

Gerhard Banse, Ernst-Otto Reher †

## Einführung

*Nachdem alle Arbeiten an diesem „Sitzungsbericht“ Anfang November durch die beiden Herausgeber abgeschlossen worden waren und nun die Druckvorlage erstellt werden sollte, erhielt ich die mich sehr traurig machende Nachricht, dass mein langjähriger Freund, Ko-Autor und Ko-Herausgeber Ernst-Otto Reher, seit der Gründung des Arbeitskreises „Allgemeine Technologie“ der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin im Jahre 2001 deren Ko-Vorsitzender, am 18. November verstorben ist. – Es ist wohl in seinem Sinne, wenn die restlichen Arbeiten nun von mir übernommen werden und dieser „Sitzungsbericht“ als sein Vermächtnis angesehen wird.*

*Gerhard Banse*

Der vorliegende Band der „Sitzungsberichte“ enthält die Beiträge des 7. Symposiums des Arbeitskreises „Allgemeine Technologie“ der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin, das am 13. Mai 2016 in Berlin stattfand. Dieser Arbeitskreis, gegründet am 12. Oktober 2001, hatte in Kooperation mit dem Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse des Forschungszentrums Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft (jetzt: Karlsruher Institut für Technologie), hatte bislang folgende Symposien zur Allgemeinen Technologie durchgeführt:

- Allgemeine Technologie – Vergangenheit und Gegenwart (2001);
- Fortschritte bei der Herausbildung der Allgemeinen Technologie (2004);
- Allgemeine Technologie – verallgemeinertes Fachwissen und konkretisiertes Orientierungswissen zur Technologie (2007);
- Ambivalenzen von Technologien – Chancen, Gefahren, Missbrauch (2010);
- Technik – Sicherheit – Techniksicherheit (2012);
- Technologiewandel in der Wissensgesellschaft – qualitative und quantitative Veränderungen – (2014).<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Die Ergebnisse dieser Symposien wurden in den Bänden 50, 75, 99, 112, 116 und 122 der „Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät“ veröffentlicht.

Gegenstand des siebenten Symposiums war der Zusammenhang von technologischer und nachhaltiger Entwicklung. Mit „nachhaltiger Entwicklung“ wird eine Entwicklung bezeichnet, in der die Bedürfnisse heutiger Generationen befriedigt werden, ohne die Befriedigung der Bedürfnisse kommender Generationen zu gefährden, d.h. zu riskieren, dass diese ihre eigenen Bedürfnisse nicht (ausreichend) befriedigen können – wie es sinngemäß bereits im Jahr 1987 im sogenannten Brundtland-Bericht, dem programmatischen Dokument für eine Entwicklung in Richtung mehr Nachhaltigkeit, hieß. Dieses Leitbild hält mit seinen sozialen, ökonomischen, technischen, ökologischen und institutionell-politischen Komponenten die fundamentalen Überlebens- und Entwicklungsbedingungen sowohl dieser als auch der zukünftigen Gesellschaft durchgängig präsent. Nachhaltige Entwicklung kann als regulatorische Idee für die Gestaltung der natürlichen Existenz- und Entwicklungsbedingungen heutiger wie kommender Generationen verstanden werden.

Angesichts der Bedeutung des Technischen für gesellschaftlichen Wandel ist Nachhaltigkeit deshalb auch im Zusammenhang mit 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. Über die individuelle Verwirklichung der Nachhaltigkeitspotenziale von Technik entscheidet sodann zusätzlich eine Kombination aus Technikgebrauch, Lebensstil und Konsumverhalten. Somit schließt nachhaltige Entwicklung auch den breiten Dialog über Gestaltungsziele, über Visionen einer zukünftigen Gesellschaft, über Wünschbarkeit, Akzeptabilität und Zumutbarkeit technischer Entwicklungen ein. Das aber setzt auch Wissen voraus, vor allem über Ursache-Wirkungs- und Zweck-Mittel-Beziehungen, über Folgen technisch instrumentierten Verhaltens sowie über ökologische, soziale u.a. Effekte der Techniknutzung.

Abbildung 1 zeigt ein Schema, nach dem alle Produkt- und/oder Vorgangstechnologien einer Analyse unterzogen werden können. Damit sind dann Rückwirkungen auf die entsprechende technologische Lösung möglich, um eine Optimierung des Nachhaltigkeitsgrades bewirken zu können. Das betrifft alle drei Dimensionen. Das „Prinzip Nachhaltigkeit“ kann so sowohl als „Korrektur“ traditioneller Technologien als auch als „Motor“ für veränderte technologische Möglichkeiten bis hin zu neuartigen Technologien wirken.

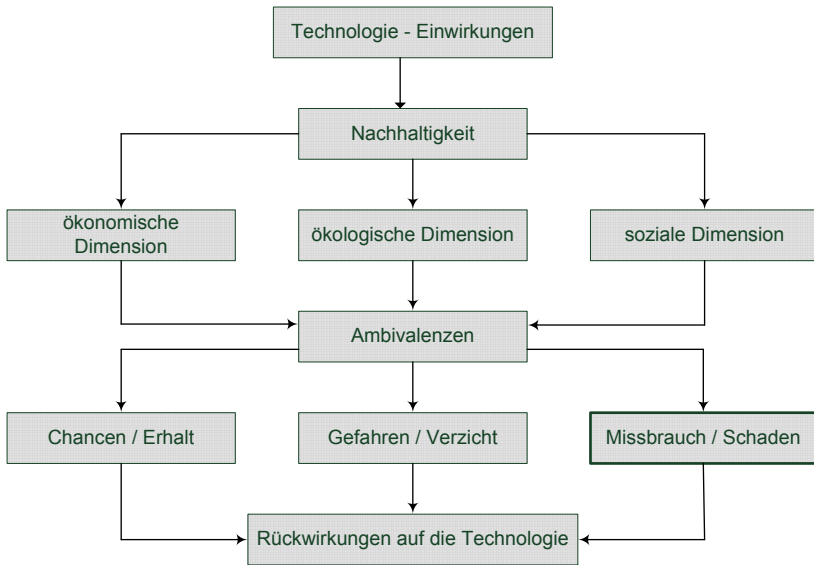


Abb. 1: Schema zur Nachhaltigkeits-Analyse von Technologien

Eigene Darstellung

Mit den drei (Haupt-)Komponenten nachhaltiger Entwicklung, dem Ökonomischen, dem Ökologischen und dem Sozialen, lässt sich ein weiteres Schema entwickeln, das als „Nachhaltigkeitsdreieck“ bezeichnet sei. Der Zustand aus heutiger Sicht kann dann wie in Abbildung 2 gekennzeichnet werden.

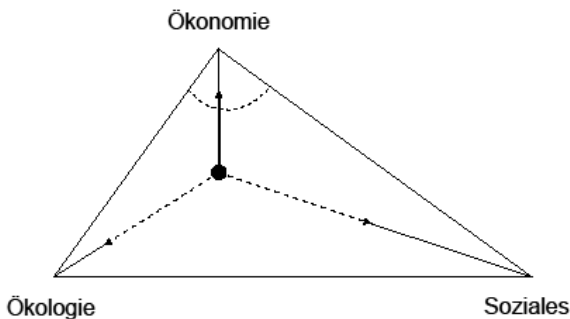


Abb. 2: Nachhaltigkeitsdreieck

Eigene Darstellung

Der Dreiecksschwerpunkt liegt heute immer noch in dem gestrichelten Bereich der „Ökonomie“. Er verschiebt sich nur durch öffentlichen Druck in Richtung „Ökologie“. Und in Richtung „Soziales“ bewegt er sich nur durch den Druck der Zivilgesellschaft und der Gewerkschaften. Es wird noch lange dauern, bis der Dreiecksschwerpunkt tatsächlich im Zentrum liegen wird und alle drei Dimensionen gleichwertig Berücksichtigung finden werden. Es gilt, diesen Vorgang der „Schwerpunktverschiebung“ zu beschleunigen.

Diese und weitere Facetten des Zusammenhangs zwischen nachhaltiger Entwicklung und Technikentwicklung waren Gegenstand des 7. Symposiums und sind inhaltliche Anknüpfungspunkt der Beiträge in diesem Band.

Mit dem Symposium wurde zugleich das Wirken des langjährigen Kovorsitzenden des Arbeitskreises Allgemeine Technologie der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Herrn *Ernst-Otto-Reher*, anlässlich seines 80. Geburtstages geehrt. Deshalb enthält die „Eröffnung“ des Symposiums durch den Präsidenten der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften auch eine umfassende Würdigung des Jubilars.

\*\*\*

Mit „Technologie und nachhaltige Entwicklung“ wird von *Gerhard Banse* und *Ernst-Otto Reher* überblicksartig in die Thematik des Symposiums eingeführt. Angesichts der offensichtlichen Diskrepanz zwischen der gegenwärtigen, auf enormer Naturausbeutung und Umweltbelastung basierenden Lebensart eines Teils der Menschheit einerseits und den bereits heute absehbaren Erfordernissen für die Sicherung der Existenz- und Entwicklungsbedingungen künftiger Generationen andererseits sind Konzepte notwendig, die sowohl politisches wie wissenschaftliches, sowohl individuelles wie gesellschaftliches Handeln in seiner „Zukunftsfähigkeit“ orientieren und befördern können. Dabei fällt auf, dass in vielen dieser Nachhaltigkeitsüberlegungen Technik keine Erwähnung findet, dass zwar ökonomische, ökologische, soziale und politisch-administrative Zusammenhänge als relevant angesehen werden, nicht jedoch technische (mit einer Ausnahme, dem Verweisen auf die sogenannte Informations- und Kommunikationstechnik). Damit gewinnt die Einsicht (bzw. Frage), dass (bzw. ob) Technologien in der Regel per se weder nachhaltig noch nicht nachhaltig sind, eine wichtige Bedeutung: Für nachhaltige Effekte von Technik sind zwar die (internen) technischen Leistungsparameter bedeutsam, entscheidender ist zunächst jedoch die Art und Weise, wie Technik in der Gesellschaft eingesetzt und ge-

nutzt wird, in welche Kontexte sie integriert und welchen Zwecksetzungen sie untergeordnet ist. Im Beitrag geht es um das Potenzial technischer und technologischer Lösungen an bzw. für (mehr) Nachhaltigkeit (das unterschiedlich groß bzw. klein sein kann) sowie um die Bedingungen, unter denen sich dieses Potenzial realisieren lässt.

*Dietrich Balzer* geht dem Zusammenhang von „Automatisierung und Nachhaltigkeit technologischer Lösungen“ nach. Der heute viel und manchmal auch etwas oberflächlich verwendete Begriff der Nachhaltigkeit (Sustainability) hat einen direkten Bezug zur Automatisierung. Wenn wir von Nachhaltigkeit reden, müssen wir technische, ökonomische, ökologische und soziale Kriterien betrachten. Im Sinne der Nachhaltigkeit muss also eine polykriteriale Optimierungsaufgabe (Vektoroptimierung) gelöst werden. Es geht um die Bestimmung einer Pareto-Menge. Es liegt auf der Hand, dass die Automatisierung als Schlüssel zu nachhaltigen technologischen Prozessen angesehen werden kann. Unter dem technischen Kriterium verstehen wir die Einhaltung von Optimalitätsbedingungen bei der automatischen Prozessführung, -stabilisierung und -sicherung. Dabei geht es erstens um adaptive Lösungen unter Nutzung echtzeitfähiger Elemente der künstlichen Intelligenz und zweitens um die Wiederverwendbarkeit von Automatisierungslösungen. Unter dem ökonomischen Kriterium verstehen wir die Wettbewerbsfähigkeit, unter dem ökologischen Kriterium die Ressourceneffizienz und unter dem sozialen Kriterium die physiologischen und psychologischen Arbeitsbedingungen. Die Automatisierung verfügt als integrierende Wissenschaftsdisziplin über alle Voraussetzungen, um diese Polyoptimierungsaufgabe zu lösen. Die Beziehung zwischen Automatisierung und Nachhaltigkeit wird an Hand folgender Beispiele innovativer technologischer Lösungen erläutert: Gewinnung elektrischer Energie aus Abwärme im Niedertemperaturbereich, Energieautonomie von Wohn- und Gewerbegebieten durch Einsatz von virtuellen Kraftwerken sowie Nutzung von organischen Abfällen zur Erzeugung von Diesel durch pyrolysefreie katalytische drucklose Verölung.

Die „Resonanzpulsationstechnik für ressourcenschonende Prozesse in der Verfahrenstechnik“ nutzbar zu machen ist das Anliegen von *Johannes Briesovsky*. Die Resonanzpulsationstechnik ist einsetzbar in verfahrenstechnischen Prozessen mit festen oder fluiden Grenzschichten (Fluid-Fluid- und Fest-Fluid-Systemen). Dabei kommt es zu wesentlichen Verbesserungen der Prozessführung. Über einige Prozessverbesserungen wird berichtet. Ausführlich wird die Querstromfiltration von Bier behandelt. Dieser Prozess entstand mit der Entwicklung der Membrantechnik. Membranfiltration wird

zunehmend zu einer Alternative zur Kieselgurfiltration, die den Stand der Technik darstellt. Bei der Querstromfiltration ist eine wesentliche Aufgabe, die Deckschichtbildung auf der Feedseite zu verhindern oder zu vermindern. Dies wird üblicherweise durch eine Erhöhung der Überströmgeschwindigkeit des Unfiltrates an der Membran erreicht, was zu erhöhtem Energieeinsatz führt. Auf Grund der Erfahrungen mit pulsierenden Flüssigkeitssäulen bei der Foulingverminderung in Wärmeübertragern (Aufheizen von Deponiesickerwasser und Altöl) wurde die Bierfiltration mit der Resonanzpulsationstechnik (RPT) untersucht. Dabei wird die Fluidsäule zu Eigenschwingungen (Resonanz) im Infraschallfrequenzbereich erregt. Die Schwingungen führen zu einer Hin- und Herbewegung der Flüssigkeitsmasse an der Membranwand und damit zu einem ständigen Auf- und Abbau der Strömung (Einlaufströmung, Richardson-Effekt). Die Filtrationsversuche wurden in der Privatbrauerei Metzler in Dingsleben, Thüringen, durchgeführt, wobei mit Originalbier und mit Pulsationssystemen versehenen Filtrationsanlagen industrieller Größe gearbeitet wurde. Durch Einsatz der Pulsation konnten der Umlaufstrom stark reduziert und eine wesentliche Durchsatz-erhöhung des Filtrates über einen längeren Zeitraum als bei der dynamischen Filtration mit einer Umlaufpumpe erreicht werden.

*Kerstin Becker* und *Ernst-Peter Jeremias* geht es um „Nachhaltigkeitsaspekte einer zukunftssicheren Energieversorgung von Städten und Gemeinden“. Vor dem Hintergrund einer Erschöpfung der Vermögensenergien, der zunehmenden Verschärfung des Gegensatzes von Arm und Reich und der Notwendigkeit einer wirksamen, positiven Einflussnahme auf die Stabilisierung des Weltklimas ergeben sich neue Herausforderungen an die Versorgung der Menschen mit Nutzenergie. Die Industrienationen haben über Jahrzehnte einen hohen Energiebedarf entwickelt und sind trotz eingeleiteter Maßnahmen zur Energieeinsparung und -effizienz immer noch führend beim Einsatz von Energie für Verkehr, Heizung und Klimatisierung und industrieller Nutzung. Deutschland ist durchaus beispielgebend bei der politischen Einflussnahme auf die Ausprägung eines Energie- und Klimabewusstseins und bei konkreten Maßnahmen zur Begrenzung des Nutzenergieeinsatzes. Trotz des in Deutschland inzwischen verfügbaren Instrumentariums zur Beeinflussung von Energieverbrauch und -effizienz sind die Autoren der Meinung, dass diese Maßnahmen nicht ausreichend durchgreifend und effizient sind in Bezug auf die Bewältigung der anstehenden globalen Erfordernisse. Genannt werden soll an dieser Stelle die Nutzung von Einkommensenergien im Bereich der Stromerzeugung aus Wind und Sonne bei gleichzeitiger Vernachlässigung des Wärmesektors. Sehr umstritten ist ein Engagement der

Kommunen im Bereich der Wärmeversorgung, insbesondere dann, wenn die Wärmenutzenergie durch Nah- und Fernwärmenetze verteilt wird. Hier treten regelmäßig und oft antagonistische Auseinandersetzungen bezüglich des Monopolcharakters dieser Versorgungslösungen mit der Unterstellung überhöhter Versorgungspreise auf. Aus physikalischer Sicht wird diese Diskussion zusätzlich auch durch die Wärmeverluste dieser Versorgungsform genährt, die nicht als unrealistisch abgetan werden können. Wichtige Schlussfolgerungen aus dieser Diskussion können aus Sicht der Autoren wie folgt zusammengefasst werden:

- (1) Die zentrale Erzeugung und Verteilung von Wärmenutzenergie in Wärmenetzen sind für eine zukunftsorientierte, nachhaltige Energieversorgung unverzichtbar.
- (2) Die temporäre Umstellung auf dezentrale Vermögensenergien (Erdgas, Heizöl) in bestehenden zentralen Wärmeversorgungssystemen wird zum irreversiblen Verlust der zentralen Systeme führen.
- (3) Diese Entwicklung kann nur verhindert werden, wenn bei der ökonomischen, sozialen und ökologischen Bewertung der zentralen und dezentralen Systeme die Bilanzkreise einer derzeit eher regional abgegrenzten Betrachtung deutlich erweitert werden.

Der Beitrag beschäftigt sich in diesem Sinne mit den Möglichkeiten, Nah- und Fernwärmenetze in Deutschland wettbewerbsfähig im Sinne der vorstehenden Thesen zu halten bzw. zu machen.

„Nachhaltigkeit von Kunststoffverpackungen – von der Wiege bis zur Bahre“ ist der Gegenstand der Überlegungen von *Christian Kohlert*. Die Entscheidung für bestimmte Kunststoffverpackungen setzt sich zusammen aus der „Ökonomie“ (Kosten, Preis, Gewinn), den Eigenschaften (Barriere, Festigkeit) und der Nachhaltigkeit (Ökologie, Energie, CO<sub>2</sub>-Verbrauch). In entwickelten Industrieländern ist der Quotient von Preis/Eigenschaften konstant: hoher Preis für herausragende Eigenschaften und umgekehrt. Seit einigen Jahren setzt sich der Nachhaltigkeitsgedanke zusätzlich mehr und mehr durch. In Entwicklungsländern ist noch oft der ökonomische Aspekt überbetont. Auf Eigenschaften wird oft zu Gunsten des Preises verzichtet, Nachhaltigkeit wird den entwickelten Industrieländern überlassen. Inhalt des Beitrages ist eine Analyse von Nachhaltigkeitsgedanken am Beispiel von Kunststoffverpackungen. Dabei werden neuste Daten in ihrer historischen Entwicklung betrachtet und Unterschiede der amerikanischen und europäischen Nachhaltigkeitswerte dargestellt. Abschließend wird an prak-

tischen Beispielen ein Ökobilanztool zur Eigenbewertung nachhaltiger Verpackungsentscheidungen vorgestellt.

„Die Rolle der Nachhaltigkeit in der Konsumgüterproduktion, ihre Einschätzung und Kommunikation und Nutzung am Beispiel der Verpackungstechnik“ wird von *Marek Hauptmann* und *Jens-Peter Majschak* untersucht. Nachhaltigkeit begleitet mit zunehmendem Bevölkerungswachstum und zunehmender Intensivierung der Ressourcennutzung die Konsumgüterproduktion als kontinuierlich an Bedeutung gewinnender Entwicklungszweig. Die Verpackungstechnik ist als integrales Bindeglied in einer Vielzahl von Wertschöpfungsschritten von Konsumgütern präsent. Die Verpackung selbst lässt Wertschöpfungsketten entstehen, in denen die Notwendigkeit einer stringenten Umsetzung vor allem ökologischer Gesichtspunkte bei der Gestaltung von Produkten bzw. ihrer Verpackung häufig durch Negativerscheinungen wie z.B. Abfällen sichtbar wird. Die Umsetzung ökologischer Gesichtspunkte wird innerhalb der wettbewerbsdominierten und umsatzorientierten Konsumgüterproduktion nur gelingen, wenn diese mit wettbewerblichen Kriterien bzw. Marketingstrategien in Einklang gebracht werden können. Substantielle Grundlage dafür ist eine vollständige und transparente Kommunikation aller Aufwendungen in der Produktion des Produktes und seiner Verpackung. Der Beitrag fasst aktuelle gesellschaftlichen Entwicklungstendenzen und Konfliktpotenziale zusammen, erläutert Methoden zur Beurteilung von Aufwendungen in der Konsumgüterproduktion, erörtert deren Mehrwert und Grenzen in der Verpackungstechnik und gibt einen Überblick über etablierte Unternehmensstrategien beim Umgang mit dem Thema Nachhaltigkeit.

Der Gegenstand des Beitrages von *Norbert Mertzsch* und *Bernd Thomas* sind „Technologische Herausforderungen auf dem Weg zu einer nachhaltigen Energieversorgung“. In der Jahrtausende währenden Entwicklung der Menschheit konnte der Mensch seit dem Beginn des Gebrauchs des Feuers bis zur Mitte des 18. Jh.s im Wesentlichen nur auf Einkommensenergie zurückgreifen. Der Begriff der Nachhaltigkeit wurde erstmalig von Hans Carl von Carlowitz im Jahr 1713 im Sinne eines langfristig angelegten verantwortungsbewussten Umgangs mit der Ressource Holz verwendet. Der Nachhaltigkeitsbegriff auf die Energieversorgung angewendet kann nur bedeuten, dass die Vermögensenergien langfristig wieder durch Einkommensenergien abgelöst werden und diese bis dahin möglichst schonend genutzt werden. Um die Entwicklungsziele für die Energieversorgung im Rahmen der Klimapolitik Deutschlands bis 2050 zu erreichen, sind große technologische Herausforderungen zu meistern. Im Bereich der Energieeffizienz betrifft dies alle Bereiche von der Energiebereitstellung bis zur Verwendung.



Eine besondere Herausforderung ist dabei die Senkung des Heizenergieverbrauchs durch Wärmedämmmaßnahmen. Für den Bereich der Bereitstellung von Elektroenergie ist in den nächsten Jahren die größte Herausforderung neben dem Übergang von der Vermögensenergie zur Einkommensenergie die langfristige und sichere Speicherung großer Mengen Elektroenergie. Bei der Versorgung mit Wärmeenergie liegen die technologischen Herausforderungen vor allem in der großflächigen Einbindung der Solarthermie in Wärmenetze und in der langfristigen Speicherung von Wärme. Eine weitere große Herausforderung wird die effektive Nutzung der tiefen Geothermie werden. Der Verkehrsbereich steht vor der Herausforderung, trotz eines prognostizierten steigenden Verkehrsaufkommens durch den Übergang zu einkommensenergiebasierter Mobilität die beschlossenen Klimaschutzziele zu erreichen. Auf Grund der erzielbaren Wirkungsgrade werden voraussichtlich vorrangig die Energieträger Elektroenergie, Wasserstoff und Methan eine Perspektive besitzen. Die notwendige Reduzierung der Emissionen von Kohlenstoffdioxid bei der Bereitstellung von Energieträgern für Industrie und privaten Verbrauchern ist neben allen technologischen Herausforderungen aber vor allem eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe. Von der Politik gesetzte Rahmenbedingungen für diesen Wandel sind damit mitentscheidend für Erfolg oder Misserfolg von technischen und technologischen Entwicklungen.

„Ausgewählte innovative Effizienztechnologien auf Basis von Methan und Kohlenstoffdioxid“ sind die Thematik der Darlegungen von *Gerhard Öhlmann*. Für die chemische Industrie gehören Ressourcenknappheit und Klimawandel zu den großen Herausforderungen für die nachhaltige Gestaltung der weiteren Entwicklung. Die effiziente, klimaverträgliche Nutzung der Ressourcen und die Verbreiterung der Rohstoffbasis sind daher unabdingbare Voraussetzungen für die mittel- und langfristige Lösung der aus dieser Sachlage abzuleitenden Aufgaben. Große, aber auch mittlere Unternehmen der Chemie und weiterer stoffwandelnder Industriezweige wie z.B. der Eisen- und Stahlindustrie entwickeln Konzepte für neuartige Technologien, die eine effizientere Nutzung fossiler Kohlenstoffträger, darunter vor allem die effizientere, stoffliche Nutzung von Erdgas, sowie die stoffliche Nutzung von Kohlendioxid ermöglichen. Mit ihrer Fördermaßnahme „Technologien für Nachhaltigkeit und Klimaschutz – Chemische Prozesse und stoffliche Nutzung von CO<sub>2</sub>“ hat das BMBF erstmalig im Jahre 2009 diese Entwicklung gezielt unterstützt. Mit der Richtlinie zur Förderung der Aufgabe „CO<sub>2</sub>Plus – Stoffliche Nutzung von CO<sub>2</sub> zur Verbreiterung der Rohstoffbasis“ setzte das Ministerium im Jahre 2015 diese Förderinitiative fort.

Einer der Hauptwege der stofflichen Nutzbarmachung von  $\text{CO}_2$  ist seine Reduktion mit Wasserstoff. Dazu bedarf es aber einer großvolumigen Wasserstoffquelle, die im Interesse des Klimas ihrerseits nicht mit der Bildung großer Mengen Kohlendioxids verbunden ist, wie das gegenwärtig bei dem Hauptverfahren der Wasserstoffproduktion, dem sogenannten Dampfreformieren von Methan, der Fall ist. Die gegenwärtige Zusammensetzung des deutschen Strommixes macht Elektrolyse-Wasserstoff noch nicht ausreichend wirtschaftlich, um hierfür eingesetzt zu werden. Im Beitrag wird gezeigt, wie, warum und unter welchen Voraussetzungen die rein thermische Spaltung des Methans in Wasserstoff und Kohlenstoff ein realistischer Weg sein kann, wenngleich auch von der erfolgreichen Forschung bis zur Entwicklung einer Pilot- oder Demonstrationsanlage noch einige Hürden zu überwinden sind. Die chemisch-industrielle Forschung (BASF, hte Heidelberg) hat Anlagenentwickler (Linde AG u.a.) einbezogen und die Eisen- und Stahlindustrie (ThyssenKrupp AG) für die Erprobung der Anwendbarkeit des in der Methanspaltung anfallenden festen Kohlenstoffs für die Verhüttung von Eisenerz gewonnen. Das Projekt der Entwicklung eines zweistufigen Verfahrens der Herstellung von Synthesegas durch Wechselwirkung des aus der Methanspaltung gewonnenen Wasserstoffs mit  $\text{CO}_2$  wurde als Teil des oben genannten Förderprogrammes des BMBF am 1. Juli 2013 gestartet und ist mit einer Laufzeit von drei Jahren geplant. Nicht eindeutig klar bleibt allerdings, in welchem Maße eine Kooperation innerhalb dieses Projektes mit den Untersuchungen am KIT und am IASS in Potsdam zur thermischen Spaltung von Methan zu Wasserstoff und festen Kohlenstoff bestanden hat oder noch besteht. Im Beitrag wird jedoch auf diese Ergebnisse, soweit zugänglich, zurückgegriffen. Interessant ist die Entwicklung der Forschungsaktivitäten bei der Thyssen Krupp AG, die nicht nur die stoffliche Nutzung der Hüttengase ihrer Anlagen anstrebt, sondern auch die dadurch fehlende energetische Nutzung derselben für den Betrieb ihrer eigenen Anlagen durch regenerativen Strom zu ersetzen. Dazu will der Konzern überschüssiges Stromangebot aus Wind- und Sonnenenergie in weiter zu entwickelnden Redox-Flow-Batterien speichern und dadurch das schwankende Angebot regenerativer Energien stabilisieren. Auf diese Weise würde außerdem nicht nur eine Einsparung fossiler Kohlenstoffträger, sondern auch eine echte Senkung der  $\text{CO}_2$ -Emissionen erreicht. Neben der zweistufigen Erzeugung von Synthesegas werden im Beitrag auch die Direktsynthesen von Methanol und Dimethylether aus Kohlendioxid und Wasserstoff behandelt. Soweit öffentlich zugänglich, werden bei allen chemischen Prozessen die Ergebnisse zu den Katalysatorentwicklungen besonders berücksichtigt.

Die stärker technisch orientierten Nachhaltigkeitsüberlegungen werden durch den Beitrag von *Dieter Seeliger* „Perspektivische Beiträge atomarer und nuklearer Prozesse zu einer künftigen kohlenstofffreien Energiewirtschaft“ abgerundet. Durch die UN-Klimakonferenz in Paris wurde im Dezember 2015 ein Klimaabkommen beschlossen, das die Begrenzung der globalen Erwärmung auf deutlich unter 2°C, möglichst 1,5°C, vorsieht. Um dieses Ziel erreichen zu können, sollen die Nettotreibhausgasemissionen weltweit zwischen 2045 und 2060 auf Null zurückgefahren werden. Dies erfordert eine sehr konsequente Klimaschutzpolitik, in deren Zentrum die Dekarbonisierung der Energiewirtschaft steht – die Vermeidung oder drastische Reduzierung des Einsatzes von Kohlenstoff aus fossilen Energieträgern. Zahlreiche industriell entwickelte Länder sehen auch in Zukunft die Nutzung der Kernspaltung als unabdingbare Technologie zur Reduzierung des Einsatzes fossiler Energieträger. Deutschland und andere Staaten setzen vor allem auf den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energieträger und nehmen die aus deren Volatilität resultierenden Schwierigkeiten in Kauf, um die radiologischen Risiken aus der Kernspaltung zu vermeiden. Auf der 5. Jahrestagung der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 2012 zum Thema „Energiewende – Produktivkraftentwicklung und Gesellschaftsvertrag“ wurde unter anderen die Frage aufgegriffen, ob Kernfusion die Bedarfslücke bei Elektroenergie im 21. Jh. umweltverträglich schließen kann. Der Autor beleuchtet diese Frage erneut anhand jüngster Fortschritte der Fusionstechnologie auf Basis von Magnet- und Trägheitshalterung. Kurz behandelt werden neue Entwicklungen zur Energiefreisetzung in diversen Metall-Wasserstoff-Systemen. Die Fortschritte geben Anlass zu der berechtigten Erwartung, dass atomare und nukleare Prozesse – neben der weltweit genutzten Kernspaltung – langfristig eine tragende Rolle bei der Dekarbonisierung der Energiewirtschaft und damit für den Klimaschutz spielen können.

In den zwei folgenden – aufeinander bezogenen – Beiträgen sind Bildungsfragen im Zusammenhang mit nachhaltiger Entwicklung zentral. Zunächst stellen *Benjamin Apelojg* und *Ulf Holzendorf* die Frage: „Erziehung zum nachhaltigen Konsum – Aufgabe von Schule?“. Mit der Einführung der Weltdekade „Bildung für eine nachhaltige Entwicklung“ von 2005 bis 2014, beschlossen auf dem UN-Weltgipfel 2002, wurde das Ziel ausgerufen, die Thematik „Nachhaltigkeit“ in allen gesellschaftlichen Bereichen zu behandeln. Regierungen sind damit beauftragt worden, die Verwirklichung der Leitidee „Nachhaltigkeit“ in Form konkreter inhaltlicher, pädagogischer und didaktischer Ansätze in der Schule umzusetzen. Folgt man den Leitlinien der Bundesregierung und vielfältiger Organisationen, so sind sie sich hin-

sichtlich der grundsätzlichen Frage einer nachhaltigen Bildung, eingeschlossen den Konsumbereich, alle einig. Die Zielinhalte zum nachhaltigen Konsum werden durch den Beschluss der Kultusminister-Konferenz vom 12. September 2013 „Zur Verbraucherbildung an Schulen“ kanalisiert. Nimmt man allerdings die Ziele einer nachhaltigen Bildung genauer unter die Lupe, so findet man zu Beginn der Diskussion (im Jahr 2008) ein diffuses Bild unterschiedlicher pädagogischer und didaktischer Zielvorstellungen hinsichtlich dessen, was die Funktion und die didaktischen Elemente einer nachhaltigen Bildung sind oder sein sollten. Trotz pädagogischer und didaktischer Differenzen wirkt eine nachhaltige Bildung teilweise wie ein leichtverdaulicher Happen, ein Heilsbringer einer besseren Zukunft. Den gesellschaftlich vorherrschenden Begriff von Nachhaltigkeit unter beispielsweise sozialen und ökonomischen Aspekten zu problematisieren tun nur wenige. In dem die Autoren die Differenzen und die Entwicklung verschiedener Ansätze einer nachhaltigen Bildung und des Nachhaltigkeitsbegriffs an sich aufzudecken versuchen, möchten sie der Frage, inwieweit Erziehung zum nachhaltigen Konsum eine Aufgabe von Schule ist, nachgehen. Hier sind die Entwicklungen sowohl aus Erzeugersicht (Produktion) als auch aus Verbrauchersicht (Konsumtion) zu betrachten. Da Nachhaltigkeit als Basiskonzept im Lehrplan für Wirtschaft-Arbeit-Technik (WAT) sowohl im Themenfeld Haushalt und Konsum als auch im Themenfeld Unternehmen verankert ist, sollen am Ende des Vortrages kurz zwei Praxisbeispiele aus beiden Bereichen vorgestellt werden.

*Bernd Meier* geht dann abschließend in „Nachhaltigkeit als Basiskonzept in der Curriculum-Entwicklung?“ noch einen Schritt weiter. In der Curriculum-Entwicklung haben sich in den vergangenen Jahren deutliche Veränderungen ergeben). Eine klar zu bestimmende Tendenz ist der Übergang von der Inputsteuerung zur Output-Orientierung. In diesem Kontext steht vor allem auch die Diskussion um Kompetenzen. Darüber hinaus zeigen die aktuellen Entwicklungen im Bestreben um eine Konzentration auf das Wesentliche die Bestimmung von Basiskonzepten als eine weitere Tendenz in der Curriculum-Entwicklung. Als Basiskonzept versteht man in der Curriculum-Entwicklung die strukturierte Vernetzung aufeinander bezogener Begriffe, Theorien und erklärender Modellvorstellungen, die sich aus der Systematik eines Faches zur Beschreibung elementarer Prozesse und Phänomene historisch als relevant herausgebildet haben. Ein solches Basiskonzept im Rahmen der arbeitsorientierten bzw. naturwissenschaftlich-technischen Bildung wird mit „Nachhaltigkeit“ beschrieben. Der Beitrag geht der Frage nach, inwieweit Nachhaltigkeit als Basiskonzept von Curricula tragfähig

sein kann. Beispielsweise betont der einheitliche Rahmenlehrplan für Berlin und Brandenburg für das Fach Wirtschaft-Arbeit-Technik Nachhaltigkeit als ein normatives Konzept. Es fordert den Ausgleich von wirtschaftlicher Entwicklung, ökologischer Tragfähigkeit und sozialer Verträglichkeit. Es ist damit ein Konzept umfassender Gerechtigkeit, sowohl zwischen den heute lebenden Menschen als auch zwischen diesen und zukünftigen Generationen unter globaler Perspektive sowie der Bewahrung natürlicher Lebensgrundlagen. Mit diesem Basiskonzept wird offensichtlich auch an die Ergebnisse der UN-Dekade „Bildung für nachhaltige Entwicklung (2005–2014)“ angeknüpft. Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) soll Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen nachhaltiges Denken und Handeln ermöglichen. Die Lernenden werden in die Lage versetzt, sinnvolle Handlungsentscheidungen zu treffen, indem sie die Konsequenzen für künftige Generationen oder das Leben in anderen Weltregionen berücksichtigen. Zur Verwirklichung nachhaltiger Entwicklungsprozesse wurde das Konzept der Gestaltungscompetenz ausformuliert. Damit wird die Fähigkeit bezeichnet, Wissen über nachhaltige Entwicklung anwenden und Probleme nicht-nachhaltiger Entwicklung erkennen zu können.

\*\*\*

Dieser Band wäre wiederum nicht zustande gekommen, wenn die Autorin und die Autoren nicht bereit gewesen wären, den zahlreichen Wünschen der Herausgeber – z.B. hinsichtlich Terminstellung, Manuskriptumfang, Präzisionen – nachzukommen. Dafür herzlicher Dank. Unser Dank gilt auch Herrn *Georg B. Kaiser*, BMB-BuchManufacturBerlin, bei dem die „formale“ Vereinheitlichung und Gestaltung dieses Bandes in besten Händen lag. Last – but not least – sind die Herausgeber sowohl der Rosa-Luxemburg-Stiftung – Gesellschaftsanalyse und politische Bildung e.V., Berlin, als auch der Berliner Senatsverwaltung für Wirtschaft, Technologie und Forschung zu Dank verpflichtet, ohne deren finanzielle Unterstützung einerseits das Symposium, aus dem diese Publikation hervorgegangen ist, nicht hätte durchgeführt werden können, andererseits der Druck dieses „Protokollbandes“ nicht möglich gewesen wäre.