontal eher theorielastig. Produktionsschulen setzen das Konzept der Handlungsorientierung um, in dem gebrauchswertige Produkte hergestellt und Dienstleistungen erbracht werden. Das essentielle Prinzip der Produktionsschul-Didaktik schafft reflektierende Selbsttätigkeit und Selbstregulation (alt: Reformpädagogik – Charlotte Müller) bzw. Peer-Work-Education (heute: Jugendhilfe) im Rahmen einer „materiellen Kultur" des Lernens (vgl. Ropohl 1997[2]), indem es mit exemplarischer Phantasie die vollständige Handlung von der Kundenakquise über Produktplanung und -design, die kooperative Arbeit am Produkt bis zum Verkauf methodisch gestaltet und realisiert. So verwirklicht sich das Duale real in der didaktischen Einheit von Theorie und Praxis an einem Lernort. Kurzum: Im pädagogischen Kern geht es Produktionsschulen darum, für diese Jugendlichen über reale Kundenaufträge Lernanlässe und neue Lernzugänge zu schaffen. Die Werkstatt einer Produktionsschule ist somit das didaktische Zentrum. Mathematik und Deutsch müssen nicht fragmentiert bearbeitet werden, wenn es – wie im Regelschulsystem – auf dem Stundenplan steht, sondern wenn der Auftrag es erfordert. Wer einen Schrank für eine Theaterinitiative bauen will, muss die Flächen und Mengen berechnen, eine Stückliste aufschreiben, usw. Und wenn der Auftrag erfolgreich abgearbeitet und vom Auftraggeber für gut befunden wurde, ist dies überaus identitätsstiftend. Die Jugendlichen gelangen zu Erfolgserlebnissen und nehmen ihre Selbstwirksamkeit wahr. Dies bildet die Grundlage für weitere Aufträge und Lernprozesse (vgl. BVPS 2014: 7).

6 Die Rolle der Produktionsschulen in der Benachteiligtenförderung

Produktionsschulen in Deutschland sind aktuell fast ausschließlich im Übergang Schule–Beruf als niederschwelliges Bildungsangebot der

---

2 Vgl. einordnend hierzu den Beitrag von Gerhard Banse in diesem Band.

Benachteiligtenförderung für Berufsvorbereitung und -orientierung verortet. Die Möglichkeiten das Produktionsschulprinzip auch in der Qualifizierung von Flüchtlingen, der außerbetrieblichen dualen Ausbildung, der Nachqualifizierung oder auch in der arbeitsorientierten Grundbildung anzuwenden sowie in der Förderung zu mehr Eigenständigkeit von Menschen mit Funktionsbeeinträchtigungen zu nutzen, wird bislang nur selten genutzt.

Die ca. 200 existierenden Produktionsschulen stellen bundesweit derzeit jährlich etwa 7.500 Plätze für Heranwachsende und junge Erwachsene zur Verfügung (vgl. Mertens 2019). Mehr als 75 % der Teilnehmenden schaffen dann einen erfolgreichen Übergang in eine Ausbildung, Beschäftigung oder in weiterführende Bildungsangebote. Zusätzlich erwirbt ein nicht unerheblicher Teil den Haupt- oder den Realschulabschluss bzw. die Berufsreife.

Die Produktionsschulen sind dabei eingebettet in eine Trias von Jugendhilfe und Arbeitsförderung sowie schulischen und außerschulischen Berufsbildungsangeboten. In ihrer gegenwärtigen Verfasstheit sind Produktionsschulen in der Regel inspiriert vom dänischen Modell. Dort waren sie bis 2019 Bestandteil des kommunalen staatlichen Schulsystems, wurden von der nationalen Ebene mitfinanziert und gesetzlich geregelt.[3]

Da Produktionsschulen in der Regel nicht an Schuljahre gebunden sind und der Ein- und Ausstieg jederzeit möglich ist, werden relativ schnelle und individuelle Übergänge ermöglicht.

In der Bundesrepublik existiert eine bunte Vielfalt von Produktionsschulansätzen: In Hamburg finanziert z. B. das dortige Schulministerium einen Teil der Produktionsschulen, und dies wird dort von freien Trägern umgesetzt. Andere Bundesländer haben eigene Programme aufgelegt. Auch die Bundesagentur für Arbeit und die Jobcenter finanzieren Produktionsschule anteilig mit, z.B. im Rahmen des SGB III

---

[3] 2018 hat die dänische Regierung nach einem politischen Wechsel 2015 das über 30 Jahre erfolgreiche Konzept Produktionsschule durch FGU – Forberedende grunduddannelse (Ausbildungsvorbereitung, Grundbildung) ersetzt (Dänisches Ministerium für Jugend und Bildung: Gesetz zur Aufhebung der Produktionsschulen vom 02.06.2018). Dabei handelt es sich um ein Trainingsprogramm, das Allgemeinbildung, vor allem Dänisch und Mathematik, sowie Betriebspraktika in den Mittelpunkt stellt.

Fachkonzept BvB (Berufsvorbereitende Bildungsmaßnahmen) mit produktionsorientiertem Ansatz oder SGB II § 16f.

Neun Bundesländer haben im Rahmen der Förderphase 2021–2028 des Europäischen Sozial-Fonds (ESF) Förderprogramme für Produktionsschulen bzw. produktionsorientierte Ansätze eingerichtet. Bundesweit ist durch die föderale Kultuspolitik wenig Einheit und Übersichtlichkeit möglich. Es gibt keine gemeinsame Definition der Bundesländer für Produktionsschulen. Lediglich die Qualitätsstandards des Bundesverbandes sind einheitlich.

7 Zielgruppen der Produktionsschulen

Die für die Produktionsschulen relevante Zielgruppe von Menschen zwischen 14 und 27 Jahren stellt sich sehr heterogen in Bezug auf die individuellen Bildungsniveaus, ihre Lernbeeinträchtigungen, auf das Alter sowie den soziokulturellen Hintergrund dar. Die Zielgruppe weist in der Regel multiple Problemlagen hinsichtlich einer Vermittlung in den ersten Arbeitsmarkt auf. Dazu gehören Jugendliche, die trotz Schulabschluss keinen Ausbildungsplatz gefunden haben. Dabei treten verstärkt Jugendliche mit psychischen Besonderheiten und negativ konnotierten sozialen Dispositionen (z. B. depressive Episoden, aggressive Schübe, wenig entwickelte Kompetenzen des Konfliktlösens, autistische Züge, Demenzen und Absenzen als Folgen längeren Alkohol- und Drogenkonsums, usw.) in die Produktionsschule ein. Der Zielgruppe ist der normbiographische Übergang von der Schule in die Berufsausbildung oder Arbeitswelt nicht gelungen, weswegen sie deshalb den Umweg über das Übergangssystem nutzen müssen.

Die meisten haben schon eine solche „Warteschleife“ gedreht oder die Regelangebote der Berufsvorbereitung der Beruflichen Schulen und der Agentur für Arbeit im Rahmen des SGB III abgebrochen. Dadurch sind die Teilnehmenden häufig schon älter als 20 Jahre (vgl. Kuhnke/Skrobanek 2011).

8 Grundlegende Aspekte der Beruflichen Förderpädagogik und des Produktionsschulprinzips

Die produktive Arbeit in den Werkstätten steht seit den Ursprüngen vor mehr als 200 Jahren bis heute im didaktischen Zentrum von Pro-

duktionsschulen. Darüber hinaus will das Konzept der Produktionsschule aktuell nicht fremdbestimmte Tätigkeit und demokratische Grundwerte vermitteln, um junge Menschen in die Gesellschaft zu integrieren; es versucht sie positiv in der Persönlichkeitsentwicklung über Selbstwirksamkeit und erfahrbare Teilhabe zu mehr Eigenständigkeit in der Lebensführung, zu unterstützen. Das pädagogische Konzept der Produktionsschule ist konstitutiver Bestandteil der Arbeits- und Produktionsprozesse zur Förderung und Kompetenzentwicklung junger Menschen. Lernprozesse werden dort mit Arbeit in betriebsnahen Strukturen mit „Werkzeugen" und Inhalten zielorientiert verknüpft. Gerade dadurch werden Kenntnisse, Fähigkeiten und Verhaltensweisen, die für die Aufnahme und Durchführung einer Berufsausbildung bzw. einer Erwerbstätigkeit notwendig sind, gefördert. Die betriebsnahen Strukturen (Werkstätten bzw. Dienstleistungsbereiche) bilden das Gerüst für eine arbeitsweltbezogene Berufsorientierung, -vorbereitung, -ausbildung und Nachqualifizierung. In der auf soziale Bedürfnisse und Lebensperspektiven von Menschen orientierten Werkstattkultur der Produktionsschule verknüpfen sich die Kultur und Geschichte der Arbeit mit den Erkenntnissen des digitalen Fortschrittes sowie mit Jugendkulturen.

Ein weiteres Grundprinzip der Produktionsschule ist die Verbindung von kognitiven, emotionalen, sozialen und handlungsbezogenen/praktischen Lernprozessen. Lernen ist stark bedingt durch die Situation des Lernenden sowie durch das werkstattpädagogische Personal. Gerade Jugendliche mit verfestigten Mustern und nicht immer linearen Biografien finden hier tragfähige Beziehungsangebote. Wesentlicher pädagogischer Merkposten ist die intensive Beachtung der phantasievollen und durchaus verschlungenen Wege der Triebansprüche und -affekte in der Adoleszenz als „juvenilen heimlichen Lehrplan", gekennzeichnet durch Phasen einer Gefühlschaotik in Prozessen der sozialen und individuellen Aneignung von Welt (z. B. zum Spracherwerb durch Rap und Pop konkretisiert 2014).

Damit können die herkömmlichen Formen der betrieblichen Didaktik (z. B. „Vorbereiten", „Vormachen", „Nachmachen", „Üben") zugunsten eines neuen Verständnisses des offenen und allgemeinbildenden Lernens erweitert und gegebenenfalls überwunden werden.

Als theoretische Grundlage für eine noch zu entwickelnde Produktionsschuldidaktik können die Tätigkeitstheorie (vgl. hierzu Straßer

2008) und Handlungsregulationstheorie, die die Arbeitspsychologen Winfried Hacker und Walter Volpert in den 1970er Jahren entwickelten, angesehen werden. Wiebke Petersen weist auf den großen Schnittbereich zwischen Produktionsschule sowie den Kriterien des situierten Lernens hin. Handlungsorientierung, Kompetenzansatz und das Modell der vollständigen Handlung sind dabei pädagogische Leitlinien (vgl. Petersen 2006).

Es existieren weder eine ausgearbeitete Pädagogik der beruflichen Förderung noch eine entfaltete Theorie des Förderns. Allerdings ist es zweifelslos eine der unmittelbarsten pädagogischen Aufgaben, Heranwachsende so zu (be-)fördern, dass ihre Selbstentwicklung (z. B. Selbstkontrolle, Selbstwirksamkeit, Selbstregulation) voranschreitet und sie Integrationsperspektiven entwickeln können.

Arnulf Bojanowski brachte 2005 einen Systematisierungsvorschlag zu einer Pädagogik für benachteiligte Jugendliche in den wissenschaftlichen Diskurs ein (vgl. Bojanowski 2005). Es bestanden bis dahin schon etliche, z. T. aber völlig heterogene (pädagogische) Elemente, Bausteine und Puzzlestücke einer Pädagogik der Benachteiligtenförderung, die in den letzten 40 Jahren entwickelt wurden. Mit dem Konzept „Berufliche(r) Förderpädagogik“ begann er methodologisch unverbundene Fragmente einer Pädagogik für benachteiligte Jugendliche begrifflich zu fassen und zu systematisieren bzw. konzeptualisierend zusammenzuführen (vgl. Bojanowski et al 2013).

Dabei ging es um die Frage, ob sich ein Gesamtkorpus einer Pädagogik, die sich vordergründig mit der Förderung benachteiligter Jugendlicher befasst, zeitgemäß, konsistent und anschlussfähig beschreiben lässt. Die wesentlichen Elemente hat er in einem „Drei-Waben-Modell“ visualisiert (siehe Abbildung 2).

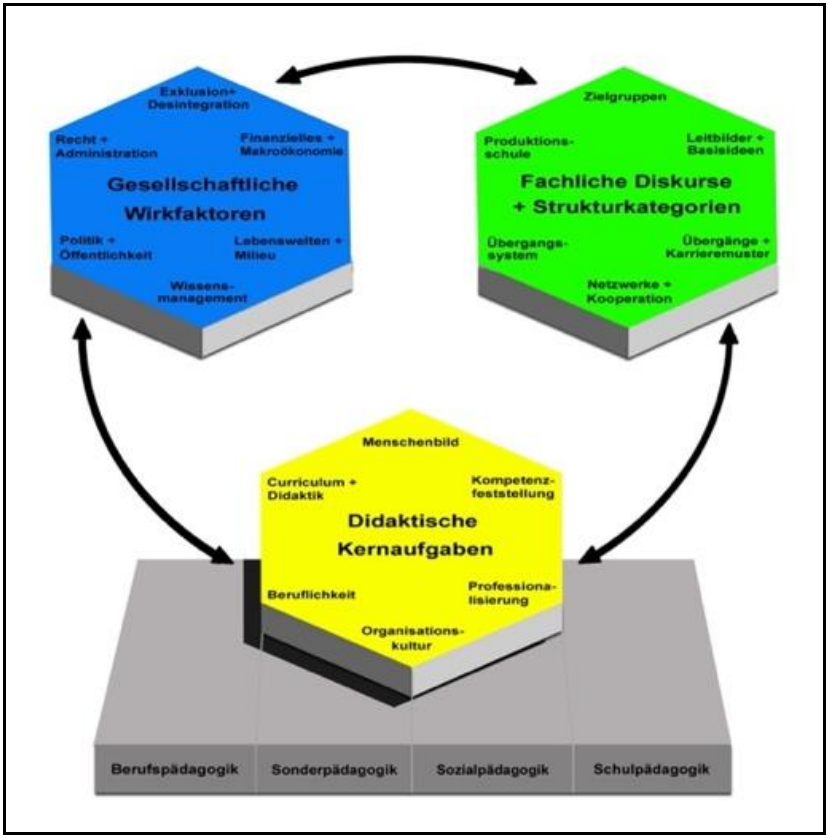


Abbildung 2: Das „Drei-Waben-Modell" (Quelle: Bojanowski et al. 2013: 12).

Die *Berufliche Förderpädagogik* bildete auch die Grundlage bei der Entwicklung der Qualitätsstandards des Bundesverbandes Produktionsschulen (siehe nachfolgend) sowie deren Weiterbildungsreihe zum/zur Werkstattpädagog*in.

9 Qualitätsstandards zur Weiterentwicklung von Produktionsschulen

Seit dem Gründungsboom von Produktionsschulen Anfang der 1990er Jahre wurden immer wieder Diskurse zu Fragen wesentlicher methodisch-didaktischer Kernelemente und qualitativer Vorzüge bzw. Ab-

grenzungsmerkmale zu anderen Ansätzen geführt. Der Bundesverband Produktionsschulen formulierte schließlich 2010 Qualitätsstandards, um pädagogische Prozesse und institutionelle Strukturen sichtbar zu machen. Sie sollen insbesondere Hilfestellung und Handreichung bei der Überprüfung bestehender und der Gründung neuer Produktionsschulen geben.

Grundlegende Prämissen der Qualitätsstandards sind (vgl. BVPS 2015):

- Die Gleichberechtigung und Würde (Grundgesetz) aller Beteiligten in ihrer persönlichen, sozialen, geschlechtlichen und kulturellen Vielfalt zu wahren;
- ein humanistisches, den demokratischen und wissenschaftlichen Prinzipien der Aufklärung verpflichtetes Menschenbild;
- Respekt vor den Eigenheiten und einer Anerkennung der Besonderheiten von jungen Menschen auf ihrem Weg zu mündigen, aktiven Bürgern;
- die Einsicht, dass alles pädagogische Handeln in erster Linie dem Wohl der jungen Menschen und auch der Arbeitszufriedenheit der Mitarbeiter in Produktionsschulen zu dienen hat.

Die sechs Qualitätsdimensionen gestalten sich wie folgt:

„1. Lern- und Arbeitsort bilden in Produktionsschulen eine Einheit. Sie sind betrieblich strukturiert und entlohnen ihre jungen Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen. Produktionsschulen stellen in ihren Werkstätten marktfähige Produkte her oder bieten mit ihren Arbeitsbereichen Dienstleistungen für reale Kunden an (Kundenaufträge).
2. Im Mittelpunkt stehen junge Menschen (von 14 bis 27 Jahren), die auf freiwilliger Basis und mit flexiblen Ein- bzw. Ausstiegen individuell gestaltete (Aus-)Bildungs- und Qualifizierungsangebote nutzen – mit dem Ziel der Integration in Ausbildung und Beschäftigung.
3. Die Produktionsschule ist eine pädagogisch und sozial gestaltete Gemeinschaft junger Menschen in einer förderlichen und anregenden Lern- und Arbeitsatmosphäre.
4. Produktionsschulen sind auf Dauer angelegt und werden durch systematische Netzwerkarbeit und Kooperationen zu einem festen Bestandteil des regionalen Wirtschafts-, Bildungs- und Sozialraums.
5. An Produktionsschulen arbeitet ein multiprofessionelles Team mit Herz, welches über berufsfachliche, betriebswirtschaftliche und pädagogische Kompetenzen verfügt und in der Lage ist, den Besonderheiten

des Bildungs- und Erziehungsanspruchs des Produktionsschulansatzes gerecht zu werden.

6. Jede Produktionsschule pflegt ein Qualitätsmanagement oder Selbstevaluationssystem.“ (BVPS 2015)

10 Ausgewählte Forschungsbefunde zu Produktionsschulen

Vor allem das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Jahr 2001 aufgelegte Programm „Kompetenzen fördern – Berufliche Qualifizierung für Zielgruppen mit besonderem Förderbedarf (BQF-Programm)“ mit einer Laufzeit bis Ende 2006 war für die Weiterentwicklung der Produktionsschulen sehr förderlich. Im Endbericht der wissenschaftlichen Begleitung geht Bojanowski in seiner Expertise auf den Produktionsschulansatz genauer ein, weil in Konzepten solcher Angebote auf besondere Weise alle Anforderungen (Individualisierung, Kompetenzansatz, Förderplanung, Lebensweltorientierung) an eine zeit- und bedarfsgemäße Benachteiligtenförderung integriert werden bzw. werden können (vgl. BMBF 2008).

Des Weiteren gibt es aus pädagogischer Sicht eine Fülle von Einzelstudien zu pädagogischen Konzepten. Anregend ist ein Sammelband zur „Didaktik der Benachteiligten“ (vgl. Biermann et al. 1999), in dem zum Benachteiligtenbegriff, zu Randgruppen, zu verschiedenen pädagogischen Ansätzen und zwischen trägerspezifischen Realisierungsformen gearbeitet wird. Jedoch fügen sich die hier versammelten Teilstücke aus Beruf-, Sozial-, Sonder- und Schulpädagogik noch längst nicht zu einem konsistenten Theoriegerüst. Auch bestehen pädagogisch anregende Teilstudien, in so etwa zur Didaktik des Werkstattlernens, zur systemisch-interdisziplinären Förderung oder Sprachbildung.

Wichtige Vorarbeiten für die Entwicklung einer Produktionsschuldidaktik hat Petersen geliefert, indem sie nachweist, dass Produktionsschulen alle neunzehn Kriterien des situierten Lernens erfüllen und konsequent umsetzen sollten. Sie hat daraus ein Konzept einer Alternativen Aufbaustufe (AAS) mit Produktionsschulprinzip entwickelt. Ihr Grundgedanke der Alternativen Aufbaustufe liegt in der Forderung, allen jungen Menschen, die es sich wünschen, ein Moratorium zur Identifizierung eigener Interessenschwerpunkte und zur Ermöglichung von umfangreichen auch non-formalen und informellen Lernanregungen anzubieten (vgl. Petersen 2006).

Auch Alexander Meshoul, der sich auf das erweiterte Arbeitskonzept von Petersen beruft, hat sich in seiner Untersuchung grundlegende Gedanken zu methodisch-konzeptionellen Fragen einer Förderung benachteiligter Jugendlicher in Produktionsschulen gemacht (vgl. Meshoul 2017). Er widmet sich des Weiteren dem Zielkonflikt von schneller Integration der Teilnehmenden in Verwertungszusammenhänge versus Förderung der Persönlichkeitsbildung, der vom pädagogischen Personal zu lösen ist. Auch beschreibt er, das dauerhafte Veränderungen vor allem durch reale und erfolgreiche Bewältigungserfahrungen herbeigeführt werden können. Aus diesem Grund rückt die gemeinsame Bewältigung von Aufgaben ins Blickfeld der Pädagogik. In der Produktionsschule bietet das auftragsorientierte Setting den Rahmen für eine solche Aufgabenbewältigung. Er schlägt zudem auch den Einsatz differenzialdiagnostischer Instrumente für die Förderplanung vor. Die pädagogischen Akteure sind in ihren Erziehungsmaßnahmen häufig versucht, Machtmittel einzusetzen. Derartige Erziehungshandlungen beruhen in der Regel nicht auf reflektierten Interventionen, sondern auf ungebremstem Ausagieren von negativen Affekten. Aus diesem Grunde müssen Pädagogen möglichst Handlungen unterlassen, die unweigerlich Feinseligkeit und Misstrauen hervorrufen. Er empfiehlt, dass sich die Akteure eine derartige Haltung kollektiv erarbeiten und in zeitlichen Abständen immer wieder aktualisieren, vielleicht im Rahmen von kollegialer Beratung und Supervision. Letztlich sieht er ein großes Potential in einer verstärkten Nutzung einer „Positive Peer Culture“, der Werkstattgruppe als sogenanntem „Dritten Erzieher“. Schlussendlich spricht er den hohen Anteil von Jugendlichen mit klinisch auffälligen Verhaltensweisen an. Hierin liegt ein großes Problempotential von Produktionsschulen bezüglich der Personalqualifikation, des pädagogischen Konzepts und der Finanzierung.

Schon Anfang der 2000er Jahre hat Gerhard Gerdsmeier im Rahmen eines Modellprojekts mit einer Produktionsschule in Kassel ein Produktionsschulcurriculum konzeptioniert und ausprobiert (vgl. Gerdsmeier 2002). Aus den wiederkehrenden Tätigkeiten einer Werkstatt sollten curriculare Vorgaben ableitet werden. Dieses curriculare Suchsystem versteht sich nicht als Lehrstruktur im Unterricht oder am Arbeitsplatz. Es versucht, den Teilnehmenden für die Thematisierung eines bestimmten technischen Sachverhalts eine Hilfestellung zu geben; es ist eine Reflexionshilfe. Ausgangspunkt für die Erstellung eines Cur-

riculums waren folgende Überlegungen: Bei der beruflichen Tätigkeit lassen sich exemplarische Handlungen/Vorgänge (Grundtätigkeiten); die einen unmittelbaren Bestandteil der beruflichen Facharbeit darstellen, und universale Vorgänge, die ein allgemeines technisches Prinzip charakterisieren, unterscheiden. Die Grundfunktionen kennzeichnen einerseits einzelne allgemeine Kategorien technischer Systeme, andererseits gehört zu jeder Grundfunktion eine Vielzahl technischer Realisierungen. Jede Produktionsschule muss nun für die Aufträge ihrer Werkstätten das dahinterliegende Curriculum exzerpierend und realisierend entwickeln. Das Konzept setzt auf einen Primat des Expertenwissens – oder, um es aus der Perspektive der Jugendlichen zu beschreiben, es betont den Vorrang von Erfahrungswissen, das durch pädagogische Betreuung und Kultivierung bei den Jugendlichen entsteht.

Des Weiteren hat sich als eher ein Sonderfall in der Praxis ein Konzept der „sozialpädagogisch orientierten Berufsausbildung" entwickelt, das unterschiedliche Anleihen bei der Sonderpädagogik (Individualisierung, Förderplanung), der Sozialpädagogik (Begleitung, Beratung, Gemeinwesen-Orientierung) und der Berufspädagogik (Berufsbezug, Arbeitspädagogik) vornimmt. Diese Konzeption nimmt eine Sonderstellung in der Theorieentwicklung ein, weil viele produktive pädagogische Elemente aufgenommen und vielfach eingesetzt werden (vgl. Bojanowski et al. 2013). Nach Jahren erfolgreicher Modellprojekte, etwa in der Arbeitsweltbezogenen Jugendsozialarbeit, setzten durch politische Verweigerungen und berufspädagogische Dominanzen jedoch Dichotomisierungen ein.

11 Aktuelle Herausforderungen mit Blick auf die Zielgruppe

11.1 Pädagogisch-didaktische Konsequenzen

Obwohl die Entwicklung einer Produktionsschuldidaktik voranschreitet, muss aber zum einen ihr geringer Einfluss auf die Benachteiligten-Förderung konstatiert werden, und sie muss zum zweiten ihre eigenen Konzepte weiterentwickeln. So gibt es didaktische Entwicklungsarbeiten zu „Kompetenztafeln", „Tageskarte" (vgl. Straßer 2008), „Wochenplanarbeit" (vgl. Huschke 1996) oder die „Weiterbildungsreihe zur Werkstattpädagog*in" des Bundesverbandes Produktionsschulen (vgl. BVPS 2021).

Es wäre also durchaus denkbar, dass neben bestehenden Arbeits- und Auftragsplanungen stets auch nach Bezügen im praktischen Tun zu Schulcurricula und Ausbildungsrahmenplänen gesucht wird. Entscheidend erscheint, dass Jugendlichen neben praktisch erreichten Ergebnissen auch bewusst Bezüge zu Schultheorie und Ausbildungsinhalten verdeutlicht werden und somit neben dem Erfahren praktischer Kompetenz auch positive Theoriebezüge vermittelt und positiv erfahrbar werden.

11.2 Strukturelle Konsequenzen

Grundsätzlich existiert hierbei ein strukturelles Problem: Es fehlt eine verlässliche langfristige Finanzierungsstruktur. Zum anderen werden die konzeptionellen Grundelemente von Produktionsschulen aufgrund heterogener Förderstrukturen nicht flächendeckend eingehalten.

Zielführend erscheint es daher, auf ein bundesweit einheitliches Konzept und eine entsprechend vereinheitlichte Finanzierungsbasis hinzuwirken – beides mit der Maßgabe, Produktionsschulen in allen Regionen als festen Bestandteil des Übergangssystems verankern zu können: Gibt es in einer Region den Bedarf an einer Produktionsschule, dann kann sie über ein feststehendes Finanzierungskonstrukt und mit einem klar umrissenen inhaltlichen Konzept als Modellrahmen umgesetzt werden. Die Qualitätsstandards des Bundesverbandes Produktionsschulverbandes können zukünftig handlungsleitend und zielführend sein für die Weiterentwicklung der pädagogischen Praxis und ihrer Prozesse sowie zum Aufbau institutioneller Strukturen und deren nachhaltiger Finanzierung.

11.3 Personelle Konsequenzen

In den Fachwissenschaften gibt es seit vielen Jahren übereinstimmende Forderungen an die Qualifikationen des Fachpersonals im Übergang Schule-Arbeits- und Wirtschaftswelt, was z.B. an dem Professionalisierungskatalog für Fachkräfte an Produktionsschulen deutlich wird (vgl. Gentner 2019):[4] Angesichts der Problemlagen junger Menschen am

---

[4] Der vorliegende Professionalisierungskatalog basiert auf den Inhalten der Qualitätsstandards des Bundesverbandes Produktionsschulen (vgl. BVPS 2015), der Beruflichen Förderpädagogik (vgl. Bojanowski et al. 2013) sowie

Übergang ist die Entwicklung professioneller Haltungen und Reflexionsmöglichkeiten von hoher Bedeutung. Nur im multiprofessionellen Team, im gemeinsamen und abgestimmten Zusammenspiel aller Fachkräfte kann der anspruchsvolle Produktionsschulauftrag gelingen. Die Kompetenzen der Fachkräfte und deren starke kommunikative Bindungen an die Jugendlichen sind wichtige Erfolgsfaktoren einer Produktionsschule.

Die unerlässliche Weiterentwicklung einer inneren Haltung der Fachkräfte lässt sich mit Merkmalen beschreiben wie etwa engagiert, enthusiastisch, den Jugendlichen zugeneigt, entwicklungsorientiert sowie einen wohlwollenden Humor. Es bedarf des Fachwissens und der Methodenkompetenz, der Fähigkeit zum Begeistern und Motivieren, der Fähigkeit zum Initiieren von Tätigkeiten und somit Lernprozessen, des Engagements, der Wertschätzung, des Zulassen-Könnens, der respektvollen Haltung gegenüber der Person und ihrem Lebensentwurf, der empathischen Zuwendung, aber auch der nachvollziehbaren Grenzziehung und Orientierung an Erfolgen und Stärken. Die Methodenkompetenz der Werkstattpädagogen, die Auswahl und der Wechsel adäquater Methoden sind notwendig, um individualisiert zu arbeiten und trotzdem alle Jugendlichen in den Arbeitsprozess zu integrieren, Gruppenarbeit, „Learning by doing", Projektarbeit, Prinzip des Voneinander-Lernens, Auftragsarbeiten nach dem Modell der Vollständigen Handlung durchführen, etc.

Produktionsschulen müssen auf ihre ständige fachliche Weiterentwicklung sowie auf die qualitative und methodische Überprüfung ihres Handelns achten. Unabdingbar sind hierzu entsprechende Instrumente (z.B. Supervision, kollegiale Beratung) sowie die Bereitschaft, die eigene Arbeit (Rolle, Haltung, Fachlichkeit etc.) und deren Ergebnisse kritisch zu hinterfragen und erforderlichenfalls zu ändern. Erfahrungsaustausch und Weiterbildungen sind für alle Pädagogen zwingend notwendig. Der Bundesverband Produktionsschule hat z.B. seine Weiterbildungsreihe zum Werkstattpädagogen, um Elemente der Sonderpädagogischen Zusatzausbildung (SPZ) ergänzt.

Vorüberlegungen von Bojanowski und Cortina Gentner (vgl. Bojanowski/Gentner 2009.

12 Ausblicke

Produktionsschulen in der gegenwärtigen Organisationsform sind nur ein Teil der aktuellen Entwicklungen. Wer Produktionsschule als pädagogisches Prinzip versteht, sieht gesellschaftliche Teilhabe und Inklusion als soziale Produktionsprozesse, die Lebensläufe der Teilnehmenden in Lernprozesse einbinden und zugleich mit Sozialräumen verknüpfen. Hierzu ein Beispiel:

> „In einer Nachbarschaftswerkstatt mit Café und Arbeitsladen ist ein Mann dabei, eine zusätzliche, individuell angefertigte Handauflage am Lenker eines Rollators zu befestigen. Er hat […] alles immer wieder geduldig mit der ‚Kundin' ausprobiert. Die Werkstatt ist sein Reich. Grobe, handgestochene Tattoos sind erkennbare Zeichen einer Zeit im Justizvollzug. Er spricht offen darüber und berichtet als Peer Jugendlichen von seiner Problemzeit. Irgendwann sei er dann einfach ‚explodiert in der Schule'. Er wollte eigentlich schon immer ‚was mit Metall machen, eigentlich schweißen'. In der Berufsschule war im ersten Jahr nur ‚was in der Hauswirtschaft frei'. Er hat dann noch ein Berufsvorbereitungsjahr und ein Berufsgrundbildungsjahr durchlaufen. Aber da ging es nicht weiter. Es blieb nur wieder ein Platz in der Hauswirtschaft. […] Berufsschule war für ihn ‚wie Hauptschule, nur da ist dann noch mehr ausgefallen'. Und dann waren ‚da so Kurse, wie für Affen, so auf Kisten klettern und erzählen, wie man sich fühlt". […] Und so habe ich dann zugelangt. War daneben, aber das ging nicht anders'. […] Stolz zeigt er seine Schweißer-Briefe, die er in seinem Refugium aufgehängt hat. Die Werkstatt hat ihn in Kurse eingebucht. ‚Zusammen so ein halbes Jahr' dafür, dass er nun endlich das arbeiten kann, was er will, statt neun ‚Mülljahren', die für ihn mit der Berufsschule anfingen. ‚Wäre alles einfacher, besser und billiger gewesen gleich mit Schweißen'." (Plickat/Mertens 2018)

Die Landschaft aktueller Reformvorhaben bietet bspw. Repair-Cafés im Gemeinwesen, experimentelle Konzepte, die vom Primarbereich bis in die Altenbildung reichen sowie sozial-inklusiv gestaltete Projekte im ersten Arbeitsmarkt für Menschen mit Funktionsbeeinträchtigungen.

Gemeinsame Voraussetzung für das Gelingen dieser Reformvorhaben ist die Bereitschaft, die Grenzen tradierter Vorstellungen und Leitkategorien zu durchbrechen. Dies beinhaltet, *Allgemeine Technologie und Didaktik wieder in Synthesen zu denken und die Leitkategorie „Beruf" auf berufliche Erwerbsarbeit zu begrenzen, statt sie, wie zu oft populär, mythisch im Sinne eines Garanten sozialen Aufstiegs zu überhöhen.*

Bibliographie

Biermann, Horst/Bonz, Bernhard/Rützel, Josef (1999): *Beiträge zur Didaktik der Berufsbildung Benachteiligter*. Stuttgart: Holland & Josenhans.

Bojanowski, Arnulf (2005): „Umriss einer beruflichen Förderpädagogik. Systematisierungsvorschlag zu einer Pädagogik für benachteiligte Jugendliche". *Diesseits vom Abseits. Studien zur beruflichen Benachteiligtenförderung*, hrsg. von Arnulf Bojanowski/Günter Ratschinski/Peter Straßer. Bielefeld: wbv Media, 330–362.

Bojanowski, Arnulf/Gentner, Cortina (2009): *Professionalisierungskatalog für Fachkräfte an Produktionsschulen*. Manuskript (unveröffentlicht).

Bojanowski, Arnulf/Koch, Martin/Ratschinski, Günter/Steuber, Ariane (Hrsg.) (2013): *Einführung in die Berufliche Förderpädagogik. Pädagogische Basics zum Verständnis benachteiligter Jugendlicher*. Münster u.a.O.: Waxmann.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.) (2008): *Ergebnisse der Wissenschaftlichen Begleitung und Evaluation*. Bonn: BMBF (Schriftenreihe zum Programm „Kompetenzen fördern, Berufliche Qualifizierung für Zielgruppen mit besonderem Förderbedarf (BQF-Programm)" IV).

BVPS – Bundesverband Produktionsschulen e.V. (Hrsg.) (2014): *Planbar – Didaktische und curriculare Praxis an Produktionsschulen*. Hannover. https://bv-produktionsschulen.de/wp-content/uploads/2018/03/18-03-22-Modellprojekt_Planbar.pdf [07.12.2021] (30.01.2023).

BVPS – Bundesverband Produktionsschulen e.V. (Hrsg.) (2015): *Edition Produktionsschule, Ausgabe 3. Qualitätsstandards des Bundesverbandes Produktionsschulen e.V.*. Hannover. http://www.bv-produktionsschulen.de [20.10.2021] (30.01.2023).

BVPS – Bundesverband Produktionsschulen e.V. (2021) *Weiterbildungsreihe zum/zur Werkstattpädagog:in*. Hannover. https://bv-produktionsschulen.de/werkstattpaedagoge/ [07.12.2021] (30.01.2023).

DBT – Deutscher Bundestag (2021): *Bericht der Enquete-Kommission Berufliche Bildung in der digitalen Arbeitswelt*. Berlin: DBT.

Euler, Dieter/Seeber, Susan (2023): *Ausbildungsgarantie – ein Instrument zur Fachkräftesicherung und gesellschaftlichen Integration junger Menschen*. Bonn: Friedrich-Ebert-Stiftung (FES diskurs).

Fischer, Jörg/Lutz, Ronald (Hrsg.) (2015): *Jugend im Blick. Gesellschaftliche*

Konstruktionen und pädagogische Zugänge Weinheim/Basel: Beltz.

Gentner, Cortina (2019): *Professionalisierungskatalog für Fachkräfte an Produktionsschulen*. Handout im Rahmen der Weiterbildungsreihe des Bundesverbandes Produktionsschulen e.V. zum/zur Werkstattpädagog*in (unveröffentlicht).

Gerdsmeier, Gerhard (2002): „Didaktisches Konzept für ergänzende Zertifizierungen. Konstruktion und Erprobung eines Curriculums". *Jugendliche fördern und fordern. Strategien und Methoden einer aktivierenden Jugendsozialarbei*t, hrsg. von Thomas Gericke/Tilly Lex/Günther Schaub/Maria Schreiber-Kittl/Heike Schröpfer. München: Deutsches Jugendinstitut, 188–201 (Übergänge in Arbeit 1).

Hiller, Gotthilf G. (1994): *Ausbruch aus dem Bildungskeller. Pädagogische Provokationen*. 3. Aufl. Langenau-Ulm: Vaas Verlag.

Huschke, Peter (1996): *Grundlagen des Wochenplanunterrichts. Von der Entdeckung der Langsamkeit*. Weinheim/Basel: Beltz.

Klafki, Wolfgang (1991): *Neue Studien zu Bildungstheorie und Didaktik*. 2. Aufl. Weinheim/Basel: Beltz.

Kuhnke, Ralf/Skrobanek, Jan (2011): *Junge Menschen aus Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein in berufs- und ausbildungsvorbereitenden Angeboten. Bericht zur Vergleichsuntersuchung von Teilnehmerinnen und Teilnehmern in den drei Angeboten: Berufsvorbereitungs- bzw. Ausbildungsvorbereitendes Jahr, Produktionsschule und Berufsvorbereitende Bildungsmaßnahmen*. München/Halle: Deutsches Jugendinstitut.

Mack, Wolfgang (2015): „Produktionsschule – eine neue Jugendschule?". *Denk-doch-Mal.de. Das online-Magazin* (3).

Mertens, Martin/Schobes, Frank (2016): *Zur Finanzierungsproblematik von Produktionsschulen in Deutschland*. Kassel/Offenbach. http://www.bv-produktionsschulen.de [20.10.2021] (30.01.2023).

Mertens, Martin (2019): „Produktionsschulen in Deutschland: ein pluralistisches pädagogisches Experiment und berechenbarer Faktor im Übergangssystem". *Migration & Integration 7. Dialog zwischen Politik, Wissenschaft und Praxis*, hrsg. von Mathias Czaika/Lydia Rössl/Friedrich Altenburg/Anna Faustmann/Thomas Pfeffer. Krems: Edition Donau-Universität Krems, 167-172 (DialogForum Integration).

Meshoul, Alexander (2017): *Methodisch-konzeptionelle Fragen einer gezielten Förderung benachteiligter Jugendlicher im Produktionsschulalltag*. Berlin: Logos.

Meyser, Johannes (1996): *Die berufspädagogische Genese des Produktionsschulprinzips. Von den Ursprüngen im 18. Jahrhundert zur aktuellen Situatio*n. Frankfurt am Main u.a.O.: Peter Lang Internationaler Verlag der Wissenschaften.

Petersen, Wiebke (2006): *Berufliche Fähigkeiten – Social skills*. Berlin u.a.O.: Lit Verlag.

Plickat, Dirk (2015): P*roduktions- oder „Rest- und Risikoschule"*. https://docplayer.org/189157746-Dirk-plickat-produktionsschule-oder-rest-und-risikoschule.html (30.01.2023).

Plickat, Dirk/Mertens, Martin (2018): *Soziale Gerechtigkeit, Teilhabe und Gemeinnutz auf Produktionsschulgrundlage*. https://bv-produktionsschulen.de/wp-content/uploads/2018/08/Plickat_Teilhabe-und-Gemeinnutz-auf-Produktionsschulgrundlage_%C3%9CA.pdf (30.01.2023).

Ropohl, Günter (1997): „Plädoyer für eine integrierte Arbeits- und Techniklehre". *GATWU-Forum* 11 (4), 32–36.

Seyfried, Brigitte (2003): „Im Jugendhilfebetrieb betriebsnah lernen …". *Direkt: Fördern und qualifizieren* (17).

Schroeder, Joachim (2012): *Schulen für schwierige Lebenslagen. Studien zu einem Sozialatlas der Bildung*. Münster u.a.O.: Waxmann.

Straßer, Peter (2008): „Die Bedeutung von Tätigkeit in der pädagogischen Praxis. Über das Verhältnis von Arbeiten und Lernen in der Produktionsschule". *bwp@ – Berufs- und Wirtschaftspädagogik – online* Spezial 4. http://www.bwpat.de/ht2008/ws12/strasser_ws12-ht2008_spezial4.shtml [20.10.2021] (30.01.2023).

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *156 (2023), 195–209*

Die Rolle der Allgemeinen Technologie in der Grundschulbildung im Land Brandenburg – Tendenzen, Chancen und Realitäten im Kontext der technischen Bildung

Björn Egbert
(Potsdam, MLS)

Abstract
This article is intended to give an insight into current primary school teaching and in particular the subject of general science education. The focus is on the role of general technology. In addition to conceptual considerations, the urgent need for pupils to acquire a general understanding of technology, especially from the point of view of technology didactics, is presented. However, the role of children's learning by using suitable approaches will be addressed here, too.

Resümee
Der vorliegende Beitrag soll einen Einblick in den aktuellen Grundschulunterricht bzw. insbesondere das Fach Sachunterricht geben. Der Fokus liegt dabei auf der Rolle der Allgemeinen Technologie. Neben konzeptionellen Überlegungen wird dabei das dringende Erfordernis des Erwerbs eines allgemeinen Technikverständnisses für Schülerinnen und Schüler insbesondere aus Sicht der Technikdidaktik dargelegt. Hier soll jedoch auch auf die Rolle kindlichen Lernens unter Verwendung geeigneter Zugänge eingegangen werden.

Keywords/Schlüsselwörter
General technology, primary school education, general science education
Allgemeine Technologie, Grundschulbildung, Sachunterricht

1 Einleitung

Bildung soll Schülerinnen und Schüler dazu befähigen, sich ihre Umwelt wirksam zu erschießen, sich in ihr zu orientieren und diese aktiv sowie zugleich reflektiert mitzugestalten. Dabei geht mit dem Begriff der Umwelt insbesondere auch die technische Dimension des menschlichen Seins einher. Allerdings ist zu konstatieren, dass der technischen Bildung als Bestandteil der allgemeinen Schulbildung in Deutschland seit Jahren, wenn nicht Jahrzehnten, eine unzureichende Stellung beigemessen wird. Dies betrifft nicht nur die meist mangelhafte Ausstattung in den Schulen und die ungenügende inhaltliche Verortung in den Lehrplänen, sondern insbesondere auch eine kaum vorhandene konzeptionelle Verankerung in den Unterrichtsfächern, wie etwa im Sachunterricht und Wirtschaft-Arbeit-Technik-Unterricht sowie gegebenenfalls der Informatik.

Menschen leben gegenwärtig in einer vollständig von Technik durchdrungenen Umwelt. Dabei entwickelt sich eben diese Technik permanent – jedoch nicht von selbst – weiter und nimmt einen existenziellen Stellenwert in der Gesellschaft ein, unabhängig davon ob die meisten Individuen dies bewusst wahrnehmen und reflektieren oder nicht (vgl. Landwehr et al. 2021: 7). Gerade deshalb – so könnte es zumindest schlussgefolgert werden – wäre es von zentraler Bedeutung, dass Schülerinnen und Schüler über ein reflektiertes technisches Verständnis verfügen, um diese technisierte Umwelt nicht nur zu verstehen, sondern aktiv mitgestalten zu können. Es lässt sich demnach leicht ein gewissermaßen allgemeinbildender Kern der Technikwissenschaften ausgemachen, der einen entsprechenden Bildungsauftrag an allgemeinbildenden Schulen legitimiert bzw. zwingend erfordert. Dies betrifft jedoch nicht erst die weiterführenden Schulen, sondern die Grundschulen gleichermaßen. Doch im Sachunterricht, welcher als Ankerfach der Grundschule die Kernaufgabe hat, Schülerinnen und Schüler darin zu unterstützen, sich ihre natürliche, kulturelle, soziale und technische Umwelt sachbezogen anzueignen, ist der Bereich der technischen Bildung realpraktisch weitestgehend unterrepräsentiert, wenn nicht sogar gar nicht vorhanden (vgl. GDSU 2013: 9). Nur selten findet eine Auseinandersetzung mit Technik im Sinne des Erkennens von Funktionszusammenhängen und des Verstehens von Wirkungsweisen im Rahmen einer theoretischen und praktischen Auseinandersetzung statt (vgl.

GDSU 2013: 9), obwohl die sogenannte technische Perspektive sowohl in den Rahmenlehrplänen der Bundesländer als auch im Perspektivrahmen des Sachunterrichts einen festen Platz innehat. Häufig wird der technische Bereich im Rahmen der Schulbildung nur auf eine naturwissenschaftliche Auseinandersetzung – quasi auf das Konzept der Technik als angewandte Naturwissenschaft – beschränkt (vgl. Meier 2017: 96) oder in einem sehr verkürzten Verständnis anhand vereinzelter Auseinandersetzungen innerhalb einzelner Themenfelder des Sachunterrichts behandelt, die jedoch nicht im Sinne einer didaktisch begründeten horizontalen Reduktion verstanden werden dürfen, da in der Regel eben gerade keine allgemeinen Sachverhalte damit erschlossen werden und lediglich zusammenhangsloses Inselwissen erarbeitet wird. Dabei erscheint es gerade in der Gegenwart umso wichtiger, an der Technisierung der Lebenswelt der aktuellen und zukünftigen Generationen anzuknüpfen und technische Bildung in den Sachunterricht einzubinden, um die Kinder an dieser gesellschaftlichen Entwicklung teilhaben zu lassen und ihnen ein selbstbestimmtes Leben in dieser Welt zu ermöglichen (vgl. Banse/Meier 2013: 421; DGTB 1995: 12). Denn nur, wenn Kinder die Möglichkeiten, aber auch Grenzen von Technik (hier in einem weiten Technikverständnis und nicht auf Artefakte beschränkt) kennen, können sie die Wirkungs- und Bedingungszusammenhänge von Technik richtig verstehen und zukünftig davon profitieren (vgl. GDSU 2013: 63).

Mit Blick auf diese Ausgangssituation befasst sich die vorliegende Arbeit nachfolgend mit der Relevanz der Allgemeinen Technologie im Grundschulunterricht, bevor eine Überlegung zur möglichen oder gar zwingenden konzeptionellen Einbindung im Grundschulunterricht erfolgt, die den Lernvoraussetzungen der Kinder gerecht wird und zugleich die Ziele der Entwicklung eines umfassenden Technikverständnisses beibehält. Dies kann mit Blick auf die Herausforderungen in den deutschen Grundschulen wohl am ehesten exemplarisch vollzogen werden, indem aus gut gewählten Beispielen allgemeine Einsichten für technologische Prozesse abgeleitet werden, welche als Basis der Allgemeinen Technologie zu verstehen und zu generalisieren sind, um auf andere technische Vorgänge übertragen werden zu können (vgl. Ropohl 2009: 22). Dazu wird der Frage nachgegangen, inwiefern ausgehend von einer motivierenden und kindgerechten Unterrichtsgestaltung die grundsätzlichen Kategorien des technischen Denkens und

Handelns im Sachunterricht erschlossen werden können. Entsprechend wird folgend aus bildungspolitischer und fachdidaktischer Sicht erarbeitet, welche Zielstellungen die technische Bildung im Sachunterricht verfolgt. Die Basis dafür bildet auf Grund der Problematik des deutschen Bildungsföderalismus exemplarisch der Rahmenlehrplan des Landes Brandenburg und der Perspektivrahmen für den Sachunterricht. Anschließend wird auf den Bildungsanspruch des Sachunterrichts eingegangen und herausgearbeitet, warum der Ansatz der Allgemeinen Technologie zwingend als Inhalt und Ziel der Grundschulbildung zu verstehen ist, um einem zeitgemäßen Sachunterricht auch in dessen technischer Perspektive entsprechen zu können.

2 Skizzierung der Relevanz der Allgemeinen Technologie als Bestandteil der Bildung

Die Allgemeine Technologie ist als generalistisch-interdisziplinäre Technikforschung und Techniklehre, welche die Wissenschaft von den allgemeinen Funktions- und Strukturprinzipien technischer Sachsysteme und ihrer soziokulturellen Entstehungs- und Verwendungszusammenhänge bildet (vgl. Ropohl 2009: 32), anzusehen. Dabei besteht das Ziel der Allgemeinen Technologie darin, das Allgemeine und die Wesensmerkmale technologischer Erscheinungen anhand allgemeiner Technikprinzipien herauszuarbeiten (vgl. Wolffgramm 2012: 76). Somit ist die Allgemeine Technologie als theoretische Grundlagendisziplin der Technikwissenschaften auszusehen, welche ihre Basis in der Tendenz zur Vereinheitlichung der Produktionssysteme findet (vgl. ebd.). Der Ansatz der Allgemeinen Technologie zählt ferner als der älteste Ansatz der allgemeinbildenden Technikdidaktik, geht ursprünglich auf Johann Beckmanns „Anleitung zur Technologie“ (1777) zurück und wurde bereits 1966 auf dem ersten Werkpädagogischen Kongress dezidiert ausgearbeitet und vertreten (vgl. Krebs 2020: 12). Die Allgemeine Technologie, welche demgemäß alle theoretischen Grundlagen der technischen Bildung zu schaffen vermag und zu einem übergreifenden reflexiven Technikverständnis befähigt, muss aus genau diesem Grund konzeptionell umfassend als Ansatz der Technikdidaktik berücksichtigt werden (vgl. Schmayl 2021: 124–126), wenngleich dies bis dato deutschlandweit nur in der Ausnahme der Fall ist. Zu den Aufgaben der Allgemeinen Technologie zählen dabei vordergründig die Klärung

des Technikbegriffs und die dazugehörigen Klassifikationen, Betrachtungen technischer Sachsysteme, die Theorie der technischen Entwicklung, Methodenlehre technischer Wissenserzeugung, inklusive Planung und Gestaltung, Fragen der Technikverwendung und insbesondere Fragen der Technikbewertung (vgl. Ropohl 2006: 338). Dieses Wissen wird jedoch typischerweise als sehr abstrakt und wenig handlungsorientiert verstanden. Dass die Allgemeine Technologie jedoch bereits in der Grundschule eine zentrale Rolle einnehmen muss, um ein reflexives Technikverständnis zu entwickeln, bleibt nicht wenigen Lehrkräften verschlossen. Allerdings besteht die allgemeine Zielstellung der Technischen Bildung „darin, die komplexe technische Umwelt verständlich zu machen, um auf Grund eigenen Wissens und eigener Erfahrung in technisch geprägten Situationen verantwortlich entscheiden und handeln zu können" (Jennewein 1997: 146, zit. nach Schmayl 2021: 125). Eine entsprechende intentionale sowie konzeptionelle Verankerung ist bereits in der Grundschule innerhalb der technischen Perspektive des Sachunterrichts seit Jahrzehnten gegeben. Der Sachunterricht versteht sich dabei als Ankerfach und leistet einen bedeutsamen Beitrag zur grundlegenden Bildung von Kindern (vgl. GDSU 2013: 9).

3 Stellung der technischen Bildung und der Allgemeinen Technologie in den Curricula der Grundschule

Um einen abgestimmten Unterricht, welcher der Kompetenzentwicklung der Kinder dienlich sein soll, zu gewährleisten, bilden die Lehrpläne der Bundesländer auf Grundlage des Perspektivrahmens Sachunterricht das Fundament jeglicher Unterrichtsbemühungen. Der Rahmenlehrplan für den Sachunterricht des Landes Brandenburg sieht vor, dass sich Schülerinnen und Schüler der Klassenstufe 1 bis 4 mit ihrer natürlichen, kulturellen, sozialen und auch technischen sowie historisch geprägten Umwelt auseinandersetzen (vgl. MBJS 2015: 3). Um dies zu ermöglichen, gibt der Rahmenlehrplan für den Sachunterricht verschiedene Themenfelder vor. So umfasst er die Themenfelder Erde, Kind, Markt, Rad, Tier, Wasser, Wohnen und Zeit, lässt jedoch auch Freiraum für eigene Themenfelder (vgl. MBJS 2015: 27). Zu jedem Themenfeld sind verschiedene Unterthemen aufgeführt, welche als Orientierung innerhalb des Themenfeldes dienen und Anregungen bieten (vgl. MBJS 2015: 27–43). Da dieser Beitrag die technische Perspektive

fokussiert, wird nachfolgend betrachtet, welche Relevanz technische Bildung im Sachunterricht tatsächlich besitzt.

Im sogenannten Perspektivrahmen Sachunterricht, welcher als Leitinstrument für die Gestaltung des Unterrichts in allen Bundesländern zu verstehen ist, wird explizit auf die Relevanz eines umfassenden allgemeinen Technikverständnisses hingewiesen (vgl. Giest 2016: 156). Die Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts verdeutlicht in diesem Handlungsleitfaden, dass bereits im Elementarbereich an die Entwicklung des Technikverständnisses herangeführt werden muss (vgl. GDSU 2013: 63). Jedoch ist die Rolle der technischen Bildung im Diskurs der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts nach wie vor eher untergeordnet (vgl. Landwehr et al. 2021: 7), wenngleich aktuell auch Initiativen vorhanden sind, um die Position der technischen Bildung grundlegend zu stärken. So wurde 2017 die Arbeitsgruppe Technische Bildung der GDSU gegründet, um die technische Bildung im Sachunterricht voranzutreiben (vgl. Landwehr et al. 2021: 8). Dennoch ist die Auseinandersetzung mit Fragen technischer Bildung bzw. insbesondere mit Fragen konzeptioneller Art im wissenschaftlichen Diskurs des Sachunterrichts nur ansatzweise vorhanden. Im Perspektivrahmen des Sachunterrichts sind insbesondere Elemente eines mehrperspektivischen Technikansatzes und seiner Inhaltsfelder (etwa nach Bienhaus 2008) als konzeptioneller Rahmen dargelegt. Jedoch wird der Ansatz im Perspektivrahmen nicht ausreichend ausdifferenziert und vor allem nicht ausreichend mit anderen Konzepten der technischen Bildung (wie der Allgemeinen Technologie, Sloyd oder Zukunftstechnologie) in Verbindung gesetzt. Dieses Grundproblem wird im Rahmenlehrplan Sachunterricht des Landes Brandenburg gewissermaßen übernommen bzw. sogar auf Grund der oben benannten Themenfeldanordnung verstärkt, da weder konzeptionelle Überlegungen, noch Umsetzungsbeispiele vorhanden sind. Natürlich soll innerhalb aller Themenfelder technische Bildung erfolgen. Real führen die Offenheit und mangelnde Orientierung des Lehrplans (mit Blick auf technikdidaktische Konzepte, Kompetenzen, Methoden, usw.) jedoch eher zu einer basalen Auseinandersetzung mit Technik. Problematisch ist in den Schulen ferner insbesondere das Lernzielniveau, auf dem diese Auseinandersetzung mit Technik erfolgt. Nicht nur in den Grundschulen bewegt sich Unterricht typischerweise auf dem Niveau der Reproduktion von technischem Sachwissen und bleibt selbst bei Umsetzung des mehrperspektivischen

Ansatzes nur inhaltlich, jedoch nicht kompetenzorientiert, erschließend. Dennoch ist zu konstatieren, dass auf Basis des Perspektivrahmens Sachunterricht (in der Version von 2013) eine sachangemessene, verantwortungsvolle, kritische Auseinandersetzung mit Technik als Bildungsgegenstand möglich wäre.

Für das Land Brandenburg scheint dies im Rahmenlehrplan zumindest intentional klar zu sein, indem Schülerinnen und Schüler früh zu kompetenten Nutzerinnen und Nutzern technischer und technologischer Strategien zu verhelfen sei, da sie in einer sehr technisierten Welt aufwachsen und deshalb auch von den Folgewirkungen der technologischen Entwicklungen betroffen sind (vgl. MBJS 2015: 25). Jedoch wird an dieser Stelle das stark verengte bzw. reduzierte Technikverständnis deutlich, welches die Schülerinnen und Schüler lediglich auf Konsumenten bzw. Nutzer von Technik bzw. technischen Artefakten reduziert. Wenngleich viele Themenbereiche des Lehrplans Unterthemen aufweisen, welche grundlegend dazu geeignet wären, sich mit technischer Bildung zu befassen, sind technische Themen trotz dieser Anknüpfungsmöglichkeiten im Rahmenlehrplan des Sachunterrichts nach wie vor unterrepräsentiert (vgl. Giest 2016: 156). Ferner deuten Untersuchungen darauf hin, dass Lehrerinnen und Lehrer bisweilen wenig Interesse an technischen Themen zeigen. Diese Tendenz verschärft sich vor dem Hintergrund des fachfremden Einsatzes von Lehrkräften bzw. Seiten- und Quereinsteigern in der Grundschule, wenn in der Schule tätige Personen häufig nicht für dieses Schulfach ausgebildet sind, wodurch der Kompetenzstand und das Fähigkeitskonzept nicht ausreichen (vgl. Giest 2016: 156). Des Weiteren verleitet insbesondere der hohe Freiheitsgrad des Rahmenlehrplans auf Grund der damit einhergehenden pädagogischen Freiheit dazu, individuelle Schwerpunkte zu setzen (vgl. Beaucamp 2015: 145–147), die im Sachunterricht typischerweise dazu führen, dass naturwissenschaftliche und insbesondere technische Aspekte eher in den Hintergrund geraten. Die Orientierung an Themenfeldern führt zudem eher dazu, dass technische Bildung im Sachunterricht nach wie vor typischerweise eher partiell und weitgehend ohne begründetes Konzept vollzogen wird, bei dem die Verwendung technischer Gegenstände oder punktuelle Auseinandersetzung auf Grundlage einzelner technikdidaktischer Methoden den Istzustand kennzeichnet.

Dieser Istzustand wird in aktuellen Publikationen zur technischen Perspektive des Sachunterrichts zunehmend kritisiert, wobei mehr und mehr der Begriff der technischen Literarität diskutiert wird (vgl. Landwehr et al. 2021: 7). Dies ist insofern positiv anzumerken, da damit gemeint ist, dass Schülerinnen und Schüler die Fähigkeiten entwickeln, Technik einzusetzen, zu verstehen, zu evaluieren und zu bewerten, genauso wie technische Konzepte und Prozesse zu nutzen, um Probleme lösen zu können. Durch eine insbesondere aktive Auseinandersetzung mit Technik erfolgt – dieser Vorstellung folgend – nicht nur ein Kompetenzerwerb; Kinder entwickeln vielmehr eine reflektierte Einstellung, Überzeugung und Haltung zu technischen Prozessen, sozusagen ein grundlegendes allgemeines Technikverständnis im Sinne der Allgemeinen Technologie (vgl. Landwehr et al. 2021: 7).

Demgemäß muss es in der technischen Bildung darum gehen, die in der

> „Alltagswelt erfahrene Techniknutzung (vor allem Bedingungs- und Umgangswissen) durch das Erfassen der zugrundeliegenden Funktionszusammenhänge, die Zweckrationalität technischen Handelns und der Auswirkungen von Technik zu erweitern. Dabei soll auch die gesellschaftliche Dimension von Technik erschlossen werden". (Giest 2016: 136)

Hierbei geht es weniger um das reine Sammeln von Informationen über Technik oder das vereinzelte Nachbauen ausgewählter technischer Geräte, sondern vielmehr darum, dass sie lernen, produktiv technische Probleme auf Basis allgemeiner Einsichten zu lösen (vgl. Giest 2016: 157).

4 Zur Bedeutung kindlichen Lernens und der Ziele des Sachunterrichts in der Grundschulbildung zur Entwicklung eines allgemeinen Technikverständnisses

Kritik gegenüber dem Konzept der Allgemeinen Technologie werden oftmals unter dem Gedanken geführt, dass dieser didaktische Ansatz zu abstrakt, zu wenig greifbar und damit auch zu schwer zu verstehen bzw. zu erlernen sei, um sich damit mit Schülerinnen und Schülern insbesondere in der Grundschule auseinanderzusetzen. Ergänzend wird in diesem Zusammenhang typischerweise auch auf die Problematik der zur Verfügung stehenden Zeit verwiesen, die im Sachunterricht grund-

sätzlich nicht ausreichen würde und demnach auch nicht noch mehr Inhalte behandelt werden könnten. Diese Argumentation verkennt, dass es sich nicht um weitere Inhalte handelt, sondern insbesondere um ein konzeptionelles Problem, welches sich unter Beachtung des Lernens von Grundschulkindern und der Zielstellung des Sachunterrichts auflösen lässt. Es geht also vielmehr um die Frage, wie mit vorhandenen Unterrichtsinhalten der technischen Bildung umgegangen wird. Dazu eignet sich das konzeptionelle Fundament eines zeitgemäßen Sachunterrichts jedoch denkbar gut. Sachunterricht soll als Unterrichtsfach der Primarstufe derart verstanden werden, dass einerseits Anschlussfähigkeit an die Elementarbildung und andererseits an die Sekundarstufenbildung hergestellt wird. Hinsichtlich der Elementarbildung setzt Sachunterricht zunächst an die im Alltag erworbenen Kompetenzen an. Das damit einhergehende Wissen und Können weist einen engen Bezug zur Alltagspraxis der Kinder auf. Die Aneignung dieses Wissens bzw. der darauf aufbauenden Kompetenzen erfolgt im Kontext des Alltagshandelns und -denkens, wobei die Kinder im Sachunterricht zunehmend dazu angehalten werden, über ihr eigenes Handeln zu reflektieren, um so zu einem bewussten bzw. reflektierten Denken und Handeln zu gelangen. Um sich in ihrer technisierten Umwelt mündig, tüchtig und verantwortlich bewegen zu können, ist entwicklungsförderliches Lernen in einem kompetenzorientierten Unterricht erforderlich, wobei im Sachunterricht an die bis dato erworbenen Kenntnisse, Erfahrungen und Fähigkeiten der Lernenden angeknüpft wird und diese im Hinblick auf die weiter zu entwickelnden Kompetenzen (in diesem Fall ein gewissermaßen allgemeines Technikverständnis) in der technischen Perspektive ausgebaut werden. Dabei wird dem Kompetenzverständnis von Franz E. Weinert gefolgt, das Kompetenz nicht auf einzelne Komponenten – wie Wissen, Fähigkeiten, Fertigkeiten – reduziert, sondern ebenfalls motivationale, volitionale und soziale Aspekte beinhaltet (vgl. Weinert 2001: 27–28). Zentral ist die Einsicht, dass der Kompetenzbegriff sowohl materiale als auch formale Aspekte beinhaltet. Demnach ist Kompetenzentwicklung im Sachunterricht natürlich an einen fachlichen Lerngegenstand gebunden, darf jedoch nicht material auf diesen verkürzt unterrichtet werden. Ferner geht das Lernen und Lehren im Sachunterricht von einem Spannungsfeld zwischen kindlichen Erfahrungen und daran anschlussfähigen Angeboten, den fachlichen Perspektiven (hier die technische Perspektive) aus. Dabei

sollen kindliche Erfahrungen bzw. kindliche Sinnkonstruktionen den Ausgangspunkt für das Lernen im Sachunterricht bilden und die darauf bezogenen Themen, Inhalte sowie Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen so ausgewählt werden, dass sie von den Kindern als sinnvoll und geeignet erlebt werden können, ihre auf die Erschließung ihrer Lebenswirklichkeit gerichteten Kompetenzen zu erweitern. Zugleich sollen Voraussetzungen für den an den Sachunterricht sich anschließenden Fachunterricht (in diesem Zusammenhang insbesondere Wirtschaft-Arbeit-Technik) erworben werden.

Mit Blick auf die Entwicklung eines reflektierten Technikverständnisses scheint damit zunächst klar, dass die Allgemeine Technologie keinen konzeptionellen technikdidaktischen Ansatz kennzeichnet, der als Ausgangspunkt des Lernens in der Grundschule geeignet ist, da dies in der Tat schnell zu Überforderung und Frustration bei den Lernenden führen würde, da die kindlichen Lernvoraussetzungen nicht berücksichtigt bzw. der Anschluss an kindliche Lebenswelten auf Grund des hohen Abstraktionsniveaus der Allgemeinen Technologie nicht gewährleistet werden kann. Den Ausgangspunkt einer allgemeinen technischen Bildung müssen daher mit Blick auf die Anknüpfung an kindliche Lebenswelten sicherlich eher handlungsorientierte Konzepte, wie z.B. Sloyd (Handarbeitsorientierung, etwa in der Schulwerkstatt oder im Schulgarten; vgl. Meier 2013), unter Verwendung technikdidaktischer Methoden wie die Konstruktions- und Fertigungsaufgabe aber auch technische Analysen oder Formen des Designs darstellen, die es den Kindern erlauben, die eigene Erfahrungswelt in den Unterricht einzubinden (Frage der sinnstiftenden und motivierten Auseinandersetzung). Der neue, wichtige Lernentwicklungsschritt des Sachunterrichts besteht aber nicht im Lernen mit Blick auf die Bewältigung von Alltagsanforderungen. Daher ist die üblicherweise noch immer im Unterricht praktizierte Auseinandersetzung mit Alltagstechnik (etwa der Instandhaltung, Reparatur und Pflege eines Fahrrads) nicht ausreichend. Lernentwicklung im Sachunterricht ist im fachlichen und erkenntnisbezogenen Lernen unter der Sichtweise fachlicher Abstraktionslinien zu vollziehen. Erste allgemeintechnologische Einsichten sind demzufolge nicht nur als Bestandteil, sondern zugleich als existenzielles Bildungsziel der technischen Perspektive des Sachunterrichts zu verstehen. Entwicklungs- und lernpsychologisch muss es um den Aufbau einer neuen Ebene gedanklicher Orientierung gehen, die sich nicht in erster Linie auf das prakti-

sche, sondern auf das gedankliche Handeln (auf das Denken) bezieht. Schülerinnen und Schüler sollen lernen, auf gedanklicher Ebene zu handeln, also vor allem über ihr eigenes Denken nachzudenken, gewissermaßen formale Komponenten des Wissens gedanklich kontrolliert zu beachten (vgl. auch Egbert/Giest 2015). Um dies zu erreichen, muss im Sachunterricht über die Ebene der Betrachtung ausgewählter technischer Bereiche oder Artefakte und deren Aufbau und Funktion innerhalb der Themenfelder des Lehrplans hinausgegangen werden. Mit Blick auf die im Unterricht verfolgten Lernziele darf also nicht auf dem Niveau der Reproduktion von insbesondere deklarativem technischem Wissen verweilt und anschließend mit einem anderen Inhaltsbereich begonnen werden. Vielmehr müssen mit zeitlichem Fortschritt des Sachunterrichts vor allem Niveaus der Abstraktion, Übertragung, Generalisierung und Synthese erreicht werden. Es wird deutlich, dass es also weniger um den Inhalt an sich, sondern vielmehr darum geht, wie bzw. wie weit im Unterricht damit umgegangen wird. Technische Grundbildung wird damit mehr zu einem Auswahlproblem, um geeignete Inhalte zu finden, die zunächst die Anknüpfung an die Lebenswelt der Kinder erlauben und zugleich ertragreich für die Ableitung allgemeintechnologischer Einsichten sind (vgl. beispielweise Klafki 1975; Robinsohn 1967). Demnach kann es im Sachunterricht unter Beachtung obenstehender Kritik hinsichtlich des Arguments der Zeit nicht um eine vollständige Auseinandersetzung mit dem Gegenstand Technik/Technologie gehen. Dies ist im Sinne des Schlusses aus dem Einzelfall auf das Allgemeine auch gar nicht nötig. Vielmehr muss es im Rahmen einer exemplarischen – jedoch keineswegs beliebigen – Auseinandersetzung gelingen, über die Erfordernisse der Alltagswelt der Kinder hinauszugehen, um erste allgemeine Einsichten in den Bereichen Aufbau und Funktion technischer Artefakte (Sachsysteme), Bedürfnisstrukturen (Technikverwendung aus arbeits- und sozialwissenschaftlicher Sicht), Grundlagen technischen Gestaltens, Lebenszyklen von Produkten, Technikbewertung usw. (vgl. Ropohl 2003: 158) abzuleiten, also gewissermaßen die Basis eines allgemeintechnologischen Verständnisses in der Grundschulbildung zu legen, an das im Rahmen des Wirtschaft-Arbeit-Technik-Unterrichts systematisch angeknüpft werden kann. Dazu müssen in curricularen Orientierungen gerade dieses Lernen und die damit verbundenen inhaltlichen und methodischen Anforderungen jedoch detailliert beschrieben werden bzw. es müssen

entsprechende Orientierungen angeboten werden. Dies ist im Lehrplan des Faches Sachunterricht wie auch im Perspektivrahmen Sachunterricht hingegen nicht gegeben. Vielmehr fehlt dem Lehrplan des Landes Brandenburg auch ein geeignetes Kompetenz(-struktur)-modell, welches Lehrerinnen und Lehrern eine Orientierung auf die Gestaltung der (technischen) Bildung im Sachunterricht gibt. Es verwundert daher nicht, dass bei aller Relevanz derartige Herausforderungen im Kontext einer allgemeinen und allgemeintechnologischen Bildung in der Grundschule vorhanden sind.

5 Fazit

In diesem Beitrag wurde der Versuch unternommen darzulegen, dass technische Bildung und deren Qualität bzw. Ziel bereits oder insbesondere in der Grundschulbildung weniger von der Fülle von Inhalten, als von der Qualität und Tiefgründigkeit deren unterrichtlicher Behandlung abhängig ist. Diese Einsicht scheint trivial, ist aber nach wie vor nicht in den deutschen Grundschulen angekommen. Zudem wurde versucht, herauszustellen, dass es im Rahmen technischer Bildung immer um die Entwicklung eines allgemeinen Technikverständnisses im Sinne der Allgemeinen Technologie gehen muss, um Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit zu geben, sich Technikkompetenzen anzueignen, die zu einer mündigen, tüchtigen und verantwortlichen Partizipation in einer von Technik durchdrungenen Gesellschaft befähigen. Diesbezüglich wurde zunächst die Position der Allgemeinen Technologie als Bestandteil der Allgemeinbildung skizziert, bevor auf die Konzeption und Zielstellung technischer Bildung im Rahmen des Diskurses des Sachunterrichts eingegangen wurde. Es wurde herausgestellt, dass Sachunterricht, der lediglich auf die Reduktion einzelner technikwissenschaftlicher Inhalte auf dem Niveau der Reproduktion von Wissen ausgerichtet ist, weder der Entwicklung von Technikkompetenz dienlich ist, noch dem Anspruch eines zeitgemäßen Sachunterrichts gerecht wird. Es wurde ferner deutlich, dass der Allgemeinen Technologie eine zentrale Rolle innerhalb der technischen Bildung beigemessen werden muss und dies bereits in deutschen Grundschulen und nicht erst im Sekundarbereich. Dies erfordert jedoch insbesondere die angemessene konzeptionelle Verankerung innerhalb der Lehrpläne und vor allem Hinweise bzw. Empfehlungen zur exemplarischen Gestaltung von

Lernwegen, an denen sich Lehrkräfte orientieren können, um relevantes technisches Wissen zu einem ganzheitlichen Verständnis zusammenzuführen, statt lediglich z. T. wahllos Inhaltsbereiche technischer Bildung exemplarisch zu behandeln, jedoch nicht systematisch und abstrahierend zusammenzuführen. Dies wird auch im Land Brandenburg besonders dadurch verstärkt, dass der Rahmenlehrplan seiner Funktion der Grundorientierungen für die zielgerichtete Planung von Unterricht auf den Ebenen von Schulfach, Unterrichtseinheit und Unterrichtsstunde nicht gerecht wird. Ein kompetenzorientiertes Arbeiten, wobei Kompetenzen im Sinne einer Output-Orientierung nicht nur deklarativ, sondern insbesondere auch prozedural ausgestaltet werden müssen, wird dabei im technischen Bereich selten bis gar nicht vollzogen. Lehrkräfte benötigen jedoch eine entsprechende Orientierung darüber, welche konkreten Kompetenzen auf welchem Niveau in welchen Klassenstufen und in welcher Variabilität zu erreichen sind. Eine Überarbeitung des Lehrplans ist also nicht nur im Sinne der technischen Bildung und Allgemeinen Technologie zwingend erforderlich. Demgemäß schließe ich diesen Beitrag mit einem Zitat Günter Ropohls, das ich als Chance und Appell an die Lehrerinnen und Lehrer sowie Lehrplanentwickelnden im Kontext des Sachunterrichts verstanden sehen möchte:

> „[…] selbstverständlich kann man von den Lernenden kaum erwarten, die Integration des Wissens auf sich allein gestellt zu leisten, wenn sie nicht von den Lehrenden in überzeigender Weise angeboten wird.“ (Ropohl 2003: 159)

Bibliographie

Banse, Gerhard/Meier, Bernd (2013): „Technische Bildung“. *Handbuch Technikethik*, hrsg. von Armin Grunwald. Stuttgart/Weimar: Verlag J. B. Metzler, 421-426.

Beaucamp, Guy (2015): „Zur rechtlichen Relevanz pädagogischer Freiheit“. *RdJB – Recht der Jugend und des Bildungswesens* (2), 145-159.

Bienhaus, Wolf (2008): *Technikdidaktik – der mehrpersepktivische Ansatz.* München. http://technikunterricht.dgtb.de/fileadmin/user_upload/Materialien/Didaktik/mpTU_Homepage.pdf (09.01.2023).

DGTB – Deutsche Gesellschaft für technische Bildung (Hrsg.) (1995): *Technikunterricht*. 2. Aufl. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Egbert, Björn/Giest, Hartmut (2015): „Lernen ohne Anschluss – die

Fächer Sachunterricht und Wirtschaft-Arbeit-Technik in der Anhörungsfassung des Rahmenlehrplanes für die Länder Berlin und Brandenburg". *Allgemeinbildung und Curriculumentwicklung. Herausforderungen an das Fach Wirtschaft – Arbeit - Technik*, hrsg. von Bernd Meier/Gerhard Banse. Frankfurt am Main: Peter Lang Internationaler Verlag der Wissenschaften, 147-164 (Gesellschaft und Erziehung. Historische und systematische Perspektiven 15).

GDSU – Gesellschaft der Didaktik des Sachunterrichts (Hrsg.) (2013): *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Vollständig überarbeitete und erweiterte Ausgabe. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Giest, Hartmut (2016): *Zur Didaktik des Sachunterrichts – Aktuelle Probleme, Fragen und Antworten*. Berlin: Lehmanns Media.

Klafki, Wolfgang (1975): „Kategoriale Bildung. Zur bildungstheoretischen Deutung der modernen Didaktik". *Studien zur Bildungstheorie und Didaktik*, hrsg. von Wolfgang Klafki. Weinheim: Beltz Verlag, 25–45.

Krebs, Alexander (2020): *Technische Bildung an allgemeinbildenden Schulen in Sachsen*. Leipzig. http://www.informatik.uni-leipzig.de/~graebe/Texte/Krebs-20.pdf (09.01.2023).

Landwehr, Brunhild/Mammes, Ingelore/Murmann, Lydia (Hrsg.) (2021): *Technische Bildung im Sachunterricht der Grundschule. Elementar bedeutsam und dennoch vernachlässigt?* Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Meier, Bernd (2013): *Wirtschaft und Technik unterrichten lernen: Didaktik für den Fachbereich Arbeit, Wirtschaft, Technik*. München: Oldenbourg Schulbuchverlag.

Meier, Bernd (2017): „Curriculare Implikationen des Technikbegriffs". *Technik & Technologie – techne cum episteme et commune bonum*, hrsg. von Lutz-Günther Fleischer/Bernd Meier. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag, 93–109 (Sitzungsberichte der Leibnitz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin 131).

MBJS – Ministerium für Bildung, Jugend und Sport des Landes Brandenburg (Hrsg.) (2015): *Rahmenlehrplan. Teil C. Sachunterricht. Jahrgangsstufen 1-4*. Potsdam. https://bildungsserver.berlinbrandenburg.de/fileadmin/bbb/unterricht/rahmenlehrplaene/Rahmenlehrplanprojekt/amtliche_Fassung/Teil_C_Sachunterricht_2015_11_16_web.pdf (09.01.2023).

Robinsohn, Saul (1967): *Bildungsreform als Revision des Curriculum*. Neuwied: Luchterhand.

Ropohl, Günter (2003): „Allgemeine Technologie. Wissenschaft in didaktischer Absicht". *Allgemeine Technikdidaktik – Theorieansätze und Praxisbezüge*, hrsg. von Bernhard Bonz/Bernd Ott. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren, 148-161.

Ropohl, Günter (2006): „Allgemeine Technikwissenschaft". *Erkennen und Gestalten – Eine Theorie der Technikwissenschaften*, hrsg. von Gerhard Banse/Armin Grunwald/Wolfgang König/Günter Ropohl. Berlin: Verlag edition sigma, 331-342.

Ropohl, Günter (2009): *Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik*. 3. Aufl. Karlsruhe: Universitätsverlag.

Schmayl, Winfried (2021): *Didaktik allgemeinbildenden Technikunterrichts*. 4. Aufl. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Weinert, Franz E. (2001): „Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit". *Leistungsmessung in Schulen*, hrsg. von Franz E. Weinert. Weinheim: Beltz Verlag, 17-32.

Wolffgramm, Horst (2012): *Allgemeine Techniklehre – Elemente, Strukturen und Gesetzmäßigkeiten*. Neu strukturierte, ergänzte, erweiterte und aktualisierte Fassung. https://dgtb.de/wp-content/uploads/2018/11/Wolffgramm-Allgemeine-Techniktheorie-klein.pdf (09.01.2923).

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *156 (2023), 211–242*

Maker Education auf dem Prüfstand – Vergleich mit der Allgemeinen Technologie und dem Unterrichtsfach Wirtschaft–Arbeit–Technik

Christian Schlossnickel, Katja Dorothée Würfl
(Potsdam, Berlin)

Abstract
With the Maker Faire 2014 in the White House, the Maker movement made the leap into the international public sphere. In the following years, educational concepts based on this developed, such as Maker Education and its teaching/learning spaces, the Makerspaces. These were founded in many places and offer children, young people and adults opportunities for experience and competence development. Although in the current literature Maker Education and Makerspaces are considered separately from the appropriation and working methods of General Technology and the subject of Business–Work–Technology, the following article makes a well-founded comparison between the above-mentioned forms of teaching and learning. On this basis, possibilities for the further development of the subject of Business–Work–Technology as well as research on Maker Education and Makerspaces will be pointed out.

Resümee
Mit der Maker Faire 2014 im White House schaffte die Maker-Bewegung den Sprung in die internationale Öffentlichkeit. In den folgenden Jahren entwickelten sich darauf aufbauende pädagogische Konzepte, wie die Maker Education und ihre Lehr-/Lern-Räume, die Makerspaces. Diese wurden vielerorts gegründet und bieten Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen Möglichkeiten der Erfahrung und Kompetenzentwicklung. Obgleich in der aktuellen Fachliteratur Maker Education und Makerspaces losgelöst von den Aneignungs- und Arbeitsweisen der Allgemeinen Technologie sowie dem Unterrichtsfach Wirtschaft–Arbeit–Technik betrachtet werden, wird im folgenden Beitrag ein fun-

dierter Vergleich zwischen den genannten Formen des Lehrens und Lernens durchgeführt. Auf dieser Grundlage werden weiterhin Möglichkeiten der Weiterentwicklung des Faches Wirtschaft–Arbeit–Technik sowie der Forschung zu Maker Education bzw. den Makerspaces aufgezeigt.

Keywords/Schlüsselwörter
General Technology, Maker Education, Makerspaces, Business–Work–Technology
Allgemeine Technologie, Maker Education, Makerspaces, Wirtschaft–Arbeit–Technik

1 Einführung

Für das 10. Symposium des Arbeitskreises Allgemeine Technologie wurde als Thema eine Bestandsaufnahme festgelegt.[1] Die vorliegende thematische Auseinandersetzung fokussiert dabei das Potenzial der Allgemeinen Technologie für das in der Didaktik auftretende Phänomen der Maker Education. Mit dem *DigitalPakt 2019–2024* soll innerhalb des institutionellen Rahmens Schule die Transformationsphase (vgl. dazu Busch 2017: 14–16) zu digitalen Bildungstechniken erfolgen. Unter dem Primat der Pädagogik, nicht dem Erkenntnisstand der Didaktik, soll das verfügbare technische Potenzial in die Lehr-/Lern-Arbeit implementiert werden (vgl. dazu Schloßnickel 2021: 39–41). Neben dem Aufbau und der Nutzung von technischen Infrastrukturen geht es dabei um den Umgang mit Hard- und Software, die als Lehr-/Lern-Mittel zu verstehen sind (vgl. Oelkers 2010: 16–18; Wulf 2013: 16, 21). Somit erfolgt im Unterricht sowohl ein Lernen mit, aber auch das Lehren über digitale Medien (vgl. GDSU 2021: 6–7; KMK 2016: 10–11.). Losgelöst von bildungspolitischen und unterrichtspraktischen Akteuren benennen und bewerben zudem Unternehmen, deren Tätigkeitsschwerpunkt der Handel mit Betriebs- und Hilfsmitteln ist, den aktivierenden Charakter der digitalen Technik für die Schüler*innen (vgl. Conrad 2022; IGO3D 2022). Die damit einhergehenden Forderungen von Schüler*innen wie auch Vertreter*innen der Arbeitswelt nach einer eindeutig erkennbaren Alltagsrelevanz, dem Wunsch nach mehr Selbstbestimmbarkeit von Lerninhalten, Lernmethoden und da-

[1] Vgl. dazu die „Einführung“ von Gerhard Banse und Norbert Mertzsch in/zu diesem Band.

zugehörigen Sozialformen stellt fortlaufend neue Herausforderungen an die Lehrer*innen und deren sozio-technische Kompetenzen (vgl. Banse/Meier 2013: 421; Burow 2017: 10; Metzger 2021: 7-9; Sellin 1997: 102–103). Auf diesen Bedarf reagieren Unternehmungen, deren Tätigkeitsschwerpunkt der Handel mit Betriebs- und Hilfsmitteln ist. In der Folge wird der für die Schüler*innen aktivierende Charakter von immer neuer Technik beworben und Artefakte wie 3D-Drucker zu einem notwendigen Muss in Schulen stilisiert (vgl. Conrad 2022; IGO3D 2022). Diese Wechselwirkung lässt sich in Form der Gründung von zahlreichen IT-basierten Lehr-/Lern-Werkstätten feststellen (vgl. Lange et al. 2020: 30; Schön/Ebner 2020: 34). Insbesondere den in die Schulen transportierten IT-basierten Fertigungsverfahren wurde bereits das Potenzial für eine nächste industrielle Revolution wie auch zur Demokratisierung und Dezentralisierung der Produktion attestiert (vgl. Sommer/Schlenker 2023: 16-17). Laut den Förderrichtlinien des *DigitalPakts 2019–2024* soll die anzuschaffende Technik eine Chancengerechtigkeit für alle Kinder ermöglichen und nicht ausschließlich aufgrund der Begeisterung für Technik erworben werden.

Somit liegt es in den Händen von Fachdidaktiker*innen sowie dem pädagogischen und verwaltenden Personal der Schulen, das didaktische, pädagogische, aber auch konsumorientiert prognostizierte Potenzial der Maker-Szene in die Konzeption von entwicklungs- und kompetenzfördernden Interventionen zu überführen (vgl. Sommer/Schlenker 2023: 12; Tosch 2015: 22–29). Inwieweit allerdings die benannten Entscheidungsträger selbst über hinreichend technikdidaktische Kompetenzen verfügen, um nicht auf dem Konsumbedürfnis motivierte, sondern fachdidaktisch nachhaltig begründete Entscheidungen für die Anschaffung und den Einsatz treffen zu können, erscheint durchaus fragwürdig. So erfolgt die folgende Darstellung unter der Annahme, dass Günter Ropohls Aufforderung zur Aufklärung und Bekämpfung der soziotechnologischen Unmündigkeit weiter besteht (vgl. Ropohl 1998: 19).

Vor diesem Hintergrund fokussiert die vorliegende Arbeit jene in den Technikwissenschaften inhärente sozio-technische Dimension der Didaktik (vgl. Wolffgramm 2012: 22–25) in Form des Unterrichtsfachs Wirtschaft–Arbeit–Technik und den aus der Maker-Bewegung in den Bildungsbereich diffundierten und der Maker Education zugeschriebenen Arbeits- und Fertigungstechniken unter Berücksichtigung der bisherigen Erkenntnisse der Allgemeinen Technologie. Damit auf dieser

Grundlage vielfältige Schlussfolgerungen u. a. für die weitere Forschung im beschriebenen Desiderat abgeleitet werden können, wird im vorliegenden Beitrag die folgende Forschungsfrage adressiert:

Welche Schnittmengen und Unterschiede bestehen zwischen den Aneignungs- und Arbeitsweisen der Maker Education und dem allgemeinbildende Fach Wirtschaft–Arbeit–Technik?

Ziel der Arbeit ist es, mit Hilfe einer heuristischen Vorgehensweise eine Strukturaussage zur Maker Education zu erstellen, welche wesentliche Strukturelemente identifiziert und Gemeinsamkeit wie auch Unterschiede zu den in der Allgemeinbildung etablierten sozio-technischen Praktiken abbildet. Damit dieses Ziel mit der vorliegenden Arbeit erreicht werden kann, werden im theoretischen Teil der sozio-technische und der räumliche Kontext der Maker Education skizziert. Im Anschluss daran wird in Aspekten der sozio-technische wie auch räumliche Kontext des Unterrichtsfachs Wirtschaft–Arbeit–Technik dargestellt. Im dritten Abschnitt des Beitrags werden die beiden zuvor vorgestellten Bereiche technischer Interaktionen miteinander verglichen. Der vierte Abschnitt enthält die Diskussion der bis dahin gewonnen Erkenntnisse, die im fünften Abschnitt zusammengefasst werden.

2 Theoretischer Hintergrund

Mit dem Ziel, die Beziehungen zwischen der Maker Education und der Didaktik im Fachbereich Wirtschaft–Arbeit–Technik zu beschreiben sowie beide Konstrukte in Abhängigkeit zueinander zu setzen, werden im Folgenden zunächst essenzielle Eigenschaften von Maker Education vorgestellt, bevor die Darlegung grundlegender Aspekte der Didaktik im Fachbereich Wirtschaft–Arbeit–Technik erfolgt.

2.1 Making – Was ist darunter zu verstehen?

Spätestens im Juni 2014, mit der Durchführung einer *Maker Faire* im White House (vgl. Kalil/Miller 2014; Rosenfeld Halverson/Sheridan 2014: 495), schafften Making-Aktivitäten den Sprung in die internationale Öffentlichkeit und rückten endgültig in den Fokus der Erziehungswissenschaften, einzelner Fachdidaktiken und der pädagogischen Psychologie. Die Grundlage der Bewegung bildet dabei das *Maker Mo-*

vement Manifesto, das sich durch seinen adaptiven und kollaborativen Charakter auszeichnet und zur Konzeption und Evaluation von Makerspaces herangezogen werden kann (vgl. Heinzel/Seidl 2022: 11).

Mit Blick auf das *Maker Movement Manifesto* wird deutlich, dass Making-Aktivitäten das freie und interessengeleitete Er- und Bearbeiten von Werkstoffen beinhalten, fördern und dadurch einen gesellschaftlichen Wandel anstreben. Dabei sollen die Personen ihre Fähigkeiten und Fertigkeiten selbstständig einbringen und weiterentwickeln, um selbst gesteckte Ziele zu erreichen (vgl. Schön/Ebner 2020: 35). Zudem sollen entwickelte Produkte, Inhalte, Informationen und Erkenntnisse an andere Personen kommuniziert und so mit ihnen geteilt werden, dass sie diese selbst nutzen können (vgl. Schön/Ebner 2020: 36). Zusammenfassend lässt sich nach Hanna Linke und Leevke Wilkens für die Maker-Bewegung konstatieren, dass diese es anstrebt, möglichst großen Teilen der Gesellschaft Zugang zu Verfahren zu ermöglichen, damit diese eigenständig Artefakte erstellen können (vgl. Linke/Wilkens 2020: 178).

Erstellen	Das Erstellen ist ein wesentlicher Bestandteil des Menschseins. Wir müssen etwas herstellen, schaffen und uns ausdrücken, um uns vollständig zu fühlen.
Teilen	Das Teilen von dem, was man geschaffen hat und was man über das Schaffen weiß, ist die Methode, durch die eine erstellende Person das Gefühl der Ganzheitlichkeit erlangt. Man kann nicht Erstellen ohne zu Teilen.
Schenken	Es gibt nur wenige Dinge, die selbstloser und befriedigender sind, als etwas zu verschenken, das man selbst hergestellt hat.
Lernen	Das Erstellen muss erlernt werden. Dabei muss immer versucht werden, mehr über die eigene Arbeit zu lernen. Der Aufbau eines lebenslangen Lernprozesses sorgt für ein reiches und lohnendes Schaffen und ermöglicht es vor allem, die entwickelten Fähigkeiten und Fertigkeiten mit anderen zu teilen.
Ausstatten	Der Zugang zu den richtigen Werkzeugen, um die favorisierten Tätigkeiten durchzuführen, sind essentiell. Somit ist es wichtig in adäquate Werkzeuge zu investieren und sich zu diesen Zugang zu verschaffen.
Spielen	Man sollte spielerisch mit dem umgehen, was man erstellt hat und wird begeistert, überrascht und stolz auf die eigene Entdeckung sein.
Partizipieren	Personen sollten an der Maker Bewegung partizieren, sich mit anderen auseinandersetzen, die Freude am Basteln und dem Entdecken von individuellen Fähigkeiten und Fertigkeiten haben.
Unterstützen	Making ist eine Bewegung, die emotionale, intellektuelle, finanzielle, politische und institutionelle Unterstützung benötigt. Die beste Hoffnung für die Verbesserung der Welt sind wir und damit auch verantwortlich für eine bessere Zukunft.
Optimieren	Die Veränderungen, welche sich im Rahmen von Making ergeben, sollten angenommen werden. Da das Schaffen ein grundlegender Bestandteil des Menschseins ist, erreicht man infolge von Making eine vollständige Version von sich selbst.

Abbildung 1: Struktur und Inhalt des Maker Movement Manifesto (eigene Darstellung nach Hatch 2013: 1).

Infolge der verstärkten Erkundung von Making-Aktivitäten durch unterschiedliche Desiderate der Wissenschaften sowie der Tatsache, dass Making-Aktivitäten „Projektionsflächen für verschiedene Konzepte, Arbeitsnormen und Zielvorstellungen“ (Heinzel/Seidl 2022: 9) darstellen, wurden unterschiedliche Begriffe für das Phänomen kreiert. So lassen sich thematisch bezogen die Begriffe *making* (vgl. Martin 2015: 31), *design-make-play* (vgl. Honey/Kanter 2013), *maker-centered learning* (vgl. Clapp et al. 2016; Clapp/Jimenez 2016: 481–482), *Maker Education* (vgl. u.a. Makered.org o.J.; Schön/Ebner 2020: 34) und *Maker Pedagogy* (vgl. Bullock/Sator 2015: 76-77) identifizieren, jedoch existiert derzeit

keine einheitliche Bezeichnung sowie Definition zu Making-Aktivitäten (vgl. Heinzel/Seidl 2022: 9; Luga 2019: 31; Martin 2015: 31).

Weiterhin existieren im Rahmen von Maker Education soziale wie auch räumliche Dimensionen als Hilfskonstruktionen, um die inhärenten einhergehenden Merkmale spezifizieren zu können. So werden Personen, die Making-Aktivitäten durchführen, als *Maker* bezeichnet. Hierbei handelt es sich um

> „Menschen, die werken, gestalten, herstellen, basteln, konstruieren, fabrizieren und reparieren - von jung bis alt – im bürgerlichen, öffentlichen und privaten Sektor – als Hobby oder Beruf, um zu lernen und zu forschen – mit digitalen und analogen Werkzeugen – die ihre einzigartige historische Perspektive, gelebte Erfahrung und Vorstellung der Zukunft einbringen". (Maker Faire o.J.; vgl. Dougherty 2012: 11)

Demzufolge sind Making-Aktivitäten abseits einer handwerklich orientierten, räumlich, physisch wie auch zeitlich determinierten Meister-Schüler-Interaktion (Imitations-Prinzip) zu erfassen und vorrangig durch heuristischen Kreativitätstechniken, dem Lernen durch Tun und durch selbstgesteuerte Aneignungsprozesse geprägt (vgl. Linke/Wilkens 2020: 178-179; Schön/Ebner 2020: 36).

Entsprechend dem durch die EU-Kommission beschlossenen *Memorandum über Lebenslange*s *Lernen* (vgl. KOM 2001) lassen sich die im Kontext von Maker Education dargelegten Auseinandersetzungsweisen als informelles Lernen erfassen, die nach Sandra Schön und Martin Ebner oft beiläufig und frei von einer formalen Intention in räumlichen Organisationsformen erfolgen und als Repair Cafés, Hackerspaces, Fab Labs oder auch Makerspaces bezeichnet werden (vgl. Schön/Ebner 2020: 33; vgl. auch Stang 2020: 50; siehe Tabelle 1).

In der Realität können die dargestellten sozio-technischen Raumnutzungs-Konzepte durch Erweiterungen, Förderungen, den städtischen Wandel oder Zusammenführungen ineinander übergehen. Deshalb wird für die weiterführende Auseinandersetzung zur räumlichen Organisation von Making-Aktivitäten der Begriff Makerspace genutzt, da dieser aufgrund seiner allgemein wirksamen Konzipierung für eine Auseinandersetzung zur Allgemeinbildung am tragfähigsten erscheint. Um nachfolgend das Konzept der Maker Education analysieren zu können, soll im nächsten Schritt erläutert werden, was unter dem Konzeptbegriff Makerspace genauer zu verstehen ist (siehe Tabelle 1).

	Repair Café	**Hackerspace**	**FabLab**	**Makerspace**
Beschreibung	Für die Allgemeinheit (oft auch nur temporär) zugängliche Selbsthilfewerkstatt mit individuellem Verpflegungsangebot	Offener Raum für IT-Interessent*innen und Tüftler*innen, deren thematische Ausrichtung variieren kann	FabLab ≙ Fabrikationslabor, verstanden als offene Werkstatt für Interessent*innen	Makerspaces inkludieren die drei Spezialkonzepte (Repair Café, Hackerspace und FabLab) in ein komplexes, allgemein wirksames Konzept
Zweck	Treffpunkt zum Wissensaustausch und zur Reparatur defekter Alltags- und Gebrauchsgegenstände, um der Unbrauchbarkeit von Produkten und dem Black Box-Prinzip moderner Artefakte entgegenzutreten und deren nachhaltigen Nutzen zu ermöglichen	Interessent*innen soll ermöglicht werden, sich IT-basierten Themen anzunähern und diesbezüglich auszutauschen, um die eigenen Kenntnisse interessenbasiert weiterentwickeln zu können	Privatpersonen wie auch Gewerbetreibenden wird zur Produktion von Einzelstücken oder Ersatzteilen Zugang zu modernen Fertigungsverfahren ermöglicht	Makerspaces sollen es Menschen ermöglichen, alle dort angebotenen Making-Aktivitäten einzeln wie auch vernetzt absolvieren zu können
Typische Merkmale	Vorrangig erfolgt handarbeitsorientiert die Reparatur durch selektiven Austausch bzw. Erweiterung; je nach Ausstattung kann auch die individuelle Fertigung von Ersatzteilen möglich sein	Leistungsfähige Internetzugänge, räumliche Einrichtung und Werkzeuge zur Arbeit an wie auch mit Informationstechnologien bilden den Ausgangspunkt von Hackerspaces, die sich durch weitere individuelle Merkmale stark unterscheiden können	Technik-orientierte Ausstattung und Raumstruktur, z. B. durch 3D-Drucker, Laser-Cutter und diversen Formen an CNC-Maschinen	Kann, in unterschiedlicher Ausprägung, alle nicht industriellen und vor Ort realisierbaren Arbeits-, Auseinandersetzungs-, Fertigungs- und Kommunikationstechniken, wie sie sich auch in Repair Cafés, Hackerspaces und FabLabs finden lassen, ermöglichen

Tabelle 1: Übersicht über räumliche Organisationsformen für Making-Aktivitäten (eigene Darstellung, kombiniert nach Humburg 2013; Richter 2009; Schön/Ebner 2020; Spiegel 2013; Spielhofen o.J.; Stang 2020).

2.2 Makerspaces – Warum ist die Dimension Raum in der Bildung wichtig?

Wie oben bereits genannt, findet die umfassendste Form praktischer Anwendungen von Maker-Aktivitäten in sogenannten Makerspaces statt (vgl. Rosenfeld Halverson/Sheridan 2014: 502-503; Schön/Ebner 2020: 36; Sheridan et al. 2014: 505). Aus sehr diversen Motiven begründet, wurden in den vergangenen Jahren vielerorts Makerspaces gegründet, wobei sich die Gründungsmotive in ihrer unterschiedlichen Schwerpunktsetzung und Organisationsform widerspiegeln (vgl. Lange et al. 2020: 30; Schön/Ebner 2020: 34). So lassen sich für Makerspaces folgende Organisationsformen identifizieren: Self-Governance, Co-Governance und hierarchische Governance-Strukturen (vgl. Lange et

al. 2020: 30). Demzufolge existieren sowohl „Makerspaces, die eher von unten selbst organisiert werden“ (Lange et al. 2020: 30) (Self-Governance), „Makerspaces und offene Labs in formellen Institutionen (Universität und Bibliothek)“ (Lange et al. 2020: 30) (Co-Governance) und Makerspaces, die durch verschiedene „privatwirtschaftliche Akteure“ (Lange et al. 2020: 30) betrieben und den hierarchischen Governance-Strukturen zugeordnet werden. Gemein ist allen, dass die dort aktiv werdenden Menschen mit unterschiedlichen Erfahrungen, Kompetenzen und aus unterschiedlichen Kontexten in einem Makerspace aufeinandertreffen und dort mögliche Arbeits- und Verfahrensweisen mit verfügbarer Technik anwenden (vgl. Schön/Ebner 2020: 35). Inwieweit zum jeweiligen Zeitpunkt kompetente Menschen vor Ort sind, die anderen Personen helfen können, wenn unzureichende Kompetenzen für die eigene Projektrealisierung vorhanden sind, ist innerhalb von Makerspaces oft ungewiss und erfordert neben einer Realisierungsmeist auch eine Kommunikationsstrategie (vgl. Schön/Ebner 2020: 35; Stang 2020: 48). Somit werden Makerspaces nicht primär als Orte des Lernens, sondern als Orte der Partizipation bezeichnet, für die ein spezifischer Kompetenzaufbau erfolgen sollte (vgl. Schön/Ebner 2020: 35).

Da Makerspaces, initiiert durch die Fördergelder des *DigitalPakts 2019–2024,* in den vergangenen Jahren als Vorbild für Transformationsprojekte in Schulen dienen können, lassen sich Makerspaces bezüglich ihres inhärenten Lehr-/Lern-Potenzials mit Hilfe didaktisch geprägter Leitfragen analysieren (vgl. Luga 2020: 149; Schön/Ebner 2020: 33–34; Stang 2020: 52). Demnach erfolgt eine Untergliederung von Makerspaces in die Kategorien *Makerspaces als Arbeitsraum mit informellen Lerngelegenheiten*, *Makerspace als Lernraum für Make Education* und *Makerspace als Lernraum für die formale Weiterbildung* (vgl. Schön/Ebner 2020: 34; siehe Tabelle 2).

	Arbeitsraum	**Lernraum**	**Weiterbildungsraum**
Didaktisches **Paradigma**	Vorrangig informelles, selbstorganisiertes Lernen	Kompetenzaufbau im Kontext der Prinzipien der Maker Education	Formales Lernen mit nachweise des Weiterbildungsprozesses
Für welchen **Verwendungszweck** ist der Makerspace grundlegend ausgestattet?	Bedarfsorientierte Nutzung wird durch die Bereitstellung von Raum, Energie und Technik ermöglicht	Durchführung von Angeboten zum Interesse-geleiteten Kompetenzaufbau	Systematischer, zielorientierter Kompetenzaufbau
Für welche **Zielgruppe** ist der Makerspace konzipiert?	Selbstorganisiert Praktizierende	Moderierend angeleitet Lernende	Lernende, die ihre Kompetenzen nachweisen müssen / wollen
Wer setzt die **Lernziele**?	Lernziele werden eigenständig gesetzt	Lernziele werden interessenbasiert aus einem MINT-Aufgabenportfolio gewählt	Lernziele werden vorgegeben und können individuell erweitert werden
Welche **Kompetenzen** können angeeignet werden?	Es werden jene für die Zielrealisierung notwendigen Kompetenzen angeeignet	Es werden selektiv individuelle MINT-, Sozial- wie auch Medienkompetenzen angeeignet	Es werden spezifische, diesbezüglich jedoch umfassende, MINT-, Sozial- wie auch Medienkompetenzen-Aneignungsangebote offeriert
Welche typischen **Methoden** werden während der Lernprozesse genutzt?	Informelle Peer-to-Peer Lehr-Lern-Interaktionen, selbstorganisiertes Lernen	Methoden werden projektbasiert an der Aufgabenstellung zielorientiert ausgewählt; diverse erfolgversprechende Kreativitätsmethoden, werden genutzt	Strukturierte Unterweisung, Einarbeitung und Erfolgskontrolle
Welche zentralen **Lerngegenstände** können identifiziert werden?	Spezifische technische Anwendungs- und Designverfahren, Material-, Geräte- und Werkzeugbeherrschung	Problemlösungsorientierte Konzipierung, Gestaltung und Realisierung von Prototypen und Individuallösungen unter Nutzung analoger wie auch digitaler Arbeits- und Betriebsmittel	Definierte Anwendungskompetenzen bezüglich spezifischer Informationstechnologien und Artefakten
Welche **Lehr-Lernmedien** werden genutzt?	Zugängliche Informationsträger, beispielsweise mit Hilfe von Bibliotheken oder dem Internet; Peers	Didaktisch vorbereitete Informationsträger, Arbeitsmaterialien und Verfahrensweisen; zugängliche Informationsträger; Betreuer*innen	Didaktisch vorbereitete Informationsträger, Arbeitsmaterialien und Verfahrensweisen; Instrukteur*innen

Tabelle 2: Didaktische Differenzierung von Makerspaces (eigene Darstellung nach Schön/Ebner 2020).

Entsprechend der dargestellten didaktischen Differenzierung ist die Implementierung des Konzepts Makerspace in den institutionellen

Rahmen Schule u. a. mit der Entscheidung nach dem zum Schulkonzept passenden didaktischen Paradigma verbunden. Richard Stang betont, dass schulische Makerspaces als physische Konstrukte für gezielte Lern-Arrangements, wie sie in der Allgemeinbildung stattfinden, für ihre Gestaltung Prämissen unterliegen, die bei der initialen Raumgestaltung zu berücksichtigen sind (vgl. Stang 2020: 51). So gehe es um die Gestaltung von multioptionalen Aneignungs-, Erfahrungs- und Ermöglichungs-Räumen. Diese werden unter der Berücksichtigung eines konkreten *Lehr-/Lern-Verständnisses*, der davon ausgehenden *Betreuung* während der Lehr-/Lern-Interaktionen, die dabei genutzte Technikausstattung, der damit verbundenen *Zugänglichkeit* für die Lehrer*innen und Schüler*innen und die o*rganisatorische Anbindung* konkretisiert. Es wird das Ziel verfolgt, dass nur das angeschafft wird, was auch nachhaltig genutzt, gewartet, gepflegt und damit erhalten werden kann (vgl. Stang 2020: 53–54).

Der Raumaspekt erfährt danach, bezüglich der zugrunde liegenden Frage, eine besondere Relevanz für technikbasierte Lehr-/Lern-Interaktionen und soll deshalb im Abschnitt Lehr-/Lern-Werkstatt vertiefend weitergeführt werden. Vorab gilt es allerdings die Analogie zum Begriff Maker zu Ende zu führen und das bereits in der Forschungsfrage benannte Phänomen der *Maker Education* umfänglich darzustellen.

2.3 Maker Education

Mit der zunehmenden Anzahl an Makerspaces, deren Förderung sowie dem daran anschließenden steigenden Interesse für die dort stattfindende Auseinandersetzung mit Technik nahm die Anzahl an Forschungsarbeiten in diesem Gebiet kontinuierlich zu (vgl. Clapp/Jimenez 2016: 481–482; Rosenfeld Halverson/Sheridan 2014: 495). Dies führte dazu, dass die Making-Aktivitäten auch aus Sicht der Wissenschaften kein unbekanntes Phänomen mehr sind und nun mit bestehenden Fachdidaktiken in Bezug gesetzt werden können.

Auf der Grundlage, dass Maker-Aktivitäten ihre Bezugsdisziplinen in den *STEM* (science, technology, engineering, mathematics, im Folgenden wie in Deutschland verbreitet als *MINT* {Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik})-Fächern haben, wurde weiterhin festgestellt, dass bestimmte Methoden und Vorgehensweisen der Bezugsdisziplinen, wie u. a. *Design Thinking*, der *Problemlöseprozess*, An-

sätze der *Entrepreneurship Education* und der *Open-Source-Bewegung*, im Rahmen von Makerspaces durchgeführt werden (vgl. Luga 2019: 32; Schön/Ebner 2020: 34-35; Schön et al. 2016: 8–9). Weiterhin zeigte sich, dass die Durchführung von Making-Aktivitäten positive Auswirkungen auf die Performanz in und das Interesse der Personen an den genannten Bezugsdisziplinen hat (vgl. Honey/Kanter 2013; Wisdom/Novak 2019: 6; als Überblick Schad/Jones 2020: 69–70). Weiterhin entstehen aufgrund von Maker-Aktivitäten zukunftsweisende Optionen hinsichtlich des schulischen Lehrens und Lernens:

> "Learning in making education is, emphatically, not interchangeable with schooling. Learning through making reaches across the divide between formal and informal learning, pushing us to think more expansively about where and how learning happens. In this way we can talk about the who, what, and how of learning without getting hung up on the rules and constraints that govern different settings." (Rosenfeld Halverson/Sheridan 2014: 498)

Demzufolge gestalten sich Maker-Aktivitäten als attraktive Mechanismen zur Entwicklung von individuell deklarativen und prozeduralen Kompetenzen innerhalb der MINT-Fächer sowie als Ausgangspunkt für die Lehr-/Lern-Interaktionen zum Aufbau der *21st Century Skills* (vgl. Fugmann 2017: 152–156; Luga 2020: 150–152; siehe Abbildung 2).

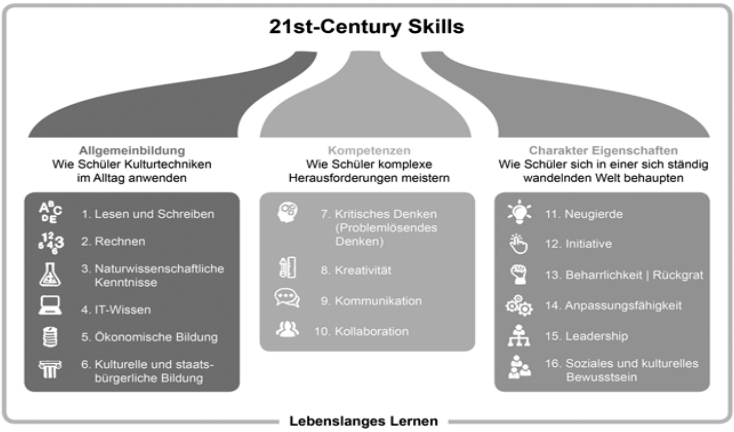


Abbildung 2: Kompetenzen für das 21. Jahrhundert (Quelle: Luga 2020: 150).

Mit Blick auf die reichhaltigen Kenntnisse aus Praxis und Forschung, die in den genannten Fachdidaktiken aufgebaut werden, stellt sich die Frage, welche Aspekte aus dem Bereich der Maker-Aktivitäten übernommen werden können, um diese zu bereichern. Damit dies gelingt, soll im Folgenden zunächst der Begriff Makerspace in den Fokus der Betrachtung gestellt werden, denn u. a. nach Jürgen Luga ermöglicht oder verhindert der genannte Lehr-/Lern-Raum, in der Verknüpfung mit Didaktik, Personal und Technik, den angestrebten Kompetenzaufbau (vgl. Luga 2020: 150–151). Im Gegensatz zu den beiden anderen Ausprägungen werden im Makerspace als Lehr-/Lern-Raum in der Regel, die „persönlichen und sozialen Kompetenzen von Kindern[,] Jugendlichen [und jungen Erwachsenen] und deren Interessen" gefördert (Schön/Ebner 2020: 34). Zu diesem Zweck werden u. a. Lehr-/Lern-Ziele formuliert sowie projektorientierte Aufgabenstellungen mit Methoden der einzelnen MINT-Bezugsdisziplinen, wie beispielsweise mit der Methode *Design Thinking*, bearbeitet, um Lösungsstrategien für selbst gewählte, spezifische Probleme zu entwickeln sowie deren Umsetzung, beispielsweise durch die Fertigung von Prototypen, prüfen zu können (vgl. Luga 2020: 148–149). Dabei sind die folgenden Prinzipien besonders relevant, welche grundlegende Gemeinsamkeiten mit dem *Maker Movement Manifesto* aufweisen:

„• Beim Making sind die *Kinder selbst die Akteure*, also die Ideenentwickler/innen, Erfinder/innen, Gestalter/innen und Produzentinnen und Produzenten.
- Ergebnis von Making-Aktivitäten mit Kindern ist ein *konkretes Produkt* – also ein gegenständliches oder digitales Ergebnis.
- Making-Aktivitäten mit Kindern unterstützen die *Kreativitätsentwicklung* und bieten Raum für eigene Ideen, Varianten und Ergebnisse.
- Making-Aktivitäten mit Kindern leiten zum *selbstorganisierten Lernen* an. Es wird stets gezeigt, wo und auf welche Weise mit vorhandenen Materialien notwendiges Wissen oder Fähigkeiten angeeignet werden können.
- Making-Aktivitäten mit Kindern unterstützen den interdisziplinären Wissensaufbau und Wissensaustausch. Sie finden in einer kooperativen Atmosphäre statt und legen Wert auf Austausch von Erfahrungen, Ideen und Wissen sowie das gemeinsame Arbeiten.
- Schließlich stellen Making-Aktivitäten im besten Falle eine Möglichkeit dar, die Welt aktiv zu gestalten und zu verbessern. Daher sind Prinzipien der Nachhaltigkeit, des Umweltschutzes oder partizipative Vorge-

> hensweisen inhärent: Upcycling, Müllvermeidung, soziales Engagement sind so beispielsweise zentral". (Schön et al. 2016: 9)

Vor dem Hintergrund, dass zum Gelingen von Making-Aktivitäten besonders die Arbeitsorganisations-, Denk- und Techniknutzungsweisen von Personen bedeutsam erscheinen (vgl. Martin 2015: 6; Seidl/Stang 2020: 215), wird im folgenden Beitrag der Begriff *Maker Education* verwendet, da dieser den Einstellungen, Interessen und kognitiven Handlungen der handelnden Personen eine gewichtige Rolle zuweist:

> "Maker Education offers a transformational approach to teaching and learning that attends to the real and relevant needs of learners and humans. It is an approach that positions agency and student interest in the center, asking students to become more aware of the design of the world sound them, and begin to see themselves as people who can tinker, hack and improve that design". (Makered.org o.J.)

Personen haben somit im Rahmen von Maker Education die Möglichkeit, auf der Grundlage von persönlichen Interessen eigenen Ideen nachzugehen und in diesem Zusammenhang Projekte zu bearbeiten bzw. Produkte zu entwickeln und herzustellen, wobei analoge und digitale Werkzeuge genutzt werden können (vgl. Schön/Ebner 2020: 39). Zudem zeichnet sich Maker Education auch durch seine Interdisziplinarität aus,

> „das heißt, die kreative Arbeit an konkreten Problemen und Projekten macht es häufig notwendig, Wissen aus unterschiedlichen Disziplinen zu kombinieren". (Schön/Ebner 2020: 39)

Weitere Eigenschaften von Maker Education im deutschsprachigen Raum sind:

„
- kreative und neuartige Lösungen – Scheitern möglich
- Nachhaltigkeit und soziale Teilhabe als Werte
- Erwachsene als Ko-Designer/innen und Tutor/inn/en". (Stilz et al. 2020: 148; vgl. Martin 2015: 6–7; Schön et al. 2016: 9–10).

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass *Maker Education* und *Makerspaces* ihre Ursprünge in außerschulischen Räumen haben und dort, überwiegend, von (jungen) Erwachsenen praktiziert wurden bzw. werden (vgl. Martin 2015: 30). Sandra Schön und Martin Ebner verweisen darauf, dass innerhalb der *Maker Education* das didaktische Verständnis

von *Makerspaces* als Werkstätten, in denen handlungsorientiert gelernt wird, existiere (vgl. Schön/Ebner 2020: 38). Somit stellen *Makerspaces* die Erfahrungs- und Handlungsräume dar, in denen *Maker Education* praktiziert wird. Ein Unterrichtsfach, das die Überwindung des Dualismus von Denken und Handeln durch einen inhalts- und handlungsbezogenen Kompetenzaufbau als lebensweltbezogene didaktische Basis für Lehr-/Lern-Interaktionen festgelegt hat, ist Wirtschaft–Arbeit–Technik (vgl. Meier/Zöllner 2015: 57–61; Schulz 2017: 40–42). Mit dem Ziel, mögliche Schnittmengen und Unterschiede zur Maker Education zu identifizieren und damit eine Einbettung des didaktischen Phänomens in den allgemein didaktischen, pädagogischen und fachdidaktischen Diskurs vorzunehmen, wird im folgenden Abschnitt das Unterrichtsfach Wirtschaft–Arbeit–Technik (nachfolgend mit W–A–T abgekürzt) und dessen „zentrales Funktionselement [der] Werkstattunterricht" (Marks 2018: 14) skizziert.

2.4 Wirtschaft–Arbeit–Technik – Ankerfach (nicht nur) für (informations-)technische Bildung

Wie jedes allgemeinbildende Unterrichtsfach im aktuellen deutschen Bildungsföderalismus wird die Existenz des W–A–T-Unterrichts in der Stundentafel damit begründet, dass in den damit einhergehenden Lehr-/Lern-Interaktionen relevante Allgemeinbildungs-, Charakterausprägungs- und Kompetenzaufbau-Prozesse initialisiert werden (vgl. Luga 2020: 150; Meier/Zöllner 2015: 57–61; Schulz 2017: 40-41). Mit dem Ziel der Entwicklung und Förderung von ökonomischen und soziotechnischen Kompetenzen wie auch der Berufs- und Studienorientierung werden unterschiedliche Konzepte und Modelle im diesbezüglichen Unterricht integriert (vgl. Meier/Zöllner 2015: 58–61). Dabei fokussiert

> „die philosophische Perspektive zur Soziotechnik […] auf die generelle Thematik der Mensch-Maschine-Relation. Wie beeinflussen und interagieren Menschen und ihre Artefakte miteinander? Welche Wechselwirkungen entstehen daraus?" (Pfennig 2016: 88)

Demzufolge nimmt innerhalb der sozio-technischen Dimensionen das Verhältnis zwischen Mensch und Maschine einen zentralen Stellenwert ein. Zudem stellt die sozio-technische Dimension ein Gegenstück zu rein technokratischen Verfahren dar, da im Rahmen von sozio-

technischen Lösungen Innovationen bzw. Anpassungen von bestehenden technischen Systemen auf der Grundlage von individueller Kreativität der Bearbeitenden vorgenommen werden (vgl. Schmidt 1980: 834). U. a. auf dieser Grundlage ist der W–A–T-Unterricht durch die Orientierung an Industrie und Produktion, den Griff-, Stell- und Bewegungshandlungen der Handarbeitsorientierung, die Orientierung an technisch-konstruktiven Tätigkeiten (Design), Technik als angewandte Naturwissenschaft, der Auseinandersetzung mit Zukunftstechnologien sowie den Erkenntnissen der Allgemeinen Technologie, der Orientierung an Schlüsselkompetenzen, der Orientierung an technischen Problem- und Handlungsfeldern sowie der Orientierung am Zusammenhang von Naturwissenschaft, Technik und Gesellschaft geprägt (vgl. Meier 2013: 65-75).

Die aktuelle Ausrichtung und Konzeption von W–A–T soll an dieser Stelle nicht weiter vertieft werden. Eine umfassende Auseinandersetzung liegt – herausgegeben durch Bernd Meier und Gerhard Banse – aus 2015 bereits vor, deren Aktualität, durch den Bestand des u. a. thematisierten und mittlerweile vor gut einer Dekade konzipierten Rahmenlehrplans für W–A–T, weiter besteht (vgl. Meier/Banse 2015). Vielmehr gilt es etwas Grundsätzliches zum Unterrichtsfach W–A–T zu rekapitulieren: Der Diskurs zur Allgemeinbildung und der damit verbundenen Zweckfreiheit von Bildung schadete der Reputation wie auch Weiterentwicklung von W–A–T, das, wie oben dargestellt, bezogen auf unterschiedliche Bezugswissenschaften durch ein zirkulär anwendungsorientiertes und berufsvorbereitendes Bildungsverständnis geprägt ist (vgl. Dienel 2017: 28-29; Mette 2015). In der Konsequenz wurden die Bedeutung des Fachs und die damit technisch veranlagte Bildung als Wirtschaftsdienstleistung wiederholt als minderrelevant dargestellt (vgl. Dienel 2015). So verwundert es auch nicht, dass die Bedeutung als Ankerfach für die Ausbildung einer „sozio-technischen Mündigkeit“ wie auch die curriculare Anschlussfähigkeit zum vorgelagerten Sachunterricht als defizitär beschrieben wird (vgl. Egbert/Giest 2015: 152–157). Seitdem allerdings der Kompetenzbegriff im Zentrum der schulischen Bildungsintentionen steht (vgl. Hüttner 2015: 84–87) und die Schulen in die digitale Transformationsphase überführt wurden, werden Bildungsziele kommuniziert, wie sie im W–A–T-Bereich zum Selbstverständnis gehören (vgl. Dienel 2015, 2017: 28-29).

Wie bereits dargestellt, ist das Schulfach W–A–T von einer Vielfalt an zirkulär verwobenen sozio-technischen, ökonomischen, berufs- und lebensweltorientierten Lehr-/Lern-Interaktionen geprägt. Aus vorrangig technischer Sicht lassen sich in dem Unterrichtsfach von den durch *Sloyd* geprägten angeleiteten Handarbeitstätigkeiten bis hin zu individuellen, problemlösungsorientierten, selbstorganisierten und IT-basierten Werkstoffbearbeitungen identifizieren (vgl. Marks 2019: 14–15; Mette 2015: 167–173). Wie in anderen MINT-Fächern, finden diese Interaktionen überwiegend in sogenannten Lehr-/Lern-Werkstätten statt, auf die im Folgenden eingegangen wird.

2.5 Lehr-/Lern-Werkstätten – Ausgangspunkt handlungsorientierter Bildungsarbeit

Technisches Erschließungshandeln lässt sich kennzeichnen durch die, bezüglich des Lerngegenstands, spezifische Verknüpfung von angewandten, theoretischen mit praktischen Auseinandersetzungen. Es schließt zudem neben der Herstellung die Analyse wie auch die Bewertung der damit verbundenen Aufwendungen und Vorarbeiten, des resultierenden Gebrauchswerts sowie die Ausprägung des Nachhaltigkeitspotenzials mit ein (vgl. Käser/Stuber 2019: 23; Möller 2019: 72–75). Jene auf unterschiedliche Ausgangsmaterialien bezogenen Auseinandersetzungen finden überwiegend zur Einhaltung von Arbeits-, Hygiene- und Sicherheitsvorschriften im Kontext von thematischen Arbeitsumgebungen, den sogenannten Lehr-/Lern-Werkstätten, statt (vgl. Engel/Klepacki 2019: 81). Diese spezifisch ausgestatteten und gestalteten Lern- und Arbeitsräume sollen, im Kontext des Anwendungscharakters der Allgemeinen Technologie (vgl. Spur 2008: 140–143) strukturiert, von der angeleiteten bis zur selbstgesteuerten Lehr-/Lern-Interaktion, didaktische Arrangements innerhalb einer „situativ-räumlichen Verschränkung von Ding-, Sach- und Subjektivationsorientierung“ ermöglichen (Engel/Klepacki 2019: 83). So sind im W–A–T-Unterricht u. a. Lehr-/Lern-Werkstätten für die Nahrungszubereitung (Lehr-/Lern-Küchen), für die Holz-, Kunststoff-, Metall- und Textilbearbeitung etabliert. Diese Werkstätten wurden durch Technik zur IT-basierten Fertigung vielerorts bereits erweitert oder sollen mit Hilfe der Mittel des Digitalpaktes ausgebaut werden.

Thoralf Marks betont diesbezüglich, dass die digitale Transformation von Lern-Werkstätten, insbesondere aus ökonomischer Sicht nicht

auf Kosten eines Entfallens handarbeitsorientierter Tätigkeiten erfolgen darf, da es dem Fachkräftemangel im Handwerk und den daran angeschlossenen technischen Berufen durch den Aufbau psychomotorischer wie auch kognitiver Fertigkeiten entgegenzutreten und nicht noch zusätzlich, durch die Reduktion von Lehr-/Lern-Werkstätten, zu verschärfen gilt (vgl. Marks 2019: 14-15). Auch Hans-Liudger Dienel sowie Benjamin Bisewski betonen, dass es die schulorientierten IT-basierten Ausführungen moderner industrielle Fertigungsverfahren in das etablierte didaktische Konzept des W–A–T-Unterrichts zu integrieren und zu erweitern gilt, um jene für die Arbeits- und Berufswelt notwendigen Dispositionen der Schüler*innen zur Ausbildungs- und Studienreife entwickeln zu können (vgl. Bisewski 2018: 8–10; Dienel 2017: 28–29).

Anders als in der Maker Education, in der, in der Regel, ein auf das Projekt bezogenes präferiertes Ausgangsmaterial genutzt wird, ist die wissenschaftlich begründete strukturierte Materialarbeit in der Schule von den leicht hinführend zu den aufwendiger zu bearbeitenden Materialien bereits seit der Zeit Johann Beckmanns wiederzufinden (vgl. Sellin 1997: 93–97). Eben in Beckmanns Publikationen zur Allgemeinen Technologie identifiziert Hartmut Sellin Bezüge zu den damals innovativen didaktisch-methodischen Konzepten. So wird insbesondere ein Bezug zu Bernhard Heinrich Blasche, August Hermann Francke, Johann G. Gross und Johann Heinrich Gottlieb Heusinger deutlich, die die Transformation vom Imitations-Prinzip hin zu angeleiteten, anschaulichen, sozio-technisch wie auch naturwissenschaftlich intendierten Allgemeinbildungsprozessen initiierten, die auf der Erfahrung mit Realien basieren (vgl. Sellin 1997: 94–99).

Es wurde bereits dargestellt, dass sich diese didaktische Progression bis heute im W–A–T-Unterricht wie auch im vorgelagerten Sachunterricht als Grundverständnis für Lehr-/Lern-Interaktionen nachweisen lässt (vgl. Egbert/Giest 2015: 147–154). Die erzielten Erkenntnisgewinne der Allgemeinen Technologie ermöglichen es, bei der Unterrichtsplanung in diesen Fächern, u. a. für die Bearbeitung von Werkstoffen und der damit einhergehenden Komplexität an strukturierten sozio-technischen Entscheidungen, fundierte Handlungsentscheidungen treffen wie auch kommunizieren zu können. Mit der wissenschaftlichen Fundierung durch die Allgemeine Technologie lässt sich W–A–T von der freizeitgestaltungsorientierten Maker Education als Erkenntnis-

geleitetes Unterrichtsfach differenzieren. Dies gilt insbesondere für die didaktische Dimension, da der W–A–T-Unterricht die Bedürfnisse nach Anleitung von jungen Schüler*innen aufgreift und diese über einen strukturierten Prozess zu selbstorganisierten Arbeits- und Handlungsweisen befähigen soll. Das ist vornehmlich deshalb relevant, da selbstorganisiertes Lernen nicht vorausgesetzt werden kann und eben nicht selbstverständlich ist, sondern strukturiert und motivierend aufgebaut werden muss. Wie wichtig dies ist, konnte durch die Untersuchungen zu den Herausforderungen und Vorteilen des Corona-Pandemie-bedingten Fernunterricht hinreichend nachgewiesen werden (vgl. Steiner et al. 2021: 97–100). Diese transferierbaren Fertigkeiten aus der technikdidaktischen Auseinandersetzung lassen sich nur stark begrenzt in den angestrebten Kompetenzen für das 21. Jh. wiederfinden (siehe Abbildung 2). Eine, wie dort benannt, ausschließliche Fokussierung auf IT-Wissen und naturwissenschaftliche Kenntnisse erscheint unzureichend, um der zunehmenden Hilflosigkeit bei der mündigen Bewältigung alltäglicher sozio-technischer Herausforderungen (sei es bei kleinen Reparaturen, der Analyse und Bewertung von technikbasierten Dienstleistungen oder der Kommunikation von Entscheidungs- wie auch Risikodarstellungen) entgegenwirken zu können (vgl. Marks 2019: 19).

Damit die Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Maker Education und dem W–A–T-Unterricht sich deutlicher erfassen lassen, erfolgt im anschließenden Abschnitt deren Darstellung anhand von selbstgewählten Kriterien. Die Wahl der Kriterien begründet sich dadurch, dass der damit angestrebte Vergleich bezüglich der didaktischen Dimension der Allgemeinen Technologie einen weiteren, differenzierten Erkenntnisgewinn bei möglicher Vermeidung von Redundanz verspricht.

3 Vergleich

Mit Blick auf die Bearbeitung der Forschungsfrage (Welche Schnittmengen und Unterschiede bestehen zwischen den Aneignungs- und Arbeitsweisen der Maker Education und dem allgemeinbildende Fach Wirtschaft–Arbeit–Technik?) wurden in den vorherigen Abschnitten sowohl Grundlagen zu Maker-Bewegung, den daraus resultierenden Makerspaces, der darauf basierenden Maker Education als auch des Unterrichtsfaches W–A–T und den dazu gehörenden Lehr-/Lern-Werkstätten dargestellt. Im Abschnitt „Vergleich“ erfolgt nun die Iden-

tifikation der Unterschiede und Gemeinsamkeiten von Maker Education und dem Unterrichtsfach W–A–T bezüglich deren Didaktik-Verständnis und Zielstellung (3.1), den darin genutzten soziotechnischen Strukturen (3.2) wie auch dem davon ausgehenden Innovationspotenzial und deren Wahrnehmung (3.3).

3.1 Didaktik-Verständnis und Zielstellung

Ein besonderes Merkmal der Maker Education ist der, bezüglich der Begriffsverwendung, feststellbare Pluralismus an kommunizierten Arbeitsanlässen, methodischem Vorgehen wie auch der Formulierung von den damit einhergehenden Zielvorstellungen. Als kleinster gemeinsamer Nenner lässt sich bezüglich der Zielvorstellung feststellen, dass, unter der Prämisse einer positiven Fehlerkultur, projektbezogene Interaktionen angeboten werden, die durch weitreichend selbstgesteuerte Handlungsweisen charakterisiert sind. In der Regel finden die als Maker Education benannten Angebote in der Freizeit der Lernenden statt. Die dabei erfolgenden Handlungsweisen unterliegen überwiegend dem heuristischen Prinzip von Versuch und Irrtum. Im Ergebnis wird ein spezifischer und situativ begründeter Wissensaufbau angestrebt, um das angestrebte Projekt absolvieren zu können.

Der W–A–T-Unterricht ist hingegen geprägt von strukturierten Lehr-/Lern-Folgen mit möglichst aufeinander aufbauenden Lernfeldern und dazugehörigen Lerngegenständen. Diese erfolgen nicht nach einem einheitlichen Schema, jedoch unter der pädagogisch-didaktischen Organisation wissenschaftlich definierter Prämissen, die einen Kompetenzaufbau förderlichen Lehr-/Lern-Prozess ermöglichen sollen. Innerhalb der meist handlungsorientierten Auseinandersetzungen wird ein allgemeiner (u. a. Methodentraining, Sozialverhalten, Medienbildung, Verbraucherbildung oder Bildung für nachhaltige Entwicklung) wie auch spezifisch fachdidaktischer (u. a. Griff-, Stell- und Bewegungsabläufe, Technik bezogene Anwendungs-, Planungs-, Organisations- und Folgeeinschätzungsfertigkeiten) Kompetenzaufbau angestrebt. Die Zielstellung lässt sich deshalb als eine gestuft strukturierte und technikdidaktisch begründete Allgemeinbildung bezeichnen, die die Lernenden vom angeleiteten imitierenden Lernen zum selbstorganisierten wie auch problemlösungsorientierten Arbeiten befähigt. Die in der Maker Education verfolgten Ziele lassen sich deshalb innerhalb des W–A–T-

Unterrichts wiederfinden und können als Teil eines gut organisierten und durchgeführten W–A–T-Unterrichts verstanden werden.

3.2 Sozio-technische Strukturen

Maker Education stellt einen losen und räumlich-situativ variablen Verbund an projektbezogenen Handarbeits- und Fertigungstechniken dar, die horizontal zueinander organisiert sind. Personen führen in Abhängigkeit der Ausrichtung des selbst gewählten Projekts unterschiedliche Techniken durch und / oder erlernen diese. Diese Auseinandersetzungen finden meistens in Makerspaces, dafür geschaffene Raumorganisationen, mit zum Teil stark differenter technischer Ausstattung beziehungsweise Schwerpunktsetzung, statt. Diese Ausstattung soll das selbstorganisierte Ausprobieren, Handeln und Scheitern unter der Einhaltung lokal wirksamer Verhaltensregeln ermöglichen. Nur in Einzelfällen werden angeleitete Interaktionen angeboten, und wenn, dann für eher kleine Personengruppen. Derartig organisierte Maker Education kann im institutionellen Rahmen (z. B. Bibliotheken) oder eigenfinanzierten Formaten (z.B. in Vereinen) stattfinden. Als Quintessenz lässt sich deshalb feststellen, dass dem Ausprobieren sozio-technischer Interaktionen ein zentraler Aspekt im Rahmen von Maker Education zukommt. Diese können von der Auseinandersetzung mit traditionellen Arbeitstechniken, wie dem Drechseln oder Schneidern, bis hin zur KI-basierten Steuerung von IT-Technologien ausgeprägt sein.

Im Gegensatz zur Maker Education erfolgt der W–A–T-Unterricht, begründet durch die Schulpflicht und der definierten Integration in die jeweilige Stundentafel, im institutionellen Arbeitsraum Schule. Die Arbeitsorganisation des Fachs W–A–T unterliegt dem jeweils für das Bundesland beschlossenen Rahmenlehrplan. Der Rahmenlehrplan stellt einen strukturierten Kanon an Lernfeldern dar, der theoretisch fundiert als Basis für schulbezogene Curricula dient. Die Lerngegenstände des jeweiligen Unterrichts können so räumlich-situativ variabel an die Bedürfnisse und Möglichkeiten des Schulstandorts angepasst werden. Die Umsetzung eines Curriculums erfolgt, je nach schulischer Ausstattung, gezielt in didaktisch strukturierten Lehr-/Lern-Einheiten und möglichst in Fachräumen, sogenannten Lern-Werkstätten, die Lehr-/Lern-Prozesse in Kurs- oder Klassenstärke ermöglichen sollen. Demzufolge ermöglicht der W–A–T-Unterricht, neben dem ökonomischen wie auch dem berufsbildenden Kompetenzaufbau, innerhalb dessen sozio-

technischer Dimension traditionelle wie auch zukunftsorientierte Handarbeits- und Fertigungstechniken. Obwohl damit ein nahezu gleiches Handlungspotenzial an sozio-technischen Interaktionen wie in der Maker Education vorliegt, lässt sich der W–A–T-Unterricht durch seine fachdidaktische Strukturierung, die bezüglich des Schwierigkeitsgrads und des Kompetenzaufbaus progressiv organisiert ist, von der Maker Education differenzieren. Diese fachdidaktische Strukturierung wird, nach Möglichkeit, von fachdidaktisch wie auch bezüglich der Arbeitssicherheit ausgebildetem Fachpersonal in Schulen so umgesetzt, dass ein in den Alltag und später in die Berufswelt transferierbarer Kompetenzaufbau erfolgt.

3.3 Innovationspotenzial und Wahrnehmung

Wie oben bereits dargestellt, lässt sich in nahezu allen Bereichen der Maker-Bewegung feststellen, dass diese trotz der Implementierung traditioneller Arbeitsweisen als Innovationstreiber, mindestens aber als Innovationsverstärker zu erfassen ist. So ist etwa die Weiterentwicklung der 3D-Drucktechnik eng verbunden mit der Maker-Bewegung, den daraus gegründeten Start-ups und der Entwicklung von Geräten, die u. a. in der Industrie oder in Schulen eingesetzt werden können. Die oben dargestellte Wahrnehmung der Maker-Szene und die damit verknüpften Erwartungen basieren auf der erhofften und in Teilen bestätigten Innovationskraft. Damit einher gehen Hoffnungen, Teil einer innovativen Idee werden und damit Gewinne generieren zu können, die die Maker-Bewegung für Investoren interessant macht. Diese wirken als Katalysatoren, um aus Ideen und Konzepten vermarktungsfähige Innovationen für eine breite Öffentlichkeit zu schaffen. Maker Education setzt sich demnach auch mit Technik auseinander, die in der öffentlichen Wahrnehmung eher besonders technikaffinen Menschen zugeschrieben wird.

Betrachtet man den allgemeinen Verlauf eines Innovationszyklus, sind die Maker-Bewegung und die damit einhergehende Maker Education eher zu Beginn wiederzufinden. Um den schulspezifischen Anforderungen an relevantem Kompetenzaufbaupotenzial, der Nutzungsvielfalt und Standzeit möglichst gerecht zu werden, wird überwiegend Technik im W–A–T-Unterricht eingesetzt, die diese Anforderungen erfüllen kann. Im Gegensatz zur Maker Education ist der W–A–T-Unterricht deshalb deutlich weniger innovativ, vermag es aber durch

seinen allgemeinbildenden Charakter, die eingesetzte Technik in der Breite einer Generation heranwachsender Individuen kompetenzorientiert für Interaktionen anzubieten wie auch diese dafür zu sensibilisieren. Technische Innovationen werden deshalb stets verzögert für Interaktionen in Schulen eingesetzt werden können. Die damit einhergehende Wahrnehmung des Leistungspotenzials vom Unterrichtsfach W–A–T hängt in der Konsequenz im besonderen Maß vom damit einhergehenden schulspezifischen Leistungsspektrum, dem zeitlichen Umfang und den fachdidaktischen Kompetenzen der Lehrer*innen ab.

Welcher Erkenntnisgewinn lässt sich aus dem vorliegenden Vergleich feststellen? Diese Frage soll im anschließenden Abschnitt verfolgt werden und zur Diskussion über die Schnittmengen und Unterschiede zwischen der Maker Education und dem allgemeinbildenden Fach Wirtschaft–Arbeit–Technik anregen.

4 Diskussion

In einer fortwährend zunehmend technisierten Welt gilt Ropohls Aufforderung zur Aufklärung und Bekämpfung der sozio-technologischen Unmündigkeit weiterhin, denn das Narrativ der *digital natives* bleibt kritisch zu hinterfragen. Des Weiteren erscheint die Vielfalt an soziotechnischen Interaktionsmöglichkeiten so vielfältig, dass eine ordnende, vermittelnde Struktur in der entgrenzten globalisierten Welt auch Sicherheit und Vertrauen in die eigenen Kompetenzen schaffen kann. Wie sehr kann dabei also eine in der Freizeit organisierte soziotechnische Interaktion hilfreich sein, wenn diese sich auf die spielerische Auseinandersetzung mit der Technik konzentriert? Sie kann motivieren. Sie kann zum Hinterfragen anregen. Sie kann aber auch beschäftigen und blinde Flecken eben dafür hinterlassen, um welche Kompetenzen es wirklich geht. Während in der Maker Education der Erfahrungsaufbau auf der spezifischen Auseinandersetzung mit Technik im Fokus steht, sind es eben im W–A–T-Unterricht die transferierbaren Kompetenzen. Es steht also nicht das Drucken lassen durch einen 3D-Drucker im Fokus, sondern die Fertigkeit, den 3D-Druckprozess ökonomisch zielgerichtet zu initiieren, auf seine angestrebte Wirksamkeit zu prüfen und das Ergebnis Kriterien-geleitet zu bewerten.

Betrachtet man die *21st Century Skills*, wird deshalb deutlich, dass die damit geforderte IT-basierte Auseinandersetzung und die am Effekt

orientierte Maker Education wohl kaum einen umfassenden Kompetenzaufbau anregen können, um die geforderte Mündigkeit zu erreichen. Thoralf Marks weist darauf hin, dass eben die dafür notwendige Progression von Kompetenzaufbau- und Anwendungsprozessen bisher im Bildungskonzept von W–A–T zu finden ist. Es bedarf daher keiner Ergänzungskurse wie „Digitale Welten" (vgl. Dienel 2017) oder einem neuen Unterrichtsfach zur Planung der ersten Wohnung oder zur Arbeit mit IT-basierter Technik, wenn die anzustrebenden allgemeinbildenden wie auch die fachdidaktischen Innovationen in ein von Klasse 5 bis Klasse 13 reichendes W–A–T-Spiral-Curriculum integriert werden würden.

Der auch nicht durch den *DigitalPakt 2019–2024* aufgelöste Investitionsstau bei der Ausbildung von Fachkräften und der Anschaffung von bildungsrelevanter Arbeits- und Betriebstechnik führt nicht nur zu einer unzureichenden Ausprägung der „sozio-technischen Mündigkeit" innerhalb der Gesellschaft, es schadet auch der Reputation des Unterrichtsfachs W–A–T. In der Folge ist zu befürchten, dass die Wahrnehmung für das an notwendigen Investitionen intensive Unterrichtsfach als Innovationsbegleiter deutlich abnimmt. In der Konsequenz werden notwendige Bildungsprozesse folglich dort stattfinden, wo eigentlich nachhaltige Freiwilligenarbeit stattfinden sollte.

5 Fazit und Ausblick

Im Beitrag wurde dargelegt, dass Maker Education und der W–A–T-Unterricht u. a. gravierende Schnittmengen zueinander aufwiesen. Auf dieser Basis könnte sich die Maker Education als Vehikel darstellen, mit dessen Hilfe bereits bekannten Phänomenen und Methoden der Technikwissenschaften neues Leben eingehaucht werden kann und sie zukünftig wieder verstärkt den Weg in die Schulen finden. Der Forderung nach Maker Education in der Schule erscheint als Wissensmangel über das Potenzial des Unterrichtsfachs W–A–T, das im Anschluss an die technische Perspektive im Sachunterricht unter der Prämisse eines differenzierten Scaffoldings und der Entwicklung vom angeleiteten zum selbstorganisierten Lernen erfolgt. Denn das Unterrichtsfach W–A–T besitzt das Potenzial, unter Nutzung einer spiralcurricularen Struktur von der Primarstufe zur Hochschulreife deutschlandweit als Ankerfach zur Umsetzung der KMK-Strategie *Bildung in einer digitalen Welt* (vgl.

KMK 2016: 1–2) wie auch zur Schaffung der geforderten Technikmündigkeit durch stetige Aktualisierungen strukturiert werden zu können.

Somit sollte es die Ausrichtung diesbezüglicher zukünftiger Forschung sein, Strömungen, Methoden, Vorgehensweisen und Phänomene der Technikdidaktik zu recherchieren und hinsichtlich ihres Potenzials zur Entwicklung von persönlichkeits- und kompetenzfördernden Interventionen im Rahmen der Verbreitung- und Weiterentwicklung eines qualitativ anspruchsvollen W–A–T-Unterrichts zu prüfen und empirisch zu evaluieren. Vor diesem Hintergrund gilt es daher, die allgemeine Aufmerksamkeit auf Maker Education und seinen Lehr-/Lern-Räumen, den Makerspaces, sowie die damit einhergehenden Impulse zu nutzen, um das Fach W–A–T gezielt weiterzuentwickeln. Mit dem Ziel, eine Trennung zwischen W–A–T und Maker Education zu bewirken, ist es notwendig, W–A–T weiterhin im schulischen Lehren und Lernen sowie Maker Education, wie sie oben beschrieben und von W–A–T abgegrenzt wird, in der Freizeit der Lernenden zu verorten. Denn nur im außerschulischen Bereich kann Maker Education seine Eigenschaften als u. a. bewertungsfreie sozio-technische Interaktionen beibehalten und entfalten, in dem u. a. kreatives Denken und Lernen sowie auch ein Scheitern möglich sind und in seiner Gesamtheit zur Erprobung sowie dem nachhaltigen Aufbau von selbstorganisiertem Lernen führt.

Auch vor dem Hintergrund, dass Makerspaces aktuell in unterschiedlichen Organisationsformen vorliegen, sollte die Entwicklung dieser durch die Forschung aufmerksam beobachtet und fortlaufend evaluiert werden, um den kreativen, selbstorganisierten, nachhaltigen, interessenorientierten und motivierenden Erfahrungs- und Kompetenzerwerb, welcher den Kern der Maker Education markiert, dauerhaft zu gewährleisten und zu bewahren.

Bibliographie

Banse, Gerhard/Meier, Bernd (2013): „Technische Bildung“. *Handbuch Technikethik*, hrsg. von Armin Grunwald. Stuttgart: J.-B. Metzler, 421–425.

Bisewski, Benjamin (2018): „Der neue Ergänzungskurs ‚Digitale Welten‘ an der Carlo-Schmid-Oberschule (ISS)“. *Forum Arbeitslehre* (20), 8–10.

Bullock, Shon M./Sator, Andrea J. (2015): “Maker Pedagogy and

Science Teacher Education". *Journal of Canadian Association for Curriculum Studies* 13 (1), 60–87.

Burow, Olaf-Axel (2017): „Die Zukunft der Schule – grundlegend, pragmatisch oder visionär betrachtet". *Bildung 2030 – Sieben Trends, die die Schule revolutionieren*, hrsg. von Olaf-Axel Burow/Charlotte Gallenkamp. Weinheim: Beltz, 8–21.

Busch, Ulrich (2017): „Digitale Revolution – Auftakt für eine Gesellschaftstransformation?". *Digitalisierung und Transformation. Industrie 4.0 und digitalisierte Gesellschaft,* hrsg. von Gerhard Banse/Ulrich Busch/Michael Thomas. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag, 13–36 (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 49).

Clapp, Edward P./Jimenez, Raquel (2016): "Implementing STEAM in Maker-Centered Learning". *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts* 10 (4), 481–491.

Clapp, Edward P./Ross, Jessica/Ryan, Jennifer O./Tishman, Shari (2016): *Maker-centered learning: Empowering young people to shape their worlds*. San Francisco: John Wiley & Sons.

Conrad (2022): *3D-Druck im Unterricht. Digital lernen mit allen Sinnen*. https://www.conrad.de/de/ratgeber/ratgeber-3d-druck/ratgeber-3d-druck-schule.html#chancen (27.02.2023).

Dienel, Hans-Liudger (2015): „Konzepte und Rahmenlehrpläne für das Schulfach ‚Wirtschaft–Arbeit–Technik': ein Blick zurück nach vorn". *Allgemeinbildung und Curriculumentwicklung. Herausforderungen an das Fach Wirtschaft–Arbeit–Technik*, hrsg. von Bernd Meier/Gerhard Banse. Frankfurt am Main: Peter Lang Internationaler Verlag der Wissenschaften, 121–134 (Gesellschaft und Erziehung. Historische und systematische Perspektiven 15).

Dienel, Hans-Liudger (2017): „Das Modellprojekt ‚Ergänzungsschulfach Digitale Welten' für die Berliner Sekundarstufe II". *Forum Arbeitslehre* (19), 27–32.

Dougherty, Dale (2012): "The Maker Movement". *Innovation: Technology, Governance, Globalization* 7 (3), 11–14.

Egbert, Björn/Giest, Hartmut (2015): „Lernen ohne Anschluss. – Die Fächer Sachunterricht und Wirtschaft–Arbeit–Technik in der Anhörfassung des Rahmenlehrplanes für die Bundesländer Berlin und Brandenburg". *Allgemeinbildung und Curriculumentwicklung. Herausforderungen an das Fach Wirtschaft–Arbeit–Technik,* hrsg. von Bernd Meier/Gerhard Banse. Frankfurt am Main: Peter Lang Internatio-

naler Verlag der Wissenschaften, 147–163 (Gesellschaft und Erziehung. Historische und systematische Perspektiven 15).

Engel, Juliane/Klepacki, Leopold (2019): „Zur materiellen Relationalität von Lernprozessen in Lernwerkstätten". *Perspektiven auf Hochschulwerkstätten. Wechselspiele zwischen Individuum, Gemeinschaft, Ding und Raum,* hrsg. von Sandra Tänzer/Marc Godau/Marcus Berger/Gerd Mannhaupt. Bad Heilbronn: Julius Klinkhardt, 81–92.

Fugmann, Martin (2017): „Schule auf dem Weg in die Digitalisierung – ein Praxisbericht der deutschen Schule im Silicon Valley". *Bildung 2030 – Sieben Trends, die die Schule revolutionieren*, hrsg. von Olaf-Axel Burow/Charlotte Gallenkamp. Weinheim: Beltz, 52–72.

GDSU – Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (2021): *Sachunterricht und Digitalisierung*. https://gdsu.de/sites/default/files/PDF/GDSU_2021_Positionspapier_Sachunterricht_und_Digitalisierung_deutsch_de.pdf (27.02.2023).

Hatch, Mark (2013): *The Maker Manifesto*. https://raumschiff.org/wp-content/uploads/2017/08/0071821139-Maker-Movement-Manifesto-Sample-Chapter.pdf (27.02.2023).

Heinzel, Viktoria/Seidl, Tobias (2020): „Perspektiven der Makerbewegung. Historische Entwicklung und zentrale Dimensionen". *Lernwelt Makerspace. Perspektiven im öffentlichen und wissenschaftlichen Kontext,* hrsg. von Viktoria Heinzel/Tobias Seidl/Richard Stang. Berlin u.a.O.: De Gruyter, 9–18.

Honey, Margaret/Kanter, David E. (2013): *Design, Make, Play: Growing the Next Generation of STEM Innovators*. London: Routledge.

Humburg, Anja (2013): „Reparaturkultur". *Make* (5), 98–104.

Hüttner, Andreas (2015): „Verzahnung von Theorie und Praxis in der Technischen Allgemeinbildung als Basis von Kompetenzentwicklung". *Allgemeinbildung und Curriculumentwicklung. Herausforderungen an das Fach Wirtschaft-Arbeit-Technik,* hrsg. von Bernd Meier/Gerhard Banse. Frankfurt am Main: Peter Lang Internationaler Verlag der Wissenschaften, 83–100 (Gesellschaft und Erziehung. Historische und systematische Perspektiven 15).

IGO3D (2022): *Begeisterung für MINT und Technik leicht gemacht*. https://www.igo3d.com/bildung (27.02.2023).

Kalil, Tom/Miller, Jason (2014): "Announcing the first white house maker faire". *The White House Blog.* https://obamawhitehouse.archives.gov/blog/2014/02/03/announcing-first-white-

house-maker-faire (27.02.2023).

Käser, Andreas/Stuber, Thomas (2019): „Fachverständnis". *Technik und Design. Handbuch für Lehrpersonen: Spiel, Mechanik, Energie*, hrsg. von Thomas Stuber. Bern: hep, 20–24.

KMK – Kultusministerkonferenz (2016): *Bildung in der digitalen Welt*. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2016/2016_12_08-Bildung-in-der-digitalen-Welt.pdf (27.02.2023).

KOM – Kommission der europäischen Gemeinschaft (2001): *Einen europäischen Raum des lebenslangen Lernens schaffen. Mitteilung 678*. https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2001:0678:FIN:DE:PDF (27.02.2023).

Lange, Bastian/Schmidt, Suntje/Merkel, Janet (2020): „Governanceformen von Makerspaces". *Lernwelt Makerspace. Perspektiven im öffentlichen und wissenschaftlichen Kontext,* hrsg. von Viktoria Heinzel/Tobias Seidl/Richard Stang. Berlin u.a.O.: De Gruyter, 19–32.

Linke, Hanna/Wilkens, Leevke (2020): „Inklusionsorientierter Makerspace als Lernort in der digitalisierten Gesellschaft. Dimensionen des Projekts SELFMADE". *Lernwelt Makerspace. Perspektiven im öffentlichen und wissenschaftlichen Kontext,* hrsg. von Viktoria Heinzel/Tobias Seidl/Richard Stang. Berlin u.a.O.: De Gruyter, 177–188.

Luga, Jürgen (2019): „Schulen als MakerSpace. – Ein neues Konzept für co-kreatives Lernen". *Bildung Sozial* (1), 31–35.

Luga, Jürgen (2020): „Makerspace als Lernraum. Perspektiven einer agilen Schule". *Lernwelt Makerspace. Perspektiven im öffentlichen und wissenschaftlichen Kontext,* hrsg. von Viktoria Heinzel/Tobias Seidl/Richard Stang. Berlin u.a.O.: De Gruyter, 141–157.

Maker Faire (o.J.): *Was sind Maker?* https://maker-faire.de/was-sind-maker/ (27.02.2023).

Makered.org (o.J.): *What is Maker Education?* https://makered.org/about/what-is-Maker Education/ (27.02.2023).

Marks, Thoralf (2019): „Welche Bedeutung hat der Werkstattunterricht im Zeitalter der Digitalisierung?". *Forum Arbeitslehre* (22), 14–15.

Martin, Lee (2015): "The Promise of the maker Movement for Education". *J-PEER – Journal of Pre-College Engineering Education Research* 8 (1), 30–39.

Meier, Bernd (2013): *Wirtschaft und Technik unterrichten lernen: Didaktik für*

den Fachbereich Arbeit, Wirtschaft, Technik. München: Oldenbourg.

Meier, Bernd/Banse, Gerhard (Hrsg.) (2015): *Allgemeinbildung und Curriculumentwicklung. Herausforderungen an das Fach Wirtschaft–Arbeit–Technik*. Frankfurt am Main: Peter Lang Internationaler Verlag der Wissenschaften (Gesellschaft und Erziehung. Historische und systematische Perspektiven 15).

Meier, Bernd/Zöllner, Herrmann. (2015): „Vom Lernfeld Arbeitslehre zum Fach Wirtschaft–Arbeit–Technik (W–A–T) – Ein kurzer Längsschnitt der Entwicklung im Land Brandenburg". *Allgemeinbildung und Curriculumentwicklung. Herausforderungen an das Fach Wirtschaft–Arbeit–Technik*, hrsg. von Bernd Meier/Gerhard Banse. Frankfurt am Main: Peter Lang Internationaler Verlag der Wissenschaften, 51–65 (Gesellschaft und Erziehung. Historische und systematische Perspektiven 15).

Mette, Dieter (2015): „Aktuelle Herausforderungen der Lehramtsausbildung in W–A–T an der Universität Potsdam". *Allgemeinbildung und Curriculumentwicklung. Herausforderungen an das Fach Wirtschaft–Arbeit–Technik*, hrsg. von Bernd Meier/Gerhard Banse. Frankfurt am Main: Peter Lang Internationaler Verlag der Wissenschaften, 165–173 (Gesellschaft und Erziehung. Historische und systematische Perspektiven 15).

Metzger, Susanne (2021): „MINT ist nicht etwas Abstraktes, es ist alltäglich!". *Folio. Zeitschrift des BCH/FPS für Lehrkräfte in der Berufsbildung* (5), 6–9.

Möller, Kornelia (2019): „Lernen ermöglichen". *Technik und Design. Handbuch für Lehrpersonen: Spiel, Mechanik, Energie*, *Technik und Design*, hrsg. von Thomas Stuber. Bern: hep, 70–75.

Oelkers, Jürgen (2010): „Lehrmittel – Rückgrat des Unterrichts". *Folio. Zeitschrift des BCH/FPS für Lehrkräfte in der Berufsbildung* (1), 18–21.

Pfenning, Uwe (2016). „Die Soziotechnik (in) der Technikdidaktik". *Journal of Technical Education* 4 (2), 87–105.

Richter, Meike (2009): *Heime für Hacker*. https://www.zeit.de/online/2009/03/digital-hackerspaces?page=1&utm (27.02.2023).

Ropohl, Günter (1998): *Wie die Technik zur Vernunft kommt. Beiträge zum Paradigmenwechsel in den Technikwissenschaften*. Amsterdam: Fakultas.

Rosenfeld Halverson, Erica/Sheridan, Kimberly (2014): "The Maker Movement in Education". *Havard Educational Review* 84 (4), 495–505.

Schad, Michael/Jones, Monty W. (2020): "The Maker Movement and Education: A Systematic Review of the Literature". *Journal of Research on Technology in Education* 50 (1), 65–78.

Schloßnickel, Christian (2021): „Die Betrachtung des *Digital Pakts Schule* im Kontext medialer Bildungsparadigmen". *Menschliche Praktiken und Beziehungen in der mediatisierten Welt – Wandel, Nachhaltigkeit und Verantwortung*, hrsg. von Julius Erdmann/Björn Egbert. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag, 39–60.

Schmidt, Joachim K. H. W. (1980): „Soziotechnik – Eine Einführung". *Soziologie in der Gesellschaft: Referate aus den Veranstaltungen der Sektionen der Deutschen Gesellschaft für Soziologie, der Ad-hoc-Gruppen und des Berufsverbandes Deutscher Soziologen beim 20. Deutschen Soziologentag in Bremen 1980,* hrsg. von Werner Schulte. Bremen: Deutsche Gesellschaft für Soziologie (DGS), 834–838. https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-189688 (27.02.2023).

Schön, Sandra/Boy, Henrike/Brombach, Guido/Ebner, Martin/Kleeberge, Julia/Narr, Kristin/Rösch, Eike/Schreiber, Björn/Zorn, Isabel (2016): „Einführung zu Making-Aktivitäten mit Kindern und Jugendlichen". *Making-Aktivitäten mit Kindern und Jugendlichen. Handbuch zum kreativen digitalen Gestalten*, hrsg. von Sandra Schön/Martin Ebner/Kristin Narr. https://sansch.files.wordpress.com/2007/10/making_handbuch_online_final.pdf (27.02.2023).

Schön, Sandra/Ebner, Martin (2020). „Ziele von Makerspaces. – Didaktische Perspektive". *Lernwelt Makerspace. Perspektiven im öffentlichen und wissenschaftlichen Kontext,* hrsg. von Viktoria Heinzel/Tobias Seidl/Richard Stang. Berlin u.a.O.: De Gruyter, 33–47.

Schulz, Georg (2017): „Konzeptuelle Grundlagen und Merkmale des handelnden Lernens". *Forum Arbeitslehre* (19), 40–44.

Sellin, Hartmut (1997): „Allgemeine Technologie in technikdidaktischer Perspektive". *Allgemeine Technologie zwischen Aufklärung und Metatheorie*, hrsg. von Gerhard Banse. Berlin: edition sigma, 89–110.

Sheridan, Kimberly M./Rosenfeld Halverson, Erica/Litts, Breanne Kristin/Brahms, Lisa/Jacobs-Priebe, Lynette/Owens, Trevor (2014): "Learning in the Making: A Comparative Case Study of Three Makerspaces". *Havard Educational Review* 84 (4), 505–531.

Sommer, Werner/Schlenker, Andreas (2023): *Faszination 3D-Druck. Alles zum Drucken, Scannen, Modellieren*. Burgthann: Markt + Technik.

Spiegel (2013): *Was ist eigentlich ein Hackerspace?* https://www.spie-

gel.de/netzwelt/web/was-ist-eigentlich-ein-hackerspace-a-891543.html (27.02.2023).

Spielhofen, Mareike (o.J.): *FabLabs – demokratisch produzieren*. https://www.umweltbildung.de/fileadmin/inhalte-projekte/Transformation_von_unten/Aktionsportraits_FabLabs.pdf?PHPSESSID=c4bfa623d10db3e9c15d483a8e43395d (27.02.2023).

Spur, Günter (2008): „Allgemeine Technologie und Innovationstheorie". *Allgemeine Technologie – verallgemeinertes Fachwissen und konkretisiertes Orientierungswissen zur Technologie*, hrsg. von Gerhard Banse/Ernst-Otto Reher. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag, 137–179 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 99).

Stang, Richard (2020): „Makerspaces als Lehr- und Lernraum – Zur Gestaltung eines Optionsraums". *Lernwelt Makerspace. Perspektiven im öffentlichen und wissenschaftlichen Kontext,* hrsg. von Viktoria Heinzel/Tobias Seidl/Richard Stang. Berlin u.a.O.: De Gruyter, 48–56.

Steiner, Mario/Köpping, Maria/Leitner, Andrea/Pessl, Gabriele/Lassnigg, Lorenz (2021): *Lehren und Lernen unter Pandemiebedingungen. – Was tun, damit aus der Gesundheits- nicht auch eine Bildungskrise wird?* https://irihs.ihs.ac.at/id/eprint/5873/24/ihs-report-2021-steiner-koepping-leitner-pessl-lassnigg-lehren-und-lernen-unter-pandemiebedingungen.pdf (27.02.2023).

Stilz, Melanie/Ebner, Martin/Schön, Sandra (2020): „Maker Education. Grundlagen der werkstattorientierten digitalen Bildung in der Schule und Entwicklungen zur Professionalisierung der Lehrkräfte". *Digital?! Perspektiven der Digitalisierung für den Lehrerberuf und die Lehrerbildung*, hrsg. von Martin Rothland/Simone Herrlicher. Münster: Waxmann Verlag, 143–159.

Tosch, Frank (2015): „Nachdenken über (zeitgemäße) Allgemeinbildung: Historische Zugänge – Aktuelle Perspektiven". *Allgemeinbildung und Curriculumentwicklung. Herausforderungen an das Fach Wirtschaft–Arbeit–Technik*, hrsg. von Bernd Meier/Gerhard Banse. Frankfurt am Main: Peter Lang Internationaler Verlag der Wissenschaften, 15–34 (Gesellschaft und Erziehung. Historische und systematische Perspektiven 15).

Wisdom, Sonya/Novak, Elena (2019): "Using 3D Printing to Enhance STEM Teaching and Learning: Recommendations for Designing 3D Printing Projects". *Integrating 3D printing into Teaching and Learning: Practitioners' Perspective*, hrsg. von Myint Swe Khine/Nagla Ali.

Leiden: Koninklijke Brill, 187–205.

Wolffgramm, Horst (2012): *Allgemeine Techniklehre Elemente, Strukturen und Gesetzmäßigkeiten. – Einführung in die Denk- und Arbeitsweisen der allgemeinen Techniklehre*. https://dgtb.de/wp-content/uploads/2018/11/Wolffgramm-Allgemeine-Technik theorie-klein.pdf (27.02.2023).

Wulf, Christof (2013): „Die mimetische Aneignung der Welt". *Mensch und Ding. Die Materialität pädagogischer Prozesse*, hrsg. von Arnd-Michael Nohl/Christof Wulf. Wiesbaden: Springer, 15–25.

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *156 (2023), 243–260*

Anlage
Überblick über Aktivitäten des Arbeitskreises „Allgemeine Technologie“

Gerhard Banse, Norbert Mertzsch
(Berlin, Rheinsberg, MLS)

Die Aktivitäten des im Jahr 2001 gegründeten Arbeitskreises können in drei Gruppen untergliedert werden (vgl. auch Reher 2016): (a) Symposien, (b) deren „Protokollbände“ und weitere Publikationen sowie (c) weitere Aktivitäten.[1]

(a) Symposien

1. Symposium 2001: Allgemeine Technologie – Vergangenheit und Gegenwart *(vgl. Banse/Reher 2001a, 2002)*

In den Beiträgen wurden historische wie aktuelle Problemstellungen einer Allgemeinen Technologie u.a. aus wissenschaftstheoretischer, philosophischer, technikwissenschaftlicher und arbeitswissenschaftlicher Sicht behandelt und Konsequenzen für Zukünftiges abgeleitet.

Es wurden folgende Vorträge gehalten:

- Lothar Kolditz: Eröffnung
- Gerhard Banse: Johann Beckmann und die Folgen. Allgemeine Technologie in Vergangenheit und Gegenwart

---

[1] Vgl. NN 2018; Reher 2016; vgl. auch https://leibnizsozietaet.de/-category/arbeitskreise-2/ak-allgemeine-technologie/.

- Herbert Hörz: Technologien zwischen Effektivität und Humanität
- Ernst-Otto Reher: Ansätze zur Entwicklung einer Allgemeinen Prozesstechnik der Stoffwandlung
- Klaus Hartmann: Systemtechnische Aspekte der modernen Technologie am Beispiel der Stoffwirtschaft
- Günter von Sengbusch: Organ unterstützende Systeme vor neuen Herausforderungen
- Heinz Bartsch: Technologie aus arbeitswissenschaftlicher Sicht
- Klaus Fuchs-Kittowski: Informations- und Kommunikationstechnologien – Organisation und Management des Wissens
- Rolf Löther: Allgemeine Technologie und Biotechnologien
- Klaus Krug: Allgemeine Technologie und Chemieingenieurwesen
- Wolfgang Fratzscher: Technologie und mögliche Auswirkungen auf die Gestaltung der Ingenieurausbildung

2. Symposium 2004: Fortschritte bei der Herausbildung der Allgemeinen Technologie *(vgl. Banse/Reher 2004a, 2004c)*

Das Symposium hatte das Ziel, Beiträge zur weiteren Ausarbeitung der Allgemeinen Technikwissenschaft, der Allgemeinen Verfahrenswissenschaft sowie der Technologiegeschichte vorzustellen. Mit diesem Symposium wurde eine interdisziplinäre Diskussion angeregt bzw. fortgeführt, die in unserer „Technologischen Hoch-Zeit" aufklärend und motivierend für technologische Neu- und Weiterentwicklungen wirkt.

Es wurden folgende Vorträge gehalten:

- Herbert Hörz: Eröffnung – Allgemeine Technologie als disziplinübergreifende Aufgabe
- Günter Ropohl: Die Dualität von Prozess und System in der Allgemeinen Technologie
- Gerhard Banse: Der Beitrag der interdisziplinären Technikforschung zur Weiterentwicklung der Allgemeinen Technologie
- Lutz-Günther Fleischer: Evolutorische Lebensmitteltechnologie und ihre Implikationen mit der Allgemeinen Technologie
- Horst Wolffgramm: Gegenstandsbereich und Struktur einer Allgemeinen Techniklehre
- Klaus Fuchs-Kittowski, Wladimir Bodrow: Wissensmanagement für Wertschöpfung und Wissensschaffung in der Wirtschaft und in

der Wissenschaft. – Allgemeine Technologie – Prozessontologien als theoretisch-methodologische Grundlage

- Klaus Hartmann, Wolfgang Fratzscher: Grundlagen der Herausbildung einer Allgemeinen Technologie der Stoffwirtschaft – Neue Tendenzen und Entwicklungen
- Ernst-Otto Reher, Gerhard Banse: Zusammenhang von Empirischem und Theoretischem in den technologischen Wissenschaften – Grundzüge einer allgemeinen Verfahrenswissenschaft
- Hans-Jürgen Jacobs: Fertigungsprozess-Modelle in der Einheit von Fertigungstechnik und Fertigungsorganisation
- Herbert Hübner: Das Verhältnis von Theoretischem und Empirischem am Beispiel der Elektrotechnik
- Wolfgang Fratzscher: ESAV – Einheitssystem der automatisierten Verfahrenstechnik
- Wolfgang König: Wissenschaftsakademien und Technikwissenschaften – ein Interpretationsversuch von den Anfängen bis zur Gegenwart
- Jan-Peter Domschke: Das Technikverständnis Wilhelm Ostwalds
- Martin Eberhardt: Landwirtschaftliche Technologie von Beckmann bis zur Gegenwart
- Herbert Hörz: Schlusswort – Allgemeine Technologie: Ergebnisse und Aufgaben

3. Symposium 2007: Allgemeine Technologie – verallgemeinertes Fachwissen und konkretisiertes Orientierungswissen zur Technologie *(vgl. Banse 2008a)*

Durch die vorangegangenen zwei Symposien war deutlich geworden, dass die Allgemeine Technologie ihre Inhalte einerseits durch die Verallgemeinerung (Generalisierung) des Fachwissens der unmittelbar mit Technik und Technologie befassten Wissenschaften, insbesondere der Technikwissenschaften („verallgemeinertes technologisches Fachwissen“), andererseits durch die Konkretisierung (und gleichzeitige „Reduzierung“) des (technik-)philosophischen Orientierungswissens („konkretisiertes technologisches Orientierungswissen“) gewinnt. Deshalb standen im Mittelpunkt des Symposiums Vorträge und Diskussionen zu eben diesen zwei Quellen allgemeintechnologischen Wissens sowie deren Wechselbeziehungen.

Es wurden folgende Vorträge gehalten:

- Gerhard Banse: Eröffnung
- Gerhard Banse, Ernst-Otto Reher: Verallgemeinertes Fachwissen und konkretisiertes Orientierungswissen zur Technologie – ein Überblick zum erreichten Stand und zu weiteren Aufgaben
- Lutz-Günther Fleischer: Verallgemeinertes technologisches Fachwissen und konkretisiertes Orientierungswissen im Stoffmodul der Materialtechnik zur allgemeinen Stofftheorie
- Ernst-Otto Reher, Gerhard Banse: Verallgemeinertes technologisches Fachwissen und konkretisiertes Orientierungswissen zum Prozessstufenmodul der Materialtechnik im Hinblick einer allgemeinen Prozesstechnik
- Klaus Hartmann: Verallgemeinertes Fachwissen und konkretes Orientierungswissen – Grundlagen für die Analyse und Synthese modularer technologischer System-Modelle
- Günter Spur: Allgemeine Technologie und Innovationstheorie
- Heinrich Parthey: Theorie der Technikwissenschaften
- Wolfgang Schiller: Hochleistungskeramik für die Mikrosystemtechnik und ihre Konsequenzen
- Dietrich Balzer: Technische, ökonomische und soziale Aspekte bei der Automatisierung von Produktionsprozessen
- Klaus Fuchs-Kittowski, Vladimir Bodrow: Metaontologie für betriebliche Ontologien
- Herbert Hörz, Wolfgang Fratzscher: Das Technologieverständnis in der Akademie der Wissenschaften der DDR
- Rolf Löther: Technologie und Angewandte Biologie
- Klaus Krug: Die Vor-Beckmannschen Technologiebetrachtungen
- Lothar Kolditz: Schlusswort

Mit längeren Diskussionsbeiträgen beteiligten sich Wolfgang Fratzscher, Herbert Hübner und Helga E. Lühmann-Frester.

4. Symposium 2010: Ambivalenzen von Technologien – Chancen, Gefahren, Missbrauch (vgl. Banse 2011)

An ausgewählten Material-, Energie- und Informationstechnologien wurde der „Januskopf“ der Technik aufgezeigt, auch aus verschiedenen

Perspektiven (z.B. Unternehmer, Angestellter, Nutzer, Bürger, …). Ob eine Technologie „Fluch“ oder „Segen“ bedeutet, hängt dabei nicht nur von den Technologieschöpfern ab, sondern wird stark auch durch die Technologiebegleiter einschließlich Politik, Medien und Öffentlichkeit mitbestimmt. Das Symposium dokumentierte nicht nur Zustände und prognostizierte nicht nur Perspektiven, sondern zeigte auch, wie Chancen verbessert, Gefahren gemindert und Missbrauch verhindert werden kann.

Es wurden folgende Vorträge gehalten:

- Dieter B. Herrmann: Eröffnung und Begrüßung
- Gerhard Banse, Ernst-Otto Reher: Ambivalenzen von Technologien – Chancen erhöhen, Gefahren mindern, Missbräuche verhindern
- Klaus Hartmann: Risiken und Chancen der Renaissance „vergessener“ Technologien (am Beispiel Kohlenstoffträger)
- Lutz-Günther Fleischer: Ambivalenzen und Komplexität stoffwandelnder Technologien – Widersprüche aufheben, Chancen entwickeln
- Dieter Seeliger: Ambivalenzen der Uranwirtschaft – Segen oder Fluch für die Menschheit?
- Herbert Hübner, Ernst-Otto Reher: Ambivalenzen der Kunststofftechnologie – Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts
- Christian Kohlert: Vorteile und Nachteile der Nutzung der Nanotechnologie für polymere Folien
- Wolfgang Fratzscher: Zu Risiken und Nebenwirkungen fragen Sie … – Energietechnische Systeme
- Christian Bauer: Ökologische und ökonomische Bewertung künftiger fossiler Technologien der Energieerzeugung
- Norbert Mertzsch: Ambivalenzen der erneuerbaren Energien
- Dietrich Balzer: Fluch oder Segen der Automatisierung
- Klaus Fuchs-Kittowski: Zu den ambivalenten Wirkungen moderner Informationstechnologien auf Natur, Mensch und Gesellschaft
- Gerhard Banse: Schlusswort mit Ausblick auf weitere Vorhaben des AK „Allgemeine Technologie“ der Leibniz-Sozietät

Zum 4. Symposium war unter der Überschrift „Beiträge zur ‚Allgemeinen Technologie‘“ eine Rezension der „Protokollbände“ der vorange-

gangenen drei Symposien zur Allgemeinen Technologie von Klaus Krug in der Zeitschrift „Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis“ erschienen (vgl. Krug 2010).

5. Symposium 2012: Technik – Sicherheit – Techniksicherheit (vgl. Reher/Banse 2013)

Behandelt wurden Aspekte der Technologie- und Erzeugnis-Sicherheit mit den Komplexen „Maschinen-, Apparate-, Anlagensicherheit“, „Erzeugnis-, Produktsicherheit“, „Sicherheit von Dienstleistungstechnologien“ und „Verbrauchersicherheit“. Sicherheit ist ein zentrales Konzept in Gesellschaft, Wissenschaft und Technik. Geprägt wird dieses Konzept von unterschiedlichen Begriffsauffassungen, Kommunikationsstrategien und kulturellen Aspekten. Im Symposium wurden von Wissenschaftlern verschiedener Disziplinen ihre Forschungsergebnisse zum Thema (Technik-)Sicherheit mit dem Ziel diskutiert, gemeinsame Forschungsansätze vor allem zu Techniksicherheit, aber auch zu Sicherheitskommunikation und Sicherheitskulturen zu entwickeln.

Es wurden folgende Vorträge gehalten:

- Gerhard Banse: Eröffnung und Begrüßung
- Gerhard Banse, Lucia Belyová: Sicherheit und Sicherheitskultur
- Wolfgang Fratzscher: Über die Sicherheitskultur bei Kernkraftwerken
- Norbert Mertzsch: Sicherheitsaspekte beim Rückbau des KKW Rheinsberg
- Dieter Seeliger: Fukushima – bisherige Lehren aus der Katastrophe über die Sicherheit von Kernkraftwerken
- Ernst-Otto Reher: Überwachung und Qualitätssicherung fluider strukturierter Erzeugnisse aus Produktionsanlagen, dargestellt am Beispiel der Kunststofftechnologie
- Christian Kohlert: Sicherheit gegen Produktfälschung
- Dietrich Balzer: Die gegenwärtige und zukünftige Rolle der Automatisierungs- und Kommunikationstechnik in der Sicherheitswirtschaft
- Mukayil Kilic, Klaus Fuchs-Kittowski: Sicherheitsrisiken und Vermeidungsverhalten im Fall der modernisierten und der neuen In-

formationsquellen bei der Lenkung und Remotefunktionen von Fahrzeugen
- Annely Rothkegel: Sicherheitskommunikation
- Martin Endress, Benjamin Rampp: Vertrauen in der Sicherheitsgesellschaft
- Ernst-Otto Reher, Gerhard Banse: Schlusswort

6. Symposium 2014: Technologiewandel in der Wissensgesellschaft – qualitative und quantitative Veränderungen *(vgl. Banse/Reher 2015a)*

Im Symposium wurden wesentliche (qualitative und/oder quantitative) Merkmale des Technologiewandels der Gegenwart in ihren Beziehungen zur Wissensgesellschaft herausgearbeitet werden. Das betrifft sowohl globale Menschheitsprobleme (Ernährung, Gesundheit, Klima, Energiewechsel, Bildung, Kommunikation u.a.) als auch konkrete Vorgangs- und/oder Produkttechnologien. Diese Bestandsaufnahmen führten zu Einsichten in Einflüsse und Wechselwirkungen der genannten Wohlstandsvoraussetzungen (Wissen, Energien, Rohstoffe), aus denen wiederum Zukunftsprioritäten abgeleitet werden konnten.

Es wurden folgende Vorträge gehalten:

- Gerhard Banse: Eröffnung
- Gerhard Banse, Ernst-Otto Reher: Technologiewandel in der Wissensgesellschaft – qualitative und quantitative Veränderungen
- Christian Kohlert: Traditionelle Kalandertechnologie für High-Tech-Produkte
- Wolfgang Fratzscher: Energietechnik und Energiewende
- Norbert Mertzsch, Ernst-Peter Jeremias: Entwicklungstendenzen in der Wärmeversorgung
- Dieter Seeliger: Über einige qualitative und quantitative Fortschritte bei der praktischen Nutzung von Nanotechnologie in der Energieumwandlung
- Horst Goldhahn, Jens-Peter Majschak: Hocheffiziente Maschinensysteme für die individualisierte Massenproduktion
- Peter Schwarz: Technologiewandel und Nachhaltigkeit beim Übergang von der Industrie- zur Wissensgesellschaft

- Johannes Briesovsky: Technologische Prozessintensivierung durch resonante Pulsationen
- Hans-Joachim Laabs: Ist der 3D-Drucker die „Dampfmaschine" der digitalen Revolution oder eine überschätzte Innovation?
- Hermann Grimmeiss: Die Verbindung von Wissenschaft und Gesellschaft – eine Voraussetzung zur Lösung des Europäischen Paradoxons I: Sicht des Wissenschaftlers
- Bernd Junghans: Die Verbindung von Wissenschaft und Gesellschaft – eine Voraussetzung zur Lösung des Europäischen Paradoxons II: Sicht des Unternehmers

7. Symposium 2016: Technologie und nachhaltige Entwicklung
(vgl. Apelojg 2016; Miethig 2016)

Angesichts der Bedeutung des Technischen für gesellschaftlichen Wandel ist Nachhaltigkeit deshalb auch im Zusammenhang mit der Technik und ihrer Entwicklung einzufordern. Einerseits muss dazu dieses Prinzip zunächst im Prozess des Entwurfs, der Konzipierung, der Gestaltung und der Fertigung technischer Lösungen und sodann im Verwendungshandeln einen angemessenen Platz haben. Andererseits sind nach dem Potenzial technologischer Lösungen für nachhaltige Entwicklung sowie nach den Bedingungen, unter denen sich dieses Potenzial realisieren lässt, zu fragen. Diese und weitere Facetten des Zusammenhangs zwischen nachhaltiger Entwicklung und Technikentwicklung waren Gegenstand des Symposiums, das zugleich als Ehrenkolloquium dem 80 Geburtstag von Ernst-Otto Reher gewidmet war.

Es wurden folgende Vorträge gehalten:

- Gerhard Banse: Eröffnung und Laudatio
- Gerhard Banse, Ernst-Otto Reher: Technologie und nachhaltige Entwicklung
- Dietrich Balzer: Automatisierung und Nachhaltigkeit technologischer Lösungen
- Johannes Briesovsky: Resonanzpulsationstechnik für ressourcenschonende Prozesse in der Verfahrenstechnik
- Ernst-Peter Jeremias, Kerstin Becker: Nachhaltigkeitsaspekte einer zukunftssicheren Energieversorgung von Städten und Gemeinden

- Christian Kohlert: Nachhaltigkeit von Kunststoffverpackungen – von der Wiege bis zur Bahre
- Marek Hauptmann, Jens-Peter Majschak: Die Rolle der Nachhaltigkeit in der Konsumgüterproduktion, ihre Einschätzung und Kommunikation am Beispiel der Verpackungstechnik
- Norbert Mertzsch, Bernd Thomas: Technologische Herausforderungen auf dem Weg zu einer nachhaltigen Energieversorgung
- Gerhard Öhlmann: Ausgewählte innovative Effizienztechnologien auf Basis von Methan und Kohlenstoffdioxid
- Dieter Seeliger: Perspektivische Beiträge atomarer und nuklearer Prozesse zu einer künftigen kohlenstofffreien Energiewirtschaft
- Benjamin Apelojg, Ulf Holzendorf: Erziehung zum nachhaltigen Konsum – Aufgabe von Schule
- Bernd Meier: Nachhaltigkeit als Basiskonzept in der Curriculum-Entwicklung?
- Ernst-Otto Reher: Schlusswort

8. Symposium 2018: Von der Idee zur Technologie – Kreativität im Blickpunkt *(vgl. Banse/Mertzsch 2018; Stanke 2018)*

Ausgangspunkt des Symposiums waren Beckmanns Bestrebungen, das bis dato angesammelte technisch-technologische Wissen zu systematisieren und auf eine sichere theoretische (wissenschaftliche) Grundlage stellen, um so auch das methodische Programm einer Erfindungsheuristik begründen zu können. „Systematisches Erfinden“, was dem Letztgenannten entspricht, wurde u.a. bei der „Kammer der Technik“ (KDT) in Erfinderschulen vermittelt. Dabei wurde auch der Gesamtkomplex des Umgangs mit Schutzrechten (Patentrecherche, Rechtmängelfreiheit, Erwerb von Schutzrechten usw.) behandelt. Im Rahmen des Symposiums wurde nun betrachtet, wie sich die Kreativitätstechniken in Richtung „Systematisches Erfinden“ bzw. einer „Allgemeinen Technologie des Erfindens“ und deren Umsetzung entwickelt haben und wie sie an Schulen bzw. Hochschulen vermittelt werden (können).

Es wurde folgende Vorträge gehalten:

- Gerhard Banse, Frieder Sieber: Eröffnung und Begrüßung
- Gerhard Banse: Kreativität in Rahmen der Allgemeinen Technologie

- Klaus Stanke: Erfahrungen bei der Vermittlung von Kreativitätstechniken
- Justus Schollmeyer: Einen Schritt zurück und zwei nach vorn: Eine Visualisierung des Algorithmus zum Lösen von Erfindungsaufgaben (ARIZ-85 C)
- Rita Lange: Begabung und Kreativität? – Ein Erfahrungsbericht aus einer MINT-Spezialschule
- Bernd Thomas: Unterstützung bei der Vermittlung von Kreativitätstechniken an einer MINT-Spezialschule
- Bernd Meier: Kreativität im Kontext der neuen Aufgabenkultur
- Werner Regen: Kreativität in der Kommunikation (am Beispiel der Ausbildung von Coaches)
- Dieter Seeliger: Mit Kreativität auf dem Weg zu einer neuen Wärmequelle
- Christian Kohlert: Systematisches Erfinden in einem mittelständischen Unternehmen – Anspruch und Wirklichkeit
- Norbert Mertzsch: Schlusswort und Ausblick

9. Symposium 2020: Lebenszyklusanalysen. Stationen im Lebenszyklus von Technologien und Aspekte ihrer Bewertung
(vgl. Banse/Mertzsch 2020, 2021a)

Ziel des Symposiums war die systematische und chronologische Betrachtung aller Phasen des Lebenszyklus („From cradle to grave") von Technologien und der dazugehörigen Artefakte unter dem Blickpunkt der Allgemeingültigkeit. Dazu gehören vor allem die Herstellungs-, die Nutzungs- und die „Auflösungsphase" (Zerlegung, Recycling, Deponierung). Zur Lebenszyklusanalyse gehört insbesondere die Einbeziehung sämtlicher Umweltwirkungen während der Produktion (Herstellung), der Nutzungsphase und der Stilllegung bzw. Entsorgung („Auflösung") eines technischen Sachsystems sowie die damit verbundenen vor- und nachgeschalteten Prozesse (z.B. Herstellung der Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe). Zu den Umweltwirkungen zählt man sämtliche umweltrelevanten Entnahmen aus der Umwelt sowie die Emissionen in die Umwelt (Umwelt als Quelle und Senke).

Es wurden folgende Vorträge gehalten:

- Gerhard Banse: Eröffnung und Begrüßung

- Gerhard Banse: Horst Wolfgramm (1926–2020). Einer der „Väter“ der modernen Allgemeinen Technologie
- Norbert Mertzsch, Gerhard Banse: Der Lebenszyklus von Technologien im Rahmen der Allgemeinen Technologie
- Gerhard Pfaff: Der Lebenszyklus von Technologien am Beispiel der Entwicklung und Produktion von Effektpigmenten
- Uwe Pahl: Erfahrungen mit dem Arbeitsmittel Inbetriebnahme-Management für komplexe technische Anlagen in Theorie und Praxis
- Kerstin Becker: Eine Energieerzeugungsanlage im Wandel der rahmenpolitischen und gesetzlichen Vorgaben
- Norbert Mertzsch: Rückbau von technologischen Anlagen
- Bernd Meier: Der Produktlebenszyklus im Unterricht über Arbeit und Technik
- Norbert Mertzsch: Schlusswort

10. Symposium 2022: Allgemeine Technologie – eine Bestandsaufnahme *(vgl. Banse/Mertzsch 2022)*

In ihm wurde der Status quo bilanziert und die Tätigkeit des Arbeitskreises abschließend resümiert, sowohl hinsichtlich des Erreichten als auch des noch nicht Erreichten. Es ging dabei auch um Überlegungen zur Geschichte, zur Gegenwart und zur Zukunft einer Allgemeinen Technologie im Rahmen einer technischen (Allgemein-)Bildung.

Es wurden folgende Vorträge gehalten:

- Gerhard Banse, Frieder Sieber: Eröffnung und Begrüßung
- Gerhard Banse: Beiträge auf dem Weg zum Arbeitskreis Allgemeine Technologie der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften – ein Rückblick
- Dietrich Balzer, Werner Regen, Frieder Sieber: Allgemeine Technologie – Elemente der Theorie und Anwendung
- Norbert Mertzsch: Was noch zu betrachten wäre – Anwendung der Prinzipien der Allgemeinen Technologie auf weitere Fachgebiete
- Kerstin Becker, Ernst-Peter Jeremias: Der lange Weg von der Entwicklung bis zum Einsatz neuer Technologien – oder: Zukunftsfähige Fernwärme

- Gerda Haßler: Lebenszyklen und Paradigmenwechsel in der maschinellen Verarbeitung von Sprache
- Bernd Meier: Allgemeine Technologie und Lehrerbildung – Allgemeine Technologie als Basiswissenschaft für die allgemeine technische Bildung?
- Dirk Plickat, Martin Mertens: Produktionsschule heute – Allgemeine Technologie handlungsorientiert im Übergangssystem
- Norbert Mertzsch: Schlusswort

(b) Publikationen

I. „Protokollbände" der Symposien

Nach den 10 Symposien wurden deren Erträge jeweils in einem von den Ko-Vorsitzenden des Arbeitskreises herausgegebenen Band der „Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät" dokumentiert. Aufgenommen wurden zusätzlich auch Beiträge, die durch die Diskussion auf den Symposien angeregt worden waren (vgl. Banse/Mertzsch 2019, 2021b, 2023; Banse/Reher 2001a, 2004b, 2008, 2011, 2013, 2015, 2017).

II. Wissenschaftliche Mitteilung

Zur Würdigung des 200. Jahrestages des Erscheinens des „Entwurfs der Algemeinen Technologie" von Johann Beckmann wurde eine Wissenschaftliche Mitteilung für das Plenum der Leibniz-Sozietät mit den drei Schwerpunkten

- Johann Beckmann – Begründer der Wissenschaft Technologie,
- Entwicklungen nach Beckmanns „Entwurf der Algemeinen Technologie" und
- Beiträge der Leibniz-Sozietät zur weiteren Ausgestaltung des Beckmannschen Konzepts einer Allgemeinen Technologie

vorbereitet (vgl. Banse/Reher 2007a, 2007b).

III. „Beiträge zur Allgemeinen Technologie"

Verschiedene Autoren haben in den zurückliegenden etwa 50 Jahren

versucht, das Beckmannsche Programm der Allgemeinen Technologie auf der Grundlage ihrer Fachkompetenz und ihrer erkenntnisleitenden Interessen auszugestalten und den gegenwärtigen Zustand der (Allgemeinen) Technologie darzustellen, vor allem aus Kenntnissen spezialisierter Technologien und der Differenzierung umfassenderer technikbezogener Konzeptionen – auch, um einen solchen Verallgemeinerungsgrad der (Allgemeinen) Technologie zu schaffen, den sich Beckmann vorgestellt haben könnte. Leider waren diese Weiterentwicklungen und Ausgestaltungen des Beckmannschen Konzepts vorrangig (nur) für die Ausbildung ausgewählter Berufsgruppen vorgesehen, die von diesen Schriften angesprochen wurden und davon profitierten, z.B. Polytechnik/Technikkunde-Lehrer, Warenkundler, Ökonomen (Wirtschaftsingenieure), Soziologen, Philosophen. Es waren alles Gruppen, die zu den „Technologiebegleitern“ (Sozial- und Geisteswissenschaftler) gehörten, die im Wesentlichen konkretisiertes Orientierungswissen benötigen, und keine „Technologieschöpfer“ (Technik- und Naturwissenschaftler) waren, für die es um verallgemeinertes technologisches Fachwissen geht bzw. gehen sollte. Die Beiträge in diesem Band sind indes Beiträge von Technologieschöpfern für Technologieschöpfer. Sie beziehen sich auf den gesamten Lebenszyklus von Technologien unter Beachtung natur-, technik-, sozial- und geisteswissenschaftlicher Komponenten. Der Band versteht sich nicht als „Gesamtdarstellung“, sondern eher als ein weiteres Fragment zur „Allgemeinen Technologie“, das jedoch anregen soll, dieses interdisziplinäre Vorhaben weiterzuführen (vgl. Banse/Reher 2014; Meier 2014).

Die Publikation enthält folgende Beiträge:

- Gerhard Banse, Ernst-Otto Reher: Einführung
- Wolfgang Fratzscher: Gedanken zur Allgemeinen Technologie
- Klaus Hartmann: Technologien – Elemente der Produktionssphäre
- Ernst-Otto Reher: Methoden zur Gestaltung von Technologien
- Klaus Fuchs-Kittowski, Christian Stary: Methoden zur Gestaltung sozio-technischer Informationssysteme
- Dietrich Balzer, Paul Thierse: Überwachung und Steuerung technologischer Prozesse und Systeme
- Horst Goldhahn, Jens-Peter Majschak: Bestimmung, Entwicklung und Betrieb von Verarbeitungsmaschinen und –anlagen
- Günter Spur: Entwicklungsphasen der Produktionstechnik

- Norbert Mertzsch: Außerbetriebnahme und Rückbau von Technologien
- Gerhard Öhlmann: Technologien des 21. Jahrhunderts

IV. Weitere Publikationen

Mitglieder des Arbeitskreises haben in unterschiedlichen Zusammenhängen zu einzelnen Aspekten der Allgemeinen Technologie publiziert. Eine Auswahl wurde in die Bibliografie aufgenommen.

Nicht realisiert werden konnte eine in den Jahren 2011 bis 2015 in Diskussion befindliche *Enzyklopädie „Allgemeine Technologie"* (auch als *Technologieführer* oder *ABC Technologie* diskutiert). Dieses Vorhaben überstieg die Möglichkeiten des Arbeitskreises.

(c) Weitere Aktivitäten

(1) Die erarbeiteten Dokumentationen wurden im Sommersemester 2013 vor Studenten der Hochschule Merseburg und vor der Gruppe „Sachzeugen der chemischen Industrie" (ca. 80 Anwesende) durch Gerhard Banse, Wolfgang Fratzscher, Klaus Krug und Ernst-Otto Reher in der Lehrveranstaltung „Einführung in die Allgemeine Technologie – Umriss einer Theorie der Technik –" im Umfang von zwei Semesterwochenstunden erfolgreich vorgestellt bzw. genutzt.[2]

(2) Im Frühjahr 2015 boten Gerhard Banse und Norbert Mertzsch der Hochschule für Technik Wildau im Rahmen der Wahlpflichtfächer im Fachbereich Maschinenbau eine einsemestrige Lehrveranstaltung „Einführung in die Allgemeine Technologie" mit den vier Schwerpunkten „Historische Entwicklung einer verallgemeinernden technikwissenschaftlichen Vorgehensweise", „Unterschiedlicher Technologiebegriffe mit ihren Konsequenzen für Verständnis und Gestaltung technologischer Prozesse", „Technologische Grundvorgänge und die Phasenstruktur technologischer Prozesse" sowie „Einführung in die technische ‚Ontogenese' und ‚Phylogenese'" an. Das Angebot wurde nicht angenommen.

---

[2] Vgl. näher http://web.hs-merseburg.de/~martin/Allg Technologie/.

Bibliographie

Apelojg, Benjamin (2016): *Bericht über das Symposium „Technologie und nachhaltige Entwicklung“*. https://leibnizsozietaet.de/bericht-ueber-das-symposium-technologie-und-nachhaltigeentwicklung/.

Banse, Gerhard (2008a): „Allgemeine Technologie – verallgemeinertes Fachwissen und konkretisiertes Orientierungswissen“. *Leibniz intern. Mitteilungen der Leibniz-Sozietät* 38 (09. Februar), 13.

Banse, Gerhard (2008b): „Die Bedeutung der Allgemeinen Technologie aus Sicht der Technikphilosophie“. *Allgemeine Technologie und Technische Bildung*, hrsg. von Elke Hartmann/Walter E. Theuerkauf. Frankfurt am Main u.a.O.: Peter Lang. Internationaler Verlag der Wissenschaften, 35-48.

Banse, Gerhard (2011): „Ambivalenzen von Technologien – Chancen, Gefahren, Missbrauch. 4. Symposium des Arbeitskreises Allgemeine Technologie“. *Leibniz intern. Mitteilungen der Leibniz-Sozietät* 50 (01. März), 14.

Banse, Gerhard (2021): „Die Verbindung ‚wahrer Grundsätze‘ und ‚zuverlässiger Erfahrungen‘. Zur Möglichkeit und Wirklichkeit von Allgemeiner Technologie nach Johann Beckmann“. *Einblicke in Ergebnisse Interdisziplinärer Arbeit – Kreative Tätigkeiten im Fokus des LIFIS* –, hrsg. von Gerhard Banse/Werner Regen/Frieder Sieber. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag, 29–52 (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 69).

Banse, Gerhard/Mertzsch, Norbert (2018): *Symposium Von der Idee zur Technologie – Kreativität im Blickpunkt – Bericht*. https://leibnizsozietaet.de/symposium-von-der-idee-zur-technologie-kreativitaet-im-blickpunkt-bericht/.

Banse, Gerhard/Mertzsch, Norbert (Hrsg.) (2019): *Von der Idee zur Technologie – Kreativität im Blickpunkt*. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 138).

Banse, Gerhard/Mertzsch, Norbert (2020): *Symposium „Lebenszyklusanalysen. Stationen im Lebenszyklus von Technologien und Aspekte ihrer Bewertung“* – Bericht. https://leibnizsozietaet.de/symposium-lebenszyklusanalysen-stationen-im-lebenszyklus-von-technologien-und-aspekte-ihrer-bewertung-bericht/.

Banse, Gerhard/Mertzsch, Norbert (2021a): „Lebenszyklusanalysen. Stationen im Lebenszyklus von Technologien und Aspekte ihrer Bewertung“. *Ingenieur-Nachrichten. Zeitschrift für Wirtschaft, Wissenschaft*

und Technik 29 (1), 23

Banse, Gerhard/Mertzsch, Norbert (Hrsg.) (2021b): *Lebenszyklusanalysen. Stationen im Lebenszyklus von Technologien und Aspekte ihrer Bewertung*. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 146).

Banse, Gerhard/Mertzsch, Norbert (2022): *Symposium „Allgemeine Technologie – eine Bestandsaufnahme" – Bericht*. https://leibnizsozietaet.de/symposium-allgemeine-technologie-eine-bestandsaufnahme-bericht/#more-25558.

Banse, Gerhard/Mertzsch, Norbert (Hrsg.) (2023): *Allgemeine Technologie – eine Bestandsaufnahme*. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 156 – dieser Band).

Banse, Gerhard/Reher, Ernst-Otto (Hrsg.) (2001a): *Allgemeine Technologie – Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft*. Berlin: trafo Verlag (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät 50 (7)).

Banse, Gerhard/Reher, Ernst-Otto (2001b): „Symposium der Leibniz-Sozietät ‚Allgemeine Technologie'". *Leibniz intern. Mitteilungen der Leibniz-Sozietät* 10 (1. Dezember), 3.

Banse, Gerhard/Reher, Ernst-Otto (2002): „Symposium ‚Allgemeine Technologie – Vergangenheit und Gegenwart' (Tagungsbericht)". *TATuP. Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis* 11 (1), 141–143.

Banse, Gerhard/Reher, Ernst-Otto (2004a): „Fortschritte bei der Herausbildung der Allgemeinen Technologie. Symposium der Leibniz-Sozietät am 14. Mai 2004 in Berlin (Bericht)". *Leibniz intern. Mitteilungen der Leibniz-Sozietät* 23 (20. Juni), 10–11.

Banse, Gerhard/Reher, Ernst-Otto (Hrsg.) (2004b): *Fortschritte bei der Herausbildung der Allgemeinen Technologie*. Berlin: trafo Verlag (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät 75).

Banse, Gerhard/Reher, Ernst-Otto (2004c): „Symposium ‚Fortschritte bei der Herausbildung der Allgemeinen Technologie' (Bericht)". *TATuP. Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis* 13 (2), 130–132.

Banse, Gerhard/Reher, Ernst-Otto (2007a): „200. Jahrestag ‚Entwurf der Algemeinen Technologie' von Johann Beckmann. Wissenschaftliche Information in der Plenarsitzung der Leibniz-Sozietät am 14. Dezember 2006". *Leibniz intern. Mitteilungen der Leibniz-Sozietät* 34 (10. März), 9.

Banse, Gerhard/Reher, Ernst-Otto (2007b): „Zum 200. Jahrestag des

‚Entwurfs der Algemeinen Technologie‘ von Johann Beckmann“. *Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften* 92, 151–164.

Banse, Gerhard/Reher, Ernst-Otto (Hrsg.) (2008): *Allgemeine Technologie – verallgemeinertes Fachwissen und konkretisiertes Orientierungswissen zur Technologie*. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 99).

Banse, Gerhard/Reher, Ernst-Otto (Hrsg.) (2011): *Ambivalenzen von Technologien*. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 112).

Banse, Gerhard/Reher, Ernst-Otto (Hrsg.) (2013): *Technik – Sicherheit – Techniksicherheit*. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 116).

Banse, Gerhard/Reher, Ernst-Otto (Hrsg.) (2014): *Beiträge zur Allgemeinen Technologie*. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 36).

Banse, Gerhard/Reher, Ernst-Otto (2015a): *Arbeitskreis „Allgemeine Technologie“: Jahresrückblick 2014*. https://leibnizsozietaet.de/arbeitskreis-allgemeine-technologie-jahresrueckblick-2014/.

Banse, Gerhard/Reher, Ernst-Otto (Hrsg.) (2015): *Technologiewandel in der Wissensgesellschaft – qualitative und quantitative Veränderungen –*. Berlin (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 122).

Banse, Gerhard/Reher, Ernst-Otto (Hrsg.) (2017): *Technologie und nachhaltige Entwicklung. Ehrenkolloquium anlässlich des 80. Geburtstages von Ernst-Otto Reher*. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 130).

Krug, Klaus (2010): „Beiträge zur ‚Allgemeinen Technologie‘. Rezension“. *TATuP. Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis* 19 (2), 96–100.

Meier, Bernd (2014): *Rezension zum Band 36 der Abhandlungen der Leibniz-Sozietät*. https://leibnizsozietaet.de/rezension-zum-band-36-der-abhandlungen-der-leibniz-sozietaet/.

Miethig, Rudolf (2016): „Zukunft der Wärmeversorgung“. *Wirtschaft + Markt. Das Ostdeutsche Unternehmermagazin* (1), 61.

NN (2018): „Arbeitskreis ‚Allgemeine Technologie‘“. *25 Jahre Leibniz-Sozietät – Vielfalt des wissenschaftlichen Lebens 1993 bis 2018. Beiträge und Materialien*, hrsg. von Gerhard Banse/Wolfgang Küttler/Heinz-Jürgen Rothe. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag, 51–63 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 137).

Reher, Ernst-Otto (2005): „Betrachtungen zur Konzeptualisierung der Allgemeinen Technikwissenschaft, ergänzt durch das Beispiel der Kunststofftechnologie". *Erdacht, gemacht und in die Welt gestellt. Technik-Konzeptionen zwischen Risiko und Utopie*, hrsg. von Hans-Joachim Petsche/Monika Bartíková/Andrzej Kiepas. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag, 49–66.

Reher, Ernst-Otto (2016): „Allgemeintechnologische Erkundungen mit Gerhard Banse". *Zeiten & Spuren – Wege. Begegnungen. Rückblicke*, hrsg. von Bärbel Banse/Armin Jähne. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag, 205–210 (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 43).

Reher, Ernst-Otto/Banse, Gerhard (2013): „Symposium Techniksicherheit (1). Tagung des Arbeitskreises Allgemeine Technologie". *Leibniz intern. Mitteilungen der Leibniz-Sozietät* 58B (24. Januar), 5.

Stanke, Klaus (2018): *Kurzbericht zum Symposium „Von der Idee zur Technologie Kreativität im Blickpunkt"*. http://www.kreativität-techniken.de/index-Dateien/Page788.htm.

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *156 (2023), 261–268*

Verzeichnis der Autorinnen und Autoren[1]

Dietrich Balzer, Jahrgang 1941, Professor Dr.-Ing. habil., MLS
1961 Abitur in Brandenburg. 1961 bis 1965 Studium der Elektrotechnik und Automatisierungstechnik am Leningrader Technologischen Institut (Dipl.-Ing.); ab 1968 Promotionsstudium in Leningrad, 1969 Promotion zum Dr.-Ing.; 1976 Habilitation in Leipzig; leitende Tätigkeiten in der Entwicklung und im Vertrieb (Petrochemisches Kombinat Schwedt, Westinghouse Frankfurt am Main, ELPRO Berlin, AUCOTEAM Berlin); Prorektor und Rektor der Technischen Hochschule Leipzig, Inhaber des Lehrstuhls für Prozessrechentechnik. Seit 2006 MLS und seit 2007 Mitglied und später Vorstandsmitglied des Leibniz-Instituts für interdisziplinäre Studie (LIFIS)
ludmila.balzer@prosysgmbh.de

Gerhard Banse, Jahrgang 1946, Professor Dr. sc. phil. Professor e.h., MLS
Studium der Chemie, Biologie und Pädagogik an der Pädagogischen Hochschule Potsdam, danach Doktorand an der Sektion Philosophie der Humboldt-Universität zu Berlin (HUB); von 1974 bis 2011 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Philosophie der Akademie der Wissenschaften (AdW) der DDR, am Lehrstuhl Technikphilosophie der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus (BTUC), am Institut für Philosophie der Universität Potsdam, am Fraunhofer-Anwendungszentrum für Logistiksystemplanung und Informationssysteme Cottbus und am Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT),

[1] MLS: Mitglied der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften.

Campus Nord (ehemals Forschungszentrum Karlsruhe GmbH in der Helmholtz-Gemeinschaft). Von 1986 bis 1990 Vizepräsident der Urania – Gesellschaft zur Verbreitung wissenschaftlicher Kenntnisse, Berlin. 2011 bis 2014 Senior Researcher am ITAS/KIT und 2015 bis 2018 an der EA European Academy of Technology and Innovation Assessment Bad Neuenahr-Ahrweiler. 1974 Promotion zum Dr. phil. (HU Berlin), 1981 Habilitation zum Dr. sc. phil. (AdW der DDR) – jeweils mit technikphilosophischen Themen, 1988 Ernennung zum Professor für Philosophie an der AdW der DDR, 2000 Bestellung zum Honorarprofessor für Allgemeine Technikwissenschaft an der BTUC und Berufung zum Gastprofessor an der Humanwissenschaftlichen Fakultät der Matej-Bel-Universität Banská Bystrica (Slowakische Republik), 2011 Ernennung zum Professor e.h. (ehrenhalber) der Schlesischen Universität Katowice (Polen). Mitglied (seit 2002) bzw. Ehrenmitglied (seit 2019) des Leibniz-Instituts für interdisziplinäre Studien (LIFIS); Mitglied (seit 2000), Vizepräsident (2009 bis 2012) und Präsident (2012 bis 2019) der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin; Vorsitzender des Kuratoriums der Stiftung der Freunde der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften (seit 2019).
gerhard.banse@t-online.de / g.banse@leibnizsozietaet.de

Kerstin Becker, Jahrgang 1969, Dipl.-Ing.
1989 bis 1994 Studium an der Technischen Hochschule Zittau (Maschinenbau; Spezialisierung Kernenergietechnik/Umweltschutztechnik); 1996 bis 2007 Stadtwerke Zehdenick GmbH, Stabstelle Umweltschutz mit den Schwerpunkten Umweltmanagement und strategische Erweiterung der Geschäftsbereiche (Fernwärme, Gas- und Stromversorgung); 2007 bis 2019 Tätigkeit als beratende Ingenieurin bei tetra ingenieure GmbH Neuruppin, spezialisiert auf energiewirtschaftliche Grundsatzfragen mit den Arbeitsschwerpunkten Energiestrategien und -konzepte; seit 2019 selbständige Unternehmerin (Ingenieurbüro Deine Fernwärme) mit dem Schwerpunkt ingenieurtechnischer Dienstleistungen für Wärme- und Energieversorger; AGFW-Gutachter für Wärmenetze (Primärenergiefaktoren, CO2-Emissionen); seit 2023 Geschäftsführerin der Stiftung der Freunde der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften.
kerstin@deinefernwaerme.de

Björn Egbert, Jahrgang 1982, Professor Dr. paed., MLS
Im Fach der Wirtschaftswissenschaften und Wirtschaftspädagogik promovierter Mathematik- und Techniklehrer sowie seit 2019 Professor an der Universität Potsdam im Bereich der Lehrerbildung im Fach Sachunterricht mit technisch-naturwissenschaftlichem Schwerpunkt. Vor seiner Berufung an die Universität Potsdam war er Professor im Fach Wirtschaft – Technik – Haushalt und Soziales an der Technischen Universität Chemnitz (2017-2019) sowie vorab Vertreter der Professur für Wirtschaftswissenschaften und Wirtschaftspädagogik an der Pädagogischen Hochschule Freiburg. Seit 2016 einer der Leiter des International Network on Cultural Diversity and New Media und Mitherausgeber der zugehörigen Buchreihe e-Culture / Network on Cultural Diversity and New Media (Berlin). Seit 2018 MLS. Seine Forschungsschwerpunkte bestehen in den Bereichen der technischen, naturwissenschaftlichen und ökonomischen Bildung und ihren Didaktiken, in der Curriculum-Entwicklung sowie der Forschung zu Nutzungsmustern und kultureller Diversität, die im Zusammenhang mit Neuen bzw. digitalen Medien stehen.
egbert@bjoern-egbert.de / egbert@uni-potsdam.de

Elke Hartmann, Jahrgang 1943; Professorin Dr. paed. habil.
Lehrerstudium an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg in den Fächern Chemie und Polytechnik zur Lehrbefähigung an polytechnischen Oberschulen, Staatsexamen 1967; danach Unterrichtspraxis an einer Erweiterten Oberschule, einer Polytechnischen Oberschule und einer Fachschule.; ab 1972 wissenschaftliche Assistentin, wissenschaftliche Mitarbeiterin, Dozentin an der Sektion Polytechnik der Universität Halle mit Promotion (A) 1979 und Promotion (B) 1986; 1993 Berufung auf eine Professur Technikdidaktik und Umwelterziehung an der Universität Halle; wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiet der Allgemeinen Technologie beschäftigten sich mit technologischen Prinzipien von Stoffwandlungsprozessen, mit Prinzipien zur Ökologisierung von chemischen Produktionstechnologien, zur Systematisierung von Grundoperationen, zu Modellen der Bewertung von Produktionsprozessen sowie zu didaktischen Modellen in der Bildung für nachhaltige Entwicklung im Kontext von technischer Bildung. Seit 2010 Gründung und Entwicklung eines außerschulischen Lernortes für technische Bildung am Technischen Saline- und Halloren-Museum Halle (Saale.)
elke.hartmann@iw.uni-halle.de

Gerda Haßler, Jahrgang 1953, Professorin Dr. phil. habil., MLS
Studium der Romanistik und Slavistik an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg; 1974 Diplom; danach wissenschaftliche Assistentin an den Wissenschaftsbereichen Allgemeine Sprachwissenschaft und Slavistik. 1978 Promotion mit einer Arbeit zu Sprachtheorien der Aufklärung. Nach einem postgradualen Studium an der Lomonosov-Universität Moskau und dreijähriger Tätigkeit an der Pädagogischen Hochschule Zwickau ab 1982 B-Aspirantur an der Martin-Luther-Universität; 1984 Habilitation für allgemeine Sprachwissenschaft mit einer Arbeit zur Entwicklung des semantischen Wertbegriffs vom 18. bis zum 20. Jh.; 1985 Hochschuldozentin und Leiterin des Wissenschaftsbereichs Romanistik an der Universität Halle; 1992 Ruf auf einen Lehrstuhl für Romanistik / Sprachwissenschaft an der Technischen Universität Dresden; von 1993 bis 2020 Universitätsprofessorin für Linguistik und angewandte Sprachwissenschaft (Romanistik) an der Universität Potsdam; von 2001 bis 2006 Prorektorin ihrer Universität. Herausgeberin von 24 Sammelbänden und Autorin von sechs Monographien sowie von über 400 wissenschaftlichen Artikeln. Ihre Forschungsschwerpunkte sind funktionale Grammatik und Pragmatik der romanischen Sprachen, Geschichte der Sprachwissenschaft und des Sprachbewusstseins vom 17. Jh. bis zur Gegenwart, Diskurstraditionen und ihre Ausprägung in Kollokationen und Begriffsformationen. Mitglied (seit 2018) und Präsidentin (seit 2021) der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin.
gerda.hassler@uni-potsdam.de / g.hassler@leibnizsozietaet.de

Ernst-Peter Jeremias, Jahrgang 1953, Dr.-Ing., MLS
1972 Berufsausbildung mit Abitur bei Bergmann Borsig, Görlitzer Maschinenbau; 1972 bis 1976 Studium Kraftwerksanlagen und Energieumwandlung (Ingenieurhochschule Zittau), Abschluss als Hochschulingenieur (1975); 1976 Diplomingenieur; 1976 bis 1980 Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter für Reaktorwärmetechnik im KKW Rheinsberg; 1980 bis 1991 Tätigkeit als Gruppenleiter für Reaktorwärmetechnik im KKW Rheinsberg; 1988 Promotion zum Dr.-Ing. (Akademie der Wissenschaften der DDR, Kernforschungszentrum Rossendorf); 1991 bis 1994 entec Planungsgesellschaft GbR (Geschäftsführender Gesellschafter); 1994 bis 2018 tetra ingenieure GmbH – Planungs- und Beratungsgesellschaft für Energie- & Umwelttechnik und Gebäude- & Versorgungstechnik (Geschäftsführender Gesellschafter;

www.tetra-ingenieure.de); seit 01.11.2018 Gesellschafter tetra ingenieure GmbH und tätig als selbständiger Senior Consultant auf dem aktuellen Fachgebieten Sektorenkopplung, Elektromobilität und Einkommensenergien; seit 2020 Freiberuflicher Dozent zum Themenkomplex „Elektromobilität und Infrastruktur"; Mitglied (seit 2019) und stellvertretender Sekretar der Klasse für Naturwissenschaften und Technikwissenschaften (seit 2022) der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin.
jer18dot@yahoo.com

Bernd Meier, Jahrgang 1951, Professor Dr. paed. habil., MLS
Seine Qualifikationen erwarb er vor allem an der Pädagogischen Hochschule Potsdam (Diplomlehrer, Dr. paed., Dr. sc. paed.). Er begann seine berufliche Entwicklung als Lehrer für Polytechnik, arbeitete nach seiner Promotion zwei Jahre im Ministerium für Volksbildung der DDR, um dann wieder an die Pädagogische Hochschule Potsdam – die spätere Universität Potsdam – zurückzukehren. Seit 1991 war er in verschiedenen Führungspositionen in der Humanwissenschaftlichen Fakultät aktiv, wo er 1997 zum Professor für Arbeitslehre berufen wurde. Von 2008 bis 2017 war er als Professor für Technologie und berufliche Orientierung an der Fakultät für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften tätig. Sein besonderes Interesse widmet er Prozessen der Lehrerbildung und Curriculumentwicklung. Bernd Meier hat als Bildungsberater in vielen Ländern gearbeitet, darunter Deutschland, Vietnam, Polen, Russland und Tadschikistan. Er ist Herausgeber und Mitautor von mehr als 50 deutschen Schulbüchern und Lehrerhandbüchern sowie von Lehrbüchern für die Lehrerbildung in Vietnamesisch, Russisch, Polnisch und in Tadschikisch. Mitglied (seit 2010), Sprecher des Arbeitskreises Pädagogik (von 2014 bis 2017 und seit 2019) und Vizepräsident (2016 bis 2019) der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin; seit 2019 Mitglied des Kuratoriums der Stiftung der Freunde der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften.
meierbe@uni-potsdam.de

Martin Mertens, Jahrgang 1955, Dipl.-Ing., Berufspädagoge
Aufgewachsen in Westfalen, Physikingenieur und Berufspädagoge; Mitbegründer (1982) von BuntStift in Kassel und deren Kasseler Produktionsschule (1992); seit 2010 Vorsitzender des Bundesverbandes Produktionsschulen e.V.; derzeit beschäftigt mit den Arbeitsbereichen

Modellprojekte, Strategieplanung, Marketing der Idee Produktionsschule, Weiterentwicklung der Produktionsschulen und der Weiterbildungsreihe für Werkstattpädagog*innen.
m.mertens@bv-produktionsschulen.de

Norbert Mertzsch, Jahrgang 1950, Dr. rer. nat., MLS
Lehre als Elektromontageschlosser im Reichsbahnausbesserungswerk Potsdam; 1968 bis 1972 Studium der Chemie (Technische Hochschule für Chemie „Carl Schorlemmer"), Abschluss als Diplom-Chemiker; 1972 bis 1985 Tätigkeit im VEB Stickstoffwerk Piesteritz; 1976 Fachchemiker für Analytik und Spektroskopie (Karl-Marx-Universität Leipzig); 1984 Promotion (Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg); 1985 bis 2013 Tätigkeit im Kernkraftwerk Rheinsberg; seither Rentner und bis 2019 Freier Mitarbeiter der Firma tetra ingenieure GmbH in Neuruppin. Seit 2018 MLS; Mitglied des Vereins Brandenburgischer Ingenieure und Wirtschaftler (VBIW), hier: Vorsitzender des Vereins und Leiter des Regionalvereins Nordwestbrandenburg sowie Leiter des Arbeitskreises Umweltschutz / Erneuerbare Energien (bis zur Auflösung des Vereins Ende 2022). Mitglied der Brandenburgischen Ingenieurkammer; seit 2019 Stellvertretender Vorsitzender des Kuratoriums der Stiftung der Freunde der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften.
mertzsch@t-online.de

Dirk Plickat, Jahrgang 1959, Professor Dr. phil., MLS
Berufsausbildung Holzbau/Zimmerei, Rettungsdienst, individuelles studium generale, pädagogische Praxis in Benachteiligten-Förderung und Schuldienst, Hochschullehrer (auch im Ausland) mit den Forschungs- und Lehrfeldern Didaktik der Arbeitslehre und Technik, des Sachunterrichts, Soziale Prävention und Intervention, Technische Gestaltung, Hilfen für Bildung und Beschäftigung.
d.plickat@ostfalia.de

Werner Regen, Jahrgang 1954, Professor Dr. habil. Dr. oec. Dr. h.c., MLS
Promovierter (Akademie der Wissenschaften der Ukraine) und habilitierter (Staatl. Architektur- und Bau-Universität St. Petersburg, Russland) Volkswirt; über 38 Jahre Erfahrung als TOP-Manager in unterschiedlichen Branchen sowie als Hochschullehrer (St. Petersburger Staatliche Architektur- und Bauuniversität, Höhere Schule für Wirtschaft, Moskau, Hochschule für Völkerfreundschaft in Moskau). 2002

NLP-Trainer und Coach, 2005 Lehrtrainer DVNLP e.V., 2007 Wingwave Coach und Trainer, 2010 Lehrtrainer und Coach European Coaching Association e.V., 2009 Gründung der „Deutschen Schule für Coaching und Mediation" als Zentrum für alternative Konfliktbewältigung, Kommunikation, Coaching, Kurzzeit-Therapien und Mediation in St. Petersburg. Ausländisches Mitglied der Russischen Akademie der Wissenschaften für Architektur und Bauwesen (2007) und Ordentliches Mitglied der Petrovsker Akademie für Kunst und Wissenschaften (2006); Verdienter Bauarbeiter Russlands; seit 2018 MLS; seit 2021 Vorsitzender des Vorstands des Leibniz-Instituts für interdisziplinäre Studien (LIFIS).
dr.regen@googlemail.com / werner.regen@leibniz-institut.de

Christian Schlossnickel, Jahrgang 1981, M. Ed.
Studierte nach einer Ausbildung zum Kfz-Mechaniker an der Universität Bamberg, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg und der Universität Potsdam Geografie, Geschichte, Wirtschaftswissenschaften und Wirtschaft-Arbeit-Technik. Er ist seit 2015 im Sachunterricht an der Universität Potsdam und seit 2016 am Babelsberger Filmgymnasium wie auch der Neuen Gesamtschule Babelsberg tätig.
christian.schlossnickel@uni-potsdam.de

Frieder Sieber, Jahrgang 1943, Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. mult., MLS
Studierte an der Technischen Universität Dresden, an der er später promovierte, Bauingenieurwesen/Wasserwirtschaft und arbeitete nach dem Studium als Entwurfsingenieur, Bau- und Entwicklungsleiter sowie ab 1985 als Kombinatsdirektor in bedeutenden Unternehmen. 1990 bis 1991 arbeitete er als Geschäftsführer bei Züblin AG und begründete danach eine selbstständige Unternehmensgruppe für Bau, Planung sowie Ausbildung und dozierte an verschiedenen Hochschulen. Mitte der 1990er Jahre habilitierte er an der Universität für Architektur und Bauwesen St. Petersburg, von der er bereits 1993 den Ehrendoktortitel für sein nationales und internationales Engagement erhielt. 1997 bis 2007 Honorarprofessuren in Sofia und Moskau, beide Bauuniversitäten verliehen ihm die Ehrendoktorwürde (Dr. h.c.). Als ehemaliger langjähriger Präsident des Sächsischen Bauindustrieverbandes und Verfasser wichtiger Grundlagen- und Hochschulliteratur ist er heute ein national und international gefragter Dozent auf dem Gebiet des Bauwesens, u.a.

in Berlin, Sofia, St. Petersburg, Moskau, USA und China. Seit 2009 Mitglied der Leibniz-Sozietät, von 2015 bis 2021 Vorsitzender des Vorstands des Leibniz-Instituts für interdisziplinäre Studien (LIFIS), seit 2021 Mitglied des Kuratoriums der Stiftung der Freunde der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften; Mitglied verschiedener internationaler Akademien.
dr.f.sieber@web.de

Katja Dorothée Würfl, Jahrgang 1993, M. Ed.
Studierte an der Humboldt-Universität zu Berlin den Bachelor of Science in den Fächern Biologie und Chemie sowie anschließend den Master of Education in den genannten Fächern für die Schulformen Gymnasium und integrierte Sekundarschule. Nach dem Studium arbeitete sie an einem brandenburger Gymnasium als Fachlehrkraft und wechselte 2019 als akademische Mitarbeiterin an die Universität Potsdam in den Lehrstuhl Grundschulpädagogik Sachunterricht mit technisch-naturwissenschaftlichem Schwerpunkt, wo sie derzeit ihre Doktorarbeit schreibt.
katja.wuerfl@uni-potsdam.de / katja@ethergeist.de

Abhandlungen der Leibniz-Sozietät, Band 70

Banse, Gerhard
Technik – Technologie – Technikwissenschaften. Beiträge zur Technikphilosophie

2021, 486 S., zahlr. Tab. u. Abb., ISBN 978-3-86464-233-3, 44,80 EUR

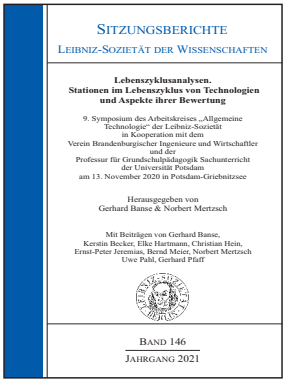
Ausführliche Informationen unter:
http://www.trafoberlin.de/978-3-86464-223-3.html

Über Technik wurde zu allen Zeiten – wenn auch in unterschiedlich starkem Maße – philosophisch reflektiert, denn: Technikphilosophie war und ist herausgefordert, den sich verändernden technischen „Kontexten“ zu entsprechen. Unter „Technikphilosophie“ werden hier all jene kognitiven, methodologischen und normativen Überlegungen subsumiert, die sich auf Technik, technisches Handeln, Technikwissenschaften, technische Entwicklung und die Beziehungen zwischen Technik und Gesellschaft beziehen. Der spezifische Anspruch ist mit Stichworten wie Welterklärung, Lebens- und Entscheidungshilfe sowie Orientierungswissen verbunden, was sich sowohl auf die Voraussetzungen und die Nutzung als auch auf die Folgen und Wirkungen technischer und technikwissenschaftlicher Entwicklungen bezieht.
Die in diesem Band vereinten Überlegungen verstehen sich als angemessener Beitrag zu den vorstehend genannten Herausforderungen. Sie sind in den zurückliegenden gut zwei Jahrzehnten insbesondere im Zusammenhang mit Aktivitäten (Vorträge und Projekte) innerhalb der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin und im Rahmen des International Network on Cultural Diversity and New Media (CultMedia) entstanden und publiziert worden. Beide Institutionen boten (und bieten!) stets Gelegenheiten, konzeptionelle technikphilosophische Denkansätze vorzustellen, zu diskutieren und weiterzuführen. Ausgewählt wurden 22 Beiträge, die den Schwerpunkten

- Technik und Technikwissenschaften,
- Allgemeine Technologie,
- Technik und Kultur,
- Neue Medien und kulturelle Diversität sowie
- Risiko und (Un-)Sicherheit

zugeordnet wurden. Jede der fünf Gruppen enthält mindestens eine Grundidee als Beitrag zut weiteren konzeptionellen Grundlegung der Technikphilosophie. Diese wird sowohl entfaltet als auch aufgegriffen und weiterentwickelt, variiert oder auf andere Bereiche übertragen bzw. in andere Zusammenhänge gestellt: So lässt sich auch die „Ideen-“ oder „Konzept-Genese“ bzw. „-Transformation“ nachvollziehen.

Bestellung über jede gute Buchhandlung oder direkt beim Verlag:
trafo Verlagsgruppe, Finkenstraße 8, 12621 Berlin
Mail: info@trafoberlin.de Tel.: 030/612 99 418
http://www.trafoberlin.de/reihe_leibniz.html



Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät
Band 146 (2021)

Gerhard Banse und Norbert Mertzsch (Hg.)
Lebenszyklusanalyse. Stationen im Lebenszyklus von Technologien und Aspekte ihrer Bewertung. 9. Symposium des Arbeitskreises „Allgemeine Technologie“ der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin (LS) am 13. November 2020 in Potsdam-Griebnitzsee
2021, 146 S., ISBN 978-3-86464-223-4, 16,80 EUR

Ausführliche Informationen unter:
http://www.trafoberlin.de/978-3-86464-223-4.html

Der vorliegende Band enthält Beiträge des 9. Symposiums des Arbeitskreises „Allgemeine Technologie“ der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin. Der Arbeitskreis veranstaltete seit 2001 bislang acht Symposien, die in nachfolgenden „Protokollen“ in den „Sitzungsberichten der Leibniz-Sozietät“ veröffentlicht wurden.
Im Mittelpunkt stand diesmal die systematische Betrachtung aller Phasen des Lebenszyklus („From cradle to grave“) von Technologien und technischen Sachsystemen („Artefakte“). Zur Lebenszyklusanalyse gehören die Einbeziehung und Bewertung sämtlicher ökonomischer, sozialer, ökologischer, kultureller und weiterer Wirkungen während der Produktion (Herstellung), der Nutzungsphase und der Stilllegung bzw. Entsorgung („Auflösung“) eines technischen Sachsystems sowie der damit verbundenen vor- und nachgeschalteten Prozesse. Zu den Umweltwirkungen zählen sämtliche umweltrelevanten Entnahmen aus der Umwelt sowie die Emissionen in die Umwelt (Umwelt als Quelle und Senke). Dass diese Bewertungen schwierig, aber unverzichtbar sind, machen die Beiträge deutlich.
Ziel des 9. Symposium waren die technischen Sachsysteme selbst, also die „technische Ontogenese“ und ihre Phasen – die Untersuchung der Lebensläufe von Technologien und der zugehörigen Artefakte unter dem Blickpunkt der Allgemeingültigkeit (bezogen insbesondere auf technische, ökonomische, ökologische, rechtliche, soziale und humane Aspekte) zu betrachten. Dazu gehören vor allem:
– die Herstellungsphase: Ressourcenbereitstellung und -verbrauch, Energieverbrauch, Toxizität, Raum- und Gebäudebedarf, Transportbedarf (Entfernungen);
– die Nutzungsphase: Energieverbrauch, Nutzungsdauer und -muster, direkte und indirekte Induktions- sowie Rebound-Effekte;
– die „Auflösungsphase“ (Zerlegung, Recycling, Deponierung): Transport-, Energie-, Platzaufwand, Toxizität, Nachnutzung des Standorts.

Bestellung über jede gute Buchhandlung oder direkt beim Verlag:
trafo Verlagsgruppe, Finkenstraße 8, 12621 Berlin
Mail: info@trafoberlin.de Tel.: 030/612 99 418
http://www.trafoberlin.de/reihe_leibniz.html