SITZUNGSBERICHTE

LEIBNIZ-SOZIETÄT DER WISSENSCHAFTEN

# Von der Idee zur Technologie – Kreativität im Blickpunkt

8. Symposium des Arbeitskreises
„Allgemeine Technologie“ der Leibniz-Sozietät,
des Vereins Brandenburgischer
Ingenieure und Wirtschaftler e.V. (VBIW) und des
Leibniz-Instituts für interdisziplinäre Studien e.V. (LIFIS)
am 09. November 2018 in Berlin

Herausgegeben von
Gerhard Banse &
Norbert Mertzsch

Mit Beiträgen von Gerhard Banse,
Christian Kohlert, Rita Lange, Aloys Leyendecker,
Bernd Meier, Norbert Mertzsch, Werner Regen,
Dieter Seeliger, Klaus Stanke, Bernd Thomas

BAND 138

JAHRGANG 2019

# SITZUNGSBERICHTE
# BAND 138 JAHRGANG 2019

LEIBNIZ-SOZIETÄT DER WISSENSCHAFTEN ZU BERLIN

Diese Publikation erfolgte mit freundlicher Unterstützung des Senats von Berlin.

**Impressum**

Herausgeber: Gerhard Banse, Präsident 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: 030/61 29 94 Fax: 030/61 29 94 21
e-mail: info@trafoberlin.de

Druck: Rosch-Buch, Scheßlitz

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: Gerhard Banse & Norbert Mertzsch

Redaktionsschluss: 6.4.2019
ISSN 0947-5850 ISBN 978-3-86464-175-6

## Inhalt

**Gerhard Banse, Norbert Mertzsch** 7
Einführung

**Gerhard Banse** 15
Kreativität in Rahmen der Allgemeinen Technologie

**Klaus Stanke** 37
Erfahrungen bei der Vermittlung von Kreativitätstechniken

**Rita Lange** 53
Begabung und Kreativität?
Ein Erfahrungsbericht aus einer MINT-Spezialschule

**Bernd Thomas** 57
Unterstützung bei der Vermittlung von Kreativitätstechniken
an einer MINT-Spezialschule

**Bernd Meier** 69
Kreativität im Kontext der neuen Aufgabenkultur nach PISA

**Dieter Seeliger** 93
Mit Kreativität auf dem Weg zu einer neuen Wärmequelle

**Christian Kohlert** 115
Systematisches Erfinden in einem mittelständischen Unternehmen

**Werner Regen, Aloys Leyendecker** 129
Kreativität in der Kommunikation
Am Beispiel der Ausbildung von Coaches und Mediatoren

**Norbert Mertzsch** 161
Schlusswort und Ausblick

Autorin und Autoren 164

*Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin* *138 (2019), 7–14*

Gerhard Banse, Norbert Mertzsch

# Einführung

Der vorliegende Band der „Sitzungsberichte“ enthält Beiträge des 8. Symposiums des Arbeitskreises „Allgemeine Technologie“ der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin (LS), das am 09. November 2018 erstmals gemeinsam mit dem Verein Brandenburgischer Ingenieure und Wirtschaftler e.V. (VBIW) und dem Leibniz-Institut für interdisziplinäre Studien e.V. (LIFIS) zum Thema „Von der Idee zur Technologie – Kreativität im Blickpunkt“ durchgeführt wurde.

Die seit 2001 vom Arbeitskreis „Allgemeine Technologie“ der LS regelmäßig durchgeführten Symposien widmeten sich verschiedenen Facetten und Fragestellungen einer Allgemeinen Technologie. Die bisherigen Symposien, durchgeführt zumeist in Kooperation mit dem Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse des Forschungszentrums Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft (jetzt Karlsruher Institut für Technologie), waren folgenden Schwerpunkten gewidmet:

- 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);
- Technologie und nachhaltige Entwicklung (2016).

Mit dem 8. Symposium knüpfte der Arbeitskreis „Allgemeine Technologie“ in spezifischer Weise an folgende Überlegung von *Johann Beckmann* in seinem im Jahre 1806 veröffentlichten „Entwurf der Algemeinen Technologie“ an (Beckmann 1806, S. 465):

> „Nun wünsche ich ein Verzeichniß aller der verschiedenen Absichten, welche die Handwerker und Künstler bey ihren verschiedenen Arbeiten haben, und daneben ein Verzeichniß aller der Mittel, durch welche sie jede derselben zu erreichen wissen. [...] Dieß würde den Künstlern und Handwerkern gründliche und algemeine Begriffe von den Gegenständen, welche sie bearbeiten, und von dem dazu gebräuchlichen Verfahren, erleichtern, und überhaupt eine Uebersicht gewähren, welche erfinderische Köpfe zu neuen nützlichen Verbesserungen hinleiten könnte."

*Beckmann* will – so wird aus seinen Überlegungen deutlich – *erstens* das bis dato angesammelte technisch-technologische Wissen systematisieren, dieses *zweitens* auf eine sichere theoretische Grundlage stellen und auf dieser Basis *drittens* das methodische Programm einer Erfindungsheuristik begründen (vgl. dazu auch Banse 2001).

„Systematisches Erfinden", was dem unter „drittens" Genannten entspricht, wurde in der DDR u.a. bei der KDT in Erfinderschulen mit dem Ziel vermittelt, Niveau und Effizienz bei der Lösung wissenschaftlich-technischer Aufgaben deutlich anzuheben. Dabei wurde davon ausgegangen, dass im Prinzip jeder normalbegabte Mensch das Erfinden innerhalb gewisser Grenzen erlernen kann. Voraussetzung ist, dass Bestehendes nicht als unveränderlich oder gar vollkommen angesehen wird (vgl. Zobel 1987). Um das zu erreichen, wurden von Verdienten Erfindern ein Schulungs- und Trainingsmaterialien entwickelt (vgl. Herrlich/Zadeck 1982) und in Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern aus verschiedenen Fachbereichen weiterentwickelt (vgl. Rindfleisch/Thiel 1988; Rindfleisch et al. 1989). Eine große Bedeutung hatte dabei auch die „Theorie zum Lösen von Erfindungsaufgaben" (TRIZ[1]) des russischen Wissenschaftlers *Genrich Saulowitsch Altschuller [Altshuller]*, die durch Übersetzungen bekannt gemacht wurde (vgl. Altschuller 1984; Thiel 2016). Schwerpunktmäßig wurden diese Erfinderschulen für in der Wirtschaft tätige Wissenschaftler und Ingenieure durchgeführt. Im Rahmen der Erfinderschulen wurde auch der Gesamtkomplex des Umgangs mit Schutzrechten (Patentrecherche, Rechtmängelfreiheit, Erwerb von Schutzrechten usw.) behandelt.

---

1 *TRIZ* ist das russische Akronym für „**т**еория **р**ешения **и**зобретательских **з**адач" [„**t**eoria **r**eschenija **i**sobretatjelskich **s**adatsch"], was sinngemäß übersetzt bedeutet „Theorie des erfinderischen Problemlösens" oder „Theorie zur Lösung erfinderischer Probleme" bzw. im Englischen „Theory of Inventive Problem Solving (TIPS)" (vgl. https://de.wikipedia.org/wiki/TRIZ). – Dabei handelt es sich vorrangig um ein methodisches Konzept.

***

Mit dem Titel des Symposiums „Von der Idee zur Technologie – Kreativität im Blickpunkt“ wird deutlich gemacht, dass dieses Thema insbesondere für Technologieschöpfer von hoher Bedeutung ist. Doch auch im Lebenslaufzyklus von Technologien ist Kreativität erforderlich, um diese auf dem aktuellen Stand zu halten und neuen Erfordernissen anzupassen (vgl. Reher 2014). Im Rahmen des Symposiums wurde betrachtet, wie sich in den letzten Jahrzehnten 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.

Bei der Eröffnung des Symposiums würdigte der Präsident der LS, *Gerhard Banse*, zunächst die Leistung des 2016 verstorbenen Co-Vorsitzenden des Arbeitskreises, *Ernst-Otto Reher*, für die Gründung und die fortdauernde Existenz des Arbeitskreises. Im Weiteren wurde zur Fortführung der Arbeit des Arbeitskreises *Norbert Mertzsch*, Mitglied der LS und Vorsitzender des VBIW, einstimmig als neuer Co-Vorsitzender bestimmt. Er begrüßte sodann die fast dreißig Teilnehmerinnen und Teilnehmer im Namen des VBIW.

Der erste Beitrag von *Gerhard Banse* widmet sich dem Thema „Kreativität im Rahmen der Allgemeinen Technologie“ aus der Sicht der Technikphilosophie. Der Beitrag der Technikphilosophie zum Verständnis der Neues hervorbringenden Prozesse (Kreativität) reicht dabei von historischen Betrachtungen über systematische wissenschaftstheoretische Erörterungen bis hin zur Analyse von Problemen im Zusammenhang mit der Rolle des Menschen in seiner „Umwelt“ (Kultur). Kreativität im technischen Bereich äußert sich in Prozessen wie im Ergebnis des Erfindens bzw. Entwurfshandelns. Über Erfinden und Erfindungen – das zeigt ein Blick in die Geschichte – wurde nachgedacht, seit Menschen ihr Da- bzw. Sosein reflektieren. Dabei kam (und kommt!) den Modi der Verbindung von „wahren Grundsätzen“ und „zuverlässigen Erfahrungen“ (Beckmann) stets eine zentrale Bedeutung zu. Als Fazit der sowohl historisch wie auch systematisch angelegten technikphilosophischen Erwägungen ergibt sich: Die Kenntnis entsprechender (Entwurfs-)Methoden und die Fähigkeit ihrer bewussten Nutzung sind integrale Momente des „modernen“ Erfindungsprozesses. Sie unterstützen und verstärken die kreativen Fähigkeiten und Fertigkeiten des (Problem-) Bearbeiters, ersetzen sie aber nicht.

*Klaus Stanke* berichtet über seine umfangreichen „Erfahrungen bei der Vermittlung von Kreativitätstechniken“. Sein Fazit aus einer jahrzehntelangen Tätigkeit auf diesem Gebiet ist, dass bei der Vermittlung von Kreativitätstechniken deren Einfachheit die Priorität haben muss. Dabei müssen die Analyse der Aufgabenstellung mit „Idealem Endresultat“ bis zur Widerspruchsermittlung und dann eine Palette der Lösungsstrategien dominieren. Die Fortentwicklung des TRIZ sollte nicht immer elitärer (Stufung der Trainer) und der Algorithmus sollte nicht immer komplexer werden. Es sei eine Vereinfachung statt weiterer Kommerzialisierung zu Gunsten breiter Nutzung durch Junge schon in der Ausbildung anzustreben. Wichtig ist zudem, dass ein Hochschulabsolvent weiß, welche Bedeutung Widersprüche haben und das eine Widerspruchslösung kein Kompromiss ist. Er fordert, Kreativitätstechniken in Deutschland breit in die Ausbildung zu bringen.

Die Leiterin der mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Spezialschule Carl Friedrich Gauß in Frankfurt (Oder), *Rita Lange*, gibt in ihrem Beitrag „Begabung und Kreativität?“ einen „Erfahrungsbericht aus einer MINT-Spezialschule“. Sie verdeutlicht, wie in einer mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Spezialschule eine Lernumgebung gestaltet werden kann, in der die Ausprägung der Kreativitätsmerkmale eines Menschen (Einfallsfülle, Flexibilität, Phantasie, Originalität, divergentes Denken) möglich ist. Dabei wird gezeigt, welche methodisch-didaktischen Angebote durch ein sich permanent fortbildendes und im steten Austausch befindendes Lehrkräfte-Team im Rahmen der Begabtenförderung im Unterricht und darüber hinaus im Schulleben gemacht werden, um die Entwicklung der Kreativität zu befördern, aber auch, wo die schulischen Grenzen liegen.

*Bernd Thomas*, VBIW, zeigt in seinem Beitrag „Unterstützung bei der Vermittlung von Kreativitätstechniken an einer MINT-Spezialschule“, wie im Rahmen des Vereins Brandenburgischer Ingenieure und Wirtschaftler e.V. auf Basis des noch vorhandenen Wissens aus der Arbeit der KDT-Erfinderschulen die Anwendung von Kreativitätstechniken an einer MINT-Spezialschule unterstützt wurde und wird. Erfreulicherweise wird der Förderung begabter Schüler auf wissenschaftlich-technischem Gebiet in der schulischen Ausbildung zunehmend Aufmerksamkeit gewidmet. Im Fokus stehen hier die MINT-Fächer und vor allem die MINT-Spezialschulen. Was liegt also näher, als einige grundlegende Elemente der in den vergangenen Jahrzehnten entwickelten Methoden so aufzubereiten, dass diese in die Kreativitätsförderung integriert werden können, ohne wesentlichen Mehraufwand für die Lehrer und Schüler. Darüber hinaus wird noch die Einbindung von Kreativitätstechniken in den Problemlöseprozess dargestellt, mit entspre-

chenden Ergänzungen für die spätere berufliche Tätigkeit. In Zusammenarbeit mit einer MINT-Spezialschule in Frankfurt (Oder) wurde dazu eine erste Version eines Leitfadens zur Anwendung von Kreativitätstechniken erarbeitet.

Mit dem Beitrag „Kreativität im Kontext der neuen Aufgabenkultur" stellt der Vizepräsident der LS, *Bernd Meier*, Beziehungen zwischen den Intentionen einer neuen Aufgabenkultur nach den internationalen Schülerleistungsstudien PISA (erstmals im Jahr 2000) und den Ansprüchen an die Entwicklung der Kreativität der Lernenden an allgemeinbildenden Schulen her. Dabei wird Aufgabenkultur als eine akzentuierte und systematische Arbeit an und mit Aufgaben für die Lernenden verstanden. Gestützt wird die Auffassung durch die Annahme, dass unterschiedliche Aufgabenkonzepte unterschiedliches Lern-(Antwort-)Verhalten bedingen. Beziehungen zwischen den Intentionen einer neuen Aufgabenkultur und den Ansprüchen an die Entwicklung der Kreativität der Lernenden an allgemeinbildenden Schulen herzustellen. Dazu wird der Begriff der Kreativität in Bezug auf Schülerleistungen diskutiert und werden Lern- und Diagnoseaufgaben bezüglich ihrer Potenz zur Entwicklung und Diagnose von Kreativität von Jugendlichen analysiert.

Leider wurde der Vortrag des Präsidenten des „Altshuller Institute for TRIZ Studies", USA, *Isak Bukhman*, TRIZ-Master und Schüler *Genrich Altshullers*, nicht verschriftlicht. Er sei der Vollständigkeit halber hier aber kurz resümiert. Bukhman stellte zunächst kurz TRIZ und die weltweite Tätigkeit von „The Altshuller Institute for TRIZ Studies" vor.[2] In einer Art „Schnelldurchlauf" gab er sodann einen Überblick über die Anwendung von TRIZ in Industrie-Projekten. TRIZ enthält eine Reihe von methodischen Werkzeugen, um ein spezifisches technisches Problem zu definieren und zu analysieren und spezifische Lösungen zu finden. *Bukhman* nennt seinen Ansatz „Technology for Innovation" bzw. „Applied TRIZ". Er zeigte, wie er für jedes Projekt eine individuelle Abfolge von Methoden zusammenstellt, um zunächst bestmöglich (a) Projekt-Szenarien zu identifizieren und auszuwählen, anschließend (b) Probleme für das gewählte Szenario zu identifizieren und auszuwählen, (c) Lösungen dafür zu entwickeln, (d) diese Lösungen zu bewerten und (e) eventuell in einem einzigen Lösungskonzept zusammenzuführen. Darüber hinaus machte er auf den Zusammenhang von TRIZ, Kreativität und individueller Persönlichkeitsentwicklung aufmerksam.

2 Vgl. näher https://www.aitriz.org/

Der Beitrag von *Justus Schollmeyer*, Mitglied des LIFIS, „Einen Schritt zurück und zwei nach vorn: Eine Visualisierung des Algorithmus zum Lösen von Erfindungsaufgaben (ARIZ-85 C)“, in dem am Beispiel der Entwicklung des heliozentrischen Weltbildes gezeigt wird, dass die ARIZ-Operationen zur Problemtransformation implizit dazu zwingen, in der Entwicklungsgeschichte des zu verändernden Systems erst einen Schritt zurückzugehen, um dann von der neu gewonnenen Perspektive die nächste Entwicklungsstufe zu erreichen, wurde vorab schon an anderer Stelle publiziert, so dass hier nur darauf verwiesen werden kann (vgl. Schollmeyer/Tamuzs 2018).

„Mit Kreativität auf dem Weg zu einer neuen Wärmequelle“ ist der Beitrag von *Dieter Seeliger*, Mitglied der LS, überschrieben. Er geht insbesondere auf die Komplexität und Widersprüchlichkeit der Entwicklungsprozesse ein, die unter Nutzung von Kreativität zu neuen Technologien führen sollen. Der Weg von der Idee zur neuen Technologie ist weder geradlinig-einfach noch widerspruchsfrei, insbesondere dann, wenn dabei Grenzbereiche der bekannten Naturgesetze berührt werden. Von den Wissenschaftlern und Ingenieuren, die diesen Weg zu qualitativ neuen Technologien beschreiten, sind in besonders hohem Maße Leistungen in praktisch allen „Operationsklassen“ des erfinderischen Handelns gefordert. Dies demonstriert er eindrucksvoll am Beispiel der Entwicklung der gesteuerten Kernfusion. Seine Überlegungen münden in folgenden drei Schlussfolgerungen:

– Methodisch strenges, nachvollziehbares und reproduzierbares Agieren, um eine zwingend zu akzeptierende experimentelle Daten- und Erkenntnisbasis zu schaffen.
– Durch heuristische Vorgehensweise sind Grenzgebiete oder alternative Verfahren, Methoden oder Materialien zur optimalen technologischen Beherrschung und Nutzung der Prozesse auszuloten.
– Aber auch Kreativität und naturwissenschaftlich basierte Phantasie sind unabdingbar, um Neuland bei den Erkenntnissen über das Wirken naturwissenschaftlicher Gesetze zu gewinnen.

Nach *Christian Kohlert*, Mitglied der LS, ist „Systematisches Erfinden in einem mittelständigen Unternehmen“ nur möglich, wenn es organisiert wird. Von einer reinen Maschinen- und Produktentwicklung unter dem Gesichtspunkt einer Kosteneffizienzsteigerung gehen Innovationen heute zu mehr Kundenorientierung und Neuen Märkten. Die Zukunft wird das Internet der Dinge (IoT) als Verbindung von physikalischen und virtuelle Gegenständen sein, gekoppelt mit Cloud-Computing, mit Bereitstellung von IT-Infrastrukturen auf Internet-Rechnern sowie Big-Data-Mengen und Data-Mining zum

Aufbau einer künstlichen Intelligenz. Dafür werden neue Arten von Innovationsstrukturen mit Open-Innovation und computergestützter Innovationssoftware notwendig. Diese Entwicklung der Innovationskultur wird am Beispiel von Klöckner Pentaplast vorgestellt.

„Kreativität in der Kommunikation (am Beispiel der Ausbildung von Coaches und Mediatoren)“ ist das Thema des abschließenden Beitrags von *Werner Regen*, Mitglied der LS und des LIFIS, und *Aloys Leyendecker*. In ihrem Beitrag stellen sie Hauptkonzepte und Vorteile von Mediation und Coaching als Formen der Selbstorganisation zur Konfliktlösung vor, die erfolgreich in der Wirtschaft angewendet werden. Dabei legen sie besonders die effektive und nachhaltige Vermittlung von Kommunikationskompetenzen über die Rolle von Coaches dar, da dabei sowohl Strukturdenken als auch Kreativitätspotenzialentfaltung wirksam miteinander verkoppelt werden.

In „Schlusswort und Ausblick“ verweist *Norbert Mertzsch* zunächst darauf, dass im 8. Symposium „Kreativität“ in den Blick- bzw. Mittelpunkt gestellt wurde, da Kreativitätstechniken als Methoden und Vorgehensweisen zur Lösung schöpferischer Aufgaben bezeichnet werden können. Da diese für die verschiedensten Aufgabengebiete anwendbar sind, können sie – so wurde erläutert – auch als eine „allgemeine Technologie“ für Entwicklungen bzw. Erfindungen bezeichnet werden. Mit Blick auf das 9. Symposium in zwei Jahren werden drei thematische Vorschläge unterbreitet.

***

Auch dieser „Protokollband“ wäre nicht zustande gekommen, wenn die Autorin und die Autoren nicht bereit gewesen wären, den zahlreichen Wünschen der Herausgeber – z.B. hinsichtlich Terminstellung, Manuskriptumfang, Präzisierungen – nachzukommen. Dafür herzlicher Dank. Unser Dank gilt auch Herrn *Georg B. Kaiser*, BMB – BuchManufacturBerlin, bei dem die „formale“ Vereinheitlichung und Gestaltung dieses Bandes wiederum in besten Händen lag. Last – but not least – sind die Herausgeber dem Berliner Senat, insbesondere der Abteilung Forschung der Senatskanzlei, zu Dank verpflichtet, denn ohne dessen finanzielle Unterstützung hätte einerseits das Symposium, aus dem diese Publikation hervorgegangen ist, nicht durchgeführt werden können, andererseits wäre der Druck dieses „Protokollbandes“ so nicht möglich gewesen.

## Literatur

Altschuller. G. S. (1984): Erfinden. Wege zur Lösung technischer Probleme [1979]. Berlin (2. Aufl. Berlin 1986; limitierter Nachdruck der 2. Aufl. Cottbus 1998)

Banse, G. (2001): Johann Beckmann und die Folgen. Allgemeine Technologie in Vergangenheit und Gegenwart. In: Banse, G.; Reher, E.-O. (Hg.): Allgemeine Technologie. Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft. Berlin, S. 17–46 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd. 50)

Beckmann, J. (1806): Entwurf der Algemeinen Technologie. In: Beckmann, J.: Vorrath kleiner Anmerkungen über mancherley gelehrte Gegenstände. Drittes Stück. Göttingen, S. 463–207

Herrlich, M.; Zadek, G. (1982): KDT Erfinderschule. Lehrmaterial Teile 1 und 2. Berlin (KDT)

Reher, E.-O. (2014): Forschungs- und Entwicklungsmethoden zur Gestaltung von Technologien. In: Banse, G.; Reher E.-O. (Hg): Beiträge zur Allgemeinen Technologie. Berlin, S. 83–128 (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 36)

Rindfleisch, H.-J.; Thiel, R. (1988): Bausteinsystem. Leitung, Planung, Effektivität und Qualität wissenschaftlich-technischer Arbeit. Baustein Erfindungsmethodische Grundlagen. Berlin (KDT)

Rindfleisch, H.-J.; Thiel, R; Zadek, G. (1989): Bausteinsystem. Leitung, Planung, Effektivität und Qualität wissenschaftlich-technischer Arbeit. Baustein KDT-Erfinderschule Lehrbrief 2. Berlin (KDT)

Schollmeyer, J.; Tamuzs, V. (2018): Discovery on Purpose? Toward the Unification of Paradigm Theory and the Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ). In: Cavallucci, D.; De Guio, R.; Koziołek, S. (eds.): Automated Invention for Smart Industries. TFC 2018. Cham, pp. 94–109 (IFIP Advances in Information and Communication Technology, Vol. 541). – URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-02456-7_9

Thiel, R. (2016): Hegel, Altschuller, TRIZ. Zehn Anmerkungen. In: LIFIS-ONLINE [25.09. 2016]. – URL: https://leibniz-institut.de/archiv/thiel_20160925.pdf [03.02.2019]

Zobel, D. (1987): Erfinderfibel. Systematisches Erfinden für Praktiker. Berlin

*Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin* *138 (2019), 15–36*

Gerhard Banse

# Kreativität im Rahmen der Allgemeinen Technologie

„Nun wünsche ich ein Verzeichniß aller der verschiedenen Absichten, welche die Handwerker und Künstler bey ihren verschiedenen Arbeiten haben, und daneben ein Verzeichniß aller der Mittel, durch welche sie jede derselben zu erreichen wissen. [...] Dieß würde den Künstlern und Handwerkern gründliche und algemeine Begriffe von den Gegenständen, welche sie bearbeiten, und von dem dazu gebräuchlichen Verfahren, erleichtern, und überhaupt eine Uebersicht gewähren, welche erfinderische Köpfe zu neuen nützlichen Verbesserungen hinleiten könnte."

(Beckmann 1806, S. 465)

„Wer richtig räsoniert, erfindet auch: und wer erfinden will, muß räsonieren können. Nur die glauben, daß sich das eine von dem andern trennen lasse, die zu keinem von beiden aufgelegt sind."

(Lessing 1910, S. 352f.)

Allgemeine Technologie bezeichnet eine „generalistisch-transdisziplinäre Technikforschung und Techniklehre und ist die Wissenschaft von den allgemeinen Funktions- und Strukturprinzipien der technischen Sachsysteme und ihrer soziokulturellen *Entstehungs*- und Verwendungszusammenhänge."

(Banse et al. 2006, S. 337)

## 1 Vorbemerkung

Da Technik nicht nur durch Verwendungszusammenhänge, sondern zugleich (bzw. zuerst!) durch Herstellungszusammenhänge charakterisierbar ist, und da diese Herstellungszusammenhänge nicht nur eine materielle Seite (Produktion im „eigentlichen Sinne"), sondern auch eine vorgängige ideelle, gedankliche Seite haben, muss diesem Bereich des „Herstellens" (in Form des technischen Entwurfshandeln) im Rahmen der Allgemeinen Technologie (insbesondere neben technischen Struktur-, Funktions-, Umwelt- oder Nutzungsaspekten) eine entsprechende Aufmerksamkeit zukommen: Technikherstellung beginnt im Kopf, in bzw. mit einem kreativem, mögliche (neue)

technische Sachsysteme antizipierendem gedanklichen Prozess,[1] ist auf die gedankliche Generierung von Neuem, nicht oder so (noch) nicht Vorhandenem gerichtet. *Kreativität* ist die menschliche Eigenschaft, die natürliche und soziale (einschließlich technische) Umwelt sowie das eigene Verhalten auf neue Art und Weise unter bestimmten Bedingungen und konkreten räumlichen und zeitlichen Beziehungen theoretisch wie praktisch beherrschen zu können (vgl. Banse/Hörz 1984). Bei diesem antizipierenden Denken handelt es sich um eine *spezifische* gedankliche Tätigkeit handelt: Es

> „sind nicht alle Gemüther derer Menschen geneigt, nur demjenigen nachzusinnen, was sie von andern gelernt haben: es sind auch einige beflissen, vermöge der Weite ihres Verstandes, auf etwas neues zu gedencken, und ihren Verstand nach der rechten Weise zu gebrauchen; und diese, die solches thun, werden die Erfinder genannt.“ (Zedler 1734, Sp. 1600)

Diesem „auf etwas neues zu gedencken“, indem man den „Verstand nach der rechten Weise“ gebraucht, also kreativ (schöpferisch) ist, soll etwas näher nachgegangen werden.[2]

In diesem Zusammenhang ist indes *erstens* auf die Ubiquität des Kreativitätsbegriffs zu verweisen (er bezieht sich auf unterschiedlichste Aktivitätsbereiche des Menschen und schließt auch z.B. „Kreativwirtschaft“ ein) und *zweitens* zu bedenken, dass der Beitrag der Technikphilosophie und der Allgemeinen Technologie in diesem Zusammenhang von historischen Betrachtungen über wissenschaftstheoretischen Erörterungen bis hin zu Problemen im Zusammenhang mit der aktiven Rolle des Menschen in seiner „Umwelt“ (Kultur) reicht.

Kreativität im technischen Bereich wird *Erfinden*, *Entwerfen* oder – besser – *Entwurfshandeln* genannt. Erfasst bzw. beschrieben werden damit all jene Handlungen oder Tätigkeiten, deren Ziel die Antizipation, d.h. die ideelle, gedankliche Vorwegnahme (vor allem neuer, aber auch wesentlich verbesserter und optimierter) technischer Systeme („Artefakte“ in Form von Maschinen, Anlagen, Bauwerken u.ä.) unter Einschluss der Möglichkeit ihrer praktischen Realisierbarkeit bzw. zukünftigen Realisierung ist (womit nicht die ökonomische Verwertung oder Verwertbarkeit, sondern lediglich

---

1 „Jedes technische Erzeugnis [...] beruht, wenn man auf seinen Ursprung zurückgeht, irgendwie auf Erfindung. Mag eine Erfindung gross oder klein, bedeutend oder unbedeutend sein, so bildet sie doch stets die unerlässliche Voraussetzung für das Zustandekommen eines technischen Erzeugnisses“ (Leyer 1963, S. 7).

2 Das Nachfolgende geht auch auf Überlegungen zurück, die bereits vor längerer Zeit in einem anderen Zusammenhang, dem Konstruktions- und Erfindungshandeln, erfolgten (vgl. Banse 1994, 1999, 2001; vgl. auch Banse 2015).

die materielle Herstellung bzw. Herstellbarkeit gemeint ist). Mit *Erfinden, Entwerfen* oder *Entwurfshandeln* wird der Blick stärker auf den (gedanklichen) Prozess und nicht so sehr auf das (vergegenständlichte) Ergebnis der Ingenieurtätigkeit (d.h. die „Erfindung" oder den „Entwurf") gerichtet.[3] Ziel dieses erfinderischen oder entwerfenden Handelns ist stets eine technische Lösung mit einer konkreten, je „zweckadäquaten" Gestaltung, Bemessung, Dimensionierung, Beschaffenheit, Auslegung usw.

Dabei ist jedoch zu berücksichtigen:

*Erstens* ist von einer Vielfalt und Komplexität des hier interessierenden Bereichs des Ingenieurhandelns auszugehen (z.B. als technischer „Sachzwang" oder als „freies" Schaffen, als formalisierbare bzw. formalisierte oder als nichtformalisierbare bzw. nichtformalisierte Phasen, als Aufgaben- oder als Problemlösungsprozess). Segmentierende oder separierende Betrachtungen entsprechen dem ebenso wenig wie nichtbegründete Einengungen oder Verkürzungen des Gegenstandes.

*Zweitens* kann bzw. muss sich die Analyse auf ganz unterschiedliche Ebenen beziehen, etwa auf den Entwurfsprozess oder seine Ergebnisse, auf den Konstruktionsprozess „i.e.S." (d.h. als Domäne der Konstrukteure, Entwickler und Projektanten) oder auf ein weite(re)s Verständnis des Entwurfshandelns, das auch die Bedingungen der gesellschaftlichen „Anerkennung" und Durchsetzung von Neuem einschließt, auf die unterschiedlichen Akteure getrennt oder ihr Zusammenwirken, auf Forschungsfragen oder die Ausbildung, auf den zeitlichen Ablauf beim Konstruieren oder eine strukturelle Analyse z.B. der benötigten Wissensanteile.

*Drittens* müssen verschiedene zu lösende technische Problemsituationen und erfinderische „Niveaus" von Konstruktionen/Entwürfen sowie damit verbundene unterschiedliche Herangehensweisen bei den Bearbeitern unterstellt werden. Unterschiedliche Problemsituation meint z.B. den Grad der Problembeschreibung (vollständig oder unvollständig, „wohldefiniert" oder „schlecht definiert") oder den zu bearbeitenden Problemtyp (z.B. Entscheidungs-, Bestimmungs- oder Entwurfsproblem). „Niveau" bezieht sich hier auf den „Abstand" der neuen Lösung zum Bestehenden, den Neuheitsgrad

---

3 „Wirklich Neues entsteht nur in der Konstruktion, denn was nie jemand gesehen, gewusst oder gedacht hat, weil es nicht existierte, wird hier durch geistige Anstrengung erstmals hervorgebracht, nämlich die klare Vorstellung – durch Zeichnungen, allenfalls auch Modelle unterstützt – von einem bestimmten Objekt bestimmter Gestalt, Grösse und sonstiger Beschaffenheit. Das allein ist schöpferisch" (Leyer 1963, S. 7).

oder die „Erfindungshöhe“ einer technischen Neuerung, das Ausmaß ihres Entwicklungsschritts, z.B. neues Prinzip, Variation des Prinzips, Neukombination des Vorhandenen, Veränderungen in Material, Abmessungen und Aussehen (Neu-, Anpassungs- oder Variantenkonstruktion). Hinzu kommt, dass „Neues“ nur in einem konkreten raum-zeitlichen Bezug „Neues“ ist.

*Viertens* sind unterschiedliche Bedingungen bzw. Voraussetzungen für das Hervorbringen von Neuem zu berücksichtigen, etwa gesellschaftlicher (sozialer), materieller, kultureller und individueller Art.

*Fünftens* schließlich sind unterschiedliche Phasen oder Etappen der Genese von Neuem zu unterscheiden, etwa „Idee des Neuen“, „Umsetzung der Idee“ (Prototyp) und „Durchsetzung des Neuen“, da stets unterschiedliche Mechanismen wirken (können). Abbildung 1 verdeutlicht den Weg von der Invention zur Innovation, der zumeist in mehreren „Schleifen“ durchlaufen wird.

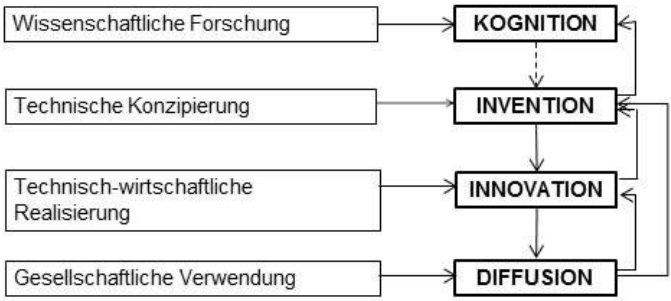



Abbildung 1: Von der Erfindung (Invention) zur Innovation

Quelle: ergänzt auf der Grundlage von Ropohl 2001, S. 144

## 2 Historisches

Über Erfinden und Erfindungen wurde nachgedacht, seit Menschen ihr Da- bzw. Sosein reflektieren.[4] Von dem Zeitpunkt an, da geistige Tätigkeit, ihre „Wege“ und Methoden sowie ihre Formen und Resultate reflektorischen Denkbemühungen unterzogen werden, ist ein Gegenstand des Interesses der Neues antizipierende (Entwurfs-)Prozess im Denken und Handeln. Vom

4 Eine systematische Aufarbeitung dieser Historie steht über weite Bereiche vor allem vor dem 19. Jahrhundert noch aus, „weil sich die Nachwelt erstaunlicherweise noch bis vor kurzer Zeit immer nur dafür interessierte, welche Ergebnisse erreicht wurden, kaum aber dafür, welche Methoden zum Ziel führten“ (Müller 1981, S. 13).

„Heureka!“ („Ich habe es gefunden!“) des *Archimedes* (um 250 v.u.Z.) über die logische Kombinatorik[5] in der „Ars magna“ („Große Kunst“) des *Raimundus Lullus* (um 1300) bis zur „design science“ aus den 1980er und 1990er Jahren (vgl. etwa Hubka/Eder 1992, 1996) war es ein langer Weg. Im Vordergrund stand immer die Frage, wie man über Bestehendes, Gewusstes, Bekanntes hinauskommt, wie man bislang nicht (oder nicht so) Existierendes geistig hervorbringen kann, wobei gerade dieses „Hervorbringen von Neuem“ thematisiert wird, genauer – um es mit *Immanuel Kant* zu sagen – die „Bedingungen seiner Möglichkeit“.

Historisch interessant und relevant sind weiterhin:

- Durch *Sokrates* (469–399 v.u.Z.) wird die Mäeutik („Hebammenkunst“) begründet, deren Wesen darin bestand, mit Hilfe des Dialogs über das Nachdenken und Begründen von Ideen zu deren Widersprüchlichkeit vorzudringen und so den Weg zur Lösung von Problemen und der Gewinnung „sicheren“ Wissens zu eröffnen.
- Von *Aristoteles* (394–322 v.u.Z.) wird in den als „Organon“ bezeichneten Schriften das antike Wissen über Syllogismen (logische Schlussverfahren) systematisiert und weiterentwickelt, wobei sowohl deduktive als auch reduktive Schlüsse behandelt werden (im Unterschied zu den deduktiven Schlüssen, deren Folgerungen als sicher gelten, gelten Folgerungen aus reduktiven Schlüssen als „unsicher“).
- *Pappos von Alexandria* (um 320) stützt sich auf Methoden des *Euklid* (etwa 365– etwa 300 v.u.Z.) zum Auffinden mathematischer Beweise und verwendet im 7. Band seiner „Collectio“ („Sammlungen“) erstmalig den Terminus „Heuristik“ für die „Wissenschaft“ vom Entdecken und Erfinden, vor allem für Verfahren, die – im Unterschied zu den bekannten logischen Verfahren – nicht als „allgemeingültig“ angesehen werden können oder dürfen.
- Der französische Philosoph *René Descartes* (1596–1650) unternahm in „Regulae ad directionem ingenii“ (etwa 1628, unvollendet, erstmals 1701 erschienen – „Regeln zur Leitung des Geistes“) den Versuch, eine universelle Lösungsmethode für algebraische Aufgaben zu begründen. Der grundlegende gedankliche Ansatz bestand darin, alle Probleme durch Zerlegung auf mathematische Zusammenhänge zurückführen und diese dann als algebraische Aufgaben formulieren zu wollen, die mittels jener

5 Kombinatorik steht hier für gedankliche Verfahren, die Anzahl bzw. alle Möglichkeiten der Anordnung oder Zusammenstellung endlich vieler Objekte („Elemente“) unter bestimmten Bedingungen zu ermitteln.

universellen Methode lösbar seien. Dass dieses Werk unvollendet blieb, ist wohl auch in der Natur der Sache begründet, nämlich jener Tatsache, dass der unendlichen Vielfalt und Mannigfaltigkeit von lebensweltlichen Problemen kaum mit universellen, logisch zwingenden, „algorithmisierten“ Lösungsmethoden beizukommen ist.

– *Gottfried Wilhelm Leibniz* (1646–1716) bemühte sich in seiner Dissertation „De arte combinatoria“ (1666 – „Über die kombinatorische Wissenschaft“) um die Begründung einer „ars inveniendi“ als Methode des Findens von Neuem, einer Logik des Erfinden, um so die Kombinatorik von der Spekulation zu befreien.[6]

Als Fazit dieser kurzen historischen Übersicht lässt sich sicherlich *erstens* darauf verweisen, dass das Vorgehen beim Neues antizipierenden Denken zu unterschiedlichen Zeiten Gegenstand methodischer Reflexionen war, dass sich *zweitens* die Einsicht herausbildete, dass es eine „Einheits-“ oder „Universal“methode wohl nicht geben wird, dass aber *drittens* erfinderische Denkbemühungen in unterschiedliche starkem Maße mit dem Zerlegen eines „Ganzen“ in seine Elemente („Analyse“) und der Neukombination dieser „Elemente“ zu einem anderen „Ganzen“ („Synthese“) verbunden sind.

Umfassender und systematisch(er) wurde das Kreative des Entwerfens (und der „Erfindung“) mit der Entwicklung der Technikwissenschaften ab der Mitte des 19. Jh.s analysiert (auch im Zusammenhang mit der Herausbildung des Patentwesens). Exemplarisch wird lediglich kurz auf vier Überlegungen eingegangen.

(1) *Johann Beckmann* (1739–1811): Der Begründer der Technologie als Wissenschaft, der Göttinger Ökonom und Professor für „Weltweisheit“

6 Allerdings standen diesem Ideal einer logisch eindeutigen Charakteristik unüberwindliche Schwierigkeiten in der Praxis gegenüber (damals wie heute!!). In diesem Sinne schreibt beispielsweise *Heinrich Sauer*: „Die Fehler des Entwurfs sind vor allem diese: Die Darstellung der Elementarbegriffe und ihrer immer neuen Kombination zum Zwecke der Erfindung ist praktisch kaum durchführbar, weil die Anzahl der elementaren oder wenigstens vorläufig elementaren Begriffe weit größer ist, als Leibniz meinte. Die Folge ist, daß die Anzahl möglicher Kombinationen übergroß wird. Nur in speziellen Wissenschaften ist der Aufbau der Begriffe aus Grundbegriffen und die Deduktion der Wahrheiten ein erreichbares oder richtiger approximierbares Endziel: Atomtheorie und Vererbungslehre sind ebenso glänzende Beispiele für uns wie Geometrie und Mechanik für Leibniz“ (zit. nach Holz 1983, S. 112). – Im 20. Jh. haben mindestens der deutsche Chemiker und Wissenschaftsorganisator *Wilhelm Ostwald* (1853–1932) und der schweizerische Physiker und Astronom *Fritz Zwicky* (1998–1974) die Bedeutsamkeit einer kombinatorischen Methodik für das erfinderische Schaffen hervorgehoben (vgl. Ostwald 1978a; Zwicky 1966).

(Philosophie) *Johann Beckmann* fasst in der 1777 veröffentlichten „Anleitung zur Technologie oder zur Kenntniss der Handwerke, Fabriken und Manufakturen ...“ 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 1777, S. XV). In diesem ersten Schritt auf dem Wege zu einer stärker theoretisch fundierten Technik ging es ihm zunächst um eine Systematisierung der verschiedenen Arbeiten der Handwerke und Fabriken, die über eine bloß aufzählende Beschreibung der Mittel und Verfahren hinausgeht. *Beckmann* ging es bei seinen Bemühungen um die Begründung der Technologie als Wissenschaft – allgemeine Entwicklungen der Wissenschaft im Verlauf des 20. Jahrhunderts antizipierend – um die – wie er es nannte – Verbindung von „wahren Grundsätzen“ und „zuverlässigen Erfahrungen“ (Beckmann 1777, S. XV). 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. In seinem 1806 erschienen „Entwurf der Algemeinen Technologie“ – dem zweiten Schritt auf dem Weg zur Begründung der Wissenschaft Technologie – hat er dann auch das Programm einer Erfindungsheuristik begründet, indem er Wissen über technische Mittel für „Uebertragungen auf andere Gegenstände, als wozu sie bis jetzt gebraucht sind“ (Beckmann 1806, S. 480) bereitzustellen trachtete (vgl. auch Banse/Müller 2001).

(2) *„Methodenstreit“:* In der ersten Hälfte des 19. Jh.s ging es *Ferdinand Jakob Redtenbacher* (1809–1863) auch darum, den Studenten des Maschinenbaus praktische Hilfsmittel für den Konstruktionsunterricht zur Verfügung zu stellen. Dabei wollte er eine „Aufhebung“ sowohl des englischen empirisch-orientierten Vorgehens als auch der französischen, stark mathematisch-theoretisch ausgerichteten Schule der Ingenieurausbildung in einem eigenständigen Ansatz erreichen, der (physikalisch-mechanisches) Wissen mit Erfahrungen, Fähigkeiten und Fertigkeiten verbindet, die nicht (oder nicht vollständig) durch theoretische Unter-

weisung ausgeprägt werden können. Er forderte eine Verbindung von (wissenschaftlichem) Wissen und (technischem) Können, von Erkennen (Wissen) und Schaffen („Machen“) in der Ingenieurtätigkeit. Er ging jedoch weder auf deren (kognitive, methodische, ...) Beziehungen untereinander noch auf ihr – sicherlich historisch veränderliches – „Maßverhältnis“ zueinander – z.B. in der Ingenieurausbildung seiner Zeit – ein. Damit gab er den Ausgangspunkt für konträre Diskussionslinien über systematisch (nach)vollziehbare Methoden des „Findens“ technischer Problemlösungen, die jeweils mehr die eine (maschinentheoretisch orientierte) oder mehr die andere (den schöpferischen Charakter der konstruktiven Ingenieurtätigkeit betonende) Seite in den Vordergrund rückten. Der mehr maschinentheoretisch orientierten Richtung, insbesondere durch *Franz Reuleaux* (1829–1905) repräsentiert, ging es um eine stärkere wissenschaftliche Fundierung des Konstruierens und des Konstruktionsprozesses selbst. *Reuleaux* sah ein Ziel seiner Bemühungen darin, die in jedem Erfindungs- und Konstruktionsprozess enthaltene „mehr oder weniger deutliche logische Gedankenfolge“ aufzudecken, diese Tätigkeit zu beschreiben, um sie so „lehr- und lernbar“ zu machen. Er war bemüht, die „Maschinenwissenschaft der Deduktion“ zu entwickeln, d.h. das Aufstellen sicherer (also theoretisch begründeter bzw. fundierter) Regeln, die als Axiome zur Errichtung eines deduktiven Systems dienen sollten, und von denen ausgehend die verschiedensten Mechanismen hinsichtlich Gestaltung, Bemessung und Dimensionierung entwickelbar seien. Er wollte mit seiner „Theoretischen Kinematik“ – 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 (vgl. Reuleaux 1871, 1875). Der „Gegenpol“ dazu orientierte stärker auf die mögliche und notwendige rasche praktische Anwendbarkeit technischer und technikwissenschaftlicher Forschungsergebnisse, akzentuierte aber darüber hinaus den schöpferischen Charakter konstruktiver Ingenieurtätigkeit, das Moment des kreativen, Neues schaffenden Entwurfs. Diese Richtung – etwa durch *Alois Riedler* (1850–1936) repräsentiert – sah die Technik als Möglichkeit des künstlerischen und freien Schaffens an, nicht als Deduzieren aus Theorien. Dadurch kam es zu einer teilweisen Ablehnung exakter mathematischer Methoden. Er orientierte vorrangig auf Naturerkenntnis (nicht auf Logik und Mathematik!) als Fundament der Technik, auf das richtige

Erfassen der Wirklichkeit in der Vielfalt ihrer – oft widersprechend auftretenden – Ursachen und Wirkungen, auf die Anwendung des Wissens für den praktischen Einzelfall mit seiner Vielzahl unterschiedlicher Einflussgrößen, Beziehungen, Verflechtungen und somit auch Lösungsmöglichkeiten. Er zielte auf das gesamte Erscheinungsbild einer technischen Lösung, die das Produkt der „Geistesarbeit ihrer Schöpfer" ist, und für die Wissen lediglich eine (wenn auch notwendige) „Vorstufe" sei. Dafür ist die Ausprägung von Fähigkeiten und Fertigkeiten durch das Leben und die Praxis erforderlich, da Vorlesungen und Seminare das nicht leisten können (vgl. Riedler 1896, 1919). – Die Entwicklung von Wissenschaft, Technik und Industrie brachte dann von selbst die Lösung dieses vehement geführten „Methodenstreits" (vgl. näher dazu Banse 1997; Braun 1977; Rapp 1978), indem sich beide Komponenten als unbedingt notwendig, gegenseitig ergänzend und durchdringend erwiesen, was zu ihrer Synthese in der Ingenieurausbildung in Form einer Verbindung von theoretischen Vorlesungen, Konstruktionsübungen am Reißbrett, Laborpraktika und Experimenten an Maschinen in natürlichem Maßstab und unter Bedingungen, die der Wirklichkeit entsprechen, führte.

(3) *Max Eyth* (1836–1906): Zur Charakterisierung einer Erfindung kann man bei dem Ingenieur und Dichter *Eyth* in seinem Aufsatz „Zur Philosophie des Erfindens" aus dem Jahre 1903 lesen:

> „Wer erfolgreich Mittel und Wege zeigt, ein bisher unerreichtes Ziel auf dem Gebiet materiellen Wirkens zu erreichen, aber auch wer neue Wege und Mittel zeigt, ein bereits bekanntes Ziel zu erreichen, hat eine Erfindung gemacht." (Eyth 1919, S. 231f.)

Damit ergeben sich so vier Neues hervorbringende Kombinationsmöglichkeiten, die bis heute Bestand haben (siehe Abbildung 2; vgl. auch Ropohl 2001, S. 148f.).

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

Abbildung 2: Arten von Neuerungen

Eigene Darstellung in Anlehnung an Ropohl 2001, S. 149

(4) *Peter Klimentitsch von Engelmeyer* (1860–1922): Im Jahre 1909 erschien in der „Zeitschrift für gewerblichen Rechtsschutz und Urheberrecht“ der Artikel „Der Dreiakt als Lehre von der Technik und der Erfindung“. Sein Autor – *Peter Klimentisch von Engelmeyer* – geht in dem Beitrag 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, S. 371). 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 seiner Meinung nach auch die „Theorie der Erfindung, die Heurologie“ (Engelmeyer 1909, S. 375) umrissen, die das Ziel seiner Bemühungen darstellt. Dabei setzt sich *von Engelmeyer* bewusst mit der Auffassung des Dresdner Patentingenieurs *Carl Ernst Hartig* (1836–1900) auseinander, dass sich der Erfindungsprozess nicht gesetzmäßig vollziehe: Dieser hatte, selbst um die Entwicklung der „Technologik“ bemüht, 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, S. 150)

*Von 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.“ Somit unterscheidet er „Entstehung der Absicht. Akt des Wollens und der Intuition“, „Ausarbeitung des Schemas. Akt des Wissens und Denkens“, „Konstruktive Ausführung der Erfindung. Akt des Könnens“ (vgl. Engelmeyer 1909, S. 385f.). Um Missverständnissen und Schematisierungen vorzubeugen, verweist von Engelmeyer wiederholt darauf, dass die drei Akte keinesfalls Stadien der Manipulation am Substrat, sondern drei ge-

dankliche 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, S. 390; vgl. auch Engelmeyer 1928)

## 3 Systematisches

„Erfinden heißt, den Entwurf für ein technisches Gebilde oder Verfahren in bezug auf Struktur und Funktion gedanklich zu antizipieren bzw. für die im Nachhinein durch praktische menschliche Tätigkeit zu vollziehende Realisierung den gedanklichen Plan (ein System von Handlungsvorschriften) aufzustellen. Das mit der E. zu lösende Entwurfsproblem zielt letztlich auf die Beantwortung der Fragen, was und wie etwas zu machen ist.“ (Wörterbuch 1991, S. 271)

Die aktuelle Diskussion zu diesem (kreativen) Entwerfen hat folgende Charakteristika deutlich gemacht:

– Entwurfshandeln ist ein bewusstes, zur Zielerreichung notwendiges Überschreiten des technisch wie wissensmäßig Vorhandenen in Form eines (planmäßigen, intuitiven, methodenbasierten, heuristischen, ...) Suchprozesses.
– Dieser Lösungsprozess ist eine konkretisierende Vorgehensweise: ausgehend vom abstrakten Prinzip (funktionserfüllende Struktur) wird gestaltend, dimensionierend, bemessend und optimierend zum funktionsfähigen technischen (Sach-)System vorangeschritten. Die folgenden Abbildungen 3 und 4 zeigen den Weg vom (abstrakten, naturwissenschaftlich beschreibbaren) Natureffekt über das naturwissenschaftliche Wirkprinzip und die technische Prinziplösung zu (konkreten) technischen Lösungen erstens als Zunahme (Vielfalt) und zweitens als Ausschluss von (Lösungs-)Möglichkeiten in doppelter Weise: *Erstens* gibt es – bedingt durch unterschiedliche vorgegebene gesellschaftlichen Zielstellungen, Erfordernissen, Vorgaben und Bedürfnissen – zahlreiche realisierbare Kombinationen.[7] *Zweitens* ist ein (einzelnes) technisches Sachsystem stets konkret, mit einer bestimmten Spezifikation.[8]

---

7 Wenn etwa sechs Elemente mit jeweils drei möglichen Variationen zu technischen Sachsystemen kombiniert werden, ergeben sich (theoretisch) $3^6 = 729$ unterschiedliche Systemvarianten! – Man denke sich das etwa bei einem Auto, z.B.: (1) Benzinmotor, Diesel-

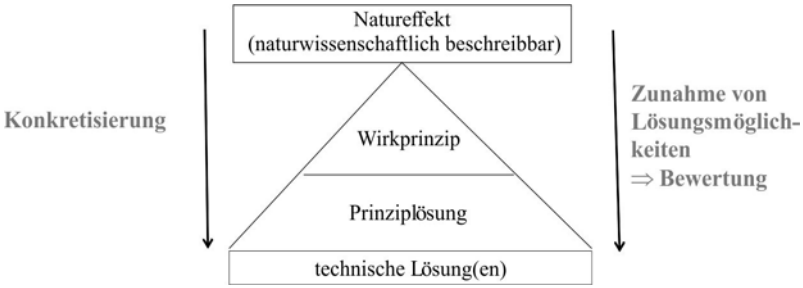



Abbildung 3: Vom naturalen Effekt zu technischen Lösungen
Quelle: verändert nach Meck 1979, S. 588

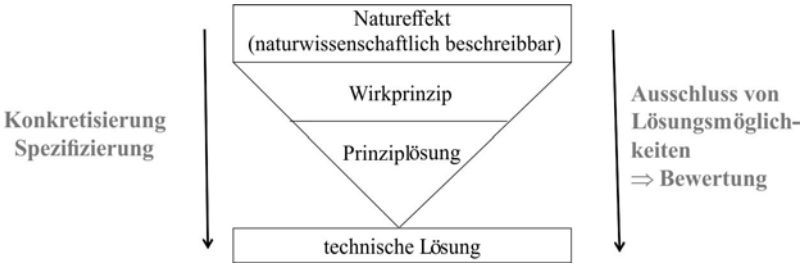



Abbildung 4: Vom naturalen Effekt zur (konkreten) technischen Lösung
Eigene Darstellung in Anlehnung an Meck 1979, S. 588

– Das erfordert das Bewerten der möglichen Kombinations- bzw. Lösungsmöglichkeiten. Bewerten bedeutet, etwas auf ein vorgängiges Wertesystem (Bewertungskriterien) zu beziehen. Werte sind mehrstellige Relationen, die die Bedeutung von Sachverhalten für den Menschen bestimmen. Sie sind bestimmend dafür, dass etwas anerkannt, geschätzt, verehrt oder erstrebt (bzw. abgelehnt, verachtet oder nicht erstrebt) wird und dienen zur Beurteilung oder Begründung bei der Auszeichnung von Handlungs- und Sachverhaltsarten, die es anzustreben, zu befürworten

motor, Elektromotor; (2) Vorderachs-, Hinterachs-, Allradantrieb; (3) Limousine, Coupé, Kombi; (4) Schalt-, Automatik-, kombiniertes Getriebe; (5) Standard-, gehobene, Top-Ausstattung; (6) mit Reserverad, mit Notrad, mit Pannen-Set.

8 Das in der vorstehenden Fußnote genannte Beispiel nutzend bedeutet das, dass jedes konkrete Auto *eine* bestimmte Kombination dieser 729 möglichen Varianten ist.

oder vorzuziehen (bzw. auszuschließen) gilt. Ihr Ausgangs- bzw. Zielpunkt ist, dass Technik „zweckmäßig“ und „optimal“ sein soll bzw. muss. Wenn diese Bewertung (mehr oder weniger) systematisch, umfassend und methodenbasiert erfolgt, kann man von (rationaler) Technikbewertung (bzw. Technikfolgenbeurteilung oder Technikfolgenabschätzung – TA) sprechen, denn dabei geht es um das 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 (vgl. VDI 1991). Dann sind Werte und/oder Präferenzen auszuweisen, die als Bewertungskriterium und Anforderungsstrategie für technisches Handeln entscheidend sind. Diese Werte und vor allem ihre Präferenzordnungen sind jedoch nicht „offensichtlich“ bzw. „gegeben“, sondern „auszuhandeln“. Zudem sind sie mit Blick auf den jeweils zur Diskussion stehenden Technikbereich zu konkretisieren. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es zwischen ihnen neben „Folgebeziehungen“ und „Gleichgerichtetheit“ vielfältige Konkurrenzbeziehungen und Priorisierungen gibt, die darauf verweisen, dass jeweils Abwägungen vorzunehmen sind, die subjektiv unterschiedlich gewertet werden (können).

– Der Entwurfsprozess erfolgt in der Regel unter Informationsmangel bzw. bei unvollständiger Information: zu Beginn des (als Planungsvorgang verstandenen!) Entwurfsprozesses sind z.B. nicht alle relevanten Informationen verfügbar, man muss sich auf veränderte Zielvorgaben oder „Rand“bedingungen vor allem wissenschaftlicher, technischer, politischer, ökonomischer oder juristischer Art einstellen bzw. darauf angemessen reagieren („Dynamisierung der Begleitumstände“; vgl. Pahl 1997, S. 40).
– Selbst die Vielzahl der zu Beginn des Entwurfsprozesses verfügbaren Informationen muss fast stets reduziert werden, um sie operationalisierbar zu machen. Diese Komplexitätsreduktion enthält einerseits eine wissenschaftliche Komponente („Welche Reduktion ist vom gegenwärtigen wissenschaftlichen und technischen Entwicklungsstand her gerechtfertigt und legitim, d.h. führt – absehbar – zu keiner Verzerrung des technischen Erscheinungsbildes bzw. relevanter Zusammenhänge?“). Andererseits basiert sie auf dem individuellen Auswahl-, Bewertungs- und Entscheidungsverhalten des Bearbeiters, d.h. auf dem reflektierten oder unreflek-

tierten Ausnutzen vorhandener (auch normativer) Räume innerhalb des Problembearbeitungs- und -lösungsprozesses.

Vor diesem Hintergrund ist die Vorstellung eines sich vorrangig linear vollziehenden Ablaufs des Entwurfshandelns sowie der Möglichkeit der Aufstellung eines vollständigen Plans als eindeutige Festlegung (Handlungsanweisung) bzw. der Planung als wohlgeordneter (möglichst algorithmischer) Ablauf für das Entwurfshandeln (mindestens) zu relativieren, denn es ist von einem iterativen und rekursiven Vorgang mit Rückkopplungsschleifen auszugehen, für den es nur eine Rahmenplanung geben kann. *Iterative* Arbeitsweise bedeutet, dass eine Aufgabe mehrmals (systematisch, intuitiv oder in einer gemischten Weise) durchlaufen wird – mit jeweils besserem Verständnis und Wissen über die Umstände und vorgeschlagenen Lösungen, eventuell mit verschiedenartigen Modellen (Strukturen), womit man sich einer bevorzugten Lösung annähert; *rekursiv* ist eine Arbeitsweise dann, wenn eine Aufgabe in kleinere Teile zerlegt, jede Teilaufgabe für sich (aber unter Bedacht der anderen Teile) behandelt und dann der Versuch unternommen wird, die resultierenden Teillösungen zu vereinigen.

Systemtheoretisch modelliert handelt es sich bei Entwerfen (Erfinden) um eine *Systemsynthese:* Ausgehend von einer (vorgegebenen) Zwecksetzung bzw. Aufgabenstellung (technische Funktion oder technisches Verhalten) besteht die Aufgabe des Erfindens in der Zusammenführung einer Menge von geeigneten Elementen zu einem System mit einer Struktur, das diese Funktion oder dieses Verhalten (bei Beachtung vielfältiger ökonomischer, ökologischer, rechtlicher usw. „Rand-“ bzw. „Rahmen“bedingungen) zu erfüllen bzw. zu realisieren gestattet (einschließlich der Gestaltung, Bemessung, Dimensionierung und Optimierung der sogenannten „funktionserfüllenden Struktur“). Diese – als technisches Gebilde vergegenständlichte – (funktionserfüllende) Struktur muss, mit anderen Worten, in der Lage sein, den beabsichtigten Übergang eines Arbeitsgegenstandes („Operand“) von einem Zustand $Z_1$ (Ausgangszustand) in einen Zustand $Z_2$ (Endzustand) zu bewirken („Transformationsprozess“, „Übergangsfunktion“).

Problemtheoretisch ist Entwurfshandeln ein Prozess, der wesentlich mit dem Lösen von *Problemen* zusammenhängt, und zwar vorrangig mit dem Lösen von Entwurfsproblemen:

> „Ein Entwurfsproblem liegt immer dann vor, wenn bekannten Funktionen funktionserfüllende Strukturen zuzuordnen sind. [...] Ein echtes Entwurfsproblem liegt dann vor, wenn im technischen Abbildbereich keine funktionserfüllende Struktur bekannt ist. [...] Der Intuition und dem Zufall gedanklicher Kombina-

tionen ist dabei ein erheblicher zahlenmäßiger Anteil der Lösung von Entwurfsproblemen zuzuschreiben.“ (Parthey/Schlottmann 1986, S. 53)

Das Lösen von Entwurfsproblemen ist vorrangig zunächst mit dem Erfassen der Aufgabenstellung, sodann mit dem Finden des Grund-, Arbeits- und Bauprinzips, dem Auswählen, dem Dimensionieren und dem Bemessen und schließlich mit dem Optimieren der (neuen, veränderten, ...) Lösung verbunden. Da man Problemsituationen als Ausdruck vorhandener Wissens- bzw. Informationsdefizite verstehen kann – von Problemen spricht man dann, wenn das Wissen nicht ausreicht, nicht „vollständig“ ist, um das gesetzte Ziel unter den gegebenen Bedingungen zu erreichen –, ergibt sich die Frage, auf welche Weise diese Defizite verringert bzw. beseitigt werden können. Generell lässt sich antworten, dass das im Bereich wissenschaftsbasierter Entwurfstätigkeit vorrangig in einem methodischen (d.h. weitgehend planmäßigen) Vorgehen erfolgt, in dem unterschiedliche praktische und geistige Aktivitäten verbunden sind.

Bei den mit dem Entwurfshandeln verbundenen geistigen Aktivitäten sind neben den *stereotypen* bzw. *routinierten* (oftmals unbewusst ablaufenden) Vorgehensweisen weiterhin *methodische* (logische, algorithmische, streng planbare, zwingende, meist überindividuelle), *heuristische* (nicht-algorithmische, unscharf planbare, häufig individuelle) und *kreative* (intuitive, auf „gelenkter“ Phantasie beruhende und als „Gedankenblitz“ sich darstellende) gedankliche Prozeduren zu unterscheiden.

Der Problemformulierungs-, bearbeitungs- und -lösungsprozess im Bereich des Entwurfshandelns ist mit folgenden (erschwerenden) Besonderheiten konfrontiert: Die Entwurfs- und Planungsprobleme können einerseits „unterbestimmt“ oder „überbestimmt“ sein (vgl. z.B. Eckert/Schadewitz 2011); andererseits sind sie häufig nicht vollständig, exakt oder „wohl-definiert“, sondern oftmals nur unvollständig oder „schlecht-definiert“, „verzwickt“[9] („wicked“; vgl. Rittel/Webber 1994). Somit liegen „verschwommene Ziele“ und „unklare Bedingungen“ vor. Damit ist eine „Intransparenz

9 Charakteristika derartiger „bösartiger“ Probleme sind u.a.: Es gibt keine definitive Formulierung für ein bösartiges Problem; Lösungen für bösartige Probleme sind nicht richtig oder falsch, sondern gut oder schlecht; jedes bösartige Problem ist wesentlich einzigartig; bösartige Probleme haben weder eine zählbare (oder erschöpfend beschreibbare) Menge potenzieller Lösungen, noch gibt es eine gut umrissene Menge erlaubter Maßnahmen, die man in den Plan einbeziehen kann; die Existenz einer Diskrepanz, wie sie ein bösartiges Problem repräsentiert, kann auf zahlreiche Arten erklärt werden; die Wahl der Erklärung bestimmt die Art der Problemlösung (vgl. Rittel/Webber 1994, S. 22ff.).

von Bearbeitungsvorgängen“ verbunden, die in „unscharfen Entscheidungen“ sowie einer „Hypothetizität“ des Ergebnisses ihren Niederschlag findet.

Die vorgenommene Charakterisierung des Entwurfshandelns macht deutlich, dass nur in einem geringen Maße algorithmisch abarbeitbare Phasen zu erwarten sind. Mittels der algorithmischen Methode wird ein angestrebtes und gewolltes Ergebnis von gegebenen Anfangsbedingungen her in „normierter“ Weise – und vorhersagbar – in einer endlichen Anzahl von Schritten erreicht. Damit gilt es, einer Verabsolutierung des Rationalitätspostulats entgegenzutreten, wenn angenommen wird, dass einerseits alles, was beim Entwurfshandeln abläuft, einmal definitiv beschreibbar sein wird, und dass andererseits der Mensch dann am effektivsten arbeitet, wenn er methodenbewusst arbeitet (vgl. Müller/Franz 1990, S. 65). Kenntnis von methodischen Vorgehensweisen kann systematisches Entwurfshandeln befördern, löst jedoch herkömmliche erfahrungsbasierte Arbeitsweisen nicht ab. Dies ist besonders der Fall für Routineaufgaben. Erst wenn die Problemstellung oder Teilaufgabe ungewöhnlich schwierig bzw. radikal neu ist, wird die Notwendigkeit der Anwendung einer methodengestützten Vorgehensweise, also die Verfolgung von Anweisungen und Rahmenplänen von Vorteil sein, indem ein um vieles erweitertes Feld von Lösungsmöglichkeiten aufgedeckt und systematisch eingeschränkt wird.

Diese Besonderheit des Entwurfsprozesses hinsichtlich „no definitive conditions or limits to design problems“ (Buchanan 1992, p. 16) bringt einen heuristischen Akzent in das Entwurfshandeln. Unter „einer *Heuristik*, d.i. *Erfindungskunst*“, schreibt *Bernard Bolzano* (1781–1848), dürfe man sich keine Kunst vorstellen,

> „durch deren Kenntniss man auch bei den unglücklichsten Naturanlagen und ohne alle Hülfe des Zufalls, durch eine bloss mechanische Befolgung ihrer Regeln, jede beliebige, bisher verborgene Wahrheit sicheren Schrittes suchen und auffinden könnte.“ (Bolzano 1985, S. 71f.)

Erfindungskunst bedeute – lediglich – „einen Inbegriff von Regeln, die bei Erfindung neuer Wahrheiten zu beobachten“ seien (Bolzano 1985, S. 70). Als Heuristik(en) bezeichnet man seither „Anweisungen“ (d.h. Grundsätze, Prinzipien und Verfahren), mit deren Hilfe Neues ge- oder erfunden werden kann, methodische Regeln, um aus vorhandenem Wissen (expliziter wie impliziter Art) neue Erkenntnisse „herleiten“, über „Bestehendes“ hinausgehen zu können – womit der Bereich des Entwurfshandelns unmittelbar berührt ist.

Ein Heurismus unterscheidet sich vom Algorithmus dadurch, dass ihm die *Garantie* für das Lösen bzw. Finden der Lösung einer gegebenen Auf-

gaben- oder Problemstellung fehlt. Er ist eine endliche, geordnete Menge von Vorschriften, die, adäquat angewendet, das anzustrebende Ergebnis zwar nicht sicher erreichen lässt, aber doch bewirkt, dass der Bearbeitungsprozess zielstrebiger, sicherer bzw. effektiver verläuft.

Ein heuristisches Vorgehen ist möglich, wenn der erforderliche Vorgang infolge vorgängiger Erfahrungen nicht mehr völlig *unsicher* ist (z.B. durch Analogieschlüsse, begründete Gewichtungen, Plausibilitäten und Relevanzen). Es stellt somit den Versuch dar, Probleme im Entwurfshandeln methodenbewusst (oder besser: methodengeleitet) auch dort zu lösen, wo ein strikt algorithmisches Vorgehen nicht mehr (oder noch nicht?) möglich ist, wo (noch?) keine streng deduktiven Begründungs- und Entscheidungsverfahren bekannt sind oder vorliegen bzw. wo diese aus „in der Sache selbst liegenden" Gründen nicht genutzt werden können (z.B. infolge unscharfer Problemstellung, unvollständiger Information oder irreduzibler Komplexität). Heuristiken gelangen dort zur Anwendung, wo das problembearbeitende bzw. -lösende Vorgehen nicht zwingend oder vorgegeben, d.h. nicht im Voraus festgelegt ist bzw. festgelegt werden kann. Dann fällt es dem Bearbeiter zu, die möglichen und notwendigen Schritte und Abläufe selbst zu wählen – mithin ist dieser Auswahl- und Entscheidungsprozess individuell beeinflusst.

## 4 Fazit

Zusammenfassend lässt sich feststellen:

(1) Neues schaffende Tätigkeit ist kreative Tätigkeit!
(2) Kreative, auf Neues drängende Ideen – die nicht zwingend aus den gegebenen oder zu schaffenden Bedingungen folgen – erweisen sich als ideelle Programme der Tätigkeit des Menschen, die auf die Verwirklichung möglicher – eventuell notwendiger – neuer Arten der Beherrschung von bzw. der Nutzung von Objekten und Prozessen gerichtet ist.
(3) Kreative Ergebnisse sind von gesellschaftlichen Determinanten für die Hervorbringung, Wertung und Verwertung von Neuem einschließlich der Möglichkeit der „Testung" neuer Ideen sowie von individuellen Voraussetzungen des kreativ Tätigen abhängig.
(4) Der Ausgangspunkt für schöpferische Aktivitäten ist zumeist ein Widerspruch zwischen dem gegenwärtig Erreichten, Vorhandenen und dem zukünftig Wünschbarem, Notwendigem und/oder Erforderlichem.
(5) Die Problemformulierung ist – wie man sagt – der halbe Weg zur Lösung, aber eben nur der halbe. Hinzutreten muss die Fähigkeit der Pro-

blembearbeitung, der vollständigen theoretischen Ausarbeitung und der praktischen Umsetzung der schöpferischen Idee.[10]

(6) Kreative Ideen bringen als Problemlösung Neues hervor, das sich aber nicht im Selbstlauf durchsetzt. Dem Nutzen von Neuem können Schwierigkeiten gerade aus der „Macht der Gewohnheit" erwachsen, weil es bisher so ging, so gut ging, sich das Bestehende bewährt hat usw. In einer Art „kreativer Zerstörung" (*Joseph Schumpeter*) wird Neues für Altes, Besseres für Gutes gesetzt. Das ist jedoch zumeist nur in Auseinandersetzung mit der „Umwelt" möglich.[11]

(7) Neues generierendes Denken und Handeln basiert auch auf dem Vermögen, Noch-nicht-Gedachtes zu denken, Noch-Nicht-Durchgeführtes durchzuführen oder bereits Bekanntes auf neue, originelle, unkonventionelle Art und Weise zu kombinieren, eingefahrene Gleise zu verlassen und Neuland zu betreten. Das kann mit Abschiednehmen von Althergebrachtem oder dem Abgehen von Gewohntem u.ä. verbunden sein, was zumeist nicht ohne Schwierigkeiten vor sich geht.

(8) Zu bedenken ist allerdings auch, dass nicht nur eine neue Herangehensweise Wagemut erfordert (nämlich dann, wenn man sich gegen vorherrschende Auffassungen, Meinungen und Praxen durchsetzen muss), sondern Wagemut ist auch dann gefragt, wenn man, entgegen vordergründig modernistischen oder Gruppentendenzen, am Überlieferten festhält, von dessen besserer Leistungsfähigkeit gegenüber dem Neuen über-

---

10 Nach *Rudolf Diesel*, dem Erfinder des nach ihm benannten Verbrennungsmotors, besteht eine Erfindung aus zwei Teilen, der Idee und ihrer Ausführung (vgl. Diesel 1913, S. 1): „Wie entsteht die Idee? Mag sein, daß sie manchmal blitzartig auftaucht, meistens wird sie sich aber durch mühevolles Suchen aus zahllosen Irrtümern langsam herausschälen, sich allmählich durch Vergleiche, Ausscheiden des Wichtigen vom Unwichtigen, mit immer größerer Deutlichkeit dem Bewußtsein aufdrängen, bis sie endlich klar vom Geiste geschaut wird. [...] Immer wird nur ein geringer Teil der hochfliegenden Gedanken der körperlichen Welt aufgezwungen werden können, immer sieht die fertige Erfindung ganz anders aus als das vom Geist ursprünglich geschaute Ideal, das nie erreicht wird. [...] Man muß viel Wollen, um etwas zu erreichen. Das wenigste davon bleibt am Ende bestehen" (Diesel 1913, S. 151).

11 Rückblickend resümierte *Diesel* dazu: „Die Einführung ist eine Zeit des Kampfes mit Dummheit und Neid, Trägheit und Bosheit, heimlichem Widerstand und offenem Kampf der Interessen, die entsetzliche Zeit des Kampfes mit Menschen, ein Martyrium, auch wenn man Erfolg hat. [...] Deshalb muß jeder Erfinder ein Optimist sein; die Macht der Idee hat nur in der Einzelseele des Urhebers ihre ganze Stoßkraft, nur diese hat das heilige Feuer zur Durchführung" (Diesel 1913, S. 152).

zeugt ist usw.[12] Es geht nämlich auch um das vollständige Ausschöpfen der in einer Idee oder Lösung steckenden Möglichkeiten: Nicht jede alte Idee ist schlecht und nicht jede neue Idee ist gut!

(9) Die Kenntnis entsprechender (Entwurfs-)Methoden und die Fähigkeit ihrer bewussten Nutzung sind integrale Momente des „modernen" Erfindungsprozesses. Sie unterstützen und verstärken die kreativen Fähigkeiten und Fertigkeiten des (Problem-)Bearbeiters, ersetzen sie aber nicht.

(10) Vor einem „Schematismus" beim Entwerfen und Erfinden (etwa der einfachen Übertragbarkeit von Lösungswegen) ist ebenso zu warnen wie vor übertriebenen Erwartungen an eine „engineering design science".

---

12 Dazu sei auf die Problembeschreibung durch *Ostwald* verwiesen, der von einem „Drei-Phasen-Konzept" des Wirkens personenbezogener lebensweltlicher „Widerfahrnisse" ausgeht. In der ersten Phase wird die neue Idee zunächst von jenen kritisiert, die neidisch sind, weil sie sie nicht selbst gehabt haben. Große Freude bei den Kritikern entsteht dann, wenn sie sich als Irrtum erweist: Der Forscher „kann nicht umhin, sich zu fragen, warum er nicht selbst den neuen Gedanken gefunden hat, oder eine solche Frage von anderer Seite zu befürchten. Aus dieser Verlegenheit kommt er heraus, wenn sich der neue Gedanke als Irrtum erweist." Neben dem Kritisieren gibt es die Möglichkeit des Totschweigens von Ideen: „in dem Versuch, durch Nichtbeachtung und Übergehen die Sache verschwinden zu lassen." Gelingt das Totschweigen nicht, dann muss das Neue bekämpft werden. „Die dritte Phase des Kampfes gegen das Neue, nachdem die Anerkennung sich nicht mehr verhindern läßt, besteht endlich in der Behauptung, es sei zwar richtig, aber durchaus nicht neu. [...] Am besten kommt er [der Entdecker oder Erfinder; G.B.] weg, wenn er rechtzeitig stirbt, denn dann sind die anderen viel bereitwilliger, seine Leistung gelten zu lassen." Solche Einwände kommen oft von denen, die meinen, das Fachgebiet selber gut genug zu beherrschen: „Als größtes Hindernis des Fortschritts aber hat sich der Fachmann herausgestellt. Nicht jeder Fachmann. Es gibt auch solche, deren Hingabe an den Fortschritt größer ist als die Rücksicht auf jene kleinlich-egoistischen Erwägungen. Wo man solcher Männer habhaft werden kann, darf man von ihnen ein objektives Urteil über neue Gedanken und Tatsachen erwarten. Aber man darf sich nicht verhehlen, daß die andere, engherzige Einstellung viel häufiger vorkommt und selbst bei geistig sehr hochstehenden Menschen angetroffen wird. Somit fährt man am sichersten, wenn man dem fachmännischen Urteil um so mehr mißtraut, je größer der in Frage stehende Fortschritt ist oder zu sein behauptet" (Ostwald 1978b, S. 42).

## Literatur

Banse, G. (1994): Konstruieren im Spannungsfeld von Kunst und Wissenschaft. Historische Anmerkungen in systematischer Absicht. In: Technikgeschichte, Jg. 61/Heft 4, S. 329–352

Banse, G. (1997): Engineering Design. Konstruktionshandeln und Technikphilosophie. In: Banse, G. (Hg.): Auf dem Wege zur Konstruktionswissenschaft. Recherchen im Bereich der Konstruktionstheorie und -methodologie aus der Sicht der Technikphilosophie. Cottbus (BTUC), S. 7–82

Banse, G. (1999): Entwerfen im Spannungsfeld von Methodik, Heuristik und Kreativität. In: Wolkenkuckucksheim. Internationale Zeitschrift für Theorie und Wissenschaft der Architektur, Jg. 4/Heft 1. – URL: http://www.tu-cottbus.de/BTU/Fak2/TheoArch/wolke/deu/Themen/themen991.html

Banse, G. (2001): Erfinden im Spannungsfeld von Methodik, Heuristik und Kreativität. In: Banse, G.; Müller, H.-P. (Hg.): Johann Beckmann und die Folgen. Erfindungen – Versuch der historischen, theoretischen und empirischen Annäherung an einen vielschichtigen Begriff. Münster u.a.O., S. 27–47

Banse, G. (2015): Neues im Spannungsfeld von Methodik, Heuristik und Kreativität. In: Banse, G.; Rothkegel, A. (Hg.): Aneignungs- und Nutzungsweisen Neuer Medien durch Kreativität und Kompetenz. Berlin, S. 23–36

Banse, G.; Grunwald, A.; König, W.; Ropohl, G. (Hg.) (2006): Erkennen und Gestalten. Eine Theorie der Technikwissenschaften. Berlin

Banse, G.; Hörz, H. (1984): Wissenschaftlich-technische Revolution – Schöpfertum – Verantwortung. In: Deutsche Zeitschrift für Philosophie, Jg. 32/Heft 8–9, S. 785–795

Banse, G.; Müller, H.-O. (2001): Johann Beckmann und die Folgen. Erfindungen – Versuch der historischen, theoretischen und empirischen Annäherung an einen vielschichtigen Begriff. Münster u.a.O.

Beckmann, J. (1777): Anleitung zur Technologie oder zur Kenntnis der Handwerke, Fabriken und Manufacturen... Göttingen

Beckmann, J. (1806): Entwurf der Algemeinen Technologie. In: Beckmann, J.: Vorrath kleiner Anmerkungen über mancherley gelehrte Gegenstände. Drittes Stück. Göttingen, S. 463–207

Bolzano, B. (1985): Wissenschaftslehre [1837]. In: Bernard Bolzano-Gesamtausgabe. Reihe I. Bd. 11 (§§ 1–45). Stuttgart, Bad Cannstatt

Braun, H.-J. (1977): Methodenprobleme der Ingenieurwissenschaft, 1850 bis 1900. In: Technikgeschichte, Bd. 44/Heft 1, S. 1–18

Buchanan, R. (1992): Wicked Problems in Design Thinking. In: Design Issues, Vol. 8/No. 2, pp. 5–21

Diesel, R. (1913): Die Entstehung des Dieselmotors. Berlin, Heidelberg

Eckert, C.; Schadewitz, N. (2011): Disziplinen der Produktentwicklung aus der Perspektive des angelsächsischen Raumes. In: Banse, G.; Fleischer, L.-G. (Hg.): Wissenschaft im Kontext. Inter- und Transdisziplinarität in Theorie und Praxis. Berlin, S. 243–254 (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 27)

Engelmeyer, P. K. von (1909): Der Dreiakt als Lehre von der Technik und der Erfindung. In: Zeitschrift für gewerblichen Rechtsschutz und Urheberrecht, Jg. XIV/Heft 11, S. 367–397

Engelmeyer, P. K. von (1928): Erfindungslehre (Heurologie). In: Technik und Kultur. Zeitschrift des Verbandes Deutscher-Diplomingenieure, Jg. 19/Heft 9, S. 141–145

Eyth, M. (1919): Zur Philosophie des Erfindens [1903]. In: Eyth, M.: Lebendige Kräfte. Sieben Vorträge aus dem Gebiete der Technik (3. Aufl.). Berlin, S. 229–262

Hartig, E. (1890): Studien in der Praxis des kaiserlichen Patentamtes. Leipzig

Holz, H. H. (1983): Gottfried Wilhelm Leibniz. Eine Monographie. Leipzig

Hubka, V.; Eder, W. E. (1992): Einführung in die Konstruktionswissenschaft. Übersicht, Modell, Anleitungen. Berlin u.a.O.

Hubka, V.; Eder, W. E. (1996): Design Science. Introduction to the Needs, Scope and Organisation of Engineering Design Knowledge. London u.a.O.

Lessing, G. E. (1910): Hamburgische Dramaturgie. 26.-104. Stück [1767ff.]. In: Lessings Werke. Bd. 5. Leipzig, Wien

Lexikon (1734): Erfindung. In: Zedler, H. (Hg.): Grosses vollständiges Universal-Lexicon aller Wissenschafften und Künste... Achter Band. Halle, Leipzig, Sp. 2600–2602

Leyer, A. (1963): Maschinenkonstruktionslehre. Heft 1: Allgemeine Gesichtspunkte. Basel, Stuttgart

Meck, W. (1979): Vom naturwissenschaftlichen Wirkprinzip zur Prinziplösung – ein Schritt beim technischen Entwickeln. In: Die Technik, Jg. 34/Heft 11, S. 588–591

Müller, J. (1981): Methoden muß man anwenden. Halle/Saale (Zentralinstitut für Schweißtechnik)

Müller, J.; Franz, L. (1990): Zur dialektischen Wechselwirkung von methodenbewußtem Denken und Operationen im beruflichen Alltagswissen in Problemlösungsprozessen beim Konstruieren. In: Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Magdeburg, Jg. 34/Heft 4, S. 63–66

Ostwald, W. (1978a): Kombinatorik und schaffende Phantasie [1929]. In: Lotz, G.; Dunsch, L.; Kring, U. (Hg.): Forschen und Nutzen. Wilhelm Ostwald zur wissenschaftlichen Arbeit. Berlin, S. 28–30

Ostwald, W. (1978b): Organisierung des Fortschritts oder: Wie macht man den Fachmann unschädlich? [1928]. In: Lotz, G.; Dunsch, L.; Kring, U. (Hg.): Forschen und Nutzen. Wilhelm Ostwald zur wissenschaftlichen Arbeit. Berlin, S. 40–43

Pahl, G. (1997): Wissen und Können in einem interdisziplinären Konstruktionsprozeß. In: Putlitz, G. Frhr. zu; Schade, D. (Hg.): Wechselbeziehungen Mensch – Umwelt – Technik. Stuttgart, S. 35–65

Parthey, H.; Schlottmann, D. (1986): Problemtypen in den Technikwissenschaften. In: Banse, G.; Wendt, H. (Hg.): Erkenntnismethoden in den Technikwissenschaften. Eine methodologische Analyse und philosophische Diskussion der Erkenntnisprozesse in den Technikwissenschaften. Berlin, S. 44–53

Rapp, F. (1978): Die Forschung in der Technik (bzw. Technologie) des 19. Jahrhunderts. In: Diemer, A. (Hg.): Konzeption und Begriff der Forschung in den Wissenschaften. Meisenheim a.G., S. 189–223

Reuleaux, F. (1871): Kinematische Mitteilungen. 1. Einleitung. In: Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleisses in Preußen. Bd. 50, S. 106–126 u. 177–196

Reuleaux, F. (1875): Lehrbuch der Kinematik. Bd. 1: Theoretische Kinematik. Grundzüge einer Theorie des Maschinenwesens. Braunschweig

Riedler, A. (1896): Die Ziele der technischen Hochschulen. Teil 1. In: Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure, Jg. 40/Heft 12, S. 301–309

Riedler, A. (1919): Das Maschinenzeichnen. Berlin

Rittel, H. W. J.; Webber, M. M. (1994): Dilemmas in einer allgemeinen Theorie der Planung [1973]. In: Reuter, W. D. (Hg.): Horst W. Rittel: Planen, Entwerfen, Design. Ausgewählte Schriften zur Theorie und Methodik. Stuttgart u.a.O., S. 13–35

Ropohl, G. (2001): Philosophie der Erfindung. In: Banse, G.; Müller, H.-P. (Hg.): Johann Beckmann und die Folgen. Erfindungen – Versuch der historischen, theoretischen und empirischen Annäherung an einen vielschichtigen Begriff. Münster u.a.O., S. 143–156

VDI – Verein Deutscher Ingenieure (1991): Technikbewertung – Begriffe und Grundlagen. Erläuterungen und Hinweise zur VDI-Richtlinie 3780. Düsseldorf (VDI)

Wendt, H. (1991): Erfindung. In: Hörz, H.; Liebscher, H.; Löther, R.; Schmutzer, E.; Wollgast, S. (Hg.): Philosophie und Naturwissenschaften. Wörterbuch zu den philosophischen Fragen der Naturwissenschaften. Neuausgabe. Bd. 1. S. 271–273

Zwicky, F. (1966): Entdecken, Erfinden, Forschen im morphologischen Weltbild. München, Zürich

*Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin* *138 (2019), 37–52*

Klaus Stanke

# Erfahrungen bei der Vermittlung von Kreativitätstechniken

## 1 Für die Vermittlung von Kreativitätstechniken sind Trends sichtbar

Mit zunehmendem Alter werden Trends sichtbarer. 2019 sind es 50 Jahre, dass ich mich beruflich mit Kreativitätstechniken befasse. Hier geht es aber nicht um das Alter, sondern um die Trends, von denen ich für die aktuelle Situation zwei herausheben muss, wenn es um die weitere Verbreitung und Anwendung von Kreativitätstechniken geht.

Speziell für die Vermittlung von Kreativitätstechniken sind das je ein nötiger Trend

– zur Einfachheit der Kreativitätstechniken und
– zur Gelassenheit bezüglich der Perfektion der Anwendung.

Die Beachtung dieser Trends ist nötige Forderung für einen deutlichen Fortschritt der Anwendungsbreite von Kreativitätstechniken, insbesondere der TRIZ.

Statt des Einleitungssatzes „mit zunehmenden Alter werden Trends sichtbarer“ kann man auch sagen, sie haben für die unbedingt nötige *Verbreiterung* der Anwendung von Kreativitätstechniken in Deutschland eine besondere Bedeutung. Es sind leider „nötige“ Trends – also nicht genügend realisierte Trends, denn praktisch wird gerade gegen diese häufig verstoßen.

Nötig deshalb, weil sowohl in der Literatur als auch in der kostspieligen Angebotspraxis zur Vermittlung von Kreativitätstechniken eher gegenteilige Tendenzen zu beobachten sind:

– die Kreativitätstechniken werden immer komplexer und komplizierter (z.B. TRIZ wird statt kürzer und einfacher immer mehr ausgebaut);
– die Anforderungen an ihre Vermittlung steigen;
– für die Trainer gibt es immer mehr Vorbedingungen, quasi „Dan“-Grade wie im Judo;
– in die „Pakete“ wird immer mehr hineingepackt, um für finanziell potente Unternehmen den Ankauf als immer lukrativ zu suggerieren;

– der „Einzel“erfinder ist kaum mehr Zielobjekt;
– ...

Letztlich wird das Ganze so immer elitärer – ohne dass über eine deutlich erhöhte Erfolgsquote berichtet werden kann: Für Deutschland eine relativ konstante Erfolgsquote von ca. 0,2 Mio. aktiven Patente, was leider seitens der Lage der Kreativitätstechniken und ihrer zu gering verbreiteten Kenntnis verständlich ist.

Und die Verbreitung der Vermittlung nimmt nicht zu. Nur die simplen Kreativitätstechniken (etwa Brainstorming; Zufallstechnik und 6-Hüte-Methode) boomen und schaffen damit ein Alibi für angebliche Kreativitätsförderung, versagen konsequenterweise meist den Effekt und diskreditieren ernsthafte Kreativitätstechniken für die nötige problemlösende Kreativität. Hinzu kommt, dass „Kreativität“ besonders von der „Kreativwirtschaft“ gern besetzt wird, die selbstverständlich ihre Bedeutung hat, aber deren Kreativität (oft die künstlerische) für Wirtschaft, Wissenschaft und Technik nicht so relevant ist. Diese Bereiche benötigen die problemlösende Kreativität, und zwar im immer stärkeren Maße.

Das wäre kein so kritisches Problem, wenn in Deutschland genügend problemlösende Kreativität zu Verfügung stände! Dazu später noch etwas mehr.

## 2 Was helfen alle Raffinessen der Kreativitätstechnik-Vermittlung, wenn praktisch nur wenig bleibt

Sicher spricht es für den Lehrenden bzw. Vermittler, wenn er alle Nuancen aus dem Programm, der Anleitung, den Vorschriften herausholt bzw. hineinpackt. Für den Entwerfer bzw. Autor der Anleitung gilt das auch!

Wirklich?

Ist nicht weniger mehr? Was bleibt tatsächlich denn „hängen“, schaffen die Probanden überhaupt das Nachvollziehen? – Als ein Beispiel die ehrliche Aussage eines Probanden: 15 Jahre nach „2 Wochen 70 h Intensivlehrgang Erfinderschulen“ – nur das A2-Programm blieb hängen und in Anwendung – ... und das ist schon ein gutes Resultat, wegen „A2 als geeignetes Analyseprogramm“ und das etwas in Anwendung hängengeblieben ist! Also weniger ist mehr!

Grundsätzlich gilt: Kreativitätstechniken sind doch nur eine Hilfe, eine Anleitung für den kreativen Kopf bzw. sollen es sein. Den entscheidenden Gedanken können sie nicht schaffen, nur die Bedingungen verbessern, dass er zustande kommen könnte. Aber bei manchen Entwicklungen – auch oder

gerade bei der TRIZ – bekommt man die Befürchtung, sie wird der Stein des Weisen. Auch bei der Computeranwendung scheinen manche zu glauben, der geniale Einfall lasse sich automatisieren! Und so wird immer mehr und immer detaillierter vorgegeben. Der Anwender wird eher zum „Opfer" des Vorgegebenen, als zu seiner freien Entfaltung angeregt.

Eine dafür scheinbar nahe liegende Definition der Kreativität stellt das Anzustrebende gut dar:

> „Aus Sicht der modernen Neurobiologie kann man Kreativität als: ‚Neuformation von Informationen' definieren. Daraus ergeben sich praktische Konsequenzen. Um Informationen neu kombinieren und verarbeiten zu können, müssen sie neuronal gespeichert sein. Das heißt, sie müssen durch Lernen im Gedächtnis vorhanden sein. Der kreative Funke kann nur das entzünden, was schon vorhanden ist. Kreativität im weitesten Sinn beruht auf der Fähigkeit, die Lücke zwischen nicht sinnvoll miteinander verbundenen oder logisch aufeinander bezogenen materiellen und nichtmateriellen Gegebenheiten durch Schaffung von Sinnbezügen (freie Assoziation) mit bereits Bekanntem und spielerischer Theoriebildung (Phantasie) auszufüllen." (Holm-Hadulla 2011)

Das Speichern macht sicher die Maschine künftig, aber eine *sinnvolle* Verbindung für die Lücke, also das *Erkennen* (also den „Sinn") einer neuen Gegebenheit als kreative Idee ist wohl eine Fähigkeit, die Verstehen des so erfassten Neuen voraussetzt. Alles andere hat schon die bekannte Maschine zum Drehen aller möglichen Kombinationen von *Raimundus Lullus* geklärt (siehe Abbildung 1).

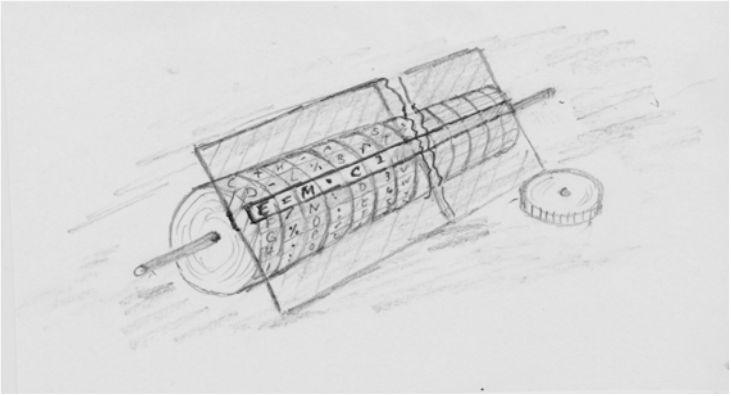


Abbildung 1: Alleslöser nach Lullus

Archiv des Verfassers

Also ein Stab mit drehbaren Buchstaben-Scheiben (plus Zahlen und Zeichen, ca. je 40 je Scheibe). Bei beliebig vielen Scheiben kann man damit jeden beliebigen Satz (Idee) darstellen, man braucht nur zu drehen und oben abzulesen – z.B. für „E = m x c2“ bräuchte man nur sechs Scheiben.

Aber wie eine richtige Aussage von Unsinn unterscheiden? Schon *nur sechs* Scheiben mit je 40 Zeichen ergeben ca. 4,1 Mrd. Varianten. Eine Sekunde pro Variante erkennen und bewerten bedeutet indes 130 Jahre Auswertung!

Kurz: Kreativitätstechniken – auch die computerisierten – können viel erleichtern, sie führen an die kreative Situation oft zielgerichtet heran, dann aber kommt das „Sehen“ (Erfassen), was viele sehen, aber nur der Kreative *erkennt und begreift* daraus die entscheidende neue Idee. Deshalb sind die Schlüsse zu den Eingangstrends Einfachheit und Gelassenheit bei der Anwendung von Kreativitätstechniken wichtig – also nicht überfrachten, mehr anregen helfen gegen Fehlwege (IER – Ideales Endresultat), Konzentrieren auf den Kern (UE – unerwünschter Effekt, Umkehren des Prinzips), Analyse der Aufgabenstellung (AST)... Wenn der Aufwand für die Kreativitätstechniken zu groß wird, darauf besinnen, dass sie *nur* Hilfsmittel sind. Schon gar nicht darf der Anwender den Überblick verlieren, was er wo, warum, wie macht, das ist schädlich für die Kreativität. Folglich sollten die Kreativitätstechniken stets einfach und übersichtlich sein.

Weiterhin schadet es kaum, wenn der Anwender sie nicht perfekt nutzt. Er ist der „König“, und *nur er* weiß bzw. kann wissen oder konkret oder vage einschätzen, ob es nützlich ist, einer weiteren Vorschrift oder Anregung zu folgen. Der Autor der Kreativitätstechniken dagegen kann doch nur von einer Wahrscheinlichkeit oder Prognose der Nützlichkeit ausgehen, die notwendigerweise immer viel kleiner als 1 ist, zumal doch jede Situation bei kreativen Prozessen konkret anders ist.

Trotz dieser vorstehenden Aussage gibt es in dem System der Kreativitätstechniken doch einige „Muss“, die für problemlösende Kreativität – also die besonders anspruchsvolle Kreativität im Bereich Wirtschaft, Wissenschaft und Technik – aus dem bisherigen Erkenntnisstand unverzichtbar sind, aber leider durch die Häufigkeit der o.g. Alibi-Vermittlung der simplen Kreativitätstechniken nicht genügend verbreitet wurden: Das sind die „Schwergewichte“ bei der Vermittlung der Kreativitätstechniken!

Diese „Schwergewichte“ müssen bei der Vermittlung dominieren:

(a) Analyse der Aufgabenstellung (AST) mit IER (Ideales Endresultat) bis zur Widerspruchsermittlung, dann
(b) eine Palette von Lösungsstrategien.

## 3 Die besondere Stellung der Aufgabenstellung bei kreativen Arbeitsprozessen

Warum hat die AST ein solches Schwergewicht?

AST, die als Ziel Neues vorsehen, haben generell das Problem, ausreichend exakt formuliert werden zu können. Wenn es beim Ziel um Neues geht, ist eigentlich verständlich, dass das eigentlich Neue eigentlich unbekannt ist, folglich schwer zu beschreiben ist. Es ist das Dilemma jeder „echt" kreativen Aufgabenstellung, sie zu präzisieren und zu erfassen!

Wenn das deutlich erkannt wird, ist eigentlich klar, dass alle die Kreativitätsautoren, die Kreativitätstechniken vermitteln wollen und das tun, ohne Analyseprogramme in der Vordergrund bzw. an den Anfang zu stellen, sich gar nicht ernsthaft mit Kreativität befassen wollen. Und davon gibt es leider viel zu viele. Und folglich zu wenig Hilfsmittel (Kreativitätstechniken) zur Analyse der AST.

Bei der Analyse der AST geht es z.B. um Gesichtsfelderweiterung! Kreativitätstechniken leisten das systematisch. So etwa die „7-W-Fragen". Jedes der Fragepronomen macht zu der AST einen eigenen Aspekt auf, also den zeitlichen Bezug *(wann), warum* den des Zwecks, ..., und so wird das gleiche Objekt durch die AST von verschiedenen Seiten bzw. Aspekten jeweils gedanklich durchleuchtet; oder den UE (unerwünschten Effekt) oder das IER (Ideales Endresultat). Diese Vielfalt der Betrachtungen bieten Kreativitätstechniken der AST mit ihrer Abfolge z.B. schon zur systematischen Gesichtsfelderweiterung (siehe Abbildung 2).

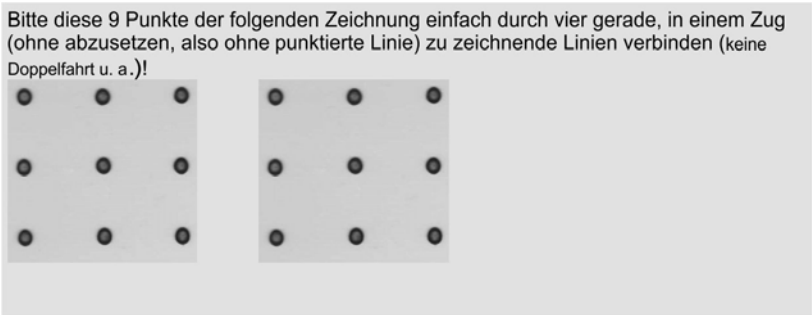



Abbildung 2: Beispiel für eine Aufgabenstellung

Eigene Darstellung

Dazu ein wahrscheinlich bekanntes Beispiel, aber es macht *bildlich* deutlich, was solche Analysen leisten! Aufgabe: „Neun im quadratischen Feld angeordnete Punkte sind mit vier aufeinander folgenden Strichen (also ohne abzusetzen) zu verbinden“. Bitte selbst probieren, wenn nicht schon vorher die Lösung bekannt war!

Gesichtsfelderweiterungen bei der Analyse der AST leisten solche Effekte, über den durch nichts vorgegeben Rahmen hinauszugehen und so eine Lösung zu finden (siehe Abbildung 3).

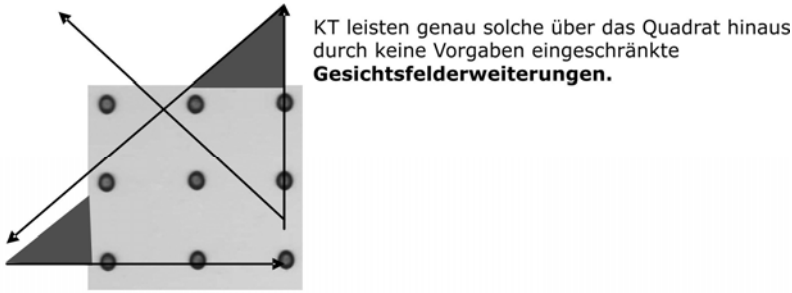



Abbildung 3: Beispiel für den Effekt einer Analyse der AST: Gesichtsfelderweiterung, hier grafisch erfassbar

Eigene Darstellung

## 4 Einen Widerspruch zu lösen bedeutet eine hoch anspruchsvolle Leistung

Genauso bedauerlich wie es die Unterschätzung der AST für die Kreativität ist, darf es nicht sein, dass ein Hochschulabsolvent nicht weiß, welche Bedeutung Widersprüche für Innovationen haben. Einen Widerspruch zu lösen bedeutet, eine hoch anspruchsvolle Lösung bei (mindestens) zwei gegenläufigen Faktoren zu finden, die den gegenläufigen Faktoren genügt und sie nicht durch einen Kompromiss abschwächt.

Der Begriff „Optimum“ (das „Beste“) für eine Kompromiss-Zielstellung führt irre, sie müsste Kompromiss oder Melioration heißen, denn die gegenläufigen Faktoren werden für die Lösung gegenseitig „verstümmelt“, abgeschwächt, reduziert, es ist also keineswegs das Beste, höchstens beim Kompromiss der günstigste. Das Beste erfordert einfach mehr, erfordert eine Widerspruchslösung (siehe Abbildung 4).

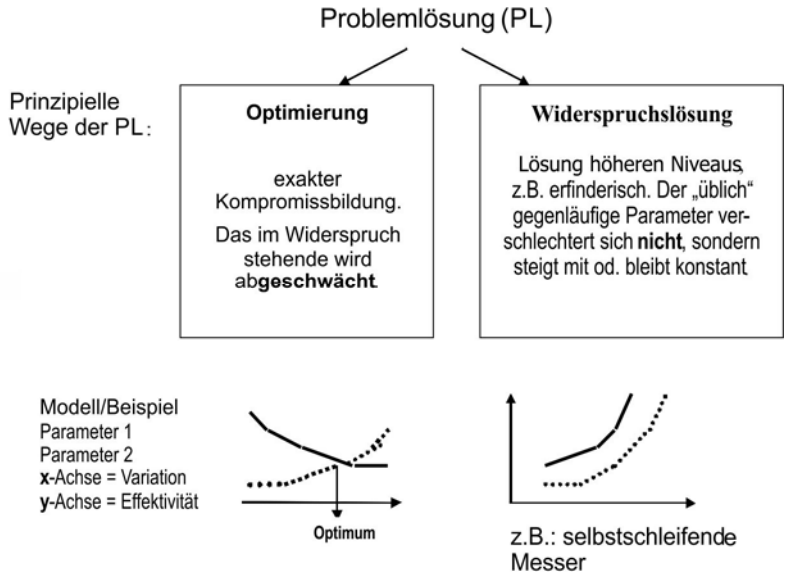



Abbildung 4: Widerspruchlösung und Optimierung als Wege der Problemlösung (PL)

Eigene Darstellung

Das wird aber kaum gelehrt, und viel zu verbreitet ist: Widersprüche sind nicht lösbar (gar „alternativlos"!) oder wenn, nur mit Kompromissen. Dem ist aber nicht so! Ganz im Gegenteil: Das Erkennen eines Widerspruchs in einer konkreten Entwicklungssituation ist eine Sternstunde für Innovationen bzw. Erfindungen. Erst eine Widerspruchslösung bringt *eine neue Qualität*, technisch: die Basis für ein Patent.

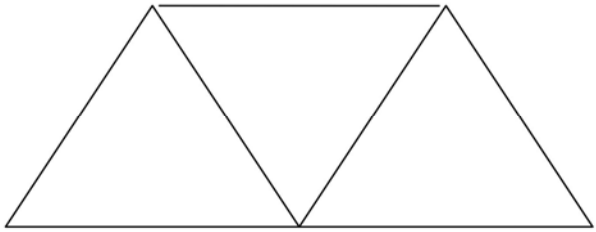
Ein ebenso simples, aber verständliches Beispiel für eine Widerspruchslösung ist die Aufgabe, „mit sechs Streichhölzern vier gleichseitige Dreiecke darzustellen". Probieren wir es (siehe Abbildung 5).

Zum Beispiel: *Stand A:* Ich habe erst drei Dreiecke und schon sieben Streichhölzer verbraucht! Analyse! Setzte ich das vierte Dreieck ran, bin ich bei neun Hölzern, d.h. 50% mehr als die Vorgabe (ich habe ja nur sechs), wenn ich keinen Kompromiss will (ginge ja auch!) also einen Widerspruch: neun statt sechs! Aber wie?

*Schluss:* Bei sechs Hölzern muss jedes Holz zwei Dreiecken dienen!

Zum Beispiel: *Stand B:* Bei Altshuller nachlesen! – 40er Liste der Prinzipien zur Lösung technischer Widersprüche, Nr. 17! (vgl. Stanke 2011, S. 119): Übergang zu höheren Dimensionen. Geht also doch mit sechs Hölzern! Eben eine andere Basis als *üblich* gedacht (in die dritte Dimension wechseln, also als dreiseitige Pyramide)!

Die Konzentration auf diese zwei Schwerpunkte (Analyse und Lösungsstrategien für die Widerspruchsproblematik) sind ausreichende Schwergewichte der Kreativitätstechniken. Da braucht man nicht zu viel Weiteres.



Zwischenergebnis: Erst 3 Dreiecke und schon 7 Hölzer verbraucht!

Abbildung 5: Simples Beispiel für eine Widerspruchslösung: mit sechs Streichhölzern vier gleichseitige streichholzlange Dreiecke gestalten

Eigene Darstellung

## 5 Die Fortentwicklung des TRIZ sollte nicht immer elitärer werden

Schon in den 1970er Jahren wurde an Hand der sich damals weit vorn befindlichen Systematischen Heuristik (SH) erkennbar: Die erste Programmbibliothek der SH mit heuristischen Programmen für Wissenschaft und Technik mit ca. 35 Programmen war anwenderfreundlicher als die spätere dreibändige Programm-Bibliothek mit über 100 Programmen, die zwar besser gestaltet, aber viel zu spezifisch waren und mehr reglementierten als anregten.

Das gilt auch für die TRIZ, deren Algorithmus nicht immer komplexer werden sollte. Noch so tiefere Detaillierung macht daraus keinen Stein der Weisen! Es sollte eine Vereinfachung statt weiterer Kommerzialisierung zu Gunsten breiter Nutzung durch Junge schon in der Ausbildung angestrebt werden. Da ist auch die Graduierung der Trainer vielleicht ein Qualitätsmerkmal, aber hinderlich für eine große Verbreitung unter finanziell nicht gut Gestellten, also dem Nachwuchs.

Es wird für Deutschland nötig, die Kreativitätstechniken breit in die Ausbildung zu bringen, nicht nur bei Konstrukteuren. So könnten unsere wachsenden Defizite bei den Jugendlichen (etwa bei Intensität und Motivation) im internationalen Vergleich etwas kompensiert werden.

Warum gibt es keine kostenlose einfache Anleitung im Netz oder lizenzfrei einfache Varianten für die Ausbildung an den Hochschulen von den vielen TRIZ-Gremien?

## 6 Wie steht Deutschland hier international denn da?

Deutschland ist immer noch Exportweltmeister! Aber: Es ist beeindruckend zu erfahren, was etwa in China oder Indien geschieht. Das „Abkupfern" ist lange vorbei. Selbstverständlich durchlaufen – *wie jeder Jungendliche in der Ausbildung* – die Chinesen auch das Wissen der Vorläufer. Aber z.B. bei den Patenten hat China (wie Japan und USA) einsam weit vor anderen die 1/2 Millionen aktive Patente erreicht und wuchs exponentiell weiter (2015), Deutschland verharrt bei 0,2 Mio. (vgl. Fisch/Block 2015).

Und nicht nur in der „Sonderwirtschaftzone Shenzen" wird auf Tempo gedrückt und im Milliarden-Bereich investiert.[1]

Nicht so einfach ist eine annähernd klare Aussage zur These im Abschnitt 1, es gebe in Deutschland nicht genügend problemlösende Kreativität? Dazu ein Nachdenk-Impuls aus einer aktuellen Veröffentlichung: In der Presse erschien vor einigen Tagen ein Bericht über eine Studie des Weltwirtschaftsforums (WEF) aus der Schweiz mit dem Titel „Deutschland toppt die Welt bei Innovationsfähigkeit" (vgl. Schwab 2018). Danach läge Deutschland laut diesem „Globalen Wettbewerbsbericht 2018" auf Platz 1 vor den USA bei der Innovationsfähigkeit (Teil 12 der Studie). In Summe bei allen 12 Teilen des Berichts liegt Deutschland auf Patz 3 hinter den USA und Singapur vor der Schweiz, Japan, den Niederlanden und Hongkong (obwohl von dort gar keine Patente gemeldet werden!), Großbritannien, Schweden, Dänemark und Finnland. „Rest-China", also die Volksrepublik, ist an 27 Stelle. Bei den ansonsten vielen schlimmen politischen Nachrichten ist doch ein solcher willkommener Bericht Labsal! Aber etwas kritischer sollte schon auf diesen 1. Platz geschaut werden, was leider die Presse nicht tat.

Für diesen 1. Platz im Teil 12 werden gemischt:

---

1 Vgl. https://de.wikipedia.org/wiki/Shenzhen

- Die Kapazität für Innovationen (Deutschland: 5. Rang weltweit),
- die Qualität der wissenschaftlichen Forschungsinstitutionen (Deutschland: 11. Rang),
- Unternehmensausgaben für F+E (Deutschland: 4. Rang),
- Universität-Industrie-Kooperation (Deutschland: 7. Rang),
- Kundenzufriedenheit mit den technischen Produkten (Deutschland 6. Rang),
- Vorhandensein von Wissenschaftlern und Ingenieuren (Deutschland 11. Rang) und
- die Anzahl der PCT-Patente (Deutschland: 7. Rang mit 219.000 derartigen Patenten).

Und daraus wird der erste Rang insgesamt! Flugs verschwindet, dass die Anzahl aktiver Patente bei 0,2 Mio. seit langem stagniert, z.B. Dänemark und Finnland mehr haben. Und bei den Forschungsausgaben z.B. 2015 die USA 463 Mrd. $, China 377 Mrd. $, die *gesamte* EU 346 Mrd. $ tätigten. Selbst „keine Patentmeldung, also 0 Patente“ Honkongs hinderte nicht, es z.B. vor China einzuordnen.

Solch ein Bericht beruhigt, wenn das Rating stimmt. Wahrscheinlich halfen die vorn genannten Alibi-Aktivitäten schon vor sieben Jahren, dass die Förderung von SIGNO-Erfinderclubs eingestellt wurden, d.h. je 2.000 Euro pro Jahr für diese ca. 200 Clubs für Jugendliche in ganz Deutschland gestrichen wurden. Dort hatten Enthusiasten Jugendliche (an Schulen und außerhalb) an kreative Arbeit herangeführt.

Praktisch haben die problemlösende Kreativität und ihr Stellenwert in der Aus- und Weiterbildung in Deutschland alles andere als einen ersten Platz, höchstens zu kämpfen, außerhalb der kommerziellen Weiterbildung überhaupt anerkannt zu werden.

Eine neue DPA-Meldung vom Januar 2019 benennt einen interessanten Aspekt zum deutschen Patentwesen: Fast jedes zehnte (2016) aus Deutschland angemeldete Patent kommt von Anmeldern mit Migrationshintergrund – 2005 waren es noch 6% (vgl. DPA-AFX 2019).

Klar ist nur, eine hinreichende Aussage zu nötigen Veränderungen ist leider nicht auffindbar, und *Matthias Heister* benennt in seiner Analyse leider die vielen Faktoren dafür, die sich bisher kaum verändert haben (vgl. Heister 2013).

## 7 Ein drastisch vereinfachtes System von Kreativitätstechniken ist für eine breitere Anwendung nötig

Ein drastisch vereinfachtes System von Kreativitätstechniken erscheint also nötig, um Kreativitätstechniken zu verbreiten, um mehr und höhere kreative Ergebnisse zu erzielen. Hier gilt: weniger an Aufwand (Menge und Kompliziertheit) für Kreativitätstechniken ist mehr. Es sind genügend Köpfe und Ideen da. Die vorhandene Zersplitterung – aus kommerziellen Interessen, Prestige, ... – müsste überwunden werden, wie es bei der VDI-Richtlinie 4521 „Erfinderisches Problemlösen mit TRIZ – Grundlagen und Begriffe" realisiert wurde. Das sollte eine Forderung an die Fachgremien und staatlichen Stellen werden, hierzu die nötige Unterstützung zu leisten.

Von mir aus meinen Erfahrungen hier nur dieser Appell, denn die Selbstzufriedenheit ist zu groß. Die politische Situation scheint zu erfordern, vorhandenes „schön zu reden". Aber nur aus einer schonungslosen Analyse, dass wir schon im Fallen sind, wächst die Kraft, sich wenigsten auf einen „günstigen" Aufschlag als Widerspruchslösung einzustellen

Abschließend als ein Beispiel – mehr nicht – wie weit die Vereinfachung reichen kann. Dazu habe ich versucht, für Jugendliche noch vor dem Studium einen Einstieg in Kreativitätstechniken zu gestalten: „Kreas als BONSAI-System der KT" (vgl. Stanke 2011).

„Kreas" sind kurze

> „Elemente kreativen Arbeitens bzw. einer Strategie beim Lösen gedanklicher Aufgabenstellungen. Sie sind fast mit den ‚Sprichwörtern des täglichen Lebens' vergleichbar, wobei diese in der Regel eine geringere ‚Trefferquote' haben – z.B. ‚Handwerk habe goldenen Boden'. Ähnlich wie diese Sprichwörter erfassen Kreas in *Kurzform* wichtige Orientierungen, aber vorzugsweise für kreative Arbeit. Sie werden in Kurzform als Text und als Ikon angegeben. Ihre Anwendung ist äußerst vielfältig in den unterschiedlichsten Situationen möglich. Das und die einfache Anwendung ohne nennenswerte Bedingungen oder Training sind die deutlichsten *Vorzüge* dieser Art von Kreativitätstechniken. Jeder Leser kann sie sofort ‚anwenden', sobald ihm ein zutreffendes Krea zu seiner momentanen Situation ‚einfällt'." (Stanke 2011, S. 31)

Abschließend werden einige der Kreas aus der Gruppe 3 „Spezifische Kreativität erhöhen" vorgestellt. Siehe auch das abschließende Bild 6, das das Gesamtsystem zeigt (und dabei auch die Ikon's der nachfolgend vorgestellten Kreas).

**Krea Nr. 3.1 Ballast abwerfen: „Trenne Dich von allem momentan nicht Nötigem!“**

*Aussage, Inhalt:*

Das System wirft Ballast ab. Es wird versucht, alles für die momentane Situation nicht Benötigte zu eliminieren. So soll Konzentration der Kreativität auf ein ausgewähltes Detail, auf eine so „entkomplizierte“ Gegebenheit erreicht werden. Dazu dienen z.B. Vereinfachungshypothesen (vgl. dazu Stanke 2011, S. 157ff.), das Problemzerlegen (vgl. unten Krea 3.3), Konzentration auf das Wesentliche, Abschalten von TV und Radio, Handy, Computer u.a.

*Kommentar, Nutzung:*

Das Ballastabwerfen kennen wir aus vielen Gegebenheiten des praktischen Lebens: begrenzter oder zu schwerer Rucksack, zu kleiner Kofferraum; Geldknappheit kurz vor Urlaubsende, Verringerung der Qualität, Hausaufgaben „vergessen“ u.ä. Analog ist das auch für gedankliche Problemlösungen zutreffend. Meist wird hier aber nur temporär der „Ballast“ eliminiert und danach schrittweise – sofern erforderlich – wieder an die gefundene Lösung „angepasst“.

**Krea Nr. 3.2 ABC-Analyse: „Sortiere konsequent Arbeitsaufgaben nach Bedeutsamkeit!“**

*Aussage, Inhalt:*

Ein „spontanes“ Zerlegen komplexer Situationen zur Schwerpunktbildung. Bilde drei Gruppen oder Haufen oder Komplexe:

*A: sehr wichtig;*
B: wichtig;
C: jetzt nicht, später.
*Arbeite nicht* an „C“-Problemen bzw. -Aufgaben!

*Kommentar, Nutzung:*

Die aktuelle kreative Energie wird primär für das Bedeutsamste aufgebracht. Die Bedeutsamkeit wird inhaltlich bestimmt, je nach Thematik. Dieses Vorgehen eignet sich auch zur Organisation der laufenden Arbeit. „C-Probleme“ kommen dann erst dran, wenn sie tatsächlich wichtig geworden sind. Sie

werden vor sich hergeschoben, bis sie B- oder A-Probleme geworden sind. Nicht *immer* ratsam!

### Krea Nr. 3.3 Systematisches Zerlegen: „Zerlege, bis die Elemente fasslich werden!“

*Aussage, Inhalt:*

Analyse- und Lösungsmethode zur Beherrschung komplexerer Aufgabenstellungen und Sachverhalte. Durch das hierarchische Zerlegen (also die inhaltlichen Bezüge beachtend) kann die ganze Aufmerksamkeit jeweils auf ein solches nun fasslicher gewordenes Element (geringerer Umfang, niedrigere Problemfülle, ...) gelenkt werden. Dadurch steigt die Wahrscheinlichkeit für die Lösungsfindung bei diesem Element, da der heuristische Effekt der „Erhöhung der spezifischen Kreativität“ ermöglicht wird. Dann analog weiter mit den anderen Elementen fortsetzen.

*Kommentar, Nutzung:*

Vorteilhafterweise wird durch den „Zerlegungsbaum“ der Gesamtzusammenhang beachtet und die Arbeit am „Element“ kann ins Gesamtsystem eingeordnet werden. Zerlegungsaspekte hinsichtlich Gültigkeit für Ziel prüfen! Systematisch zerlegen! Dabei Reihenfolge und Parallelität der Elemente begründen! Speziell ausgebaute gesonderte Anwendungen sind die „Zielbaum-Analyse“ und die „Denkfeldnetze“ (vgl. Stanke 2011, S. 78) sowie das „Begriffsnetz“ (vgl. Stanke 2011, S. 76), die das praktische Vorgehen nicht nur zeigen, sondern auch als Arbeitsblatt optimieren.

### Krea Nr. 3.4 TOP-DOWN: „Prüfe, ob der ausgewählte Schwerpunkt ‚tragfähig‘ ist!“

*Aussage, Inhalt:*

Beschäftige Dich mit dem *richtigen* Problem! Ist es wichtig und kann es Lösungsfortschritt ergeben? Also den Aufwand mit dem möglichen Ergebnis vergleichen! Dadurch zur Schwerpunktbildung kommen. Beachte: Der Fisch fängt am Kopf zu stinken an. Die Treppe wird von oben nach unten gekehrt.

*Kommentar, Nutzung:*

Spruch des Mittelalters: „Mancher suchet einen Pfennig und verbrennet dabei drei Lichte!“. Nicht an Aufgaben arbeiten, die kein akzeptables Auf-

wands-/Nutzensverhältnis haben. Die Kreativität auf die ausgewählt wichtigen Aufgaben lenken!

### Krea Nr. 3.5 80:20-Regel: „Prüfe, ob ‚Entfeinerung' für die Lösung besser ist!"

*Aussage, Inhalt:*

Eine „Entfeinerung" (zugleich Vereinfachung) für Analyse, Bearbeitung und Problemlösung.

Zwei Varianten:

1. Man kann sich mit einer Analyse bzw. Lösung zufrieden geben, die nur im *geringeren Maße* (hier ca. zu 80%) das Ziel inhaltlich erfüllt, weil für 100% Zielerreichung dann der Aufwand (für die fehlenden Prozent) unangemessen steigen würde!
2. Es wird – meist in betriebswirtschaftlichen Themen – in der Analysephase nicht alles beachtet, sondern mit geringerem Aufwand (ca. 20% des Aufwandes einer umfassenden, gründlichen Analyse bzw. Bearbeitung) werden die *einfach* erfassbaren und *wichtigen* Teile (die dann ca. 80% des Relevanten entsprechen sollen) ins Visier genommen und so von der einfacheren Analysephase *auf das Ganze geschlossen.*

Die 80:20-Regel ist gut geeignet für eine Schnellanalyse, um sich einen Überblick zu verschaffen, für eine Angebotsbearbeitung u. ä. Sie beruht auf der Erfahrung, dass es nicht nötig ist, alles zu erfassen, zu bearbeiten usw., da mit ca. den ersten (wichtigen) 20% des Aufwandes ca. 80% der Aussagen gewonnen werden können. Häufig reicht das für eine Einschätzung. Natürlich ist eine gewisse Gefahr dabei, weil die fehlenden 20% der Aussagen Überraschungen enthalten könnten (dazu auch das „Zentrierende Element"; vgl. Stanke 2011, S. 38).

*Kommentar, Nutzung:*

Variante 2 wird von routinierten Teams gern zur Beurteilung von Analysen, Betriebseinschätzungen, Vorab-Bewertungen und auch zum Vertraut-Machen mit neuen Gegebenheiten benutzt: Wenn *(zu)* schnell ein Zwischenergebnis auf den Tisch muss! Die „spezifische Kreativität" kommt hier durch Umfangsreduzierung zum Tragen.

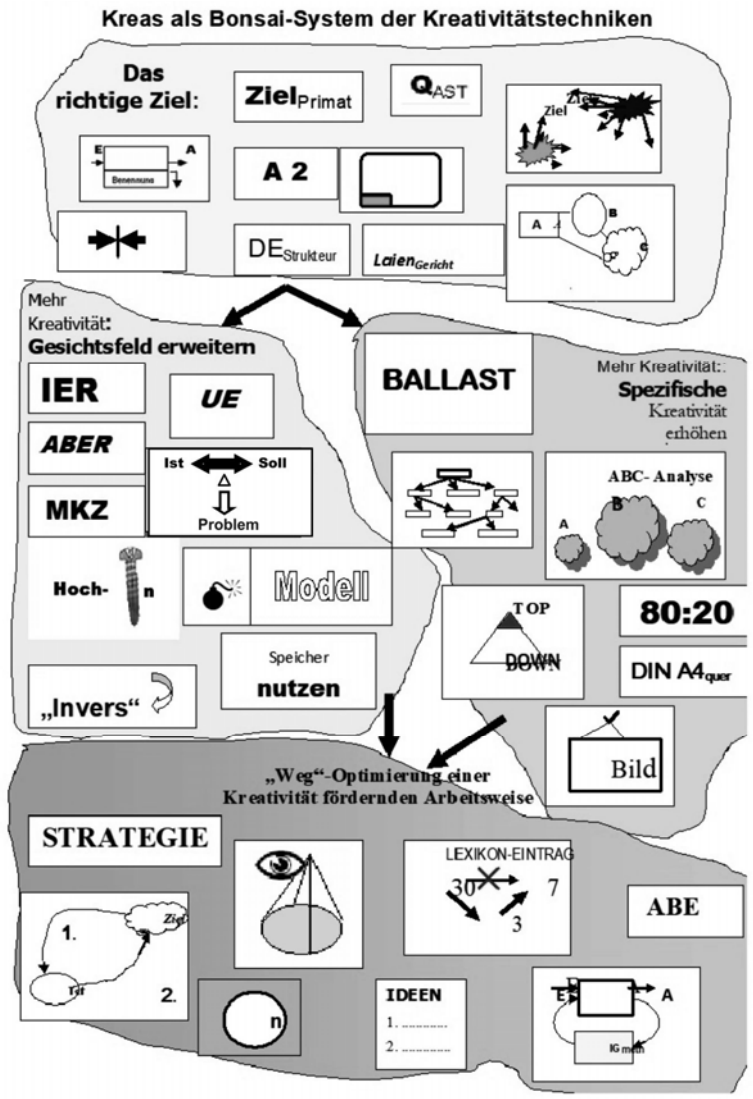



Abbildung 6: Kreas als Bonsai-System der Kreativitätstechniken

Eigene Darstellung

Wenn praktisch von den über 30 Kreas davon 3 bis 4 solcher „Kreas“ jeweils genutzt werden, ist schon das ein Erfolg.

## Literatur

DPA-AFX (2019): Studie Institut der deutschen Wirtschaft Köln: Immer mehr Patente von Forschern mit Migrationshintergrund v. 03.01.

Fisch, Ch.; Block, J. (2015): Chinese University Patents: Quantity, Quality and and the Role of Subsidy Programs. Trier (Universität)

Heister, M. W. M. (2013): Bildung Erfindung Innovation. Bd. 2: Expertenwissen für Erfinder und Unternehmer. Bonn

Holm-Hadulla (2011): Kreativität. – URL: https://de.wikipedia.org/wiki/Kreativit%C3%A4t

Schwab, K. (2018): World Economic Forum: The Global Competitiveness Report 2017–2018. Genf. – URL: http://www3.weforum.org/docs/GCR2017-2018/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2017%E2%80%932018.pdf

Stanke, K. (2011): Handlungsorientierte Kreativitätstechniken. Für Junge, Einsteiger und Profis mit BONSAI-System der Kreativitätstechniken. Berlin

*Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin* *138 (2019), 53–55*

Rita Lange

# Begabung und Kreativität?

## Ein Erfahrungsbericht aus einer MINT-Spezialschule

Das Mehr-Faktoren-Modell nach *Franz J. Mönks* (vgl. Mönks 2001) schreibt einem (hoch)begabten Menschen die drei Persönlichkeitsmerkmale *Hohe intellektuelle Fähigkeit, Motivation* und *Kreativität* zu und hebt die drei sozialen Bereiche *Familie, Freunde* und *Schule* hervor, in denen sich bei effektivem Zusammenspiel dieser Komponenten eine (Hoch-)Begabung ausprägen lässt und diese insbesondere auch zu hoher Leistung führt. Somit kommt gerade auch einer mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Spezialschule[1] mit einem sehr hohen Anteil begabter und hochbegabter Kinder und Jugendlicher die unverzichtbare Aufgabe zu, Angebote zur Entwicklung von Kreativitätsmerkmalen wie *Einfallsfülle, Flexibilität, Phantasie, Originalität* und *Divergentes Denken* zu machen. Dies gelingt vor allem in Lernsituationen, die dem lerntheoretischen Modell des Konstruktivismus entsprechen, in dem also das Lernen als aktiver, zielgerichteter und individueller Konstruktionsprozess verstanden wird.

Aus methodischer Sicht steht in der unterrichtlichen Umsetzung dieses Lernmodells dafür dann die Ausprägung der heuristischen Kompetenz im Mittelpunkt. Schülerinnen und Schüler an Gymnasien haben bereits ein gewisses Maß an intellektueller Selbstsicherheit aufgebaut, da sie schon vielfach positive Erfahrungen mit der Bewältigung unbekannter Lernsituationen sammeln konnten und dadurch ihr intuitives Zutrauen in ihre eigenen Fähigkeiten festigen konnten. Darauf gilt es weiter aufzubauen, zunehmend Kreativitätsmethoden in den Mittelpunkt zu rücken, die Komplexität der Anforderungen weiter zu erhöhen und die individuelle Bewältigung dieser Anforderungen erfolgsorientiert, also differenziert zu planen. Da es sich hierbei um eine komplexe pädagogische Aufgabe handelt, die alle Lehrkräfte einer Schule vereint erfüllen, bedarf es eines gemeinsam erarbeiteten und dann auch verbindlichen schulischen Konzepts.

---

1 Brandenburgisches Schulgesetz, § 8a *Schule mit besonderer Prägung.*

Am Carl-Friedrich-Gauß-Gymnasium Frankfurt (Oder) wurde dafür das Curriculum zur Entwicklung der Lernkompetenz erarbeitet und beschlossen. Es umfasst die Schwerpunkte *Lernvoraussetzungen, Lern- und Arbeitsprozess, soziales Lernen* und *Selbstkompetenz und Lernen* mit insgesamt 17 Aspekten. Im Abschnitt *Lern- und Arbeitsprozess* finden sich insbesondere die Methoden, mit denen Kreativität geübt und entwickelt werden kann. Dies sind Nr. 6 *Ideen finden*[2], Nr. 7 *Informationen beschaffen,* Nr. 8 *Informationen verarbeiten,* Nr. 9 *Probleme lösen* und Nr. 10 *Dokumentation von Ergebnissen*. Es wurde in dem Konzept konkret festgehalten in welchem Fachunterricht, auf welchem Niveau und unter Verwendung welcher Methoden an der jeweiligen Kompetenz gearbeitet wird. In dem Lehrplan für jedes einzelne Fach wird dies dann weiter vertieft.

In konkret zu planenden Unterrichtsphasen, die auf Kreativitätstraining ausgerichtet sind, bedarf es einer speziellen geistigen Anregung der Schülerinnen und Schüler, welche ein Spannungsfeld zwischen Bekanntem und Unbekanntem bei den Jugendlichen erzeugen möge, also einer gewissen Überraschung. Die Fähigkeit der Kreativität wird nämlich erst dann aktiviert, wenn sich etwas Neues, also keine allzu bekannte Situation/Aufgabe präsentiert. Für Lehrkräfte stellt dies gleich drei fachdidaktische Herausforderungen dar, denn es gilt einerseits die intrinsische Motivation anzuregen sowie eine dem jeweiligen kognitiven Niveau angemessene Herausforderung anzubieten und andererseits dennoch ein weitestgehend selbstgesteuertes und erfolgreiches Arbeiten zu ermöglichen:

1. geeignete Aufgaben/Aufträge für das Herausfordern der Kreativität finden[3],
2. angemessene[4] Problemstellungen kreieren und dann
3. differenzierte Formen[5] der Anleitung und Begleitung im Problemlöseprozess anbieten.

Es gibt durchaus schon viele spielerisch ausgerichtete Materialien, mit denen Kinder erfolgsorientiert Aufgaben/Aufträge bearbeiten, die die Sichtfelderweiterung trainieren, zur Auflösung gedanklicher Blockaden beitragen

2 Mit den Unteraspekten: Fragen formulieren, Hypothesen aufstellen, Brainstorming, W-Fragen-Methode, Cluster-Verfahren, Mind Map und eigenständige Lösungen entwickeln.

3 Lehrbücher sind dafür nur selten hilfreich.

4 Berücksichtigung der vorhandenen Fähigkeiten sowie des gleichermaßen erforderlichen Lernfortschritts beachtend.

5 Vordenken und Vorbereiten differenzierter Impulse, die individuell je nach Bedarf und Motivation genutzt werden können.

und die auf unterschiedlichsten Betätigungsfeldern die Phantasie anregen. Darüber hinaus können an Gymnasien kreative Methoden zielgerichtet trainiert und eingesetzt werden, um neue Ideen zu generieren. Die anspruchsvollste Form ist das Durchlaufen eines kompletten Problemlöseprozesses. Dieser bedarf der Ruhe und viel Zeit, sodass er nur selten in einer klassischen Unterrichtseinheit von 45 oder 90 Minuten ermöglicht werden kann. Hierfür bieten sich nun insbesondere an der Spezialschule neben dem Fachunterricht auch andere Formen, wie die des Enrichment an, also das Angebot zum forschenden Lernen in den Vor- und Leistungszentren ab Jahrgangsstufe 8 und in den Seminarkursen Mathematik, Biologie, Chemie und Physik zum wissenschaftspropädeutischen Arbeiten in den Stufen 11 und 12.

Ziel des Kollegiums des Carl-Friedrich-Gauß-Gymnasiums ist es, durch die schrittweise Umsetzung des Curriculums zur Entwicklung der Lernkompetenz dann in der gymnasialen Oberstufe insbesondere die Kreativität der Schülerinnen und Schüler so ausgeprägt zu haben, dass sie im Rahmen dieses Seminarkurses eine angemessen komplexe Problemstellung selbstständig entwickeln und diese wissenschaftlich untersuchen können. Jährlich platzieren sich ca. 20% der entstandenen Seminararbeiten äußerst erfolgreich z.B. bei Wettbewerben wie Jugend forscht oder dem Dr. Hans Riegel-Fachpreis der Universität Potsdam. Diese qualitative Rückmeldung stellt in Bezug auf den erreichten Grad der Ausprägung der Fähigkeit der Gymnasiastinnen und Gymnasiasten eine wesentliche Form der Evaluation der pädagogischen Arbeit des Kollegiums dar.

## Literatur

Mönks, F. J. (2001): Begabungsforschung und Begabtenförderung. In: Journal für Begabtenförderung, Jg. 1/Heft 1, S. 7–15

*Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin* *138 (2019), 57–68*

Bernd Thomas

# Unterstützung bei der Vermittlung von Kreativitätstechniken an einer MINT-Spezialschule

## 1 Einleitende Bemerkungen

Aktuell haben die MINT-Spezialschulen die besten Voraussetzungen, Schüler mit den Methoden des erfinderischen Problemlösens vertraut zu machen. Nun ist der Gedanke nicht neu, kreativ begabte Menschen auf naturwissenschaftlichem und technischem Gebiet, ähnlich der künstlerischen oder sportlichen Ausbildung, methodisch weiterzubilden. In der DDR wurde bereits ab etwa 1980 von Verdienten Erfindern dazu ein Schulungs- und Trainingsmaterial entwickelt (vgl. Herrlich/Zadeck 1982) und in Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern aus verschiedenen Fachbereichen bis zur Wiedervereinigung weiterentwickelt (vgl. Rindfleisch/Thiel 1988; Rindfleisch et al. 1989). Im Rahmen der Ingenieurorganisation KDT fanden darauf aufbauend sogenannte Erfinderschulen für Arbeitsgruppen aus Betrieben und wissenschaftlichen Einrichtungen mit dem Ziel statt, Niveau und Effizienz bei der Lösung wissenschaftlich-technischer Aufgaben deutlich anzuheben.

Schwerpunktmäßig wurden diese Erfinderschulen für in der Wirtschaft tätige Wissenschaftler und Ingenieure durchgeführt, mit nachweisbarem Erfolg (vgl. Heister 1993; Rindfleisch/Thiel 1994). Parallel dazu gab es aber auch bereits Aktivitäten, im Rahmen der Begabtenförderung an den Schulen derartige Lehrgänge mit Schülern der Oberstufen durchzuführen. Die Weiterführung eines derart umfassenden Programms zur Förderung erfinderischen Schaffens, mit staatlicher Unterstützung, war im vereinten Deutschland leider nicht mehr möglich. Derartige Lehrgänge und ihre speziellen Weiterentwicklungen wurden von kommerziellen Anbietern übernommen.

Der Verein Brandenburgischer Ingenieure und Wirtschaftler e.V. (VBIW), als Nachfolgeorganisation der KDT im Land Brandenburg, hat sich die Aufgabe gestellt, das erarbeitete und in der Praxis bewährte Wissen um effiziente Problemlösemethoden für die schulische Ausbildung nutzbar zu machen. In Zusammenarbeit mit dem Carl-Friedrich-Gauß-Gymnasium in Frankfurt (Oder) wurde dazu ein Leitfaden zur Anwendung von Kreativitätstechniken

an MINT-Gymnasien erarbeitet (vgl. Thomas 2018), nachfolgend kurz Leitfaden genannt.

Eine besondere Herausforderung für dieses Vorhaben war, dass nur ein Teil des Umfangs der Methoden, wie er zum Beispiel in einer gut strukturierten Übersicht über handlungsorientierte Kreativitätstechniken von *Klaus Stanke* dargestellt ist (vgl. Stanke 2011), in der Schule vermittelt werden kann. Einerseits steht der zeitliche Rahmen sowohl für die Lehrkräfte zur eigenen Qualifizierung wie auch für die Vermittlung nicht zur Verfügung. Andererseits besitzen die Schüler noch keine wirtschaftsspezifischen Kenntnisse und Erfahrungen. Es darf also kein wesentlicher Mehraufwand für Lehrer und Schüler entstehen, die Methoden müssen in die bestehenden Lehrpläne, bzw. in den zur Verfügung stehenden Zeitrahmen integrierbar sein. In der schulischen Ausbildung stehen Techniken zur Denk-Horizont-Erweiterung, Originalität im Denken und Vermeidung von eingefahrenen Denkschemata als Einzeltechniken im Fokus. Wie diese Techniken sinnvoll in einen heuristischen Problemlöseprozess eingebunden werden können, ist dabei eine notwendige zusätzliche Information.

Die in den vergangenen Jahrzehnten entwickelten und verfeinerten Methoden mussten dazu spezifisch aufbereitet und den Möglichkeiten der MINT-Spezialschulen angepasst werden. Dabei halfen auch die Erfahrungen, die der Autor selbst bei der Durchführung von KDT-Erfinderschulen, u.a. auch im Rahmen der Begabtenförderung von Schülern, gesammelt hat.

Um nicht zu viele Einschränkungen zuzulassen, besteht der Leitfaden aus zwei Teilen. Der erste Teil enthält die leicht integrierbaren Themen, der zweite weitergehende Informationen für die spätere Praxis, für Interessierte. Beibehalten wurde der Bezug auf die grundsätzliche heuristische Vorgehensweise, beginnend mit der Analyse der Aufgabenstellung. Ausgangspunkt sind immer der aktuelle, unbefriedigende Zustand und eine Zielstellung, die neue Erfordernisse oder wünschenswerte Eigenschaften von Materialien, Verfahren oder Zuständen beinhaltet.

In den nachfolgenden Ausführungen wird im Wesentlichen auf textliche und grafische Darstellungen aus dem Leitfaden Bezug genommen oder diese wiederverwendet, ohne im Detail wiederholt darauf hinzuweisen.

## 2 Allgemeines zur heuristischen Problemlösung

Wichtig ist die Erfahrung, dass eine exakte Beschreibung des zu erreichenden Zieles entscheidend ist für die Erfolgsaussichten der späteren Lösung und für den Aufwand zur Erreichung der Lösung. Fehler oder Ungenauigkeiten in diesem Prozess führen meist zu unbefriedigenden Ergebnissen oder belastenden Mehraufwendungen.

Eine exakte und systematische Vorgehensweise bei der Problemlösung unterstützt auch die Erziehung zu einer sachlich orientierten, wissenschaftlichen Arbeitsweise. Dabei lassen sich folgende erste Arbeitsschritte formulieren:

- Analyse der Ausgangssituation;
- Analyse der Zielstellung;
- Erarbeitung der Lösungsvariante mit Berücksichtigung von Aufwand, Nutzen, vorhandene und noch benötigte Ressourcen, Haupt- und Nebenwirkungen;
- Festlegung des Lösungswegs, gegebenenfalls Präzisierung der Zielstellung.

Als übersichtliche Orientierung ist im Leitfaden ein Schema der systematischen Arbeitsschritte enthalten. Welche der Arbeitsschritte im konkreten Fall dann wirklich notwendig sind, richtet sich nach der Schwierigkeit bzw. dem Umfang der Aufgabe. Bei schwierigeren Aufgaben müssen oft einige Arbeitsschritte wiederholt werden, man arbeitet also in Schleifen und Sprüngen, bis die möglichst ideale Lösung gefunden wurde. Bei einfachen Aufgaben kann man relativ schnell zum optimalen Lösungsweg kommen. So ist diese Übersicht eher ein Hilfsmittel zur Orientierung und auf keinem Fall als Dogma zu sehen. Als bewährte Methoden werden genannt:

- Recherchen:
  - Suche nach bereits vorhandenen und nutzbaren Lösungen (Fachliteratur, Patente);
  - Analogiemethode;
- Dialogmethoden:
  - Suche nach bereits vorhandenen und nutzbaren Lösungen, Befragung von Fachleuten;
  - Problemdiskussion;
  - Ideenkonferenz (Brainstorming).

Sehr wirksam ist die Verwendung optischer Hilfsmittel, wie:

- Assoziatives Begriffsnetz (Mind-Map);
- Hierarchischer Graph;
- Tabellen, insbesondere für:
  - Kombinationen (morphologisches Schema);
  - Variation von System- oder Funktionselementen;
  - Hilfsmittel zur Bewertung, z.B. verschiedener Varianten oder Funktionsparameter.

Optische Hilfsmittel besitzen eine hohe Wirksamkeit, da das menschliche Gehirn zur optischen Informationsverarbeitung einen großen Teil seiner Ressourcen zur Verfügung stellt. Zu diesen Hilfsmitteln zählen z.B. auch Notizen und Darstellung von Bearbeitungsschritten. Ziel der Methoden und Hilfsmittel sind:

- Finden von Zusammenhängen, Abhängigkeiten, Folgewirkungen, Rahmenbedingungen und Widersprüchen;
- Finden von neuen Ideen durch bewusstes Provozieren von Widersprüchen oder extremen Situationen, Vorstellen der idealen Lösung;
- Suche nach einfachen Lösungen, zum Beispiel durch Nutzung des „von selbst"-Prinzips, Vermeidung komplizierter Lösungen;
- Suche nach Lösungen auch über höhere Abstraktionsebenen oder Nutzung vorhandener Lösungen.

## 3 Was kann aus gegenwärtiger Sicht in die aktuellen Lehrpläne integriert werden

Die in diesem Kapitel genannten Schwerpunkte werden gegenüber den Ausführungen im Leitfaden etwas verkürzt wiedergegeben. Es kommt hier darauf an, die besonders wichtigen Inhalte zu nennen und zu kommentieren.

Zu Beginn der Problembearbeitung eignen sich die bekannten W-Fragen:

- *Warum* wurde die Aufgabe gestellt, worin besteht das Problem?
- *Was* soll erreicht werden?
- *Wo* soll die Lösung funktionieren/eingesetzt werden?
- *Wer* wird damit arbeiten, wer wird es nutzen?
- *Wie* könnte die ideale Lösung aussehen?
- *Wann* wird es eingesetzt oder benötigt?
- *Womit* kann das Ziel erreicht werden?

Ziel ist, sich umfassend mit den Rahmenbedingungen, Erfordernissen, späteren Erwartungen an die Lösung und den notwendigen Bearbeitungs-Ressourcen zu befassen.

Zur näheren Beschreibung des Ist-Zustandes:

- Benennung der aktuellen Ein- und Ausgangsgrößen, Umstände und Gebrauchseigenschaften;
- Analyse des Objektes, eventuell Zerlegung in Teilprozesse;
- Bestimmung der Funktionsprinzipien und Interaktionen mit der Umgebung;
- Füllen von Wissenslücken (Beschaffung weiterer Informationen).

Zur näheren Beschreibung der Zielstellung, der neuen Anforderungen:

- Benennung der neuen Ein- und Ausgangsgrößen, Umstände, Funktionen und Gebrauchseigenschaften.
- Wie sähe die ideale Lösung aus?
- Füllen von Wissenslücken (Beschaffung weiterer Informationen).

Methoden, die bereits teilweise im Lehrplan enthalten sind und auf wissenschaftlich-technische Bereiche spezifiziert vermittelt werden können, sind grafische Darstellungen zur Analyse der Objektumgebung. Nachfolgend werden zwei wichtige Möglichkeiten genannt.

- *Assoziatives Begriffsnetz:* Assoziative Begriffsnetze werden bereits seit langem auch unter der Bezeichnung Mind-Maps genutzt. Im Internet sind dazu ausführliche Abhandlungen zu verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten zu finden. Es wird hier nur eine Anwendungsform verwendet, die sich bei wissenschaftlichen und technischen Aufgabenstellungen gut einsetzen lässt. Durch Zerlegung und grafische Darstellung inhaltlich und funktionell zusammengehörender Begriffe wird ein optischer Überblick gegeben (siehe Abbildung 1).

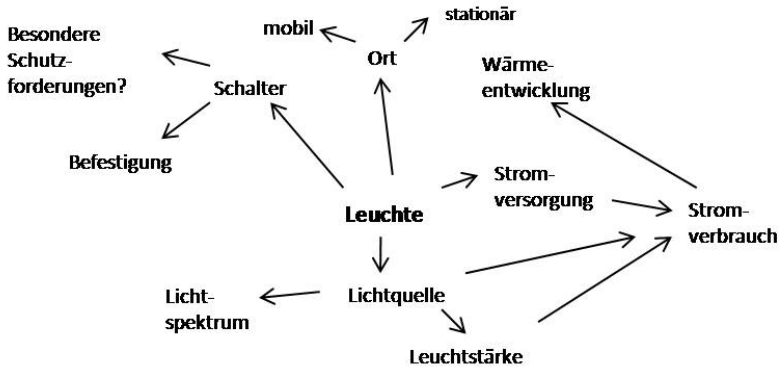



Abbildung 1: Beispiel für Beziehungen in einem assoziativen Begriffsnetz
Quelle: Thomas 2018, S. 12

- *Hierarchischer Graph:* Der hierarchische Aufbau dieses Beziehungsnetzes kann sowohl von oben (allgemeine Ebene) nach unten (sehr spezielle Ebene) oder von unten nach oben erfolgen. Die erste Verfahrensweise kann gut zum Zerlegen eines übergeordneten Prozesses in Teilprozesse genutzt werden (siehe Abbildung 2).

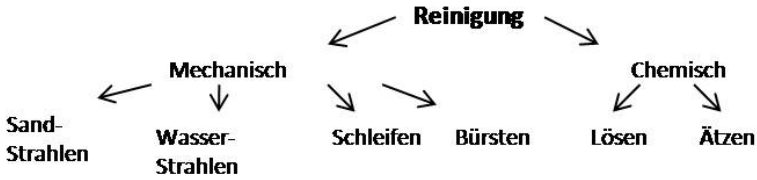



Abbildung 2: Beispiel für den Aufbau eines hierarchischen Graphs
Quelle: Thomas 2018, S. 13

Die umgekehrte Variante als Beispiel: Die übergeordneten Funktionen von Fräsen sind mechanisches Bearbeiten, Bearbeiten allgemein, Formgeben und ähnliches. Dies ist hilfreich, wenn man auf unterer Ebene in eine Sackgasse gerät und Lösungen erst bei Betrachtung höherer Abstraktionsebenen sichtbar werden. So könnte auf der Ebene Formgebung nach anderen Verfahren gesucht und eine Lösung gefunden werden.

Beide Methoden eignen sich sowohl für die Problemanalyse als auch für die Phase der Lösungssuche (Generieren von Lösungsideen).

Ausgewählte Methoden zur Ideenfindung sind:

- *Suche nach bereits vorhandenen und nutzbaren Lösungen:* In der schulischen Ausbildung dürfte die Patentrecherche wohl noch keine praktische Bedeutung haben. Schwerpunkt wird die Recherche im Internet sein.
- *Problemdiskussion, Befragung von Experten:* Sollte im Rahmen der schulischen Ausbildung eine Problemdiskussion geübt werden, muss je nach Verfügbarkeit über die Art der Fachleute entschieden werden.
- *Analogiemethode:* Suche nach funktionellen Analogien in anderen Bereichen der Technik, der Naturwissenschaften oder in der Natur. Bei der Suche nach analogen Problemen und ihre Lösung ist die Kenntnis der Funktionshierarchien sinnvoll.
- *Ideenkonferenz (Brainstorming):* Es handelt sich hier um eine Methode, die gut durchgeführt, außerordentlich ergiebig sein kann.

  Was heißt gut durchgeführt? Das Thema der Diskussion sollte vorher allen eingeladenen Personen bekannt und möglichst allgemein formuliert sein, damit genügend Spielraum für originelle Ideen bleibt. Weiterhin sollte die Diskussionsleitung nicht durch eine vorgesetzte Autoritätsperson erfolgen. Diese sollte sich, bei Anwesenheit, auch bis zuletzt zurückhalten. Eine Autoritätsperson stellt immer eine Gefahr für die freie Meinungsbildung dar. Jede Beeinträchtigung der Ideenfreiheit muss vermie-

den werden. Für die Diskussionsleitung sind einige Regeln zu beachten, die nachfolgend aufgelistet werden, ohne Anspruch auf Vollständigkeit:

- Vorschläge sind kurz und knapp zu nennen bzw. zu beschreiben. Keine langen Referate.
- Keine kritischen Bemerkungen zu geäußerten Ideen oder zu Personen. Diskutiert wird immer zur Sache.
- Allgemeinverständlich ausdrücken, damit alle verstehen, was gemeint ist.
- Irgendwelche persönliche Kommunikationstechnik ist auszuschalten. Ungestörte Konzentration auf die Thematik.
- Ein Schriftführer notiert die Ideen, für alle Beteiligten sichtbar. Die technischen Voraussetzungen dafür sind vorher zu schaffen.

Diese Regeln sind allen Teilnehmern zu Beginn der Veranstaltung mitzuteilen.
Es hat sich bewährt, wenn bei der Diskussionsleitung noch einige psychologische Aspekte berücksichtigt werden:

- Zu Beginn die Problemstellung nochmals darstellen und zum Mut auf originelle Ideen motivieren.
- In der „Aufwärmphase“, oder wenn längere Pausen drohen, kann es günstig sein, Personen konkret anzusprechen und zur Meinungsäußerung zu ermuntern. Dabei freundlich und respektvoll sein.
- Die Wortmeldungen so steuern, dass jeder etwa die gleiche Redezeit hat und dass sich keiner fachlich inkompetent fühlt.
- Wenn die Diskussion sichtbar abflaut, kann bei Schülern der Lehrer, später in der Firma der Vorgesetzte, seine Ideen vortragen, ohne Bewertung der Diskussion oder anderer Ideen. Vielleicht wird dadurch das Gespräch nochmals aktiviert.

Zu dieser Methode gibt es eine weitere Ausführungsvariante, die sogenannte *inverse Ideenkonferenz*. Diese Methode besteht darin, dass generierte Lösungsideen sachlich korrekt und konstruktiv kritisiert werden. Je nach Anzahl der Teilnehmer können auch zwei Gruppen gebildet werden, eine pro und eine kontra. Die Pro-Gruppe generiert Lösungsideen und die Kontra-Gruppe nennt im Anschluss daran alle kritisierenden Gesichtspunkte. Dann werden die Rollen vertauscht. Diejenigen, die ehemals Argumente für bestimmte Lösungsvorschläge gebracht haben, sollen jetzt ihre eigenen Ideen kritisch bewerten und die ehemaligen Kritiker sollen jetzt Argumente für die Vorschläge oder neue Ideen finden. Nach einer Ideenkonferenz kann man, wenn zum Beispiel eine sogenannte Ideenflaute eingetreten ist, mit der

Kontragruppe beginnen. Der besondere Effekt daran ist auch, dass die Teilnehmer lernen, eigene Vorbehalte oder persönlichen Ehrgeiz für eine Lösungsidee zu Gunsten einer sachlichen, neutralen Betrachtung zurückzustellen. Das kann sich auf die weitere Team-Arbeit positiv auswirken.

Gut durchgeführte Diskussionsrunden schult die Schüler in Diskussionsdisziplin, fairem und sachlichem Umgang mit anderen Ideen und fördern Sozialkompetenz. Empfehlenswert ist, wenn Schüler die Diskussionsleitung üben können, in Verbindung mit einer anschließenden gemeinsamen Auswertung.

Was wird bei den Schülern damit geübt?

- Teamfähigkeit;
- konzentriertes und diszipliniertes Arbeiten;
- Fähigkeit, eigene Vorschläge mit wenigen Worten verständlich zu beschreiben;
- Hineindenken in andere Ideen und versuchen, sie zu verstehen;
- kritische Betrachtung auch der eigenen Ideen (wichtig für eine wissenschaftliche Arbeitsweise).

Für die Diskussionsleitung:

- Auf die Einhaltung der Diskussions-Regeln achten;
- Überblick behalten, kein Abweichen von der Aufgabe;
- höflich und freundlich bleiben, gegebenenfalls zur Ideenfindung motivieren;
- Training des „Zeitgefühls“, zeitlichen Rahmen einhalten, Stillstand vermeiden.

Weitere hilfreiche Methoden zur „Horizonterweiterung“ sind Kombinationstabellen. Von verschiedenen Ausführungsformen werden im Leitfaden zwei Varianten näher vorgestellt, einmal die Kombinationstabelle (morphologisches Schema) und die Tabelle zur Variation von System- oder Funktionselementen. In der ersten Fassung des Leitfadens werden Beispiele dazu in dessen zweiten Teil, der die „Brücke“ zur späteren beruflichen Tätigkeit darstellt, behandelt. Inzwischen wurden auch Beispiele zur Kombinationstabelle erarbeitet, die näher an Unterrichtsinhalten orientiert sind und deshalb nachfolgend vorgestellt werden.

In der *Kombinationstabelle* werden, hier nochmals zum Verständnis, in der linken Spalte (Kopfspalte) aufgelistete Funktions- oder Bauelemente eines Systems den in den Zeilen nachfolgend aufgelisteten Lösungsvarianten gegenübergestellt. Das Ausfüllen der Tabelle erfolgt demnach zeilen-

weise. Die Tabellen 1 und 2 geben zwei Beispiele, die für die Fächer Chemie und Biologie zur Demonstration erstellt wurden

*Tabelle 1: Kombinationstabelle für ausgewählte chemische Effekte*

| | | Chemische Effekte | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Stoffwandlung | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| A | Auslösende Faktoren | Wärme | Strahlung | Elektrische Ladung | Enzyme | Katalysatoren |
| B | Stoff | Metall | Salz | Polymer | Lösung / Dispersion | |
| C | Medium | Flüssig | Gas | Vakuum | Grenzfläche | Feststoff |
| D | Reaktionen | Reduktion / Oxidation | Änderung der Orientierung | Radikalbildung | Dissoziation | Phasen-änderung |
| E | Reaktionsergebnis | Energie + / – | Änderung der Festigkeit | Änderung der Leitfähigkeit | Änderung der optischen Transparenz | |

Eigene Darstellung

Technisch sinnvolle Kombinationen sind:

- A1 / B2 / C5(1) / D5 / E1: Wärmespeicher: z.B. Salze, Paraffine;
- A3 / B3 / C5 / D1 / E4: Elektrochromes Glas mit Polymerschicht;
- A3 / B1 / C5 / D1 / E4: Elektrochromes Glas, mit z.B. Schicht aus Metalloxiden;
- Wie oben, statt A3 → A1: Thermochromes Glas, mit z.B. Schicht aus Metalloxiden;
- A3 / B3 / C5 / D2 / E4: Schaltbare Gläser/Folien mit Flüssigkristallen.

*Tabelle 2: Kombinationstabelle für ausgewählte biologische Effekte*

| | | Biologische Effekte | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Form/Stabilität | 1 | 2 | 3 | 4 |
| A | Stabilität | Faltung | Röhren- / Balken-system | Molekülketten | Zelldruck |
| B | Stoff-Förderung | Osmose | Peristaltik | Kapillardruck | Gefäßsystem |
| C | Gestaltung | Kraftlinien | Aktivatoren | Bauplan, vorgegeben | Schad-Ereignis |

Eigene Darstellung

Vorhandene biologische Funktionen sind:

- A2 / B4 / C1: Knochenwachstum/-umbau -> Zug und Druck bringen mehr Festigkeit,
  der Knochen passt sich in Form und Festigkeit den äußeren Belastungen an;
- A2 / B4 / C4: Bruchheilung, Knochenumbau.

Mögliche technische Anwendungen sind:

- Selbstheilende Risse in Metallen, Beton, Kunststoffen. Aufgetretene Schäden werden wieder ausgeglichen und die ursprüngliche Funktion (zumindest teilweise) wiederhergestellt;
- Wiedererstellung der Schutzfunktion eines Lacks nach einem Kratzer.

Weitere sinnvolle Kombinationen mit möglichen technischen Anwendungen sind:

- A4 / B4 / C3: Aufblasbare Arm- und Beinschienen;
- A1 / B4 / C3: Vakuum Arm- und Beinschienen (Umkehrung der Funktion Aufblasen).

Unschwer sind aus den biologischen Effekten Vorlagen für technische Lösungen zu erkennen. Dieser Umstand wird bereits seit langem praktisch genutzt und die Möglichkeiten sind bei weitem noch nicht ausgeschöpft. Weitere Informationen zu den genannten biologischen Funktionen und Produktbeispiele zu den technischen Anwendungen sind im Internet zu finden.

Nicht alle Kombinationen in den Tabellen sind sinnvoll, regen eventuell aber die Phantasie an.

Es ist dem Engagement und Ideenreichtum der Fachlehrer überlassen, inwieweit diese Beispiele verwendet und ergänzt werden. Die Beispiele wurden so gewählt, dass mit der Überprüfung und Vertiefung erworbener Kenntnisse bei den Schülern auch gleich ein Bezug zu praktischen Anwendungen hergestellt und damit das Interesse an technischen Lösungen gefördert wird. Vorteilhaft ist auch eine Kombination von Kombinationstabellen mit assoziativen Begriffsnetzen.

Trotz aller vorhandenen Methoden sollte immer wieder die Suche nach der raffiniert einfachen Lösung nicht vergessen werden. Eine allgemein anerkannte Feststellung ist, dass Lösungen, die immer komplizierter oder aufwendiger werden, keine wirklichen Lösungen sind.

Die raffiniert einfachen, oder genialen Lösungen zeichnen sich meist aus durch:

- Ein besonders günstiges Verhältnis von Aufwand und Nutzen;
- vorhandene Funktionen oder Energien aus der Systemumgebung werden genutzt, zum Beispiel: sich bildender Druck, sich bildendes Vakuum, Schwerkraft;
- sich selbst regelnde Funktionen auf Grundlage in der Systemumgebung vorhandener Funktionen oder Energien.

Dazu werden im Leitfaden einige Beispiele genannt.

## 4 Zusammenfassung

Das Kreativitätstraining und die Einbindung von kreativitätsfördernden Techniken in den systematischen Problemlöseprozess ist Bestandteil der Ausbildung und Förderung kognitiver Fähigkeiten.

Bezogen auf die vorgestellten Methoden sind diese insbesondere:

- Fähigkeit zur Problemanalyse;
- Anwendung und Einhaltung von Regeln:
- Fähigkeit zur kritischen Analyse der eigenen Meinung und der von anderen:
- richtige Bestimmung der eigenen Position in der Gruppenarbeit und Organisation dieser;
- Fähigkeit, Wissen in effektive Handlungen umzusetzen;
- zielorientiertes und konzentriertes Arbeiten;
- komplexe Problembetrachtung, Generierung neuer origineller Ideen.

Im zweiten Teil des Leitfadens sind noch ergänzende Ausführungen zur Aufgabenanalyse, Widerspruchslösung und zu möglichen Bewertungsmethoden, zur Unterstützung bei notwendigen Entscheidungen, enthalten. Es wird nochmals darauf hingewiesen, dass bereits eine geringe Anzahl, aber gut gekonnter und angewandter, Methoden in der Praxis für ein effektives Arbeiten ausreicht. Jeder wird seine eigene bewährte Vorgehensweise finden. Darüber hinaus gibt es im Leitfaden weitere Literaturhinweise und Internet-Links. Dieses Dokument liegt dem Gymnasium auch in elektronisch lesbarer Form vor und kann damit über das schulinterne Netzwerk eingesehen werden.

## Literatur

Heister, M. W. M. (Hg.) (1993): Erfahrungen mit Erfinderschulen. Ein aktueller Bericht für das ganze Deutschland, seine Unternehmer, Ingenieure und Erfinder. Berlin, Bonn (DABEI-Materialien. 9)

Herrlich, M.; Zadek, G. (1982): KDT Erfinderschule. Lehrmaterial. Teile 1 und 2. Berlin (KDT)

Rindfleisch, H.-J.; Thiel, R. (1988): Bausteinsystem. Leitung, Planung, Effektivität und Qualität wissenschaftlich-technischer Arbeit. Baustein Erfindungsmethodische Grundlagen. Berlin (KDT)

Rindfleisch, H.-J.; Thiel, R; Zadek, G. (1989): Bausteinsystem. Leitung, Planung, Effektivität und Qualität wissenschaftlich-technischer Arbeit. Baustein KDT-Erfinderschule Lehrbrief 2. Berlin (KDT)

Rindfleisch, H.-J.; Thiel, R. (1994): Erfinderschulen in der DDR. Eine Initiative zur Erschließung und Nutzung von technisch-ökonomischen Kreativitätspotentialen in der Industrieforschung. Rückblick und Ausblick. Berlin

Stanke, K. (2011): Handbuch Handlungsorientierte Kreativitätstechniken. Für Junge, Einsteiger und Profis mit BONSEI-System der Kreativitätstechniken. Berlin

Thomas, B. (2018): Leitfaden zur Anwendung von Kreativitätstechniken. Zur Unterstützung der Vermittlung von Kreativitätstechniken an MINT-Gymnasien. Frankfurt (Oder) (Verein Brandenburgischer Ingenieure und Wirtschaftler e.V. – VBIW)

*Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin* *138 (2019), 69–91*

Bernd Meier

# Kreativität im Kontext der neuen Aufgabenkultur

Nachstehend wird Kreativität als eine bedeutsame Persönlichkeitseigenschaft in den Kontext von Schule – genauer von Lehr-Lern-Prozessen – gestellt. Neben dieser Fokussierung soll, dem Charakter des Arbeitskreises Allgemeine Technologie entsprechend, eine weitere Begrenzung in Bezug auf die Domäne Technik/Technologie vorgenommen werden. Somit legt dieser Beitrag eine technikdidaktische Betrachtungsweise an.

Mit dem Beitrag wird versucht, Beziehungen zwischen den Intentionen einer neuen Aufgabenkultur und den Ansprüchen an die Entwicklung der Kreativität der Lernenden an allgemeinbildenden Schulen herzustellen. Eingangs werden Aufgaben als eine didaktische Kategorie im Kontext der Kompetenzentwicklung von Schülerinnen und Schülern umrissen. Anknüpfend an Diskussionen nach der internationalen Schülerleistungsstudie PISA im Jahr 2000, die unter anderem eine neue Aufgabenkultur postulierten, sollen dann Gelingensbedingungen für den wirkungsvollen Einsatz von Aufgaben in Lehr-Lern-Prozessen aufgezeigt werden. Einen besonderen Schwerpunkt wird hierbei das Merkmal „Aufgabenqualität“ im Allgemeinen und „Kreativität“ in Bezug auf Schülerleistungen als spezielles Aufgabenmerkmal einnehmen. Im Rahmen einer exemplarischen Analyse von Beispielaufgaben aus den vergangenen PISA-Tests soll dann untersucht werden, inwieweit diese Aufgabenlösungen kreative Schülerleistungen erfordern. Schlussfolgerungen für die weitere Entwicklung von Aufgaben und deren Einsatz in Lehr-Lern-Prozessen runden die Darstellungen ab.

## 1 Aufgaben – eine didaktische Kategorie

„Aufgabe“ ist ein grundlegender Allgemeinbegriff zur Ordnung von Erkenntnisinhalten zur Analyse und Beschreibung von Unterricht. In didaktischer Sicht ist Unterricht ein prinzipiengeleiteter Prozess des Lernens und Lehrens, der eine zielgerichtete didaktische Führung impliziert. Aus der Sicht der Lehrkraft sind Aufgaben ein Element der pädagogischen Führung, für die Lernenden sind sie zu bewältigende Anforderungen. Als didaktische

Kategorien sind Aufgaben zugleich Ausdruck von Unterrichtszielen, Unterrichtsinhalten, Unterrichtsmethoden und zu erwartenden Lernergebnissen.

Aus der Perspektive der allgemeinen dialektischen Didaktik sind Aufgaben inhaltsbezogene, ergebnisorientierte Leistungsanforderungen, die Lehrkräfte an Lernende stellten. Sie sind somit Aufforderungen zum Lernhandeln. Es sind Fragestellungen und Handlungsanweisungen, die darauf abzielen, Lernprozesse bei Schülerinnen und Schülern anzuregen oder Lernergebnisse zu diagnostizieren. Zugleich ist davon auszugehen, dass Lernen an Tätigkeiten gebunden ist. Mit Hilfe der Lerntätigkeiten soll gesellschaftliches Wissen und Können angeeignet werden. Zugleich führt aktives Handeln am oder mit dem Lerngegenstand zur Selbstvervollkommnung des Subjekts.

Aufgaben können in verschiedenen Formen (Auftrag, Frage, Bitte, Aufforderung, Vorschlag u.a.m.) mündlich oder schriftlich, einheitlich oder differenziert, kurz- oder langfristig, als Einzel- oder Gruppenaufgabe gestellt werden. Zu differenzieren ist auch zwischen Lern- und Diagnoseaufgaben.

Die Aussagen sind absolut nicht neu. Neu ist, dass seit der Jahrtausendwende vor allem im mathematisch-naturwissenschaftlichen Aufgabenfeld vermehrt eine neue Aufgabenkultur postuliert wird.[1]

## 2 Begriff der Aufgabenkultur

Bezüglich des Verständnisses von „Aufgabenkultur“ muss beachtet werden, dass das Wort inzwischen nahezu inflationär verwendet und vielfach in seinem Gebrauch nicht näher oder sehr allgemein erklärt wird. *Peter Häußler* und *Gunter Lind* betonen didaktisch weitgehend unbestimmt nur, dass sich das Konzept „Aufgabenkultur“ auf „einen didaktisch phantasievollen Umgang“ mit Aufgaben bezieht (vgl. Häußler/Lind 2000, S. 2). Insofern ist fraglich, inwieweit hier überhaupt der *Kultur*begriff angemessen zur Anwendung kommt.

Bei der Beschreibung einer jeden Kultur – und so auch von Aufgabenkultur – rückt zunächst das Offensichtliche, leicht zu Beobachtende und objektiv Darstellbare in den Vordergrund: die Artefakte. Nicht minder wichtig sind jedoch subjektive, nicht sichtbare Normen und Werte – die Mentefakte –, welche sich hinter den Artefakten verbergen und die das verbindende Element einer Kultur darstellen. Die Artefakte wären in diesem Kontext die formulierten Aufgaben. Mentefakte bilden dann offensichtlich die Intentionen und Vorstellungen vom Einsatz von Aufgaben in einem wie auch immer gearteten „gutem Unterricht“ (vgl. Helmke 2009; Meyer 2004).

---

1 Vgl. Aufschnaiter/Aufschnaiter 2001; Bruder 2005; Christiansen 2007, S. 33; Häußler/Lind 2000; Leisen 2006, S. 260; Pientka 2000.

Im weiten Sinne könnte hier wohl der Bezug zur Kulturkonzeption der neuen Anthropologie hergestellt werden (vgl. Erpenbeck/Sauter 2000; Quinn/ Holland 1987). Aufgabenkultur würde somit zunehmend als kollektives didaktisches, mit dem Lehren und Lernen verbundenes Wissen aufgefasst. Es ist eine Art verallgemeinertes Konstrukt der Unterrichtswirklichkeit mit ebenso verallgemeinertem Wissen darüber, wie man sich in dieser Wirklichkeit zu verhalten hat. Das Konstrukt beinhaltet Grundannahmen ausgehend vom Bildungsverständnis über das Lernen. In diesem Sinne ist Aufgabenkultur ein verallgemeinertes Konstrukt des Lernens mit ebenso verallgemeinertem Wissen darüber, wie dieses funktioniert. Einheiten von Lernkultur in diesem Sinne sind die mit dem Lehren und Lernen verbundenen Tätigkeiten, Handlungen und Operationen.

Im Zuge der Zeit entwickelte sich ein weniger normatives Verständnis von „Neuer Aufgabenkultur“ (vgl. Christiansen 2007, S. 33; Leisen 2006, S. 260), das einerseits die Gestaltung von Aufgaben und andererseits deren Einsatz akzentuiert. Als Aufgabenkultur wird „die Art und Weise [...] wie Lehrende und Lernende mit Aufgaben im Unterricht umgehen“ (Kleinknecht 2010, S. 13) oder die Einbettung von Aufgaben „in eine stimmige Unterrichtsdramaturgie“ (Klieme et al. 2001, S. 52) verstanden.

Fokussiert wird der Begriff der Aufgabenkultur auf die Beantwortung der Frage: „Welche Aufgaben werden wann und wie im zielgerichteten Unterricht eingesetzt?“ Gestützt wird die Auffassung durch die Annahme, dass unterschiedliche Aufgabenkonzepte unterschiedliche Lerntätigkeiten erfordern und ein differenziertes (Antwort-)Verhalten bedingen.

Eine neue Aufgabenkultur verlangt somit nach

- einem zielgerichteten Aufgabeneinsatz, d.h. einer besseren unterrichtlichen Einbettung von Aufgaben in den Unterricht. Aufgaben müssen vom Rand ins Zentrum des Lehr-Lern-Prozesses gestellt werden,
- Aufgabenvielfalt, d.h. mehrere Zugangsweisen und Lösungswege im Aufgabenlösungsprozess werden ebenso ermöglicht, wie die Nutzung unterschiedlicher Aufgabenformate unter Berücksichtigung differenzierter Anforderungsbereiche sowie
- einer gehobenen Aufgabenqualität.

## 3 Aufgabenkultur und Kompetenzentwicklung

Die Postulierung einer neuen Aufgabenkultur steht in der Regel in direktem Bezug mit dem Paradigmenwechsel in der Curriculumentwicklung, der als

Übergang von der Input- zur Outcomes-Orientierung beschrieben wird und zum kompetenzbasierten Unterricht führen soll.

Beim kompetenzorientierten Unterrichten sind daher nicht die *Lehrziele* im Vordergrund, sondern die *Lernziele*. Es geht also um jene normativen Ziele, die der Lernende aufgrund seines Wissens, Könnens, seiner Begabung und seines Engagements unter Führung der Lehrkraft erreichen kann. Hier kommen nun vor allem Bildungsstandards als wesentlicher Bestandteil der Qualitätssicherung in den Focus, die die Kompetenzen festlegen, die Schülerinnen und Schüler am Ende eines bestimmten Ausbildungsabschnittes besitzen sollen.

In der Regel wird im Zusammenhang mit dem kompetenzorientierten Unterricht auf die Referenzdefinition von *Franz E. Weinert* zurückgegriffen, der hervorhebt: Kompetenzen sind

> „die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen (d.h. absichts- und willensbezogenen) und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können.“ (Weinert 2001, S. 27f.)

Kompetenzen weisen demnach drei zentrale Dimensionen auf:

- Wissen (kognitive Strukturen, Einstellungen, Haltungen, Einsicht);
- Können (Fähigkeiten, Fertigkeiten, konkretes Tun, Aktivitäten);
- Motivationen (Bereitschaft).

Die Dimensionen bedingen einander, das bedeutet: „Wissen ohne Handeln ist nutzlos – Handeln ohne Wissen ist erfolglos.“ Mit diesem Kompetenzbegriff wird zugleich ein wichtiger Schritt vollzogen, um die Allseitigkeit der Persönlichkeitsentwicklung und die Entwicklung ihrer Handlungsfähigkeit stärker zu akzentuieren.

*Volker Heyse* und *John Erpenbeck* stellen den Zusammenhang der Allseitigkeit heraus, indem sie betonen:

> „Kurz zusammengefasst kann man sagen: Kompetenzen werden von Wissen im engeren Sinne fundiert, durch Regeln, Werte und Normen konstituiert, durch Interiorisationsprozesse personalisiert, als Fähigkeiten disponiert, durch Erfahrungen konsolidiert und aufgrund von Willen realisiert.“ (Heyse/Erpenbeck 2009, S. XI)

Kompetenz wird somit als die Fähigkeit und Bereitschaft zum selbstorganisierten, kreativen Handeln in offenen Situationen des privaten, gesellschaftlichen oder beruflichen Lebens verstanden.

Offensichtlich trifft das fachdidaktische Interesse an Aufgaben auch die Bedürfnisse der tätigen Lehrkräfte. Permanente Lehrplanrevisionen verbunden mit dem Übergang zu „an Outcomes orientierten Curricula“ führten zu Verunsicherungen. Erneut bestätigt sich die Erkenntnis bei den Lehrkräften, dass die Qualität des Unterrichts nämlich nicht durch Präambeln in Rahmenlehrplänen und irgendwelchen Standards verbessert wird. Derartige Aussagen sind generell sprachlich abstrakt gehalten. Das ist auch unumgänglich, wenn sie kurz und übersichtlich gefasst sein sollen. Damit die normativen Aussagen der Pläne auch die Klassenzimmer und den Unterricht wirkungsvoll erreichen, bedarf es anschaulicher Konkretisierungen. Aufgaben stellen solche Konkretisierungen dar. Schließlich sind es im Unterricht die Aufgaben, die abhängig von ihrer Form und ihren Inhalten unter anderem

- anregende Impulse für den Lernprozess geben;
- helfen, das Grundwissen und -können bei Lernenden zu sichern, aber auch ihre personalen und sozialen Kompetenzen zu fördern;
- Rückmeldungen geben, die zu einer Diagnose des Lernverhaltens und des Lernfortschrittes der einzelnen Schüler und Schülerinnen beitragen;
- einen vergleichenden Blick über die Klassen- und Schulsituation hinaus ermöglichen (vgl. Meier 2009, S. 94).

## 4 Qualität von Aufgaben in Rahmen einer neuen Aufgabenkultur

Fragen wir nach der neuen Qualität von Aufgaben im Rahmen aufgabenorientierten Unterrichts, dann wird vielfach auf die von *Gabi Reinmann-Rothmeier* und *Heinz Mandl* im Zusammenhang mit konstruktivistischen Lerntheorien in die Debatte gebrachten Merkmale „Situiertheit“, „Kontextualisierung“ und „Authentizität“ abgehoben (vgl. Reinmann-Rothmeier/ Mandl 2001).

Hierzu ein Beispiel eher aus dem Mathematikunterricht, aber mit hohem Bezug zur Arbeitswelt:

> Ein Marktplatz soll gepflastert werden. Drei Arbeiter benötigen dazu sechs Arbeitstage. Jeder Arbeiter verlegt gleichviel. Die Firma hat aber nur zwei Arbeiter zur Verfügung. Wie viele Arbeitstage brauchen diese beiden, um den Marktplatz zu pflastern? (Zur Analyse dieser Aufgabe siehe Meyerhöfer 2002.)

Der Nicht-Didaktiker wird sofort an dem Hinweis „Jeder Arbeiter verlegt gleichviel“ hängen bleiben. Der Autor sichert hiermit den Situationsbezug und die Lösbarkeit der Aufgabe im Rahmen seiner Intentionen. Ausgelöst wird so formales algorithmisches Rechnen. Aus der Perspektive einer ar-

beitsorientierten Bildung wird die Aufgabe aber zur Farce. Die drei Arbeiter würden in einem authentischen Kontext sicher nicht getrennt arbeiten. Einer könnte etwa mit einer Maschine den Grund glätten, den Split und die Steine bewegen. Der Zweite würde die Steine verlegen und der Dritte diese mit einem Rüttler feststampfen. Sind jedoch nur zwei Arbeiter vorhanden, so könnte das Pflaster vielleicht nicht in der üblichen Akkordzeit verlegt werden. Also benötigt der Aufgabenbearbeiter den Hinweis: Jeder Arbeiter verlegt gleichviel!

Aber wenn man die Sache so seziert, benötigt der Aufgabenbearbeiter noch zahlreiche weitere Hinweise, dass nämlich auch die zwei Arbeiter mit der Pflasterung technisch zurechtkommen, dass nicht der Polier ausgefallen ist, der die anderen anzutreiben pflegt, dass die beiden nicht mit einem Anlieger befreundet sind und nebenher noch dessen Parkplatz pflastern und anderes mehr. All diese Hinweise sind aber nicht erforderlich (und meiner Ansicht auch nicht der zur gleichen Pflasterleistung der Arbeiter), weil eben eine Mathematikaufgabe in der Schule vorliegt und der Kontext gerade nicht authentisch ist. Bei einer solchen soll und muss der Bearbeiter eben ahnen, welche Randbedingungen selbstverständlich sind und welche – vermutlich unlängst behandelten – mathematischen Methoden er einsetzen soll (vgl. Jahnke 2005).

Was macht also die Qualität „guter“ Aufgaben für das Lernen in der heutigen Zeit aus? Die Antwort auf diese Frage ist ebenso schwierig wie die Frage nach „gutem“ Unterricht. Sie hängt von vielen Faktoren ab und ist wie Fragen nach der *Qualität* generell nur im Hinblick auf ihre Funktion zu formulieren. Dabei fassen wir den Funktionsbegriff ganz im *Leibniz*'schen Sinne als eine Abhängigkeitsbeziehung auf.

„Qualität“ leitet sich vom lateinischen Begriff „qualitas“ ab, was mit Beschaffenheit zu übersetzen ist. Es existieren unterschiedliche Qualitätsbegriffe. Nach ISO 8402 ist Qualität definiert als die Gesamtheit von Merkmalen eines Gegenstandes/Prozesses bezüglich ihrer Eignung, festgelegte und vorausgesetzte Erfordernisse zu erfüllen. Qualitätsanforderungen basieren in diesem Verständnis auf den Vergleich zwischen Anforderungen und Erwartungen auf der einen und den tatsächlichen Eigenschaften eines Produkts oder eines Prozesses auf der anderen Seite. Qualität ist somit eine Frage der Passung zwischen Anforderungen und realisiertem Angebot. Mit anderen Worten: Mit Qualität wird die Diskrepanz zwischen Ist- und Sollzustand thematisiert.

Mit Bezug auf Aufgaben in Lehr-Lern-Prozessen hängt die Qualität davon ab, inwieweit eine Passung zwischen Anforderungen und Leistungen

bei den Schülerinnen und Schülern in jeweiligen Situationen erreicht wird. In die Anforderungen fließen die Vorgaben aus Gesetzen, Erlassen – insbesondere aus Curricula – sowie die situativen Bedingungen ein. Zu den Bedingungen zählen besonders die Erwartungen von Schülern, Eltern, Lehrkräften. Von zentraler Bedeutung für die Qualität der Aufgaben sind die Ausgestaltung der Lehr-Lern-Prozesse und deren Effekte.

Somit hängt natürlich die Attributierung „gut" in hohem Maße vom Bildungsverständnis ab (vgl. auch Meier 2018). Im Grunde geht es um die Erfüllung des Bildungs- und Erziehungsauftrages. Im Mittelpunkt steht somit die Herausbildung prozessbezogener und inhaltsbezogener Kompetenzen, um die Handlungsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler in problemhaltigen Situationen des Alltags auszuprägen und sie zugleich gegenüber fachspezifischen Fragestellungen lösungsfähig zu machen. Das betrifft somit einerseits die Ergebnisqualität von Aufgaben. Darüber hinaus gilt es Aufgaben zu entwickeln und einzusetzen, die auch eine hohe Prozessqualität aufweisen. Die Prozessqualität wird unseres Erachtens vor allem durch eine hinreichende lerntheoretische Fundierung erreicht (vgl. Meier 2013, S. 36ff.). Hier sind es vor allem die gemäßigten Konstruktivisten, die maßgeblich zu einer Fundierung von Positionen für „gute" Aufgaben beigetragen haben. Nach ihrer Auffassung ist Lernen ein

- aktiver Prozess,
- selbstgesteuerter Prozess,
- konstruktiver Prozess,
- emotionaler Prozess,
- situativer Prozess und
- sozialer Prozess (vgl. Reinmann-Rothmeier/Mandl 2001).

Gehen wir davon aus, dass Kompetenzentwicklung ein zentrales Anliegen von Bildung ist und Aufgabenlösen im Lernprozess einen wirksamen Beitrag zur Erreichung dieses Ziels leisten kann, dann wird die Prozessqualität von Aufgaben vor allem durch ihr Potenzial zur Ausgestaltung des Lernens als einen aktiven, selbstgesteuerten, konstruktiven, emotionalen, situativen und sozialen Prozess bestimmt.

Ein wirksames didaktisches Mittel zur Auslösung eines derartigen wirkungsvollen Prozesses hat sich die Gestaltung von Aufgaben für ein *Lernen im Kontext* erwiesen. Dabei geht es nicht nur um die zentrale Relevanz des Kodierungskontextes auf die Erinnerungsleistung (vgl. Thomson/Tulving 1970), sondern auch um das Darbieten von Informationen in einem authentischen Kontext (vgl. Lave/Wenger 1991). Diese psychologischen Positio-

nen wurden in der Vergangenheit vor allem in den Fachdidaktiken der Naturwissenschaften und Informatik aufgegriffen (vgl. Bayrhuber et al. 2007; Diethelm et al. 2011; Muckenfuß 1995).

Im fachdidaktischen Verständnis sind Kontexte authentische Situationen, in denen Schüler ihr Wissen anwenden können. Bezüglich der Kontexte werden unterschiedliche Qualitätskriterien herausgestellt. Im Schwerpunkt geht es jedoch um:

- *Authentizität:* Ein Kontext hat klare Bezüge zum Alltagleben der Lernenden und ist lebensecht;
- *Situiertheit:* Ein Kontext beschreibt eine problemhafte Situation, die es zu bewältigen gilt;
- *Narrativität:* Ein Kontext wird in erzählerischer Form beschrieben, er weist „Story-Charakter" auf;
- *Mehrdimensionalität:* Ein Kontext hat immer mehrere Dimensionen, z.B. eine rechtliche, ökonomische, ökologische, ethische, naturwissenschaftliche oder technische Dimension;
- *Exemplarität:* Ein Kontext ist domänenbezogen typisch, beispielhaft und weist eine hohe Transferqualität auf;
- *Selbstständigkeit:* Ein Kontext löst eine hohe Aktivität bei Lernenden aus und fordert sie (zu kreativen) Lösungen heraus.

Hiermit wären dann auch jene Kriterien genannt, die „gute" Aufgaben im Zusammenhang mit der neuen Aufgabenkultur auszeichnen. Sie ergänzen also jene Kriterien, die aus allgemeindidaktischer Sicht von je her an Aufgaben angelegt wurden, wie zum Beispiel: Aufgaben sollen

- Alltagsbezug und Lebensnähe zu den Lernenden ausweisen, schülerorientiert sein und ihr Interesse und Motivation entwickeln;
- an das Vorwissen der Lernenden anknüpfen, sich auf das Wesentliche konzentrieren und kumulatives Lernen sichern;
- Problemlösefähigkeiten fördern und Wissensstrukturen vernetzen;
- verschiedene Lösungswege ermöglichen und Raum für eigene Fragen und Zielstellungen lassen;
- Fähigkeiten im Umgang mit diversen Darstellungsformen (Schema, Grafik, Diagramm, Symbol, Skizze/Zeichnung) fördern.

## 5 Kreativität als Merkmal „guter Aufgaben"

Der Begriff Kreativität wird heutzutage in vielfältigen Zusammenhängen und oft unbestimmt verwendet. Die kürzeste, aber implikationsreiche Defi-

nition der Kreativität lautet aus Sicht der modernen Neurobiologie: Neukombination von Informationen (vgl. Holm-Hadulla 2011). Folglich stützt sich Kreativität auf Informationen, die durch Lernen im Gedächtnis gespeichert sind, aber dann auf originelle Weise kombiniert werden.

Aus pädagogisch-psychologischer Sicht wird Kreativität „als Fähigkeit zu originellen (= nicht häufigen), produktiven (= schöpferischen) und nützlichen (= zweckdienlichen) Leistungen“ definiert (Stangl 2018).

An gleicher Stelle stellt *Werner Stangl* den Unterschied zwischen Intelligenz und Kreativität heraus:

„– Intelligenz ist logisches, schlussfolgerndes, bewertendes Denken, das eine richtige Aufgaben- und Problemlösung sucht (konvergentes Denken), während
– Kreativität flüssiges, flexibles, originelles Denken ist, das nach alternativen Aufgaben- und Problemlösungen sucht (divergentes Denken), wobei die Leistung nicht nur neu, sondern auch nützlich, problemangemessen und ästhetisch sein sollte.“ (Stangl 2018)

Der Begriff der Kreativität war in wissenschaftlichen Arbeiten in der DDR weniger präsent. Hier wurde vorrangig von Schöpfertum gesprochen. Schöpfertum war vor allem ein Ausdruck, der häufig verwendet wurde, um zu zeigen, dass bestimmte Menschen besonders gut seien. Aber auch im pädagogischen Bereich war die „schöpferische Schülertätigkeit“ ein zentraler Begriff.

So kann beispielsweise die verstärkte Orientierung der Lehrkräfte auf die Organisation und Auslösung schöpferischer Schülertätigkeiten als ein Wesensmerkmal der sozialistischen Pädagogik – besonders der neunzehnhundertsiebziger Jahre – angesehen werden.

Abgeleitet aus der bestehenden objektiven Notwendigkeit, dass der gesellschaftliche Fortschritt nach Schöpfertum verlangt, sollten bereits beim Schüler, um ihn auf das Leben vorzubereiten, elementare wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen herausgebildet werden. Nicht nur die passive Aneignung dargebotener Informationen, sondern ihre aktive Aneignung sollten das dem Unterricht zugrunde liegende Prinzip sein, wodurch schöpferische Schülertätigkeiten starke Beachtung fanden. Unter Schöpfertum wurde im Allgemeinen die Tätigkeit eines Menschenbezeichnet, „die zu einem neuen und originellen Produkt führt, neue materielle sowie geistige, objektiv und gesellschaftlich bedeutsame Werte hervorbringt“ (Kudrjawzew 1972, S. 53). Dabei ist darauf zu verweisen, dass nicht nur das Ergebnis, sondern auch die Handlung selbst schöpferisch sein kann.

Vor allem im Rahmen der polytechnischen Bildung und Erziehung wurde der Auslösung und Entwicklung schöpferischer Schülertätigkeiten großes

Augenmerk geschenkt. In das Zentrum rückten hier Tätigkeiten des Entwickelns, also insbesondere technisch-konstruktive Tätigkeiten. Dabei wurde davon ausgegangen, dass das Ziel technisch-konstruktiver Tätigkeiten in der Bedürfnisbefriedigung besteht. In der Tätigkeit des Menschen bilden sich ideelle Zielsetzungen und Wünsche heraus, werden Mängel und Widersprüche bewusst. Folglich müssen für einen erwünschten Zweck entsprechende technische Mittel entwickelt, ausgewählt und kombiniert werden. Hieraus ableitend betont u.a. auch *Gerhard Wachner*, dass die finale Betrachtungsweise für den polytechnischen Unterricht grundlegend sei, da der Zweck des technologischen Prozesses die Herstellung eines Produkts ist (vgl. Wachner 1968, S. 134). Den Denkvorgang zur Lösung dieser Zweck-Mittel-Beziehung stellt *Wachner* wie folgt dar (siehe Abbildung 1). Deutlich wird, dass im technischen Unterricht finale Betrachtungsweisen nicht von kausalen Beziehungen (ausgedrückt durch das Kategorienpaar Ursache – Wirkung) gelöst werden sollten. Darüber hinaus geht es gerade bei technisch-konstruktiven Schülertätigkeiten vor allem um die Beziehungen von Struktur und Verhalten in technischen Gebilden.

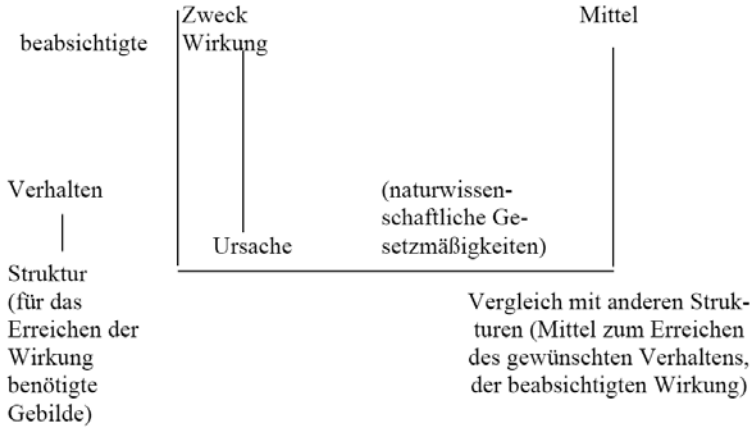



Abbildung 1: Finale Betrachtung

Quelle: Wachner 1968, S. 134

Hieran anknüpfend untersuchte *Bernd Meier* Prozesse des technischen Denkens von Schülerinnen und Schülern der 10. Jahrgangsstufe im Lehrgang Elektrotechnik. Exemplarisch sei folgende Konstruktionsaufgabe herausgestellt:

> Entwickeln Sie ein elektrisches Schaltgerät in Form eines Schaltzeichens. Das Schaltgerät soll es ermöglichen, neben einer „Aus"-Stellung nacheinander je einen von zwei Heizwiderständen (R1 = 1.000Ω, R2 = 500Ω) zu schalten. Zeichnen Sie einen vollständigen Schaltplan!" (Meier 1979, S. 79)

Eine wenig am Original orientierte, aber originelle Lösung war nachstehende Schaltskizze. Die Schülerin nutzte ihr Wissen über die Wechselschaltung und transferierte dies auf die neue Situation.

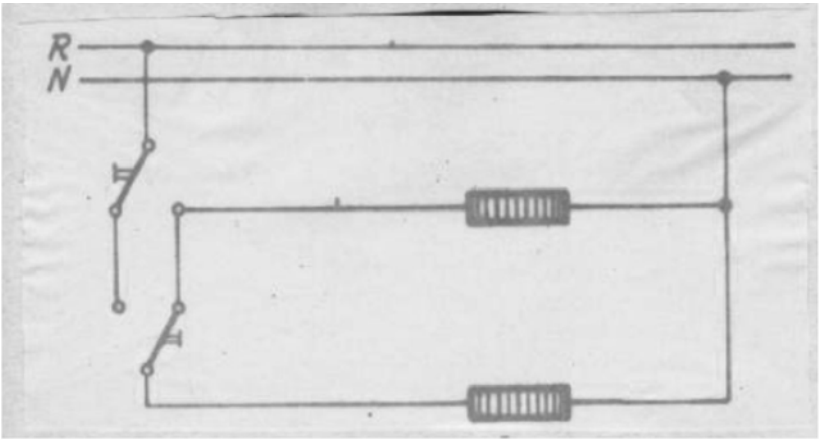



Abbildung 2: Schülerlösung elektrische Schaltung, 2 Heizstufen

Quelle: Meier1979, S. 199

## 6 Aufgabenkultur im Rahmen der internationalen Schülerleistungsstudie PISA (Programme for International Student Assessment)

Die von der OECD getragene internationale Schulleistungsstudie PISA ist Ausdruck einer neuen Selbstverpflichtung der OECD-Mitgliedsstaaten, sich durch Messung von Schülerleistungen auf der Grundlage einer gemeinsamen internationalen Rahmenkonzeption ein Bild von der Leistungsfähigkeit ihrer Bildungssysteme im Bereich der Allgemeinbildung zu verschaffen. PISA ist eine international standardisierte Leistungsmessung, die von den Teilnehmerstaaten gemeinsam entwickelt wurde und an 15-jährigen Schülerinnen und Schülern in ihren Schulen durchgeführt werden soll. Teilnehmer sind nicht nur Mitgliedsstaaten der OECD. An der ersten PISA-Erhebung

im Jahr 2000 haben 32 Staaten, davon 28 Mitgliedsstaaten der OECD teilgenommen. Die jüngste Untersuchung im Jahre 2018 umfasste über 70 Teilnehmerstaaten. In jedem Land werden zwischen 4.500 und 10.000 Schülerinnen und Schüler getestet.

Für die Vergleichstests wurde durch PISA ein eigenes „Benchmarking" im Sinne einer Vergleichsnormierung bezüglich des Bildungsverständnisses, der zu prüfenden Inhalte sowie der Niveaustufung geschaffen. Prägend für die Vergleichsstudie sind somit das zu Grunde gelegt Bildungsverständnis und das spezielle Curriculum (vgl. auch Jakupec/Meier 2015, S. 2ff.).

Ziel der PISA-Studie ist es, das Wirtschaftswachstum ihrer Mitgliedsländer zu fördern. Der Hintergrund der Studie ist also ein ökonomischer, kein primär pädagogischer. Dies wirkt sich auch auf das durch die PISA-Studie transportierte Bildungsverständnis aus, das eine gewollt funktionalistische Orientierung hat. Die Funktion des Bildungswesens bezieht sich dabei auf die Förderung der Wirtschaftskraft eines Landes durch potenziell hoch qualifizierte Arbeitnehmer/-innen.

Die Leistungstests der PISA-Studie basieren auf dem *„Literacy-Konzept"*, das im Deutschen am besten unter dem Begriff der *funktionalen Grundbildung* zu fassen ist. Im Kontext von PISA umfasst „funktional" im Wesentlichen zwei Aspekte, nämlich die Anwendbarkeit für die jetzige und die spätere, nachschulische Teilhabe an einer Kultur sowie die Anschlussfähigkeit im Sinne kontinuierlichen Weiterlernens über die Lebensspanne. Die Konzentration auf diese beiden Aspekte ist entscheidend für das Ziel, Bildungsergebnisse gegen Ende der Pflichtschulzeit zu messen.

Kompetenzen werden bei PISA als (latente) Handlungs- oder Leistungspotenziale einer Person verstanden, die über Testaufgaben erfasst werden. Das von PISA zu Grunde gelegte Verständnis von Kompetenz bezieht sich somit auf „prinzipiell erlernbare, mehr oder minder bereichsspezifische Kenntnisse, Fertigkeiten und Strategien" (PISA 2001, S. 22).

Als Kompetenzbereiche werden in PISA sogenannte „Basiskompetenzen" erfasst:

- Lesekompetenz,
- Mathematische Kompetenz,
- Naturwissenschaftliche Kompetenz,
- Problemlösefähigkeit,
- Selbstreguliertes Lernen sowie
- Kommunikations- und Kooperationsfähigkeit.

Im Mittelpunk stehen stets kognitive Leistungen hinsichtlich des Verstehens!

Über die eher fachlich orientierten Kompetenzen zum Lesen, zur Mathematik und zu den Naturwissenschaften hinaus erhebt PISA somit auch Kompetenzen bzw. Fähigkeiten ohne expliziten fachlichen Bezug. Sie beinhalten nicht, wie gut die Probanden etwas Bestimmtes können, sondern wie gut sie lernen können. Diese Kompetenzen werden als „fächerübergreifende Kompetenzen“ bzw. *Cross-Curricular Competencies* bezeichnet. Hauptaufgabe dieser fächerübergreifenden Kompetenzen ist der Transfer bekannten Wissens und bekannter Fähigkeiten auf neue Aufgabenstellungen.

In Bezug auf unsere beabsichtige Analyse der PISA-Aufgaben bezüglich der Entwicklung bzw. Diagnose von Kreativität der Schülerleistungen wollen wir uns nachstehend neben den fachlich orientierten Kompetenzen exemplarisch der Kompetenzdimension *„Problemlösefähigkeit“* zuwenden, da diese einen engen Bezug zu Kreativität aufweisen könnte. Die Problemlösefähigkeit wird bei PISA wie folgt definiert:

> „Problemlösen ist zielorientiertes Denken und Handeln in Situationen, für deren Bewältigung keine Routinen verfügbar sind. Der Problemlöser hat ein mehr oder weniger gut definiertes Ziel, weiß aber nicht unmittelbar, wie es zu erreichen ist.“ (Baumert et al. 2003, S. 3)

An anderer Stelle wird es als Fähigkeit definiert,

> „kognitive Prozesse zu nutzen, um sich mit solchen realen, fächerübergreifenden Problemstellungen auseinanderzusetzen und sie zu lösen, bei denen der Lösungsweg nicht unmittelbar erkennbar ist und die zur Lösung nutzbaren Wissensbereiche nicht einem einzelnen Fachgebiet [...] entstammen.“ (PISA 2003, S. 125)

## 7 Analyse von PISA-Aufgaben

Mit der nachstehenden Analyse von PISA-Aufgaben sollen ausgewählte Aufgaben der Leistungsstudie untersucht und schließlich über deren Inhalte, ihren Anforderungen und über die für die Lösung notwendigen kognitiven Prozesse auf den Messgegenstand geschlossen werden (vgl. z.B. Carpenter et al. 1990). Die Auswahl der PISA-Aufgaben erfolgte aus dem ausschließlich veröffentlichen Teil, vor allem bezüglich ihres Inhalts und ihrer Komplexität bzw. Schwierigkeitsgrades.

Bezüglich des Inhalts ist herauszustellen, dass es keine speziellen Untersuchungen in PISA zur *Technology Literacy* gibt. Es muss folglich auf Untersuchungen bezüglich der mathematischen und naturwissenschaftlichen Kompetenz bzw. zur Lese- oder Problemlösekompetenz zurückgegriffen werden, die Bezüge zu Technik/Technologie aufweisen. Das ist insofern legitim, da beispielweise bezüglich der Erhebung mit naturwissenschaftli-

chem Schwerpunkt eine Kernfrage lautet: Welches Wissen, welche Einstellungen und welche Fähigkeiten für die Bürgerinnen und Bürger in Situationen von Bedeutung sind, in denen sie mit Naturwissenschaften und Technik konfrontiert werden (vgl. Rönnebeck 2009, S. 62).

Bezüglich Komplexität/Schwierigkeitsgrad sollte es um Aufgaben gehen, die einem höherem Anforderungsniveau (in der dreistufigen Skala in der Regel dem Anforderungsbereich III) zugeordnet werden. Der Anforderungsbereich erfordert solche kognitiven Prozesse, wie Wissen transferieren und verknüpfen, Wissen auf teilweise unbekannte Kontexte anwenden, geeignete Sachverhalte auswählen.

Nicht dazugerechnet wird beispielsweise die Aufgabe „Trinkwasser". Hierbei wird zunächst in einer Skizze gezeigt, wie in vielen Städten das Trinkwasser, das in die Häuser geleitet wird, aufbereitet wird. Herausgestellt wird in der Skizze (1) Gitter, (2) Klärbecken, (3) Filter, (4) Chlorzugabe und (5) Analyse der Wasserqualität.

Die Aufgabenstellung ist dann sehr profan und lautet:

Frage: Trinkwasser

Die Reinigung von Wasser findet oft in mehreren Schritten unter Einbeziehung mehrerer Techniken statt. Der Reinigungsprozess in der Abbildung umfasst vier Schritte (nummeriert von 1–4). Im zweiten Schritt wird das Wasser in einem Klärbecken gesammelt.

Wodurch wird bei diesem Schritt das Wasser gereinigt?

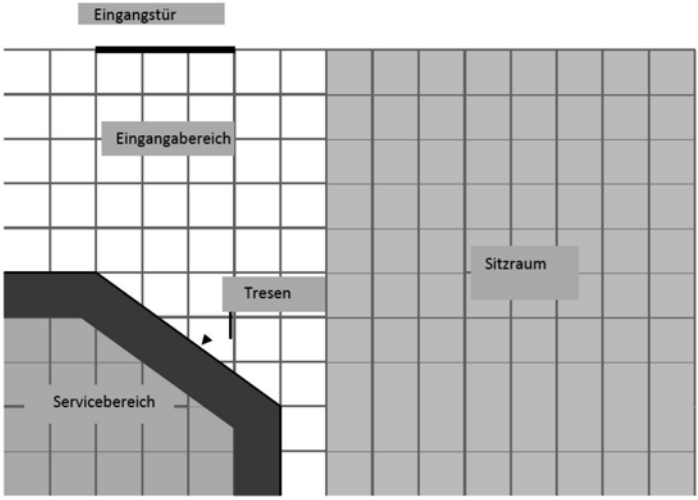
(1) Das Wasser wird weniger sauer.
(2) Die Bakterien im Wasser sterben ab.
(3) Sauerstoff wird dem Wasser zugesetzt.
(4) Kies und Sand sinken auf den Grund.
(5) Giftige Substanzen werden zersetzt.

## 8 Drei exemplarische Beispiele aus PISA (2000 bis 2015)

*Aufgabe I: ICE-CREAM SHOP*

Dies ist der Grundriss für Mari's Ice-Cream Shop. Sie renoviert das Geschäft. Der Servicebereich ist von der Bedienungstheke (Tresen) umgeben (siehe Abbildung 3).

- *Frage 1:* Mari möchte neue Kanten entlang der Außenkante des Tresens legen. Berechne die Gesamtlänge der Kante. Zeige den Rechenweg auf.
- *Frage 2:* Mari will auch neue Bodenbeläge in den Laden auslegen. Wie hoch ist die Gesamtfläche des Ladens, ausgenommen den Servicebereich und die Theke? Zeige den Rechenweg auf.




Hinweis: Jedes Quadrat im Raster repräsentiert 0,5 Meter × 0,5 Meter

Abbildung 3: Grundriss des Shop

Quelle: https://www.pisa.tum.de/fileadmin/w00bgi/www/Beispielaufgaben/FT_MS_2012 Released_ Cognitive_Items_Mathe_mit_CG_DEU.pdf

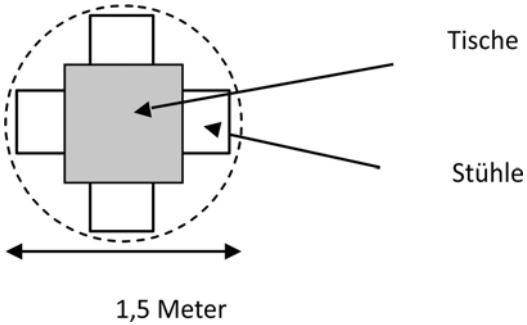



Abbildung 4: Sitzgruppe

Quelle: https://www.pisa.tum.de/fileadmin/w00bgi/www/Beispielaufgaben/FT_MS_2012 Released_Cognitive_Items_Mathe_mit_CG_DEU.pdf

– *Frage 3:* Mari will Sätze von Tischen und je vier Stühlen haben, wie die oben im Bild gezeigt. Der Kreis stellt die für jeden Satz benötigte Bodenfläche dar.

Damit die Kunden genügend Platz beim Sitzen haben, sollte jeder Satz (wie vom Kreis dargestellt) nach folgenden Vorgaben platziert werden:

- Jeder Satz sollte mindestens 0,5 Meter von den Wänden entfernt platziert werden.
- Jeder Satz sollte mindestens 0,5 Meter von anderen Sets entfernt platziert werden.

Wie hoch ist die maximale Anzahl an Sets, die Mari in den schattigen Sitzbereich in Ihrem Shop einbauen kann?

*Anforderungsanalyse*

Das Beispiel ist dem Aufgabenpool zur Ermittlung mathematischer Kompetenz entnommen. Von den Testpersonen werden Anwendungsprozesse erwartet. Im Zentrum aller drei Fragen stehen die Basiskonzepte Raum und Form. Thematisiert wird ein beruflicher Kontext, das jedoch leicht auch auf den privaten Lebensbereich transferiert werden kann.

Aufgabenlösungen:

Frage 1: Zwei Lösungswege sind möglich, um die Hypotenuse eines rechtwinkligen Dreiecks zu finden und die Maße auf einer Skalenzeichnung zu konvertieren.

a. durch Anwenden des Satzes des Pythagoras oder
b. einer genauen Messung,

Das Lösungsergebnis liegt dann zwischen 4,5 bis 4,55 m. Kreativ wäre gewiss der Lösungsweg b. Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass derartige Näherungslösungen ansonsten im traditionellen Unterricht akzeptiert werden.

Frage 2: Die Berechnung einer Fläche mit polygonalen Formen führt zur Lösung 31,5 $m^2$. Die Frage ist nur durch einfache Anwendung des Gelernten lösbar.

Frage 3: Zur Lösung muss eine Skala unter Beachtung von Einschränkungen verwendet werden, um die Anzahl der vier Kreise zu ermitteln

Auch hier ist kreatives Handeln im Ansatz notwendig.

*Aufgabe II: Technologie*

Benutze den Leitartikel „Technologie erfordert neue Regeln“ auf der gegenüberliegenden Seite, um die nachstehenden Fragen zu beantworten.

LEITARTIKEL

**Technologie erfordert neue Regeln**

DIE WISSENSCHAFT ist oft schon einen Schritt weiter als Gesetzgebung und Ethik. Das begann 1945 mit der lebenszerstörenden Atombombe, und nun passiert das gleiche im Zusammenhang mit den lebensschaffenden Technologien, die menschliche Unfruchtbarkeit überwinden sollen.

Die meisten von uns freuten sich zusammen mit der englischen Familie Brown, als Louise, das erste Retortenbaby, geboren wurde. Und wir haben erst kürzlich die Geburt gesunder Babys bestaunt, die einst eingefrorene Embryonen waren und den günstigsten Zeitpunkt für die Implantation in ihre zukünftige Mutter abwarteten.

In Australien haben zwei solcher Embryonen eine Flut von rechtlichen und ethischen Fragen ausgelöst. Diese Embryonen sollten Ela Rios, der Frau von Mario Rios, eingepflanzt werden. Die Rioses hatten, nachdem der erste Versuch fehlgeschlagen war, um eine zweite Chance gebeten, Eltern zu werden. Bevor der zweite Versuch jedoch durchgeführt werden konntekamen die Rioses bei einem Flugzeugabsturz ums Leben.

Wie sollte das australische Krankenhaus mit den eingefrorenen Embryonen verfahren? Könnten sie jemand anderem implantiert werden? Dafür gab es zahlreiche Bewerberinnen. Waren die Embryonen auf irgendeine Art Bestandteil des Nachlasses der Rioses? Oder sollten sie beseitigt werden? Die Rioses hatten verständlicherweise keine Vorsorge für die Zukunft der Embryonen getroffen.

Die Australier beriefen eine Kommission ein, um diese Angelegenheit zu untersuchen. Letzte Woche legte diese Kommission ihren Bericht vor. Sie fordert, dass die Embryonen aufgetaut werden sollen, da ihre Weitergabe an andere die Einwilligung der „Erzeuger" erfordere. Diese liege jedoch nicht vor.

Die Kommission vertritt weiterhin die Ansicht, die Embryonen hätten in ihrem derzeitigen Zustand weder Leben noch Rechte und könnten folglich beseitigt werden.

Die Kommission ist sich dessen bewusst, dass sie sich auf unsicherem rechtlichen und ethischen Boden bewegt. Aus diesem Grund hat sie eine dreimonatige Frist ausgesetzt, in der die Öffentlichkeit Einspruch gegen ihre Entscheidung einlegen kann. Sollte es starke Proteste gegen die Beseitigung der Embryonen geben, wird die Kommission ihre Entscheidung überdenken.

In Zukunft müssen Paare, die in Sydney im Queen Victoria Krankenhaus am Programm für künstliche Befruchtung teilnehmen, festlegen, wie mit den Embryonen verfahren werden soll, falls ihnen etwas zustößt.

Dies soll sicherstellen, dass ein ähnlicher Fall wie der der Rioses nicht noch einmal auftritt. Aber was ist mit anderen schwierigen Fragen? In Frankreich musste zum Beispiel eine Frau erst kürzlich für die Erlaubnis, ein Kind von dem gefrorenen Sperma ihres verstorbenen Mannes auszutragen, vor Gericht gehen. Wie soll solch ein Ersuchen behandelt werden? Was sollte geschehen, wenn eine Leihmutter ihren Vertrag bricht und sich weigert, das Kind, das sie für jemand anderen ausgetragen hat, nach der Geburt herauszugeben?

Bis heute ist es der Gesellschaft nicht gelungen, wirksame Gesetze gegen das zerstörerische Potential der Atomkraft zu erlassen. Wir stehen nun vor den schwerwiegenden Folgen dieser Unterlassung. Wissenschaftliche Forschung auf dem Gebiet der künstlichen Fortpflanzung unterliegt immer der Gefahr von Missbrauch. Es bedarf hierfür eindeutiger ethischer und gesetzlicher Regelungen – bevor es zu spät ist.

*Frage a:* TECHNOLOGIE

Unterstreiche den Satz, der erklärt, was die Australier taten, um zu entscheiden, wie mit den eingefrorenen Embryonen verfahren werden sollte, die dem bei einem Flugzeugabsturz ums Leben gekommenen Paar gehörten.

*Frage b:* TECHNOLOGIE

Gib zwei Beispiele aus dem Leitartikel an, die zeigen, wie moderne Technologien, wie die, die zur Implantation eingefrorener Embryonen angewendet werden, neue Regeln erfordern.

*Anforderungsanalyse*

Die Aufgabenstellung aus dem Jahre 2000 ist auf die Diagnose von Lesekompetenz gerichtet. Sie greift zwar explizit ein Thema aus den modernen Technologien auf, hat aber absolut nichts mit der Entwicklung von Kreativität gemein. Ermittelt werden Kompetenzen im Textverstehen durch aufmerksames Lesen.

*Aufgabe III: GEFRIERSCHRANK*

Jennifer hat sich einen neuen Gefrierschrank gekauft. Die Bedienungsanleitung enthält die folgenden Anweisungen:

– Schließen Sie das Gerät an das Netz an und schalten Sie es ein.
  - Sie hören den Motor anlaufen.
  - Eine rote Kontrolllampe (LED) leuchtet.
– Drehen Sie den Temperaturregler auf die gewünschte Position. Position 2 ist normal.

| Position | Temperatur |
|---|---|
| 1 | – 15°C |
| 2 | – 18°C |
| 3 | – 21°C |
| 4 | – 25°C |
| 5 | – 32°C |

  - Die rote Kontrolllampe leuchtet, bis die Temperatur des Gefrierschranks niedrig genug ist. Dies dauert 1 bis 3 Stunden, je nach Temperatur, die Sie eingestellt haben.
– Legen Sie nach vier Stunden Lebensmittel in den Gefrierschrank.

Jennifer befolgt diese Anweisungen, stellt aber den Temperaturregler auf Position 4. Nach vier Stunden legt sie Lebensmittel in den Gefrierschrank.

Nach acht Stunden leuchtet die rote Kontrolllampe immer noch, obwohl der Motor läuft und der Innenraum des Gefrierschrankes kalt ist.

*Frage a:* GEFRIERSCHRANK

Jennifer fragt sich, ob die Kontrolllampe richtig funktioniert. Welche der folgenden Handlungen oder Beobachtungen weist/weisen darauf hin, dass die Lampe richtig funktioniert?

Kreise für jeden der drei Fälle entweder „Ja“ oder „Nein“ ein.

| Handlung und Beobachtung | Weist die beobachtete Tatsache darauf hin, dass die Kontrolllampe richtig funktioniert? |
|---|---|
| Sie dreht den Regler auf Position 5 und die rote Lampe geht aus | Ja / Nein |
| Sie dreht den Regler auf Position 1 und die rote Lampe geht aus. | Ja / Nein |
| Sie dreht den Regler auf Position 1 und die rote Lampe bleibt an. | Ja / Nein |

*Frage b:* GEFRIERSCHRANK

Jennifer liest die Bedienungsanleitung noch einmal, um zu sehen, ob sie etwas falsch gemacht hat. Sie findet die folgenden sechs Warnhinweise:

1. Schließen Sie das Gerät nicht an eine Steckdose an, die nicht geerdet ist.
2. Stellen Sie den Gefrierschrank nicht auf eine niedrigere Temperatur als nötig ein (die normale Temperatur beträgt –18 °C).
3. Die Lüftungsgitter sollten freigehalten werden, sonst kann die Kühlleistung des Gerätes verringert werden.
4. Frieren Sie grünen Salat, Rettich, Trauben, ganze Äpfel oder Birnen oder fettes Fleisch nicht ein.
5. Salzen oder würzen Sie frische Lebensmittel nicht vor dem Einfrieren.
6. Öffnen Sie die Tür des Gefrierschranks nicht zu häufig.

Die Nichtbeachtung welches/welcher dieser sechs Warnhinweise könnte dazu geführt haben, dass die Kontrolllampe länger brennt?

Kreise für jeden der sechs Warnhinweise entweder „Ja“ oder „Nein“ ein.

| Warnhinweis | Hätte die Nichtbeachtung des Warnhinweises dazu führen können, dass die Kontrolllampe länger brennt? |
|---|---|
| Warnhinweis 1 | Ja / Nein |
| Warnhinweis 2 | Ja / Nein |
| Warnhinweis 3 | Ja / Nein |
| Warnhinweis 4 | Ja / Nein |
| Warnhinweis 5 | Ja / Nein |
| Warnhinweis 6 | Ja / Nein |

*Anforderungsanalyse*

Die Aufgabenstellung aus dem Jahre 2003 ist auf die Diagnose von Problemlösen als fächerübergreifende Kompetenz gerichtet. Getestet wird hier die Fähigkeit, kognitive Prozesse zu nutzen, um reale, fächerübergreifende Problemstellungen zu lösen, bei denen der Lösungsweg nicht unmittelbar erkennbar ist.

Die Aufgaben 2003 setzten drei Typen von Problemstellungen um (Entscheidungen treffen, Systeme analysieren und entwerfen sowie Fehler suchen). Im Zentrum der Aufgabe „Gefrierschrank“ steht die Fehlersuche beim Nutzen von Technik im privaten Haushalt. Insbesondere wird der Umgang mit Gebrauchsanweisungen thematisiert. Spezifisches, den Aufgaben nicht entnehmbares Wissen ist nicht notwendig. Die Testpersonen müssen bereit und in der Lage sein, Informationen zu ordnen und zu analysieren und Lösungen abzuleiten, die den gegebenen Einschränkungen entsprechen. Zur Aufgabenlösung sind wiederum Konzentration, Sorgfalt beim aufmerksamen Lesen, Textverstehen und schlussfolgerndes Denken notwendig. Somit geht es auch bei dieser Aufgabe zum Problemlösen eher um die Diagnose von Intelligenz als von Kreativität.

## 9 Schlussfolgerungen

Aus den Megatrends unserer gesellschaftlichen Entwicklung wie Globalisierung, Technologisierung, Individualisierung, Alterung erwächst die Notwendigkeit zur Aktivierung eines möglichst großen Teils des Lernpotenzials einer Gesellschaft. Die zunehmende Erschöpfung der natürlichen Ressourcen lässt die Ressourcen „Bildung“ und „Lernen“ aller Menschen immer wichtiger für eine zukunftsfähige Entwicklung der Menschheit werden.

In diesem Kontext rücken kognitive Fähigkeiten, motivational-volitives Potenzial und ihre Beziehungen zu Bildung immer deutlicher in das Zentrum des Interesses und werden in ihrer Bedeutung als Indikator, Folge und Kausalfaktor ökonomischer, politischer, gesellschaftlicher und kultureller Prozesse deutlich.

Bereits im Rahmen institutionalen Lehrens und Lernens müssen diese Persönlichkeitseigenschaften bei allen Kindern und Jugendlichen entwickelt und konsolidiert werden.

Die internationale Schulleistungsstudien (besser wäre m.E. Schülerleistungsstudien) (PISA) ermöglichen es den politischen Entscheidungsträgern in aller Welt, die Kenntnisse und Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler ihres Landes im Vergleich zu denen anderer Länder zu beurteilen, politische Vorgaben festzulegen, die sich an in anderen Bildungssystemen erreichten messbaren Zielen orientieren, und aus in anderen Ländern angewandten

Grundsätzen und Praktiken zu lernen. Dabei konzentriert sich PISA auf der Basis des *„Literacy-Konzepts“* erfolgreich auf funktionale Grundbildung und diagnostiziert Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenz, Lesekompetenz sowie Problemlösekompetenz.

In der Weiterentwicklung der PISA-Testreihen müsste Technik/Technologie als „ein relativ selbstständiger Bereich der Wirklichkeit, der sich qualitativ von Natur und Gesellschaft unterscheidet, aber in enger Wechselbeziehung steht“ (Wolffgramm 1978, S. 22) als Untersuchungsdomäne ergänzt werden. Eine weitere Ergänzung sollte bezüglich der Basiskompetenzen (Cross-curricular Competencies) vorgenommen werden, denn es geht im Literacy-Konzept um Basiskompetenzen,

> „die in modernen Gesellschaften für eine befriedigende Lebensführung in persönlicher und wirtschaftlicher Hinsicht sowie für eine aktive Teilnahme am gesellschaftlichen Leben notwendig sind.“ (PISA 2001, S. 29)

Zu diesen Basiskompetenzen gehört Kreativität unwiderruflich dazu. Einen besonderen Bereich der Entfaltung von Kreativität im Bereich der Technik bietet das „Erfinden/Entwurfshandeln“ (vgl. Banse 2001).

Darüber hinaus geht es bezüglich der Aufgabenkultur nicht nur um Diagnoseaufgaben. Im Zuge der weiteren Entwicklung der Aufgabenkultur gilt es, den Übergang von Testaufgaben zu Lernaufgaben durch die Fachdidaktiken weiter zu akzentuieren.

## Literatur

Aufschnaiter, C. von; Aufschnaiter, St. von (2001): Eine neue Aufgabenkultur für den Physikunterricht. In: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, Jg. 54/Heft 7, S. 409–416

Banse, G. (2001): Erfinden im Spannungsfeld von Methodik, Heuristik und Kreativität. In Banse, G.; Müller, H.-P. (Hg): Johann Beckmann und die Folgen. Erfindungen – Versuch der historischen, theoretischen und empirischen Annäherung an einen vielschichtigen Begriff. Münster u.a.O., S. 27–48

Baumert, J.; Klieme, E.; Neubrand, M.; Prenzel, M.; Schiefele, U.; Schneider, W.; Tillmann, K.-J.; Weiß, M. (2003): Erfassung fächerübergreifender Problemlösekompetenzen in PISA. – URL: http://www.mpib-berlin.mpg.de/pisa/Problemloesen.pdf [10.10.2014]

Bayrhuber, H.; Bögeholz, S.; Elster, D. (2007): Biologie im Kontext (bik). Ein Programm zur Kompetenzförderung durch Kontextorientierung im Biologieunterricht und zur Unterstützung von Lehrerprofessionalisierung. In: MNU – Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, Jg. 60/Heft 5, S. 282–286

Bruder, R. (2005): Modul 1: Weiterentwicklung der Aufgabenkultur im Mathematikunterricht. – URL: http://www.sinus-transfer.de/fileadmin/MaterialienBT/Bruder_Modul1.pdf [10. 10.2018]

Carpenter, P. A.; Just, M. A.; Shell, P. (1990): What Intelligence Test Measures: A Theoretical Account of the Processing in the Raven Progressive Matrices Test. In: Psychological Review, Vol. 97/No. 3, pp. 404–431

Christiansen, D. (2007): Entwicklung und Erprobung von Aufgaben zur Erfassung zentraler Kompetenzen im Chemieunterricht. Dissertation. Kiel

Diethelm, I.; Koubek, J.; Witten, H. (2011): IniK – Informatik im Kontext. Entwicklungen, Merkmale und Perspektiven. In: LOG IN, Jg. 30/Heft 2–3, S.169–170

Erpenbeck, J.; Sauter, W. (2000): Das Forschungs- und Entwicklungsprogramm „Lernkultur Kompetenzentwicklung“. In: QUEM (Hg.): Kompetenzentwicklung 2000. Lernen im Wandel – Wandel durch Lernen. Münster u.a.O., S. 289–335

Häußler, P.; Lind, G. (2000): „Aufgabenkultur“ – Was ist das? In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik, Jg. 49/Nr. 4, S. 2–10

Helmke, A. (2006). Unterrichtsqualität: Erfassen, Bewerten, Verbessern (4. Aufl.). Seelze

Heyse, V.; Erpenbeck, J. (2009): Kompetenztraining Informations- und Trainingsprogramme (2., überarb. u. erw. Aufl.). Stuttgart

Holm-Hadulla, R. M. (2011): Kreativität zwischen Schöpfung und Zerstörung. Eine Synthese kulturwissenschaftlicher, psychologischer und neurobiologischer Forschungsergebnisse. Göttingen

Jahnke, Th. (2005): Zur Authentizität von Mathematikaufgaben. – URL: www.math.unipotsdam.de/prof/o_didaktik/aa/Publ/vortr [20.11.2014]

Jakupec, V.; Meier, B. (2015): PISA – Shocks, After Shocks and Misconceptions. In: Leibniz Online. Zeitschrift der Leibniz-Sozietät e.V., Nr. 17, S. 1–11. – URL: https://leibnizsozietaet.de/wp-content/uploads/2015/02/JakupecMeier.pdf

Kleinknecht, M. (2010): Aufgabenkultur im Unterricht. Eine empirisch-didaktische Video- und Interviewstudie an Hauptschulen. Hohengehren

Klieme, E.; Schümer, G.; Knoll, S. (2001): Mathematikunterricht in der Sekundarstufe I: „Aufgabenkultur“ und Unterrichtsgestaltung. In: Klieme, E.; Baumert, J. (Hg.): TIMSS – Impulse für Schule und Unterricht. Forschungsbefunde, Reforminitiativen, Praxisberichte und Video-Dokumente. Bonn, S. 43–57

Kudrjawzew, T. W. (1972): Die Struktur des technischen Denkens. In: Polytechnische Bildung und Erziehung, Jg. 14/Heft 1–4, S. 2–5; 52–55; 92–95; 141–145

Lave, J.; Wenger, E. (1991): Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation. Cambridge

Leisen, J. (2007): Problemorientierter Unterricht und Aufgabenkultur. I. – URL: www.josefleisen.de/downloads/aufgabenkultur/05%20Problemorientierter%20Unterricht%20und%20Aufgabenkultur%202.pdf [10.10.2018]

Meier, B. (1979): Typische Denk- und Arbeitsweisen im Lehrgang Elektrotechnik. Dissertation (A). Potsdam

Meier, B. (2009): Entwicklung und Erprobung von Aufgaben zur technischen Bildung. In: Theuerkauf, W. E.; Meschenmoser, H.; Meier, B.; Zöllner, H. (Hg.): Qualität technischer Bildung. Kompetenzmodelle und Kompetenzdiagnostik. Berlin, S. 93–103

Meier, B. (Hg.) (2013): Startklar! Wirtschaft und Technik unterrichten lernen. Didaktik für den Fachbereich Arbeit Wirtschaft Technik. München

Meier, B. (2018): Unser Bildungsverständnis im Wandel. Berlin (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 53)

Meyer, H. (2004): Was ist guter Unterricht? Berlin

Meyerhöfer, W. (2002): Jeder Arbeiter verlegt gleich viel. In: Mathematik lehren, Heft 114, S. 60–61

Muckenfuß, H. (1995): Lernen im sinnstiftenden Kontext. Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts. Berlin

Pientka, H. (Hg.) (2000): Aufgabenkultur [Themenheft]. In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik, Jg. 49/Heft 4

PISA – Deutsches PISA-Konsortium (Hg.) (2001): PISA 2000: Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich. Opladen

PISA – Deutsche PISA-Konsortium (Hg.) (2003): PISA 2003 – Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland. Münster u.a.O.

Quinn, N.; Holland, D. (1987): Culture and Cognition. In: Quinn, N.; Holland, D. (eds.): Cultural Models in Language and Thought. Cambridge, MA, pp. 3–40

Reinmann-Rothmeier, G.; Mandl, H. (2001): Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In: Krapp, A.; Weidenmann, B. (Hg.): Pädagogische Psychologie. Ein Lehrbuch. Weinheim, S. 601–646

Rönnebeck, S. (2009): Rahmenbedingungen und Entwicklung von naturwissenschaftlichen Testaufgaben in PISA 2006 an technikorientierten Beispielen. In: Theuerkauf, W. E.; Meschenmoser, H.; Meier, B.; Zöllner, H. (Hg.): Qualität technischer Bildung. Kompetenzmodelle und Kompetenzdiagnostik. Berlin, S. 56–67

Stangl, W. (2018): Kreativität. In: Online Lexikon für Psychologie und Pädagogik. – URL: http://lexikon.stangl.eu/542/kreativitaet/ [08.09.2018]

Thomson, D. M.; Tulving, E. (1970): Associative Encoding and Retrieval: Weak and Strong Cues. In: Journal of Experimental Psychology, Vol. 86/No. 2, pp. 255–262

Wachner, G. (1968): Der Beitrag der Elektrotechnik zur polytechnischen Bildung. Habilitationsschrift. Halle/Saale

Weinert, F. E. (2001): Leistungsmessung in Schulen. Eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In: Weinert, F. E. (Hg.): Leistungsmessung in Schulen. Weinheim, Basel, S. 17–32

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

*Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin* *138 (2019), 93–114*

Dieter Seeliger

# Mit Kreativität auf dem Weg zu einer neuen Wärmequelle

## 1 Einleitung

Im Mittelpunkt dieses Symposiums stehen der Weg von der Idee zur neuen anwendungsbereiten Technologie, die dafür erforderlichen Kreativitätstechniken und weitere Voraussetzungen. Dieser Weg ist weder geradlinig noch widerspruchsfrei, insbesondere wenn dabei Grenzbereiche bekannter Naturgesetze tangiert und völlig neuartige Methoden entwickelt und angewandt werden. Von den Wissenschaftlern und Ingenieuren, die diesen Weg zu qualitativ neuen Technologien beschreiten, sind in außerordentlich hohem Maße Leistungen in praktisch allen Aspekten des erfinderischen Handelns gefordert:

– Methodisch strenges, nachvollziehbares und reproduzierbares Agieren, um eine zwingend zu akzeptierende experimentelle Daten- und Erkenntnisbasis zu schaffen;
– heuristische Vorgehensweise, um Grenzgebiete oder alternative Verfahren, Methoden oder Materialien zur optimalen technologischen Beherrschung und Nutzung der Prozesse auszuloten;
– vor allem aber sind Kreativität und naturwissenschaftlich basierte Intuition unabdingbar, um Neuland bei den Erkenntnissen über Wirken und mögliche Nutzung naturwissenschaftlicher Gesetze zu gewinnen.

Auf der 5. Jahrestagung der Leibniz-Sozietät zum Thema „Energiewende“ und auf dem VII. Symposium des Arbeitskreises Allgemeine Technologie wurde die potenzielle Bedeutung der Kernfusion für die zukünftige Energiegewinnung hervorgehoben (vgl. Seeliger 2014, 2017). Die dabei behandelten Vorhaben zeigten die ganze Komplexität und Widersprüchlichkeit der Entwicklung von der Idee der kontrollierten Kernfusion bis zur anwendungsbereiten Technologie und sollen deshalb anhand des aktuellen Standes 2018 hier erneut aufgegriffen und unter dem Blickwinkel der Thematik dieses Symposiums, der Kreativität, beleuchtet werden. Zielstellung für die Bewertung sollen dabei die Anforderungen sein, welche an eine „ideale neue Wärmequelle“ zu stellen sind. Das betrifft auch die auf der Nutzung nuklearer

und atomarer Prozesse beruhenden Entwicklungen. Auch wenn alle Idealziele gleichzeitig heute kaum erreichbar scheinen, müssen sie doch Maßstab für die Bewertung laufender Entwicklungen und ihrer langfristigen Perspektive für die menschliche Gesellschaft sein:

- *Nachhaltigkeit:* Einsatz für alle Staaten und Weltregionen unbegrenzt verfügbarer Rohstoffe und deren Nutzung ohne bleibende Schäden für nachfolgende Generationen;
- *Umweltverträglichkeit:* Vermeidung von schädlichen Eingriffen in die Natur, schädigenden Einwirkungen auf Lebewesen und auf das Klima;
- *Verfügbarkeit:* Fähigkeit zur quantitativen und zeitlichen Anpassung an den Bedarf;
- *Wettbewerbsfähigkeit:* Konkurrenzfähigkeit im Vergleich zu den Kosten für alternative Energiequellen, hinsichtlich des Aufwandes für Entwicklung, Errichtung, Betrieb und Entsorgung;
- *Gesellschaftliche Akzeptanz:* Breite Zustimmung für die neuen Technologien in einer sich pluralistisch entwickelnden Gesellschaft mit zunehmender Aktivität von Bürgerbewegungen, sozialen Medien und steigendem Einfluss der Medien.

Dieses Thema unter dem Blickwinkel Kreativität zu beleuchten bedeutet auch, die Entwicklung unter dem Aspekt des Wirkens der vier Grundelemente von Kreativität (vgl. Rohdes 1961) zu analysieren, deren förderliche Faktoren interagierend den kreativen Prozess bewirken:

- *kreative Person,*
- *kreativer Prozess,*
- *kreatives Produkt* und
- *kreatives Umfeld.*

## 2 Kreativitäts-Herausforderung gesteuerte Kernfusion – eine kurze Reminiszenz

Die technische Beherrschung der gesteuerten Kernfusion ist ein einzigartiges Beispiel dafür, wie mühevoll und langwierig der Weg von der richtigen Idee bis zur anwendungsbereiten, praktisch genutzten Technologie sein kann. Bereits seit den Pionierarbeiten von *Hans Bethe* war bekannt, dass die Energiefreisetzung in der Sonne aus der Verschmelzung von Wasserstoff mit dem exotischen, schwachen Wechselwirkungsprozess

$$p + p \rightarrow d + e^+ + \nu \qquad (1)$$

beginnt, der selbst unter den Bedingungen von extrem hohem Druck und Temperatur im Inneren der Sonne nur mit einer Halbwertszeit von etwa $10^{10}$ Jahren abläuft und damit sehr lange Zeit für eine langsame, fast konstante Energieabgabe der Sonne sorgt. Die aus der Reaktion (1) gebildeten Deuteronen d lösen demgegenüber sehr schnell eine Kette weiterer Prozesse aus, bei denen jeweils summarisch aus vier Protonen p ein Heliumkern α sowie Neutrinos ν und 26,7 MeV Energie freigesetzt werden, eine Prozesskette, die als Wasserstoffzyklus bezeichnet wird. Seit den 1940er Jahren sind Kernreaktionen mit Deuteronen bekannt und an Teilchenbeschleunigern weitgehend experimentell untersucht. Außerdem war längst bekannt, dass Deuterium als ein stabiles Isotop von Wasserstoff mit einem Anteil von 0,015% im Wasser der Weltmeere praktisch unbegrenzt verfügbar ist. So lag die Idee nahe, die exothermen Prozesse der Sonne, beginnend mit den Deuteronen d, auf der Erde in technischen Anlagen mit dem Ziel der Energiegewinnung nachzuvollziehen. Diese Idee erschien umso naheliegender, als es bereits zu Beginn der 1950er Jahre gelungen war, diese Prozesse für militärische Zwecke explosionsartig in der H-Bombe auszulösen. Das Ziel der friedlichen Nutzung der Kernfusion erschien umso attraktiver, da es die Perspektive in Aussicht stellte, nukleare Energie auf praktisch unerschöpflicher Rohstoffbasis, frei von hochradioaktiven Spaltprodukten und langlebigen Transuranisotopen unbegrenzt zu gewinnen.

Aus einer ganzen Reihe von physikalisch möglichen exothermen Reaktionen zwischen den Kernteilchen der Isotope von Wasserstoff – Protonen p, Deuteronen d und Tritonen t – und leichten Kernen kamen folgende Prozesse in Betracht für die praktische Umsetzung in technischen Anlagen zur Energiegewinnung:

$$d + t \rightarrow \alpha + n + 17{,}6\ \text{MeV}, \tag{2}$$
$$d + d \rightarrow \text{He-3} + n + 3{,}27\ \text{MeV}, \tag{3}$$
$$d + d \rightarrow p + T + 4{,}07\ \text{MeV}, \tag{4}$$
$$d + \text{He-3} \rightarrow \alpha + p + 18{,}1\ \text{MeV}, \tag{5}$$
$$p + \text{B-11} \rightarrow 3\alpha + 8{,}68\ \text{MeV}, \tag{6}$$

bei der Reaktion (2) ergänzt durch den „Brutprozess“ zur Erzeugung von Tritonen t aus Lithium

$$\text{Li-6} + n \rightarrow \alpha + t + 4{,}8\ \text{MeV}. \tag{7}$$

Schnell wurde klar, dass nur in einem sehr heißen Plasma, bei ausreichend hoher Temperatur T, Teilchendichte n und Lebensdauer τ, die Zündung des Fusionsprozesses erfolgt, bei dem die aus den mikroskopischen Reaktionen

(2) bis (6) freigesetzte Energie zu einem selbsterhaltenden exothermen Prozess führen kann, quantitativ ausgedrückt durch die – oft als Lawson-Kriterium bezeichnete – Forderung

$$T\, n\, \tau > 10^{21}\ [\mathrm{keV\ s\ m^{-3}}] \tag{8}$$

mit den Dimensionen T [keV], n [$m^{-3}$] und τ [s]. Ebenso bald war bekannt, dass die Reaktionsraten der DT-Reaktion (2) um mehr als zwei Größenordnungen über denen der Prozesse (3) bis (6) liegen und somit die Nutzung der DT-Reaktion, kombiniert mit der Brutreaktion (7), der bevorzugt zu beschreitende Weg zum Ziel der gesteuerten Kernfusion sein muss. Während das Erreichen einer Plasmatemperatur von 10 keV, das entspricht 100 Mio. Kelvin, für die Zündung des DT-Plasmas unabdingbar ist, bietet das Produkt nτ von Dichte und Lebensdauer einen Spielraum für Variationen bei der Konzipierung von Fusionsanlagen, von dünnen Plasmen mit langanhaltendem Einschluss in einem Magnetfeld mit typischen Zielwerten von $n < 10^{20}\ m^{-3}$ und $\tau > 3$ s – genannt Magneteinschluss – bis zur kurzzeitigen Erzeugung eines hochdichten DT-Bündels mit typischen Zielwerten von $n > 10^{30}\ m^{-3}$ und $\tau < 10^{-10}$ s – genannt Trägheitseinschluss, sowie verschiedenen Zwischenstufen zwischen diesen beiden extremen Konzepten. Daraus folgte, dass Diversifikationen von technischen Konzepten zur Erreichung des Zieles möglich sind, und dies führte von Beginn an bei der Fusionsforschung zu vielen sehr verschiedenen und führt bis heute zur Entstehung weiterer, neuer technischer Lösungskonzepte. Bereits in den 1950er Jahren waren damit nicht nur das Ziel sondern auch die bis heute verfolgten Wege zur Erreichung des Zieles im Wesentlichen abgesteckt. Danach ging es vermeintlich „nur noch“ darum, diesen Prozess zu bändigen, technologisch beherrschbar und als Energiequelle nutzbar zu machen. Dies erwies sich jedoch als außerordentlich schwieriger als in den Anfangsjahren vermutet, so dass das Ziel bis heute nicht erreicht ist.

An der Kreativität des angestrebten Produktes bestand damals und besteht bis heute kein Zweifel: Es geht um die Erschließung einer nachhaltigen Energiequelle für künftige Generationen. Der Autor erinnert sich an Vorlesungen bei *Lev Andreevich Artsimovich* in den 1960er Jahren, in denen er verkündete:

> „Es kann kein Zweifel daran bestehen, dass unsere Nachkommen lernen werden, die Fusionsenergie für friedliche Zwecke zu nutzen, noch bevor dies notwendig wird, um die menschliche Zivilisation zu bewahren.“[1]

1 Übersetzung aus dem Russischen durch den Autor.

Diese Vision weckte seinerzeit positive Emotionen bei den angehenden Physikern meiner Generation, festigte die Überzeugung von der Fähigkeit der Wissenschaft zur Lösung der künftigen Menschheitsprobleme und sie entfaltet seither über viele Jahrzehnte eine immer noch andauernde Attraktivität für Generationen von heranwachsenden Physikern und Ingenieuren. Getragen von der Attraktivität des Zieles, den Ideen zahlreicher kreativer Forscherpersönlichkeiten und großzügiger Finanzierung wurden in den folgenden Jahren weltweit diverse technische Konzepte verfolgt, um sich den Bedingungen für einen selbsterhaltenden Fusionsprozess gemäß Gleichung (8) anzunähern oder diese zu erreichen. Eine von der Internationalen Atombehörde IAEA in Wien im Jahr 1970 herausgegebene Übersicht (vgl. IAEA 1970) gibt Informationen über 187 weltweit in Entwicklung oder Betrieb befindliche Plasmaexperimente zur gesteuerten Kernfusion, darunter 65 Anlagen mit geschlossener und 52 Anlagen mit offener Plasmakonfiguration. Unter den Anlagen mit geschlossener Plasmakonfiguration befanden sich damals 15 Anlagen vom Typ Stellerator, darunter die Anlage Wendelstein IIA in Garching, sowie neun Anlagen vom Typ Tokamak, darunter die Anlagen T1, T3 und T5 im Kurchatov-Institut Moskau.

Die beginnenden Entwicklungen erwiesen sich auf allen eingeschlagenen technischen Pfaden allerdings als äußerst steinig, voll von verborgenen Klippen, die teilweise erst im Laufe der Entwicklung sichtbar wurden, gespickt mit technischen Anforderungen, die so vorher noch nie zu bewältigen waren. Worin bestanden und bestehen einige der zu lösenden Schwierigkeiten und Probleme:

- Vielfältige Formen von Plasmainstabilitäten, die zu Stromabbrüchen beim Magneteinschluss oder zur Begrenzung der erreichbaren Kompressionsgrade beim Trägheitseinschluss führen, begrenzen die praktisch erreichbaren Plasmaparameter.
- Verunreinigungen des Plasmas mit Ionen schwerer Elemente infolge der Wechselwirkung zwischen Plasma und Gefäßwand entziehen dem Plasma Energie und begrenzen die erreichbaren Temperaturen.
- Bei der favorisierten DT-Reaktion (2) entfallen etwa 3/4 der freigesetzten Energie auf kinetische Energie der Neutronen, die das Plasma ungebremst verlassen. Lediglich die entstehenden α-Teilchen geben ihre Energie teilweise in der Nähe ihres Entstehungsortes wieder an das Plasma ab und tragen so zu dessen hoher Temperatur bei. Um sich den erforderlichen Temperaturen von $T > 10$ keV, also $T > 100$ Mio. K, anzunähern, mussten aufwendige Verfahren der Plasmaheizung entwickelt und in Experimenten getestet werden: Strom-, Neutralteilchen-, Hochfrequenz-

heizung, Nutzung der Ionenzyklotron-Resonanzheizung, Elektronen-Zyklotron-Resonanzheizung und weitere. So konnte die Plasmatemperatur schrittweise dem geforderten Wert angenähert werden.
– Die Reaktormaterialien, insbesondere der für die das Plasma begrenzende Wand, sind enormen Temperaturen und Strahlungsbelastungen aus dem brennenden Plasma ausgesetzt. Spezielle Programme der Materialentwicklung waren deshalb erforderlich.
– Notwendige Magnetfeldstärken für den Einschluss der hochenergetischen Plasmas können nur mit Hilfe von Supraleitern erzeugt werden, die erst mehrere Jahrzehnte nach Beginn der Entwicklung in der erforderlichen Größe – getragen von den Forderungen der Fusion – technisch verfügbar wurden.
– Kontrolle und Steuerung der komplexen Fusionsreaktorprozesse sowie die Handhabung von Aufbau, Betrieb und Instandhaltung erforderten neuartige Lösungen hinsichtlich der Diagnostik, Plasmaanalytik, Digitalisierung und Automatisierung, die wesentlich umfangreicher als in einem herkömmlichen Kraftwerk auf der Basis von Kernspaltung sind.

Diese Liste ist noch längst nicht vollständig, ständig entstanden und entstehen weiterhin neue Anforderungen, die neuartige, kreative Lösungen erfordern und diese hervorbringen.

Wahre Pionierarbeit bei der Lösung dieser Problemen wurde geleistet, und dennoch konnte das Ziel im dem folgenden Jahrzehnt nicht erreicht werden, so begann *Cornelis M. Braams* die Zusammenfassung der Ergebnisse auf dem Gebiet der Fusionsexperimente mit Magneteinschluss auf der Konferenz über Forschungen zur Plasmaphysik und Gesteuerten Kernfusion in Innsbruck 1978 mit einem Zitat von *Artsimovich* aus dem Jahr 1961:

> „Es ist jetzt klar, dass alle unseren ursprünglichen Hoffnungen, die Tore in die geforderte Region ultra-hoher Temperaturen würden sich beim ersten kräftigen Druck durch die kreative Energie der Physiker leicht öffnen lassen, sich als unbegründet erwiesen haben, so wie die Hoffnungen eines Sünders, in das Paradies zu gelangen, ohne die Folterhölle passieren zu müssen.“[2] (Braams 1979, p. 447)

*Braams* beendete seine Übersicht, wieder bezugnehmend auf das Zitat aus dem Jahr 1961, mit den Sätzen:

> „Siebzehn Jahre sind keine lange Zeit im Maßstab des Universums. Wir werden noch eine Weile in der Folterhölle zubringen müssen, bevor wir sagen können – so wie Dante am Ende seiner Reise durch diese: ‚Gereinigt und bereit zum Auf-

2 Übersetzung aus dem Englischen durch den Autor.

> stieg zu den Sternen'. Aber, vielleicht werden ja auch wir zu den Sternen aufsteigen."[3] (Braams 1979, p. 457)

Ein Beispiel, welche richtungweisende Rolle einzelne kreative Forscherpersönlichkeiten in jenen frühen Phase bei der Entwicklung der kotrollierten Kernfusion spielten, geht aus der Würdigung von *Artsimovich* auf der Konferenz in Innsbruck 1978 durch den damaligen Direktor des Office of Fusion Energy im Department of Energy der USA, *Edvin E. Kintner*, hervor (vgl. Kintner 1979). Danach waren es Vorlesungen von *Artsimovich* am MIT 1969, welche den Pionierarbeiten an den Tokamak-Anlagen des Kurchatov-Instituts in der westlichen wissenschaftlichen Welt Anerkennung brachten und die letztlich zur Verlagerung des Schwerpunktes der internationalen Entwicklungen auf dem Gebiet, inklusive der Fusionsforschung in den USA, in Richtung dieses Anlagentyps lenkten. Dadurch wurden nachfolgend schnelle Fortschritte auch an den Tokamak-Anlagen ST in Princeton und ORMAK in Oak Ridge erzielt. In seiner Vorlesung kommt *Kintner* zu der Einschätzung:

> „Der schnelle Fortschritt der letzten Dekade setzt sich fort. In jüngsten Experimenten hat Princeton wesentlich höhere Temperaturen erreicht, als jemals zuvor, früher und in einer stärkeren Form als erwartet. Diese Ergebnisse liefern erhöhte Zuversicht, dass die wissenschaftliche Machbarkeit der Fusion in dem Tokamak Fusion Test Reactor[4] vollständig demonstriert wird. Sie haben uns wesentliche wissenschaftliche Information darüber geliefert, dass unsere Vorstellungen über die Fusion mit Magneteinschluss richtig sind. [...] Ich bin mir sicher, dass das Mitglied der Akademie Artsimovich höchst erfreut wäre über die Bestätigung der Validität seiner Arbeit."

Noch einen Aspekt des Wirkens von *Artsimovich* würdigte *Kintner* in seinem Vortrag:

> „Ein weiteres Ergebnis des wesentlichen Einflusses von Professor Artsimovich sind die unikalen internationalen Beziehungen, welche die Fusion charakterisieren. Artsimovichs persönliche Führung war von grundlegender Bedeutung für die Herausbildung einer internationalen wissenschaftlichen Kooperation. Er glaubte an die Wissenschaft als Ganzes, dass insbesondere auf dem Gebiet der Fusion, eine weltweite Kollaboration wichtig ist für den Fortschritt."[5] (Kintner 1979, p. 5)

---

3 Übersetzung aus dem Englischen durch den Autor.

4 Abgekürzt TFTR, die seinerzeit geplante größere Variante eines Tokamak-Reaktors.

5 Übersetzung aus dem Englischen durch den Autor.

In der Tat hatte sich bereits in jener Zeit des Kalten Krieges auf dem Gebiet der Fusionsforschung eine weltweite internationale Kooperation entwickelt, getragen von Wissenschaftlern und Instituten aus den Ländern mit Fusionsprogrammen, die singulär für die damalige Zeit war, aber eine große Perspektiven für die Zukunft schuf. Bereits im darauf folgenden Jahr 1979 begann die Arbeit an einem gemeinsamen, internationalen Fusionsreaktorprojekt, genannt International Tokamak Reactor (INTOR), getragen von Euratom, Japan, USA, UdSSR und der IAEA (vgl. IAEA 1980). Die Fusionsforschung war selbst zum Gegenstand der internationalen Politik geworden, einer Politik, die basierend auf den Beschlüssen der Konferenz von Helsinki 1976 auf Kooperation, Interessenausgleich, den Abbau von Spannungen und technischen Fortschritt für die Menschheit setzte und das in einer Zeit, als Mittelstreckenraketen die Existenz ganz Europas bedrohten! Dies kennzeichnete die enorme Kraft und Breitenwirkung, welche eine kreative Idee entfalten kann.

Inzwischen lief auch die Entwicklung nationaler Tokamak-Projekte intensiv weiter, so dass in der zweiten Hälfte der 1980er Jahre an der Anlagen TFTR in den USA, JET in der EU, JT-60 in Japan und T-15 in der UdSSR Plasmaparameter erreicht werden konnten, die bereits dicht an der Grenze des nach Gleichung (8) geforderten Bereichs lagen – wie in Abbildung 1 aus einem Lehrbuch der damaligen Zeit gezeigt. Seit der Inbetriebnahme des Tokamak T-1 im Jahr 1958 bis etwa 1980 war in den nachfolgenden Tokamak-Anlagen eine Steigerung des Produktes $n\tau$, der Plasmadichte n mal Einschlusszeit $\tau$, von vier Größenordnungen und eine Steigerung der Plasmatempratur T um drei Größenordnungen erreicht worden – ein gewaltiger Fortschritt, der berechtigte Hoffnung machte, im nächsten Schritt die Zielparameter der Zündung erreichen zu können.

An der europäischen Tokamak-Anlage Joint European Torus (JET) konnte im Jahr 1997 der Breakeven – Gleichstand von erzeugter und aufgewandter Energie – fast erreicht werden, etwa 65% der zur Erzeugung des Plasmas aufgewendeten Energie konnten durch Fusion zurückgewonnen und 16 MW Fusionsleistung erzeugt werden, mit einer Einschlusszeit von 3 s. Die Zündung einer selbsterhaltenden Reaktion war allerdings auch mit dieser Maschine noch nicht erreicht worden. Auch Entwicklungen an alternativen Reaktorkonzepten liefen im gesamten Zeitraum weiter, mit vergleichsweise etwas geringerer Intensität, als in den Anfangsjahren.

Es dauerte nochmals eine Dekade, bis sich für das Vorhaben des Internationalen Reaktors INTOR eine Chance der Realisierung öffnete, mit dem

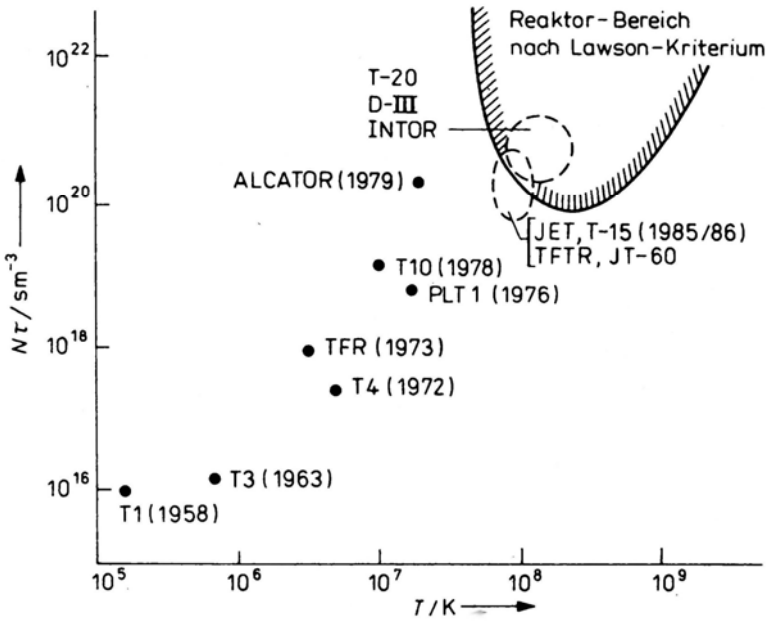



Abbildung 1: Entwicklung der weltweit in Tokamak-Anlagen erreichten Plasmaparameter Dichte N mal Einschlusszeit τ und Temperatur T von der ersten Anlage T-1 im Jahr 1958 bis zu den Ende der 1980er Jahre bestehenden und geplanten Anlagen

Quelle: Musiol et al. 1988, S. 718

die Machbarkeit der Fusion demonstriert werden sollte, mit einem zehnfachen Energiegewinn: In den Verhandlungen zwischen *Michael Gorbatschow* und *Ronald Reagan* in Reykyavik, die das Ende des Kalten Krieges einläuteten, erhielt das Projekt eines gemeinsamen, internationalen Fusionsreaktors die höchste politische Unterstützung, als ein Pilotprojekt, welches die engere Zusammenarbeit nach dem Wegfall der Ost-West-Konfrontation demonstrieren und voranbringen sollte. Es erhielt die Bezeichnung International Tokamak Experimental Reactor (ITER), sein Baubeginn erfolgte im Jahr 2006 in der Nähe von Cadarache in Frankreich. Es ist heute zu einem der größten Projekte der internationalen Kooperation geworden, getragen von den ITER-Mitgliedsländern EU, USA, Russland, China, Japan, Indien und Südkorea.

## 3 Jüngste Fortschritte der Fusionstechnologie

### *3.1 Magneteinschluss des Plasmas*

ITER auf TOKAMAK-Basis

Ein Ziel des Fusionsexperimentes ITER ist der Nachweis, dass auf dem Weg der Kernfusion mehr Energie aus dem Plasma freigesetzt werden kann, als für die Plasmaheizung injiziert werden muss: Mit 50 MW Heizleistung sollen mindestens 500 MW Fusionsleistung in einem DT-Plasma erreicht werden – d.h. ein COP $\geq$ 10. Damit sollen die wissenschaftlichen und technischen Voraussetzungen für die Planung eines Demonstrationskraftwerkes auf der Basis von Kernfusion geschaffen werden. In dieser Phase der Fusionsforschung wird die kreative Rolle einzelner Forscherpersönlichkeiten vor allem bei der Organisation des großen, internationalen ITER-Teams deutlich. Weltweite Kooperationen mit Einbeziehung der Industrie in die Forschungs- und Entwicklungsarbeit an den zahlreichen Komponenten, der Digitalisierung von Planung und Steuerung eines gewaltigen Aufbauprozesses, an der Entwicklung neuer Materialien, die Beherrschung höchst komplexer Systeme mit neuen Dimensionen – größte supraleitende Kryoanlage, größte Vakuumanlage, höchste Plasmatemperaturen etc. –, das sind die Kreativitätscharakteristika dieses Prozesses.

Seit 2014 läuft der Aufbau der Anlage sehr zügig, so dass der Betonbau des Gehäuses für die Aufnahme des ITER weitgehend fertiggestellt und ab Oktober 2018 mit der Montage von Komponenten begonnen werden konnte. In den kommenden sieben Jahren, bis 2025, soll der Plasmabetrieb mit Wasserstoff und Helium begonnen werden. Vom ersten Plasma bis zur Erreichung des oben genannten Zieles COP $\geq$ 10 mit DT-Plasma ist ein langer Weg, der im ITER Research Plan (vgl. ITER 2018) näher beschrieben wird: Nach dem Zünden des ersten Plasmas sollen sich Experimente mit weiteren Upgrades der Anlage abwechseln, um deren volle Leistungsfähigkeit im Laufe von weiteren 15 Jahren zu erreichen. Insbesondere sind die beiden Phasen Pre-Fusion Plasma Operation und Fusion Power Operation vorgesehen. In der ersten, etwa zehnjährigen Phase vor dem eigentlichen Fusionsbetrieb sollen Kontroll- und Notfallsysteme und die Systeme zur Heizung sowie zur Diagnostik und Überwachung der Plasmaeigenschaften vervollständigt und erprobt sowie Magnetfelder bis zum Zielwert von 5,3 Tesla erzeugt werden. Der nachfolgende Fusionsbetrieb wird zunächst mit Deuterium-Plasma begonnen, bei dem nur vergleichsweise wenige Neutronen der DD-Reaktion (3) erwartet werden. Erst danach wird die optimale Beimi-

schung von Tritium zum Deuterium getestet, die für den späteren Betrieb eines Demonstrationskraftwerkes notwendig ist. Zu Beginn der 2040er Jahre soll das Fusionsexperiment stabil in zwei Moden laufen – mit 500 MW Fusionsleistung, einer Brenndauer von 5 Minuten und COP = 10, oder von 50 Minuten mit einem Energiegewinn COP = 5. Damit sollen die technischen und wissenschaftlichen Voraussetzungen für die Planung eines Demonstrationskraftwerkes geschaffen werden.

Auch die erwartete, über zwanzigjährige Periode bis zum Abschluss dieser Experimente ist kein Selbstläufer: Neben dem Erfordernis für weitere kreative technische Neuentwicklungen erwarten die ITER-Entwickler auch neue physikalische Ungewissheiten, welche die Entwicklung verzögern oder das Erreichen der Ziele verhindern könnten (vgl. Sonnabend 2018). Eine zu erwartenden Ungewissheiten ist mit der Entstehung starker Flüsse hochenergetischer Neutronen aus der DT-Reaktion (3) verbunden, die einerseits zu radioaktiver Aktivierung in den Reaktorstrukturen sowie Wärmefreisetzung in den supraleitenden Spulen und andererseits zur Notwendigkeit der ständigen Reproduktion und des sicheren Umgangs mit größeren Mengen des radioaktiven Tritiums erfordern. Sollte in den 2050er Jahren, wie geplant, ein Demonstrationskraftwerk auf Tokamak-Basis in Betrieb gehen, würde eine dann fast einhundertjährige Entwicklung von der kreativen Idee bis zum anwendungsbereiten Produkt ihren erfolgreichen Abschluss finden. Auf dem Weg bis zu diesem Endpunkt bleibt ITER als größte international betriebene Tokamak-Anlage allerdings nicht ohne Konkurrenz: Aus China wird über die erfolgreiche Entwicklung der wesentlich kompakteren Anlage EAST HT-7U berichtet, die ebenfalls mit supraleitenden Spulen, aber zusätzlich auch bereits mit Tritium-Brutmantel zur Reproduktion von Tritium nach der Reaktion (7) ausgerüstet ist. Wird China einst auch auf diesem Gebiet die Leadership übernehmen? Weitere Atommächte könnten dem Beispiel folgen und eigene Projekte, die bereits laufen, aber derzeit nicht forciert werden, wieder stärker vorantreiben.

Es bleibt die Frage, ob im Falle eines erfolgreichen Abschlusses des Aufbaus und Betriebes eines Demonstrationskraftwerkes auf Tokamak-Basis die eingangs formulierten Zielstellungen für eine ideale Wärmequelle erfüllt werden können. Die generellen Vorteile eines Fusionsreaktors gegenüber einem Kernspaltungsreaktor wurden bereits genannt. Die äußerste Komplexität und Kompliziertheit der technischen Anlagen sowie der notwendige Umgang mit großen radioaktiven Inventaren bei Nutzung der DT-Reaktion führen allerdings dazu, dass die Nutzung dieser Anlagen zur Energieerzeugung nur großen Nuklearstaaten oder internationalen Konsortien

vorbehalten sein wird und der Nachweis von Nachhaltigkeit, Konkurrenzfähigkeit sowie gesellschaftlicher Akzeptanz als offen anzusehen sind, insbesondere angesichts des enormen Tempos der Entwicklung von Technologien auf dem Gebiet erneuerbarer Energien.

Wendelstein W7-X auf Stellarator-Basis

Beim Tokamak erzeugt der im Plasma induzierte Stromfluss selbst eine Magnetfeldkomponente, die zusammen mit äußeren Magnetfeldkomponenten das resultierende helikale Magnetfeld bildet, welches das Plasma in der Anstiegsphase des induzierten Stromflusses einschließt. Der Anstieg des Stromes im Plasma ist prinzipiell zeitlich begrenzt, da jeweils am Ende der Anstiegsphase bis zum maximalen Plasmastrom zwangsläufig eine Rückkehr zum Ausgangszustand der Anlage erfolgen muss. Der Betrieb des Tokamak ist daher prinzipiell gepulst und die Kopplung zwischen variablem Plasmastrom und dem durch ihn erzeugten stabilisierenden Magnetfeld bietet einen unerwünschten Ansatzpunkt für die Ausbildung von Schwingungen und Instabilitäten.

Fusionsanlagen vom Typ Stellarator können demgegenüber ohne Plasmastrom und damit auch im Dauerbetrieb arbeiten, da das resultierende Magnetfeld ausschließlich durch äußere Magnetspulen erzeugt wird. Dies erfordert jedoch eine äußerst komplizierte Konfiguration des Magnetfeldes. Der prinzipielle Vorteil des Stellerators hat dazu geführt, dass ungeachtet der Konzentration eines großen Teiles der Fusionsforschung auf die Entwicklung des Tokamak auch an dem Stellarator-Konzept weiter gearbeitet wurde. Im Bericht auf dem VII. Symposium zur Allgemeinen Technologie wurde über den erfolgreichen Start des Plasmabetriebes an der Anlage Wendelstein W7-X am Institut für Plasmaphysik in Greifswald berichtet (vgl. Seeliger 2017). Die Fertigstellung der komplexen Anlage mit äußerst komplizierter Magnetfeld-Konfiguration kann zu Recht als eine äußert kreative Leistung bezeichnet werden, die zu einem unikalen, kreativen Produkt geführt hat.

So konnte im Juni 2017 für Stellaratoren im Wasserstoffplasma ein Rekordwert des Fusionsproduktes (8) mit T = 40 Mio. K, $n = 0{,}8\ 10^{20}\ m^{-3}$ und $\tau = 200$ ms erreicht werden. Im Herbst 2018 begann der erste Umbau der inneren Wandverkleidungen, um höheren thermischen Belastungen standhalten zu können (vgl. WEND 2018). Im Lauf der weiteren Erprobungen soll eine Plasmabrenndauer bis zu 30 Minuten erreicht und am Ende der Erprobungen zum Betrieb mit Deuterium übergegangen werden, aber noch ohne Tritium. Damit können Bedingungen im Plasma erprobt werden, wie

sie später in einer nachfolgenden DT-Anlage auftreten werden. Kann dieses Programm erfolgreich und zügig absolviert werden, wird dem Stellarator-Projekt die Chance eingeräumt, als Alternative zum Tokamak in einer internationalen Demonstrationsanlage eingesetzt zu werden. Da auch diese Entwicklung in Zukunft letztlich auf die Nutzung der DT-Reaktion (2) zur Energiegewinnung orientiert, werden auch auf diesem Wege die gleichen Risiken einer großen Nuklearanlage mit hohem Neutronenfluss und radioaktivem Inventar zu lösen sein, wie dies beim Tokamak der Fall sein wird.

### *3.2 Trägheitseinschluss des Plasmas*

NIF auf Basis von Laserfusion

Auch über die Alternative zum Magneteinschluss, den Trägheitseinschluss, wurde auf dem VII. Symposium zur Allgemeinen Technologie bereits berichtet (vgl. Seeliger 2017). Die National Ignition Facility NIF galt über Jahre als aussichtsreiches nationales Projekt der USA, in das gewaltige Investitionen geflossen sind: Insgesamt 192 Leistungs-Laserstrahlen sollen, konzentrisch gebündelt auf ein DT-Pellet, dieses zur Zündung eines kurzzeitig selbsterhaltenden Fusionsprozesses bringen, in dem ein Teil des DT-Materials zu Helium verschmilzt. In Jahr 2012 konnten mit diesem Ziel 1,8 Megajoule Pulsenergie auf das Pellet konzentriert werden, ohne allerdings die Zündung zu erreichen. Bis zu diesem Jahr konnte die Pulsenergie sogar auf 2,15 Megajoule erhöht werden, weiterhin ohne die Zündung zu erreichen. Plasmaturbulenzen verhindern bisher ausreichende, ideal konzentrische Kompression des DT-Gemisches, so dass die erforderlichen Dichte n und Temperatur T innerhalb der extrem kurzen Einschlusszeit $\tau < 10^{-11}$ s nicht erreicht werden können (vgl. NIF 2012, 2018).

Neue Entscheidungen über die Weiterführung des Experiments sind nicht vor 2020 zu erwarten. Wird die damit gesamte Richtung Laserfusion in Frage gestellt? Dieser Fall zeigt, Kreativität, höchste technische Perfektion und ausreichende Finanzierung sind erforderlich, um die Idee der gesteuerten Fusion zur Anwendung voranzubringen, aber sie sind nicht ausreichend – die Naturgesetze müssen den Prozess zulassen.

### *3.3 Risikokapitalprojekte zur Kernfusion*

Stoßwellenfusion von General Fusion

Über einige private Risikokapitalprojekte wurde hier bereits berichtet (vgl. Seeliger, 2017), darunter auch über das Konzept der Stoß- oder Schockwellenfusion, welches in der kanadischen Firma General Fusion verfolgt

wird. Grundlage ist die originelle Idee, DT-Plasmabündel während einer kurzen Einschlusszeit von Millisekunden durch eine akustische Stoßwelle aus 200 mechanischen Kolben mit einer Stoßkraft von jeweils 2 Tonnen bis zum Erreichen der Fusionsbedingung (7) zu komprimieren (vgl. Laberge 2008). Bis zu diesem Jahr konnten auf diesem Weg deutliche Fortschritte erreicht werden (vgl. Laberge 2018):

- Mit dem Plasmainjektor wurden Plasma-Bündel mit einer Temperatur von 5 Mio. K und einer Lebensdauer von 2 ms erzeugt,
- alle erforderlichen Komponenten, auch die Kolbenkompression sowie die Wirbelkammer mit flüssigem Metall, wurden in Modellanlagen getestet,
- 150.000 Plasmaexperimente wurden durchgeführt,
- 198 Patente eingereicht und
- über 100 Mio. Dollar an Investmentkapital konnten bisher eingeworben werden.

Das Ziel des Unternehmens besteht darin, bis zum Jahr 2030 mit einer Demonstrationsanlage das DT-Plasma zur Fusion zu bringen (vgl. Miles 2018).

Die vier Grundelemente der Kreativität sind bei diesem Vorhaben beispielhaft gegeben:

- Mit *Michael Laberge* liegt die Führung bei einer äußerst kreativen *Person*,
- der mit seiner neuen Idee seit 15 Jahren konsequent einen kreativen *Prozess* entwickelt,
- in dessen Ergebnis ein kreatives *Produkt* stehen soll,
- wobei die Entwicklung in einem kreativen *Umfeld* erfolgt, was sich in effektivem Teamwork, öffentlicher Akzeptanz und finanzieller Unterstützung durch Investoren ausdrückt.

Ungeachtet der positiven Vorhersagen stehen auch vor diesem Projekt noch ungelöste Probleme und es bleibt abzuwarten, inwieweit inhaltliche und zeitliche Prognosen eingehalten werden können.

### Tri Alpha Energy

Ein alternativer Weg zur gesteuerten Kernfusion wird von dem Unternehmen Tri Alpha Energy verfolgt – die Nutzung der Reaktion (6) zur Energieerzeugung. Diese vermeidet die Verwendung von Tritium als Brennstoff und erzeugt in der Hauptreaktion keine schnellen Neutronen. Damit vermeidet sie die potenziellen Nachteile der DT-Reaktion und könnte den Forde-

rungen nach einer idealen Wärmequelle wesentlich näher kommen. Die Vorteile müssen allerdings teuer erkauft werden: Wegen der wesentlich höheren Coulomb-Barriere der Reaktion (6) im Vergleich zur Reaktion (2) muss das Plasma auf eine Temperatur von 3 Mrd. Kelvin erhitzt werden, um eine Zündung auslösen zu können! Ungeachtet dieser extremen Schwierigkeit wird seit 15 Jahren in einer von Norman gegründeten Gruppe systematisch an dem Konzept gearbeitet (vgl. Grant 2013), sind zahlreiche Patente, wissenschaftliche Publikationen und einige Versuchsanlagen mit einer neuen Reverse Field Configuration entstanden, wie bereits berichtet (vgl. Seeliger 2017).

Auch auf diesem Gebiet gibt es jüngste Fortschritte: An der 2017 in Betrieb genommenen Versuchsanlage C2-W/Norman, dem bereits fünften Reaktor dieser Entwicklungsrichtung, konnten durch Einsatz von modernen Methoden der Digitalisierung zur Datenanalyse, in Kooperation mit einem Entwicklungsteam von Applied Science Google, erhebliche Fortschritte erzielt werden, so dass im Februar 2018 das Erreichen einer Plasmatemperatur von 20 Mio. Kelvin gemeldet wurde (vgl. Baltz et al. 2017). Bisher konnten über 500 Mio. Dollar Risikokapital eingeworben werden. Als Zielmarke für die Schaffung eines Prototyps wird das Jahr 2030 genannt.

Auch dieses Vorhaben lässt alle Grundelemente von Kreativität erkennen und ist gekennzeichnet durch die Kontinuität und den langen Atem, mit dem die durch einen Ideenschöpfer initiierte Entwicklung zu einem kreativen Produkt fortgesetzt und durch Einbeziehung völlig neuer Methoden vorangetrieben wird. Ohne Frage hätte diese Entwicklung – falls sie realisiert werden kann – eine große Perspektive für die künftige Energiegewinnung und sie würde vielen Forderungen an eine ideale Wärmequelle nahe kommen, weil diese Anlagen die Nachteile der DT-Fusion vermeiden und nicht die gewaltigen Dimensionen einer Tokamak-Anlage vom Typ ITER oder einer Laseranlage vom Typ NIF annehmen würden.

In diesem Zusammenhang soll auf die große Bedeutung der Risikobereitschaft zur Finanzierung neuer Forschungsrichtungen generell und insbesondere für die Projekte zur gesteuerten Kernfusion hingewiesen werden. In den USA und einigen weiteren Industriestaaten ist die Bereitschaft verbreitet, Kapital in Richtungen zu investieren, die mit hohem Risiko behaftet sind, dafür aber im Erfolgsfall hohe Rendite versprechen. Dies ermöglichte in der Vergangenheit mehrfach schnelle Entwicklungen von kreativen Ideen zu erfolgreichen Forschungsgebieten und marktfähigen Produkten auch außerhalb von staatlicher Finanzierung. Die zunehmende Bereitschaft zur Investition von Risikokapital in bestimmte Start-up-Unternehmen korreliert

mit den Chancen, die der künftig erfolgreichen Entwicklung des Gebietes eingeräumt werden, welche wiederum ein Ergebnis der ständigen Beobachtung und Evaluierung durch Investoren, Medien und Fachleute sind. Unterschieden werden dabei drei Entwicklungsphasen: Seed Stage (Investitionen < 20 Mio. Dollar), Venture Stage (Investitionen 20 bis 50 Mio. Dollar) und Late Stage (Investitionen > 50 Mio. Dollar). Eine aktuelle Analyse der Investitionstätigkeit auf dem Gebiet der gesteuerten Kernfusion (vgl. Boyle 2016) zeigt einen starken Anstieg privater Investitionen in den USA seit 2005, wobei sowohl die Anzahl solcher Unternehmen gestiegen ist – auf 24 im Jahr 2018 – wie auch der Investitionssumme, die inzwischen über 1 Mrd. US-Dollar erreicht hat, wobei einen besonders hohen Anteil am Anstieg den Projekten in der dritten Phase zukommt.

Auch die staatlich finanzierten Forschungs- und Entwicklungsprogramme zur gesteuerten Kernfusion hängen seit ihren Anfängen vor über 60 Jahren von der Fähigkeit und Bereitschaft der Staaten zur Finanzierung ab, aber auch von deren Bewertung durch die gesamte Gesellschaft. Auf diesen Zusammenhang wies *Kintner* in seiner bereits zitierten Artsimovich Memorial Lecture etwas scherzhaft hin:

> „Finally, he stated his own view of why scientific endeavours deserved governmental support: [...] ‚Science is a way to pursue one's sense of inquiry at the expense of the State'." (Kintner 1979, p. 5)

Nur durch die Aussicht auf Lösung eines der globalen Probleme der menschlichen Gesellschaft lassen sich die gewaltigen Investitionen in diese Entwicklungsrichtung gegenüber den Mitgliedern der Gesellschaft rechtfertigen. Es liegt daher auch in der Verantwortung der auf diesem Gebiet tätigen Wissenschaftler und Ingenieure, die umfangreiche Finanzierung durch die Gesellschaft nur solange nutzen zu können, wie eine berechtigte Aussicht besteht, durch das zu erwartende Ergebnis der Gesellschaft einen adäquaten Nutzen zurückgeben zu können – sei es in Form neuer Erkenntnisse oder kreativer Produkte.

## 4 Low Energy Nuclear Reactions – eine Alternative?

In einem Beitrag widmete sich „Spektrum der Wissenschaften" kürzlich einem Thema aus dem Gebiet der Energiegewinnung, welches seit nunmehr fast dreißig Jahren Physiker beschäftigt, ohne bisher eine schlüssige Lösung vorlegen zu können (vgl. Deeg 2018). Im Jahr 1989 hatten amerikanische Forscher ungewöhnliche Wärmefreisetzung bei der Elektrolyse in Schwerwasser-Lösungen mit Palladium-Kathoden gemessen und diese als Resultat

von Fusionsreaktionen vom Typ (3) und (4) sowie der unter normalen Bedingungen äußerst seltenen (Wahrscheinlichkeit $10^{-7}$) Reaktion

$$d + d \rightarrow He\text{-}4 + \gamma + 23{,}84\ MeV \tag{9}$$

interpretiert. Die experimentellen Ergebnisse konnten zunächst nicht reproduziert werden und die Interpretation stieß auf massive Kritik, da weder die Überwindung der Coulomb-Barriere bei geringer Temperatur der Elektrolyse noch das fast vollständige Fehlen der für die Reaktionen (3), (4) und (8) charakteristischen Kernstrahlung erklärt werden konnten. Im zitierten Beitrag wird, Bezug nehmend auf die Ausführungen eines deutschen Plasmaphysikers, die damals eingetretene Situation mit folgenden Sätzen beschrieben:

> „Diese zahlreichen missglückten Experimente hatten zur Folge, dass die zwei Forscher massive Kritik einstecken mussten. Kollegen warfen ihnen grobe Fehler in ihrer Versuchsdurchführung bis hin zur absichtlichen Täuschung vor. Bis heute stehen für manche Wissenschaftler die Namen ‚Fleischmann-Pons' als Synonym für ‚junk science', also ‚Wissenschaft für die Mülltonne'." (Deeg 2018)

Der Beitrag geht weiterhin auf die ungeachtet der allgemeinen Kritik fortgeführten Arbeiten von zwei amerikanischen Wissenschaftlern ein, *Peter L. Hagelstein* und *David J. Nagel*, die von der Realität der stark umstrittenen Effekte nach wie vor überzeugt sind:

> „Auch wenn nicht viele etablierte Wissenschaftler Hagelsteins Beobachtungen ernsthaft diskutieren, einige gibt es. Einer davon ist David J. Nagel, Professor für Computer- und Elektrotechnik an der George Washington University. In einem Artikel aus dem Jahr 2016 der American Chemical Society (ACS) äußert er sich so zu dem Thema:
>
> ‚Es gibt Ergebnisse, die man nicht einfach wegreden kann. Ob es kalte Fusion, niedrigenergetische Kernreaktionen oder etwas anderes ist [...] wissen wir noch nicht. Aber es besteht kein Zweifel, dass sich mittels chemischer Energie Kernreaktionen herbeiführen lassen.' Er spricht statt von kalter Fusion lieber von so genannten ‚lattice enabled nuclear reactions", weil sich die Prozesse innerhalb des Kristallgitters einer Elektrode abspielen." (Deeg 2018)

Der Beitrag in „Spektrum der Wissenschaft" endet unter Bezug auf die Einschätzung des Gesprächspartners aus der Plasmaphysik mit den Sätzen:

> „Dennoch möchte er nicht ausschließen, dass es einen beobachtbaren Effekt gibt, der sich bislang nicht erklären lässt. Sehr wahrscheinlich handle es sich dabei aber nicht um eine Fusion im herkömmlichen Sinn." (Deeg 2018)

Das weckt Interesse, mehr über diese Forschungsrichtung zu erfahren, welche sich seit so langer Zeit, kaum beachtet, im Schatten der breit anerkannten und durch öffentliche Programme geförderten Wissenschaftsgebiete entwickelt. Eine schnelle Orientierung im Internet liefert, sehr stark verkürzt, folgendes Bild, welches sich ständig erweitert und im Laufe der vergangenen Jahre immer neue Konturen erhielt:

- In der Tat wurden die Wärmeeffekte bei der Elektrolyse mit $D_2O$ von unabhängigen Forschergruppen immer wieder beobachtet und die Bedingungen ihres Entstehens soweit geklärt, dass einige Forscher von Reproduzierbarkeit des Effektes berichten;
- alle positiven Experimente hinsichtlich des Auftretens von Wärmeeffekten zeigen keine oder nur äußerst geringe Kernstrahlung – eine für die Anwendung äußerst attraktive Eigenschaft;
- zunächst völlig überraschend wurden ungewöhnliche Wärmeeffekte auch in gasförmigen Systemen gefunden, in denen sich erhitztes $H_2$-Gas in Kontakt mit Metalloberflächen befindet;
- noch unerwarteter sind Beobachtungen von Elementumwandlungen, auch als Transmutation bezeichnet, die in verschiedenen Metall-Wasserstoff-Systemen bei starker elektromagnetischer Anregung, beispielsweise in Gasentladungsprozessen, auftreten.

Erkenntnisse zu geeigneten Verfahren und Materialien für die Auslösung dieser Prozesse sind umfangreich in einigen Tausend Originalarbeiten (vgl. Bibliografie in CANR 2018), Übersichten (z.B. in Krivit 2013), Monographien (z.B. Miley 2013; Storms 2007) sowie offengelegten Patentschriften verfügbar. Eine kürzlich erschienene Übersicht gibt Auskunft darüber, dass im Jahr 2017 weltweit 114 Unternehmen als Ziel angeben, marktfähige Produkte mit dieser Technologie zu entwickeln: 45 USA, 31 Europa, 19 Japan, sechs Russland, fünf China, je ein in Australien, Kanada und Korea (vgl. Draper/Ling 2017). Das eingeworbene Investmentkapital in den USA übersteigt bereits 100 Mio. Dollar.

All das steht bisher unter dem Vorbehalt, dass es noch keine vollständig akzeptierte Theorie dieser Prozesse gibt, sondern nur mehr als ein Dutzend theoretischer Modelle mit teilweise hypothetischen Annahmen. Klar geworden ist allerdings, dass es sich bei diesen Prozessen nicht um die von den Gleichungen (2) bis (6) und (8) beschriebenen Fusionsreaktionen zwischen jeweils zwei isolierten Teilchen handelt, sondern um metallgitterunterstützte, kollektive Prozesse, an denen auch schwache Wechselwirkungen beteiligt sein könnten, ebenso wie katalytische Prozesse bei deren Auslösung. Eine

Reaktionstheorie mit dieser Komplexität gibt es bisher noch nicht, es ist erneut eine unikale Anforderung nach einer kreativen Lösung. Eine endgültige Klärung bleibt abzuwarten, bevor zuverlässige Aussagen über die Perspektive solcher Prozesse für die Energieerzeugung getroffen werden können.

Hinsichtlich des Themas dieses Symposiums lässt sich aus dem beschriebenen langdauernden und widersprüchlichen Prozess der Erkenntnisfindung auf dem Gebiet der Low Energy Nuclear Reactions die Bedeutung der Ambiguitätstoleranz als Eigenschaft kreativer Forscher erkennen, das heißt der Fähigkeit, eine verwickelte, widersprüchliche und unsichere Situation auszuhalten und gleichwohl an deren Bewältigung arbeiten zu können. Erfinder mit dieser Eigenschaft werden von Ambivalenzen, Widersprüchen, Unklarheiten, ungelösten Spannungen und Komplexität der zu lösenden Probleme nicht eingeschüchtert. Dadurch können einseitige Lösungen oder das zu schnelle Verwerfen von aussichtsreichen Lösungswegen verhindert werden.

## 5 Schlussfolgerungen

Auf dem seit den 1950er Jahren verfolgten Weg der Entwicklung einer neuen Wärmequelle auf Grundlage der gesteuerten Kernfusion sind im letzten Jahr bei wichtigen Projekten, wie ITER und Wendelstein7-X, weitere Fortschritte erreicht worden. Der Prozess der Separation von tragfähigen Konzepten und die Rückstellung von nicht realisierbaren Konzepten für die Verwirklichung einer nutzbaren Energiequelle setzt sich fort. Anliegen des vorliegenden Beitrages war nicht eine detaillierte inhaltliche Darstellung oder Wertung des Entwicklungsstandes, sondern die Beleuchtung des Prozesses aus der Sicht der Thematik dieses Symposiums, d.h. hinsichtlich der Kreativität des Prozesses und der Kreativitätstechniken. In diesem Sinne sind besonders hervorzuheben:

- Das persönliche Engagement von wissenschaftlichen Führungspersönlichkeiten mit neuen Ideen, Motivationskraft und Weitblick, mit Fähigkeiten zur Teambildung bis hin zu internationalen Kooperationsnetzen, welches in allen Phasen der Fusionsforschung eine entscheidende Rolle spielt – beginnend mit den bahnbrechenden Ideen in der Frühzeit bis zu den jüngsten Entwicklungen internationaler Projekte wie ITER und Wendelstein 7-X oder auch bei den privat finanzierten Projekten.
- Die Schaffung einer neuen Wärmequelle auf atomarer und nuklearer Basis erfordert Mut zum Betreten von Neuland. Die kreative Lösung zahlreicher technisch-technologischer Probleme unter extremsten physikalischen Bedingungen ist erforderlich, wie sie bisher in keinem der großen

Technologievorhaben der Menschheit – Kerntechnik, Mikroelektronik, Weltraumtechnik – zur Lösung anstanden.

- Charakteristisch ist bei allen eingeschlagenen Wegen die Notwendigkeit eines „langen Atems“, da alle bisherigen Entwicklungen über viele Jahre laufen, teilweise über mehrere Generationen von Wissenschaftlern und Ingenieuren!
- Offenheit für neue Ideen und Methoden ist notwendig, auch für solche Projekte, die in Konkurrenz zu eigenen Entwicklungen treten könnten, da Festhalten an aussichtslosen Entwicklungen Zeitverlust bringt und früher oder später von der Realität bestraft wird.
- Notwendig ist absolute Solidität von Forschung und Entwicklung. Jedes Vortäuschen von schnellen Erfolgen und überhöht positiven Prognosen, motiviert durch den Wunsch nach ausreichender Anerkennung und Förderung, werden durch die Entwicklung eingeholt.
- Kreative zukunftsträchtige Ideen allein sind nicht hinreichend, sondern die ausreichende Finanzierung ist mitentscheidend über den Erfolg. Um die beträchtlichen Mittel aufzubringen, sind große, national oder international getragene und finanzierte Projekte notwendig.
- Für die schnelle Entwicklung neuer Konzepte sind Risikokapitalprojekte von zunehmender Bedeutung, sie haben schon heute einen wesentlichen Anteil am wissenschaftlich-technischen Fortschritt auf dem Gebiet.
- Die Konkurrenz zwischen den verschiedenen physikalischen Ideen und technischen Konzepten darf nicht zur Stigmatisierung und Blockierung neu entstehender Richtungen führen.
- Die Entwicklung einer neuen Wärmequelle auf Basis von atomaren und nuklearen Reaktionen der Wasserstoffisotope erfordert Kreativität, Mut zum Risiko und zum Betreten von Neuland sowie die Schaffung unikaler technisch-technologischer Anlagen, auch ohne vorherige Garantie für den Erfolg der Projekte. Sie bieten dafür die Chance einer qualitativ langfristigen Lösung des Energieproblems für die menschliche Gesellschaft.
- Auch für diese Entwicklung besteht die Notwendigkeit, sich dem Maßstab der gesellschaftlichen Erfordernisse zu stellen, insbesondere den Kriterien für eine „ideale Wärmequelle“: Nachhaltigkeit, Umweltverträglichkeit, Verfügbarkeit, Wettbewerbsfähigkeit und Akzeptanz. Auch Fusionsprojekte auf Basis der DT-Reaktion werden bei Eintritt in die Demonstrationsphase in Kraftwerken Probleme der öffentlichen Akzeptanz und der Nuklearsicherheit zu lösen haben, während schwieriger zu realisierende Technologien ohne Einsatz von Tritium im Vorteil sind.

– Die Aufgabe der Entwicklung einer neuen Wärmequelle auf atomarer und nuklearer Basis hat auch in der Gegenwart das Potenzial, die Jugend für die kreative Arbeit an weitreichenden wissenschaftlich-technischen Projekten zu begeistern, wie das die früheren Generationen von Physikern in ihrer Jugendzeit erlebt haben Der mathematisch-naturwissenschaftlichen Ausbildung und Erziehung der jungen Generation sowie dem Einfluss der Medien auf die Meinungsbildung der gesamten Gesellschaft über Notwendigkeit und Ziele der Entwicklung innovativer Technologien und kreativer Produkte kommt dabei eine verantwortungsvolle, wichtige Rolle zu.

## Literatur

Baltz, E. A.; Trank, E.; Binderbauer, M.; Dikovsky, M.; Gota, H.; Mendoza, R.; Platt, J. C.; Riley, P. F. (2017): Achievement of Sustained Net Plasma Heating in a Fusion Experiment with the Optometrist Algorithm. Scientific Report. July. – DOI: 10.1038/s41598-617-06645-7

Braams, C. M. (1979): Summary on Magnetic-Confinemenet Experiments. In: Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion Research 1978, Vol. III: Nuclear Fusion Supplement 1979. Vienna (IAEA), pp. 447–457 (auch in: Nuclear Fusion, Vol. 19/No. 1 [1979], p. 125)

Boyle, A. (2016): Nuclear Fusion Gets Boost from Private-sector Start-ups. In: Science News, Vol. 189/No. 3, p. 18

CANR – CANR-Organization (2018). – URL: http://lenr-canr.org/Complete Bibliography

Deeg, J. (2018): Kalte Fusion: Jäger des verlorenen Schatzes. In: Spektrum der Wissenschaften, 14.05. – URL: https://www.spektrum.de/news/jaeger-des-verlorenen-schatzes/1564692 [10. 10.2018]

Draper, G. W.; Ling, F. H. (2017): LENRaries – New Era of Renewable Energy. A Survey of the LENR Ecosystem. Report des Anthropocene Institute. – URL: www.anthropocene institute.com [10.10.2018]

Grant, A. (2013): Proton-boron Nuclear Fusion Returns to Spotlight. In: Science News, Vol. 184/No. 2, p. 8

IAEA – International Atomic Energy Agency (1970): World Survey of Major Facilities in Controlled Fusion. Special Supplement 1970, Vienna (IAEA) June

IAEA – International Atomic Energy Agency (1980): International Tokamak Reactor INTOR: Zero Phase. Vienna (IAEA)

ITER (2018): International Thermonuclear Experimental Reactor. – URL: http://www.iter.org (Bericht siehe https://bit.ly/2NImdet)

Kintner, E. E. (1979): Artsimovich Memory Lecture. In: Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion Research 1978, Vol. I: Nuclear Fusion Supplement 1979. Vienna (IAEA), pp. 3–9

Krivit, S. B. (2013): Energy: Review of Low-Energy Nuclear Reactions. Amsterdam u.a.O.

Laberge, M. (2008): An Acoustically Driven Magnetized Target Fusion Reactor. In: Journal of Fusion Energy, Vol. 27, June, p. 65. – DOI: 10.1007/s10894-007-9091-4

Laberge, M. (2018): Magnetized Target Fusion with a Spherical Tokamak. – DOI: 10.1007/s10894-018-0180-3

Miley, G. H. (2013): Life at the Center of the Energy Crisis. Singapore

Miles, M. (2018): Transforming How We Energize The World. Power GenAsia Conference, Jakarta, September 20. – URL: www.generalfusion.com/category/research/research-library [09.10.2018]

Musiol, G.; Ranft, J.; Reif, R.; Seeliger, D. (1988): Kern- und Elementarteilchenphysik. Berlin

NIF – National Ignition Facility / Lawrence Livermore National Laboratory (2012): NIC Team Fires First 500-Terawatt Shot on NIF. – URL: http://lasers.llnl.gov/newsroom/project_status/index.php

NIF – National Ignition Facility/Lawrence Livermore Laboratory (2018). – URL: https://lasers.llnl.gov/science

Rohdes, M. (1961): An Analysis of Creativity and Personality. In: Phi Delta Kappa, Vol. 42, pp. 305–310

Seeliger, D. (2014): Kann Kernfusion die Bedarfslücke bei Elektroenergie im 21. Jahrhundert umweltverträglich schließen? In: Banse, G.; Fleischer, L.-G. (Hg.): Energiewende – Produktivkraftentwicklung und Gesellschaftsvertrag. Berlin, S. 147–163 (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 31)

Seeliger, D. (2017): Perspektivische Beiträge atomarer und nuklearer Prozesse zu einer künftigen kohlenstofffreien Energiewirtschaft. In: Banse, G.; Reher, E.-O. (Hg.): Technologie und nachhaltige Entwicklung. Berlin, S. 165–192 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin, Bd. 130)

Sonnabend, K. (2018): Blick in die Zukunft. In: Physik Journal, Heft 11, S. 16

Storms, E. K. (2007): The Science of Low-energy Nuclear Reactions. Singapore (World Scientific)

WEND – Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (2018). – URL: www.ipp.mpg.de/ippcms/de/for/projekte/w7x/

*Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin* *138 (2019), 115–127*

Christian Kohlert

# Systematisches Erfinden in einem mittelständischen Unternehmen

*Systematisches Erfinden in einem mittelständigen Unternehmen muss organisiert werden*

Die Klöckner Pentaplast Gruppe (kp) ist ein weltweit führender Hersteller von Hartfolien und flexiblen Folien sowie Druck- und Speziallösungen für pharmazeutische und medizinische Produkte, Lebensmittel, Getränke, Karten und zahlreiche weitere Märkte.[1] Die Firma erarbeitet mit 6.300 Mitarbeitern rund 2 Mrd. Euro Umsatz. Pentaplast will seinen Kunden die besten Folienlösungen auf Basis modernster Technologien, hochwertiger Produkte und umfassender Serviceleistungen bieten (siehe Abbildung 1).

Abbildung 1: Informationen zu Klöckner Pentaplast I

Quelle: Klöckner Pentaplast intern

1 Vgl. https://www.kpfilms.com/de/About_us/Unternehmensgrundlagen.php [10.01.2019].

Die Folienprodukte gehen vor allem in pharmazeutische Verpackungen mit hohen Barrieren gegen Wasserdampf, in Labels mit hohen Festigkeiten und Schrumpfeigenschaften, in Lebensmittelverpackungen mit hohen Gasbarrieren sowie in Spezialanwendungen wie Identifikationskarten, Klebebändern und Möbelfolien (siehe Abbildung 2).

Abbildung 2: Informationen zu Klöckner Pentaplast II

Quelle: Klöckner Pentaplast intern

Der Maschinenpark umfasst Kalander-Linien mit bis zu 30 Walzensystemen zum Ausformen, Verstrecken und Abkühlen der Folie, Extruder- und Blasfolienlinien für Flach- und Dünnfolien sowie Breitreckrahmen für Schrumpffolien (siehe Abbildung 3).

Für all das werden Erfindungen und Innovationen benötigt zur Weiterentwicklung und Optimierung der Produktpalette, wie es auch historisch immer notwendig war.

In Abbildung 4 erkennt man die Entwicklung der Kalandertechnik von einfachsten Textilkalandern des 19. Jh.s über erste Hochleistungskalander mit der Trennung in Kautschuk- und Kunststoffkalander in den 30er Jahren des letzten Jahrhunderts. Dort gab es hauptsächlich konstruktive Entwicklungen zur Dickenkompensation sowie in der Antriebstechnik. Diese wurden in der Regel durch Patente und Gebrauchsmuster geschützt, so dass sich nur einige größere Maschinenhersteller der Kalandrier-Technologie widmen konnten.

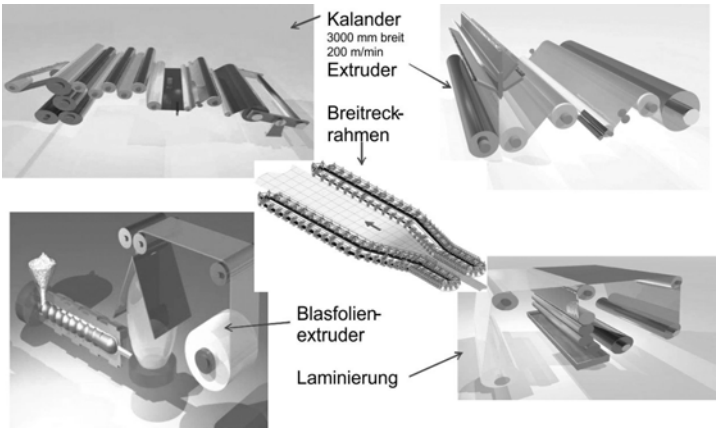



Abbildung 3: kp-Maschinen

Quelle: Klöckner Pentaplast intern

| | | |
|---|---|---|
| Mechanischer Bau | Anfang 19.Jahrhundert | |
| Trennung in Kautschuk- und Kunststoffkalander | 1930 | damals |
| Konstruktionstechnik ➔ Dickenkompensation | 1950 | |
| Elektrotechnik ➔ Antriebstechnik, Steuerungstechnik | 1970 | |
| Mikroelektronik ➔ Meßtechnik, Automatisierung<br>Simulationsmodelle | 1990 | |
| Beschichtungstechnik ➔ Veredlung, Multilayer<br>Oberflächenbehandlung | 2000 | heute |
| Nanotechnologie ➔ neue Eigenschaften | 2010 | |
| Neue Polymere ➔ PET, PP, PS, bioabbaubar, WPC<br>Big-Data ➔ Data-Mining ➔ Industrie 4.0 | 2020 | morgen |
| | Mitte 21.Jahrhundert | |

Wissenschaftliche Durchdringung

Abbildung 4: Kalandrieren von gestern bis morgen

Quelle: Archiv des Autors[2]

2 Unter Verwendung der „Präsentation bei Pentaplast zu Patentstrategie“ von Dr. A. Zounek, Patentanwalt Plate Schweitzer Zounek, 65203 Wiesbaden, Rheingaustraße 196.

Mit der Entwicklung der Mikroelektronik Ende des 20. Jh.s und damit der Produktion kleinster und preiswerter Messtechnik gab es starke Impulse für Automatisierungslösungen und theoretische Simulationsmodelle.

Anfang des heutigen Jahrhunderts gewann die Höherveredlung von Folien durch Beschichten und Oberflächenbehandlung sowie das Zusammenfügen verschiedener Folien mit unterschiedlichen Eigenschaften an Bedeutung. So wurden Multilayer-Folien als Dünnfolien mit hervorragenden Festigkeiten und sehr guten Barriere-Eigenschaften gegen Sauerstoff- und Wasserdampfdurchlässigkeit entwickelt und Oberflächen durch Corona-Behandlung bedruckbar gemacht.

Derzeit geht die Entwicklung in die Nutzung von Nanotechnologien, um speziell für hochtransparente Folien Eigenschaften zu erzielen, die normale Kunststoffe nicht haben, wie z.B. elektrische Oberflächenleitfähigkeit, antimikrobielle oder kratzfeste Oberflächen. Auch an neuen kalandrierbaren Polymeren wie biobasierenden oder bioabbaubaren wird in der Folienindustrie gearbeitet.

Von einer reinen Maschinen- und Produktentwicklung unter dem Gesichtspunkt einer Kosteneffizienzsteigerung gehen Innovationen heute zu mehr Kundenorientierung und Neuen Märkten. Die Zukunft wird das Internet der Dinge (IoT) als Verbindung von physikalischen und virtuelle Gegenständen sein, gekoppelt mit Cloud-Computing mit Bereitstellung von IT-Infrastrukturen auf Internet-Rechnern sowie Big-Data-Mengen und Data-Mining zum Aufbau einer künstlichen Intelligenz. Dafür werden neue Arten von Innovationsstrukturen mit Open-Innovation und computergestützter Innovationssoftware notwendig (siehe Abbildung 5).

Man kann also zusammenfassend sagen, dass sich geschichtlich das systematische Erfinden über Maschinen-, Technologie- und Kostenoptimierung in der Vergangenheit über Messtechniken und Automatisierungslösungen in den letzten Jahrzehnten zu „Open Innovation“ mit externen Partnern und Datensammeln, -darstellen und -auswerten in den nächsten Jahren entwickelt. Anders ausgedrückt waren Innovationen immer Reisen von einer Quelle (Aufgabe) über einen Weg (Technologie) zu einem Ziel (neues Produkt; vgl. Griesar et al. 2018).

Erfinden gehörte immer schon zur Innovationskultur. Dabei bezeichnet man das Erfinden als schöpferische Leistung für neue oder bekannte Ziele mit neuen oder bekannten Mitteln, wobei eines von beiden neu sein muss oder beide neu sein müssen (siehe Abbildung 6).

**Innovationen als Reise mit Quelle- Weg – Ziel**

*Früher*
- Maschinen- und Produktorientierung als Effizienzsteigerung
- Technologie als Qualitäts- und Produktivitätsverbesserung
- Kosten (Herstellung, Mehrwert für Verkauf, Sicherheit)

*Heute*
- Dezentrale Innovationssysteme mit eigenen Softwarelösungen (Inline-Meßtechniken, Automatisierungslösungen)
- Beginnende „Open Innovation" mit Universitäten und R&D-Firmen

*Morgen*
- Internet der Dinge (z.B. RFID) ==>Big-Data, Data-Mining, künstliche Intelligenz, Cloud-Computing
- Vorhersagen von Bedarf, Qualität, Preis- und Angebotsgestaltung

Abbildung 5: Historie: Von Maschine und Produkt zum IoT

Quelle: Archiv des Autors

Erfinden ist schöpferische Leistung für neues Ziel mit bekannten Mittel
bekanntes Ziel mit neuen Mittel
neues Ziel mit neuem Mitteln!

Innovation ist Neuerung, Suche nach neuen Erkenntnissen,
Erfinden mit Nützlichkeit (Einführung neues Produkt oder Modell)

Voraussetzung: Innovationskultur
- Systemoffenheit (Aufgeschlossenheit zu Veränderungen)
- Organisationsgrad (Freiraum zum Handeln)
- Informationsstil (wenig formale Regeln)

deshalb
- Analysieren und Evaluieren aller Ideen der Mitarbeiter
- Gemeinsames Verständnis entwickeln
- Vertrauen bilden durch Transparenz
- Aus Fehlern lernen
- Am Erfolg partizipieren
- Klein- und mittelständige Firmen benötigen „Open Innovation"

Abbildung 6: Erfinden innerhalb einer Innovationskultur

Quelle: Archiv des Autors[3]

3 Mit Rückgriff auf https://de.wikipedia.org/wiki/Erfindung.

Wie oben erwähnt, gehört dazu aber eine Innovationskultur, die aufgeschlossen ist für Veränderungen, dem Entwickler Freiraum zum Handeln lässt und möglichst wenig formale Regeln vorgibt. Deshalb sollte man alle Ideen aller Mitarbeiter analysieren und bewerten, gemeinsames Verständnis für Entwicklungsprozesse entwickeln, Vertrauen in die Firmenstrategie aufbauen durch transparente Prozesse, auch Fehler akzeptieren und daraus lernen und jeden aktiven Mitarbeiter am Erfolg teilhaben lassen.

Für Großunternehmen stehen da natürlich andere Möglichkeiten offen als für kleinere Firmen. Deshalb sollten kleine und mittelständige Unternehmen (KMU) sich auf „Open Innovation“ orientieren, also Zusammenarbeiten mit Universitäten, Hochschulen und Forschungseinrichtungen realisieren.

Abbildung 7 beschreibt den ehemaligen Innovationsprozess bei Klöckner Pentaplast.

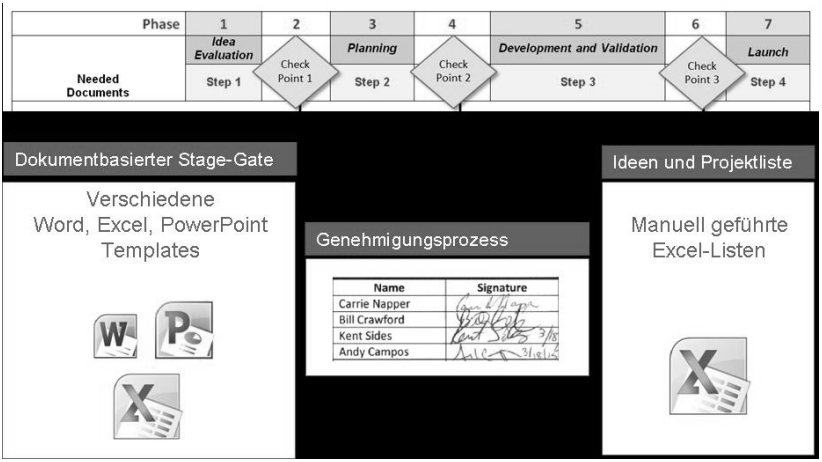



Abbildung 7: Die Vergangenheit: Wie lief es vorher bei kp? I

Quelle: Klöckner Pentaplast intern

Er basierte auf Word, Excel und Power-Point-Charts und manuell geführten Listen mit Unterschriften der Verantwortlichen. Das führt hin und wieder zu Überschneidungen und lange Informationswegen. Die Ideen wurden von speziell verantwortlichen Mitarbeitern der Material-, Maschinen-, Technologie- und Produktionsbereiche gesammelt und in vorgegebene Formulare eingetragen (siehe Abbildung 8). Dies führte nicht zu einer nachhaltigen all-

umfassenden Innovationserfassung und Bearbeitung, da häufig der Ideengeber nicht in die weitere Bearbeitung und Umsetzung eingebunden war.

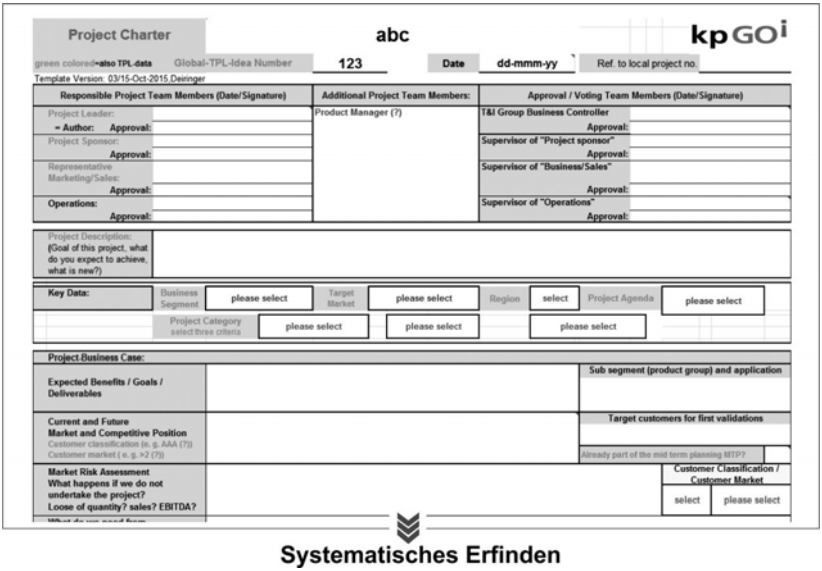



Abbildung 8: Die Vergangenheit: Wie lief es vorher bei kp? II

Quelle: Klöckner Pentaplast intern

Der neue Prozess berücksichtigt stärker den Ideenfindungsprozess an der Basis der Rezepturgestaltung und Technologiebeherrschung (siehe Abbildung 9).

Natürlich gibt es auch Bewertungsgremien, sogenannte Gate-Prozesse vom Konzept über Design, Kundenmeinung, Produktionsmöglichkeit bis hin zur möglichen Kommerzialisierung. Dort wird mit dem Team gemeinsam die Weiterführung oder der Abbruch der Entwicklung bewertet. In diesem Prozess sind dann Mitarbeiter von Entwicklung, Produktion, Qualitätssicherung, Vertrieb bis Marketing beteiligt, welche ihre ihrem Bereich entsprechende Meinungen einbringen (siehe Abbildung 10).

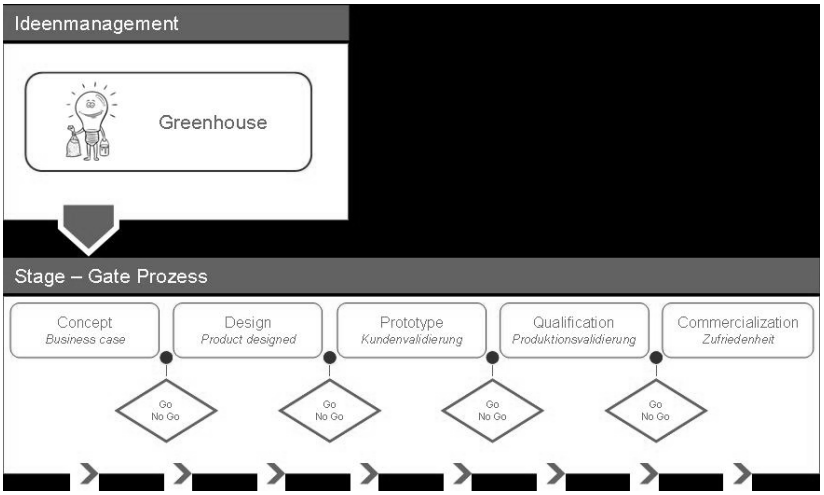



Abbildung 9: Der neue Innovationsprozess – Beschreibung und Funktion

Quelle: Klöckner Pentaplast intern

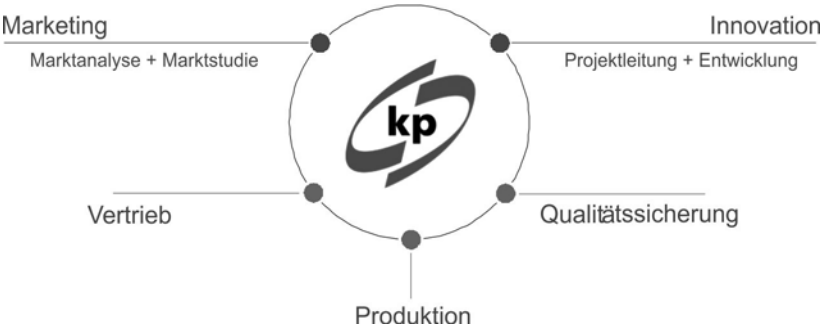
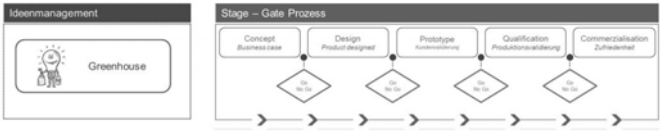



Abbildung 10: Der Innovationsprozess – Nutzer

Quelle: Klöckner Pentaplast intern

Für die Informationsaufbereitung und Verteilung wird eine spezielle Software mit Reportfunktion und Portfolioanalysen genutzt, die jedem zugänglich ohne Papierbelastung zeitnah zur Verfügung steht und den Entwicklungsstatus, die nächsten Meilensteine, Versuchsplanung und Gate-Bewertung aufzeigt (siehe Abbildung 11).



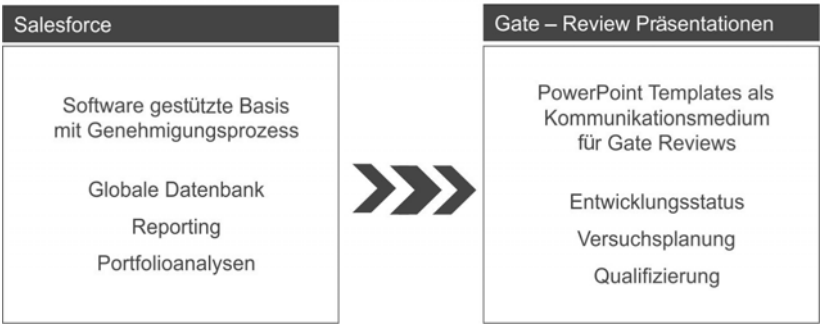




Abbildung 11: Der Innovationsprozess – zwei Säulen

Quelle: Klöckner Pentaplast intern

Ein Detail-Formblatt zeigt die einzelnen geplanten und erzielten Terminvorgaben sowie über eine Ampel den Bearbeitungsstand. Meinungen anderer Abteilungen können jederzeit in das Formular eingefügt werden (siehe Abbildung 12).

Ein Zeitraster gestattet die zukünftige Abfolge einzelner Bearbeitungsschritte mit ihren gegenseitigen Abhängigkeiten zu erkennen und gibt eine ungefähre Aussage über den möglichen Abschluss des Projekts (siehe Abbildung 13).

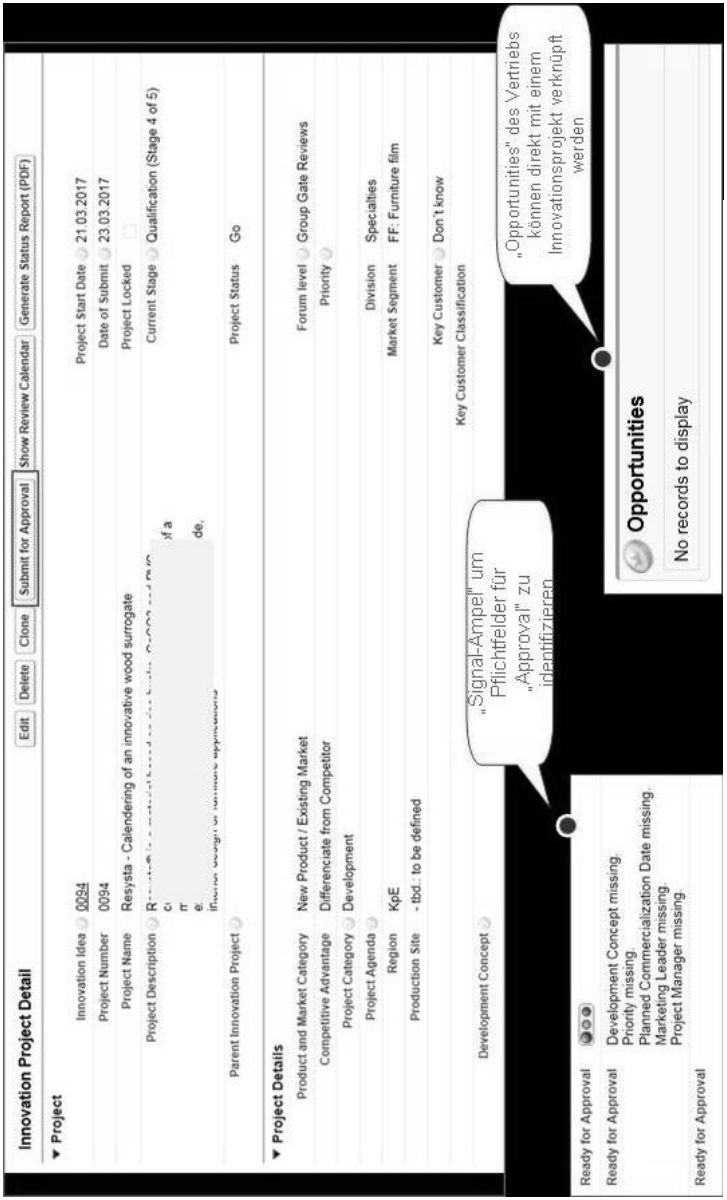



Abbildung 12: Workflow – Ablauf des Prozesses auf Toolebene

Quelle: Klöckner Pentaplast intern

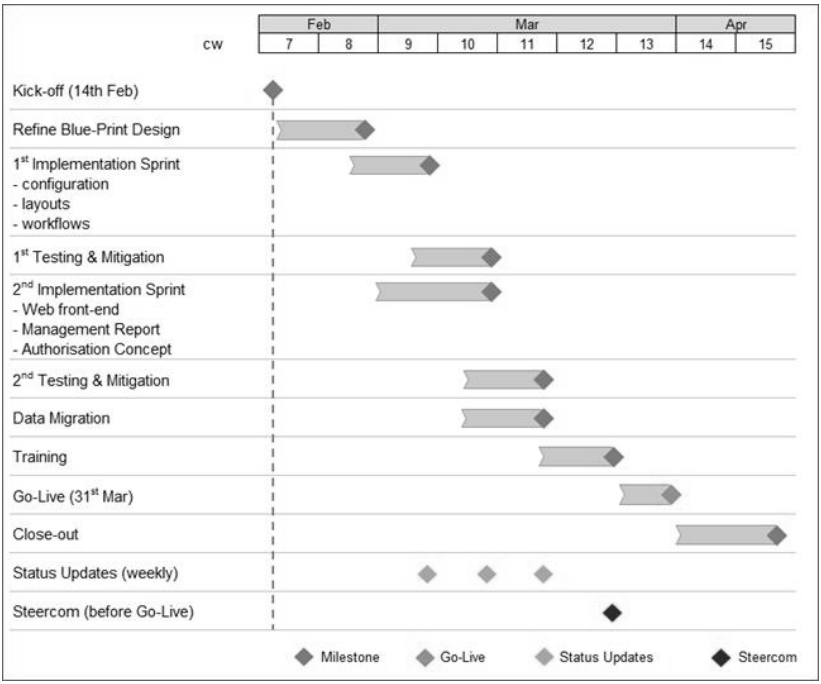



Abbildung 13: Implementierung und Planung

Quelle: Klöckner Pentaplast intern

Jedes dieser Entwicklungsprojekte wird unterstützt durch die Patentstrategie der Firma. Diese ordnet sich ein in die Produktions-, Marketing- und F/E-Strategie und gewährleistet die langfristige Sicherung der eigenen Erfindungsergebnisse. Dabei gibt es natürlich Patente zur eigenen Nutzung entsprechend der Geschäftsstrategie wie auch Sperrpatente zur Reduzierung der Möglichkeiten von Wettbewerbern wie auch Vorratspatente für die spätere Nutzung von heute noch nicht umsetzbaren Erkenntnissen (siehe Abbildung 14).

In bestimmtem Maße werden auch Erfindungen nicht angemeldet, um eigene Entwicklungsrichtungen nicht zu veröffentlichen. Selbstverständlich gehört eine dauernde Schutzrechtsbewertung der Arbeit des Wettbewerbes zur eigenen Patentstrategie.

Wie geht es weiter (siehe Abbildung 15)?

Geschäftsstrategie
-Produktions- und Logistikstrategie
-Marketingstrategie
- F/E-Strategie
  - Patent- und Lizenzstrategie
    - Langfristige Sicherung eigener F/E-Ergebnisse
      . Eigennutzung innerhalb Geschäftsstrategie
      . Sperrpatent
      . Vorratspatent
    - Spielraum gegenüber Schutzrechten von Wettbewerbern
    - Darstellung der Innovationsstärke
    - Wertsteigerung
    - Kosten-Nutzen-Bewertung
  - Nichtanmeldung von Erfindungen

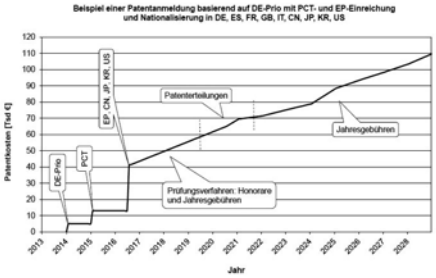



Abbildung 14: Patentstrategie
Quelle: Archiv des Autors[4]

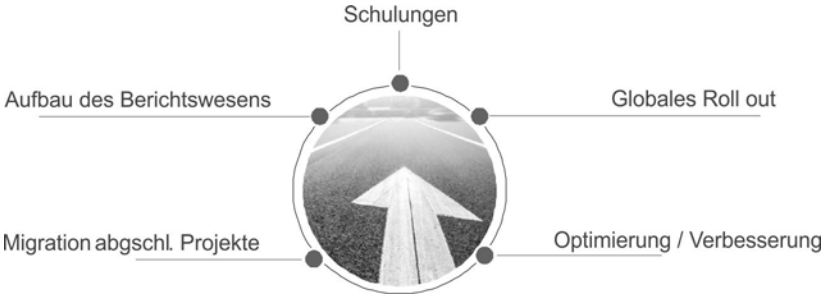



Abbildung 15: Ausblick – Wie geht es weiter?
Quelle: Klöckner Pentaplast intern

Dieser neue Prozess ist bei Klöckner Pentaplast jetzt rund zwei Jahr implementiert und wird laufend verbessert und optimiert. Das Berichtswesen muss vervollkommnet werden, mit Hilfe von speziell auf Erfindungswesen ausgerichteten Schulungen müssen alle Mitarbeiter erreicht werden und eine

4 Unter Verwendung der „Präsentation bei Pentaplast zu Patentstrategie“ von Dr. A. Zounek, Patentanwalt Plate Schweitzer Zounek, 65203 Wiesbaden, Rheingaustraße 196.

Ausbreitung auf alle Standorte von Klöckner Pentaplast ist in Arbeit. Die derzeitige Wirklichkeit lässt natürlich noch viele Verbesserungen zu (siehe Abbildung 16).

- private equity seit 2000: 2 – 3 Jahre Blick, ROI < 2 Jahre
- Aller 2-3 Jahre neue Geschäftsführung mit neuen Idee
- Amerikanische Eigner mit USA-Kennzahlen (z.B. to/Kopf)
- Maschinen mit 3 to/h Ausstoß: Innovationsstart mit 100 kg schwierig ?
- Betriebsklima < Innovationskultur ==> fehlende Motivation, Engagement

(muss kontinuierlich verbessert werden)

Innovationskultur
- Systemoffenheit (Aufgeschlossenheit zu Veränderungen)
- Organisationsgrad (Freiraum zum Handeln)
- Informationsstil (wenig formale Regeln)

deshalb
- Analysieren und Evaluieren aller Ideen der Mitarbeiter
- Gemeinsames Verständnis entwickeln
- Vertrauen bilden durch Transparenz
- Aus Fehlern lernen
- Am Erfolg partizipieren
- Klein- und mittelständige Firmen benötigen „Open Innovation“

Abbildung 16: Wie ist Wirklichkeit bei kp?

Quelle: Archiv des Autors

Der Übergang von Konzernleitung auf „Private Equity“ mit Eigentümerwechsel alle zwei bis drei Jahre und damit verbundenen Strategieänderungen reduziert eine langfristige Orientierung auf nur kurzfristige Entwicklungsmöglichkeiten. Das damit einhergehend Betriebsklima entspricht nicht immer der geforderten Innovationskultur. Deshalb sind die in Abbildung 8 genannten Aufgaben für eine erfolgreiche Innovationsarbeit ausgesprochen wichtig.

## Literatur

Griesar, K.; Bessant, J.; Bernschneider-Reif, S. (2018): Das Rezept für die Langlebigkeit von Unternehmen – aus Sicht des „Innovationsmanagements“. In: Angewandte Chemie, Jg. 130, Ausgabe 16, S. 2–17. – DOI: https://doi.org/10.1002/ange.201712514

*Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin* *138 (2019), 129–158*

Werner Regen, Aloys Leyendecker

# Kreativität in der Kommunikation

## Am Beispiel der Ausbildung von Coaches und Mediatoren

Wir stellen Hauptkonzepte und Vorteile von Mediation und Coaching als Formen der Selbstorganisation zur Konfliktlösung vor, die nicht nur durch uns erfolgreich in der Wirtschaft und Familienarbeit angewendet werden. Dabei legen wir besonders die effektive und nachhaltige Vermittlung von Kommunikationskompetenzen über die Rolle als Kommunikator (Coach und Mediator) dar, dabei sollen sowohl Strukturdenken als auch Kreativitätspotenzialentfaltung wirksam miteinander verkoppelt werden. Grundlagen einer solchen Herangehensweise werden in den Ausbildungsstätten und -kursen der Autoren in Lettland, Estland, Deutschland und Russland gelehrt und praktisch angewandt.[1]

Nur wer will, kann sich verändern!

- Gute Vorsätze scheitern, weil der Wille fehlt!
- Auch Führungskräfte müssen Veränderungen wirklich wollen!
- Wer sich bemüht, kann auch abgestumpfte Mitarbeiter weiterentwickeln!

Ständig fassen viele Menschen gute Vorsätze und erzählen, was sie alles in ihrem Leben ändern wollen. Das gilt auch wieder für den vor uns liegenden Start ins neue Jahr! In der Rückschau aber zeigt sich für viele: Wir haben jedes Jahr wieder etwas vor und kriegen es jedes Jahr wieder nicht hin. Das liegt daran, dass wir nicht wirklich etwas ändern wollen – denn würden wir es wollen, dann würden wir es einfach tun, anstatt darüber zu reden. Aber genau um dieses Reden geht es: Anderen von unseren guten Vorsätzen zu berichten erfüllt eine Funktion, eine Beschwichtigungs- und Zugehörigkeitsstrategie. Alle wollen aufhören zu rauchen, also nehme ich es mir nun auch vor. Da ist kein wirklicher Wille dahinter.

1 Ausführlich werden weitere Ansätze zum Thema in anderen Publikationen der Autoren aufgezeigt (vgl. Leyendecker/Regen 2017, 2018).

## 1 Das menschliche Gehirn kann sich auch im Alter noch umprogrammieren

Genauso ist es oft leider auch mit Führungskräften, die in ihren Unternehmen oder Abteilungen etwas ändern wollen – sie sprechen von Neuanfang, haben aber nicht den Mut, wirklich etwas zu verändern (vgl. Regen 2013). Das erfordert oft harte Arbeit und viel zu viele Chefs machen es sich da viel zu leicht. So werden Mitarbeiter, die in alten Denk- und Verhaltensmustern steckengeblieben sind, oft einfach als nicht mehr brauchbar für die Bewältigung von neuen Herausforderungen im Unternehmen abgestempelt. Doch die in den vergangenen Jahren gewonnenen Erkenntnisse der Hirnforscher zeigen: Das menschliche Gehirn kann sich immer wieder, bis ins hohe Alter hinein, „umprogrammieren" (vgl. Pöppel 2011). Scheinbar festgezurrte Vernetzungsmuster, die sich durch Erfahrungen gebildet haben, können durch neue Vernetzungen überlagert werden.

Doch das erreichen Führungskräfte nicht, wenn sie ihre Mitarbeiter dazu zwingen oder indem sie ihnen Belohnungen versprechen oder Strafen androhen, auch nicht durch Trainingsprogramme, in denen sich der Mitarbeiter anstrengt oder übt. Das Gehirn ist ja kein Muskel, den man trainieren könnte. Damit sich dort etwas umbaut, muss es nicht für den Chef, sondern für den Besitzer dieses Gehirns hinreichend bedeutsam sein. Es müsste ihr oder ihm also buchstäblich unter die Haut gehen.

## 2 Wie holt man änderungsresistente Mitarbeiter aus ihren Routinen heraus?

Statt diese Mitarbeiter abzuschreiben, wäre es also günstiger, sie aufzuwecken. Aber nicht durch Belehrungen oder Ermahnungen – Mitarbeiter sind lebendige Wesen, keine Objekte. Chefs müssten also etwas tun, was einem solchen abgestumpften Mitarbeiter hilft, wieder mit sich selbst in Kontakt zu kommen. Erst dann wird er neu in die Lage versetzt herauszufinden, was er eigentlich will.

Doch genau wie bei den guten Vorsätzen gilt hier, dass man es wirklich wollen muss – und dass man bereit sein muss, wirklich Herzblut und Arbeit hineinzustecken. Wie weckt man also den Mitarbeiter auf? Das geht manchmal, indem man ihn bittet, die entscheidenden Fragen zu stellen, die ihm ganz besonders am Herzen liegen. So wird er angeregt, das zu formulieren, was er sich wünscht. Und wenn er – sehr wahrscheinlich – eine bessere Bezahlung für seine Arbeit nennt, müsste man ihn fragen, ob es das wirklich ist, ob er sich tatsächlich nichts anderes als ein größeres Einkommen wünscht oder ob es vielleicht noch etwas anderes gibt, das ihm sehr, vielleicht sogar

viel mehr am Herzen liegt. Spätestens dann kommen die wichtigen Themen zur Sprache. So erfährt dann sogar ein normalerweise nicht allzu einfühlsamer Chef, was seinem Mitarbeiter fehlt und was diesem so wichtig ist, dass er sogar bereit wäre, sein bisheriges Verhalten grundsätzlich zu überdenken und dann auch zu ändern, sofern er dadurch der Erfüllung dieses Wunsches näherkommt.

## 3 Warum ein innerer Interessenskonflikt hilfreich sein kann

Eine andere Möglichkeit besteht darin, den Mitarbeiter in eine Situation zu bringen, in der er mit sich selbst in ein Dilemma gerät: Er bekommt die Chance, etwas zu tun, was er sehr gern will, aber mit seinen alten Verhaltensweisen nie hinbekommen würde. Ein Beispiel lieferte mir eine Mutter, die unsere Ansätze im Seminar vermittelt bekommen hatte: Ihre zwei Söhne bekamen von ihr jeder ein Glas Saft. Max, der Ältere, trinkt es sofort aus. Der Jüngere, Benjamin, leert es nur zur Hälfte und stellt sein Glas zur Seite, weil er sich den Rest für später aufheben will. Es dauert nicht lange, da hat der Ältere das Glas seines Bruders leer getrunken. Nun könnte die Mutter anfangen, mit ihm zu schimpfen oder ihn zu belehren. Aber stattdessen setzt sie sich mit diesem Sohn auf das Sofa und fragt ihn: „Max, was glaubst du, was dein Bruder von dir denkt, wenn er merkt, dass du seinen Saft getrunken hast?“ – „Er wird wohl denken, dass er mir nicht vertrauen kann“, antwortet Max. Und dann fragt die Mutter: „Willst du, dass später die Menschen alles vor dir verstecken, weil sie Angst haben, dass du es ihnen wegnimmst?“ Das ist ein Dilemma.

Der Junge steht vor der Wahl, seinen egoistischen Impulsen auch weiterhin zu folgen oder jemand zu sein, dem andere vertrauen. Max habe sich damals entschieden, sagt die Mutter, und seither habe es nie wieder ein solches Problem mit ihm gegeben. Durch eine eigene Entscheidung hat sich der Junge weiterentwickelt. Die Mutter hat ihn dabei als sehr umsichtige Führungskraft optimal unterstützt.

## 4 Was ist ein Konflikt und was ist ein Problem?

Gesellschaftlicher Wandel, so wissen wir aus der Soziologie, geht nicht ohne Konflikte. Die Konfliktforschung hat für gesellschaftliche Systeme, wie für kleinere Systeme, etwa Familie, Nachbarschaft, Gruppen, Firmen festgestellt, dass Konflikte Motor der dynamischen Entwicklung sind. *Joseph Duss-von Werdt* formuliert (vgl. Duss-von Werdt 2005, S. 182):

- Konflikte sind normal und gehören dazu, wo immer Menschen zusammenleben, arbeiten, lieben, hassen, handeln.
- Konflikte sind notwendig, damit wir uns gemeinsam weiterbewegen und wachsen.
- Konflikte setzen Energien frei, die unterschiedlich genutzt oder vertan werden können.
- Konflikte an sich sind nicht destruktiv, doch wird je nach dem Umgang mit Konflikten ihre Energie anders eingesetzt, weshalb nicht die Konflikte fraglich sind, sondern die Art und Weise, wie man damit verfährt.

Konfliktparteien können in der Regel keine Konflikte für sich lösen, weil sie meist zu stark in Konflikten involviert sind. Konflikte bedürfen daher neutraler Stellen der Konfliktlösung.

*Konflikt*

Der Begriff „Konflikt“ leitet sich ab vom Lateinischen. Das Verb „confligere“ bedeutet zusammenschlagen, zusammenstoßen, in Kampf geraten, heftig widersprechen – es ist vom Sinn her also auf Personen bezogen.

*Problem*

Das Wort „Problem“ kommt aus dem Griechischen von „problema“, was militärisch Schutzwerk, Bollwerk, im übertragenen Sinne auch Streitfrage, Schwierigkeit, Aufgabe bedeutet. Daher ist der Begriff Konflikt stärker auf die Person bezogen, der Begriff Problem stärker auf den Sachverhalt. Dies lässt sich auch in dem bekannten Eisbergmodell darstellen (siehe Abbildung 1).

*Geschichtlicher Rückblick*

Schon seit *Solon*, bei den Römern als auch in späteren Zeiten sind zwei Konfliktstrategien bekannt:

(a) die Konfrontation;
(b) die Kooperation.

Konfliktlösungsstrategien haben sich daher diesen beiden Strategien angepasst. Da Konflikte, wie oben besprochen, eine persönliche Ebene beinhalten, z.B. Emotionen, hat sich daraus meist die Strategieform der Konfrontation ergeben, dagegen hat sich vor allem im Rechtsbereich eine sachorientierte und „normorientierte“ Konfliktlösung entwickelt. Die Vorteile sind vor allem Entpersonalisierung des Konfliktes, damit auch Entemotionalisierung und somit eine Versachlichung. Mit der Einführung von Richtern, also neutralen Personen, konnte auch eine sachorientierte und neutrale Konflikt-

lösung angestrebt werden. Die Einführung von Anwälten, also der Einsatz von Beauftragten, vermochte eine weitere notwendige Entpersonalisierung und Versachlichung der Konfliktlösung erlauben.

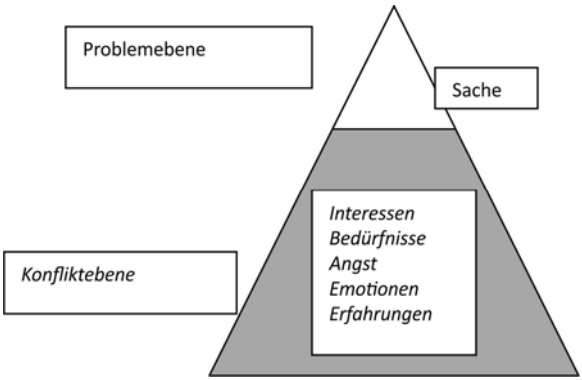



Abbildung 1: Eisbergmodell

Eigene Darstellung

Neben der richterlichen Entscheidung entwickelten sich schon seit der Zeit von *Solon* kooperative Verfahren der Konfliktlösung (vgl. Duss-von Werdt 2005). Die wesentlichen Kriterien für eine Vermittlung waren:

- Neutralität des Vermittlers;
- Unvoreingenommenheit;
- Geheimhaltung;
- Vermeiden, Lösungen vorzuschlagen;
- Anfragen der Parteien, Schiedsrichter zu sein, abzulehnen.

*Konfliktformen*

Für die Analyse bei Mediationen und Coaching ist es sinnvoll, nach Konfliktformen zu unterscheiden.

Folgende Konfliktformen werden von *Gerhard Schwarz* aufgeführt (vgl. Schwarz 2003a, 2003b, 2007):

– Persönlicher Konflikt;
– Paarkonflikt;
– Dreieckskonflikt;
– Gruppenkonflikt;
– Organisationskonflikt;
– Institutionskonflikt;
– Systemkonflikt.

*Person*

Persönlicher Konflikt, beispielsweise die Fragen „Soll ich meinen Beruf wechseln?“, „Welche Schule soll ich besuchen?“ „Soll ich nun meinen Ärger ansprechen oder nicht?“

*Paar*

Paarkonflikt, sind Konflikte zwischen zwei Personen, etwa Ehepaare, Mutter und Kind, Chef und Angestellter, Lehrer und Schüler.

*Triade*

Der Dreieckskonflikt, auch „Triade“ genannt, ist ein Konflikt, in den drei Personen involviert sind, z.B. ein Ehemann, seine Frau und seine Freundin. Die Konfliktdynamik in einer Triade ist besonders problematisch, und Triadekonflikte sind schwer zu mediieren. Daher sollte beim Setting aufgepasst werden, ob eine Triade nicht zu vermeiden ist. Eine klassische Triade ist die Konstellation: drei Geschwister bei einer Erbauseinandersetzung.

*Gruppe*

Die Bezeichnung Gruppenkonflikt erklärt sich selbst: Es ist ein Konflikt zwischen mehreren Personen, die in einer gewissen Beziehung stehen, etwa Cliquen in Schulen, Teams in Unternehmen, Peer-Gruppen.

*Organisation*

Ein Organisationskonflikt hat meist eine Blockade in der Organisationsentwicklung als Ursache. Konflikte in Organisationen sind Anzeichen und die Möglichkeit für eine weitere Verbesserung der Organisationsstruktur in einer Organisation, einem Unternehmen oder Institution.

*Institution*

Mit Institutionskonflikten sind Konflikte zwischen Institutionen gemeint, etwa zwischen Bundesländern und der Bundesregierung, zwischen staatlichen Institutionen, sozialen Organisationen oder Unternehmen.

*System*

Systemkonflikte sollen als Konflikte zwischen größeren, globaleren Systemen bezeichnet werden, etwa zwischen Arm und Reich, Nord und Süd, Sozialismus gegenüber Liberalismus. Auch die Konflikte zwischen den Religionen sollen unter diese Konfliktform subsumiert werden.

*Konfliktebenen*

Unter Konfliktebene sollen die einzelnen Tiefenschichten des Eisberges gemeint sein.

An bzw. in Konflikten ist es für die Fallanalyse in der Mediation sinnvoll, folgende Ebenen zu unterscheiden:

- Sachebene;
- Strukturebene;
- Werte und Normen;
- Ansprüche;
- Interessen;
- Beziehung;
- Glauben.

Die Möglichkeiten der Bearbeitung aller dieser Konfliktebenen, ihre Ursachen und mögliche Interventionen sind in Anlage 1 zusammengefasst.

## 5 Konfliktlösungsstrategien

*Schwarz* unterscheidet folgende Konfliktlösungsstrategien (vgl. Schwarz 2003a, b; 2007):

– *Flucht:* Flüchten kann eine sinnvolle Konfliktlösungsstrategie sein, etwa wenn eine Übermacht auf mich zu kommt, also keine Chance besteht. Sicherlich ist es sinnvoll, dem hungrigen Bären im Wald auszuweichen und zu flüchten.
– *Kampf:* Wenn die notwendigen Mittel zur Verfügung stehen, etwa reale Waffen, oder die Waffe der Argumentation oder der Rechtsposition, dann kann der Kampf aufgenommen werden. Mit einem guten Gewehr in der Hand braucht der Jäger nicht vor dem hungrigen Bären zu flüchten.
– *Unterwerfung:* Erscheint der Kampf immer aussichtsloser zu werden, bleibt die Kapitulation und die Unterwerfung. So kann weiterer Schaden abgewendet werden. Die Unterwerfung kann auch ohne Kampf erfolgen, etwa wenn deutlich ist, der Kampf ist nicht zu gewinnen. Viele Schüler in der Schule kennen diese Strategie.
– *Delegation:* Bei dieser Lösungsstrategie wird der Konflikt delegiert. Die Delegation eines Konfliktes geschieht in unserem Rechtssystem durch Anwälte und Richter. Die beteiligten Ehepaare bei Scheidung, die Unternehmen bei Arbeitskonflikten oder die Nachbarn bei Grenzstreitigkeiten lassen ihren Konflikt durch jemand anderes regeln. Der Vorteil liegt auf der Hand – der Konflikt wird versachlicht und entemotionalisiert. Das Recht kennt keine Tiefenstruktur eines Konfliktes und daher geschieht eine notwendige Versachlichung, die eine Konfliktlösung erleichtern soll. Doch meist geschieht eine gewisse Problemlösung, aber keine Konflikt-

lösung. Wenn ein Unternehmen vor dem Arbeitsgericht eine Kündigung durchsetzt, mag das Problem – der spezielle Mitarbeiter – beseitigt sein, aber der eigentliche Konflikt, nämlich die notwendige Organisationsentwicklung, bleibt in der Regel unbeachtet. Ebenso bedeutet die formale juristische Scheidung noch lange nicht, dass das Paar emotional getrennt ist. Aus der Familienberatung ist bekannt, dass Menschen lange Jahre noch emotional verbunden sind und sich nur sehr schwer lösen.

– *Dialog:* Hier werden die Konflikte von den Beteiligten selbst in die Hand genommen, selbst bestimmt, selbst gesteuert und entschieden. Die gemeinsamen Gespräche werden auf Augenhöhe geführt und eine gemeinsame Lösung gesucht. Die Ergebnisse sind gemeinsame Vereinbarungen. Bei der dialogischen Strategie unterscheidet man in der Mediation zwei Formen, die anhand der Zufriedenheit mit dem Ergebnis definiert werden, der Kompromiss und der Konsens.
– *Kompromiss:* In dieser dialogischen Lösungsstrategie sind die verhandelten Ergebnisse nicht zur aller Zufriedenheit, die Beteiligten haben nicht das Gefühl einer „Gewinnerlösung“, sondern sie sehen die Notwendigkeit der Lösung ein.
– *Konsens:* Vom Wort her bedeutet Konsens „Zusammenfinden“. Das Ergebnis wird von den Beteiligten als positiv gewertet und als beiderseitiger Gewinn erlebt. Diese Form der Konfliktlösung streben wir in der Mediation an.

## 6 Konfliktformen, Konfliktebenen und Konfliktdynamik

Aus den Vorgaben von *Schwarz* entsteht nun ein Analysesystem für einen Konflikt. In dieser Matrix ist es möglich, die einzelnen Ebenen und Formen einzutragen, die bei einem Konflikt sichtbar werden (siehe Tabelle 1).

Darauf aufbauend ist die Konfliktdynamik darstellbar (siehe Tabelle 2).

*Tabelle 1: Analysematrix Konfliktformen und -ebenen*

| Person | Paar | Triade | Gruppe | Organisation | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | *Sache* |
| | | | | | *Struktur* |
| | | | | | *Werte* |
| | | | | | *Ansprüche* |
| | | | | | *Interessen* |
| | | | | | *Beziehung* |
| | | | | | *Glaube* |

Eigene Darstellung

*Tabelle 2: Konfliktdynamik*

| Phasen | Verlust von |
|---|---|
| **1. Krise**<br>… stellt einen schwelenden Konflikt dar. | KOMMUNIKATION |
| **2. Offener Konflikt**<br>Der Konflikt wird gezeigt oder angesprochen. | VERSTÄNDNIS |
| **3. Polarisierung**<br>Der Konflikt wird persönlich genommen, die Sachebene verschwindet und es erfolgt eine einseitige Zuweisung (gut – schlecht). | VERTRAUEN |
| *Ab der folgenden Stufe erhält der Konflikt eine Dynamik, welche die Beteiligten von sich aus nicht mehr stoppen können.* | *Da ist die Vermittlung oder die Delegation gefordert* |
| **4. Streit**<br>Es folgen öffentliche Angriffe, Auseinandersetzungen, öffentliche Vorwürfe; Ziel ist Herabsetzung. | ACHTUNG<br>WERTSCHÄTZUNG |
| **5. Kampf**<br>Der Streit artet in einen Kampf aus, Ziel ist nun die Unterwerfung, die Niederlage des anderen, die andere Partei verlieren zu sehen. | WERTE |
| **6. Zerstörung**<br>Hier beginnt der Rufmord, die Zerstörung von Eigentum, Zerstörung der „öffentlichen Person“. | EXISTENZ |
| **7. Gemeinsam in den Abgrund**<br>Nach der Phase der nicht vollständig erfolgten Zerstörung bleibt nur die Konsequenz: Wenn es nicht anders geht – soll es uns beide nicht mehr geben. | LEBEN |

Eigene Darstellung

## 7 Das Grundmodell der Kommunikationstheorie

Das Grundmodell der Kommunikation, das Sender-Empfänger-Modell, ist in Abbildung 2 dargestellt.

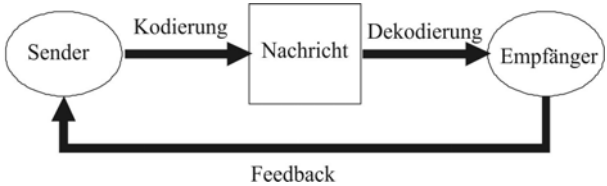



Abbildung 2: Das Sender-Empfänger-Modell der Kommunikation nach Friedemann Schulz von Thun

Quelle: nach Schulz von Thun 1981[2]

In der Praxis lassen sich diese unterschiedlichen Seiten für die Beteiligten auch anders – kontextbezogen – wie folgt darstellen (als Beispiel: laute Bemerkung beim Autofahren durch den Beifahrer „ROOOOOT!!!“):

| | | | |
|---|---|---|---|
| Sender – | Beifahrer | Empfänger – | Fahrer |
| Kodierung – | Schläfst Du! | Dekodierung – | Immer was zu meckern! |
| Feedback – (Rückmeldung) | Ich bin nicht von gestern! | Nachricht – | Es ist Rot an der Ampel. |

Es gibt natürlich dazu auch andere als die her aufgezeigten Reaktionen!

Was ist nun Kommunikation? Unter (zwischenmenschlicher) Kommunikation verstehen wir das Austauschen von Nachrichten oder Botschaften zwischen zwei oder mehr Personen. Kommunizieren heißt also: Eine Person – der *Sender* – übermittelt einer anderen Person – dem *Empfänger* – eine *Nachricht*.

Dazu wird die Nachricht vom Sender *kodiert* und als Signal über einen *Übertragungskanal* übermittelt. Aufgabe des Empfängers ist es dann, die Nachricht zu ***de**kodieren*. Eine Voraussetzung für gelingende Kommunikation ist daher, dass Sender eine Kodierung für die Nachricht verwenden, die der Empfänger kennt und möglichst eindeutig dekodieren kann.

Nachrichten können durch verschiedene Störungen verfälscht werden. Solche Störungen können viele Ursachen (auf Seiten des Senders und des

2 Vgl. auch https://www.schulz-von-thun.de/die-modelle/das-kommunikationsquadrat [07.11.2018].

Empfängers sowie der Kommunikationssituation) haben. „Erfolgreich“ miteinander zu kommunizieren bedeutet, das Ausmaß an Störungen so gering wie möglich zu halten.

## 8 Axiome zwischenmenschlicher Kommunikation[3]

*Axiom 1: Man kann nicht nicht kommunizieren!*

Häufige Kommunikationsstörungen nach dem ersten Axiom:

- Versuche, die Kommunikation zu vermeiden, zu ignorieren oder abzubrechen;
- einseitige Beendigung der Kommunikation ohne Begründung;
- Entwertung der Aussagen des Partners, z.B. durch häufige Themenwechsel, Nicht-bei-der-Sache-sein, Bagatellisierung „das wird schon wieder“;
- Bestreben, eine stattgefundene Kommunikation ungeschehen zu machen.

*Axiom 2: Jede Kommunikation hat einen Inhalts- und einen Beziehungsaspekt, wobei Letzterer den Ersten bestimmt (siehe Abbildung 3).*

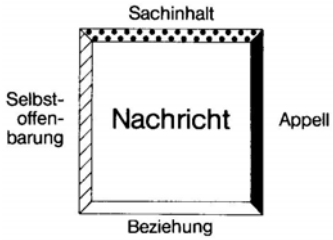



Abbildung 3: Das Nachrichtenquadrat
Quelle: nach Schulz von Thun 1981[4]

Bleiben wir bei der Situation wie im Sender-Empfänger-Modell beschrieben. Die Nachricht lautet: Es ist Rot an der Ampel:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Sachinhalt | Ampel ist ROT! Bremse! Steh! | Beziehung | Bist unaufmerksam! Kannst mir schaden! |
| Selbstoffenbarung | Ich habe Angst! | Appell | Pass auf! Bremse endlich! |
| Nachricht | Es ist Rot an der Ampel. | | |

3 Vgl. näher Watzlawick et al. 1974.
4 Vgl. auch https://www.schulz-von-thun.de/die-modelle/das-kommunikationsquadrat [07.11.2018].

Die „Gestalt einer Nachricht“ kann demnach per „Kommunikationsdiagnose“ auf vier Botschaften hin untersucht werden:

1. *Sache/Inhalt:* Worüber ich informiere.
2. *Selbstkundgabe:* Was die Nachricht über mich und meine Gefühle aussagt.
3. *Beziehung:* Was ich von Dir halte und wie wir zu einander stehen.
4. *Appell:* Wozu ich Dich veranlassen möchte (offen oder verdeckt).

Häufige Kommunikationsstörungen nach dem zweiten Axiom:

- Konflikte werden auf einer anderen Ebene ausgetragen als auf derjenigen, auf der sie entstanden sind, z.B. Beziehungskonflikte und -störungen auf der Inhaltsebene, inhaltliche Auseinandersetzungen auf der Beziehungsebene;
- eine negativ getönte Beziehung fungiert als Wahrnehmungs- und Interpretationsfilter;
- Versuche, den Beziehungsaspekt komplett aus der Kommunikation herauszuhalten;
- „einseitige Empfangsgewohnheiten“ (Personen neigen dazu, überwiegend einen bestimmten Aspekt der Nachricht herauszuhören: übergroßes Selbstoffenbarungsohr, Appellohr, Sachohr oder Beziehungsohr).

*Axiom 3: Die Natur einer Beziehung ist durch die Interpunktionen der Kommunikationsabläufe seitens der Partner bedingt.*

Sender und Empfänger gliedern den Kommunikationsablauf unterschiedlich und interpretieren so ihr eigenes Verhalten oft nur als Reaktion auf das des anderen. Hier das schon „klassische“ Beispiel: Ehemann und Ehefrau streiten sich (Beispiel siehe Anlage 2). Neu an diesem Axiom ist also der systemische Blickwinkel, die Erkenntnis, dass alle Betroffenen in ein Wirkungsgefüge eingebunden sein können und die Frage, wie sich dieses Gefüge verändern lässt. Die Frage lautet nicht mehr „Wer hat angefangen?“, sondern „Wie gehen wir miteinander um?“.
Häufige Kommunikationsstörungen nach dem dritten Axiom:

- „Teufelskreise“ (wie in Anlage 2 beschrieben): jeweils wird eigenes kritisiertes Verhalten durch negatives Verhalten des anderen gerechtfertigt;
- mit dem Setzen eines Anfangspunktes verbundene Schuldzuweisungen rufen Störungen auf der Beziehungsebene hervor;
- selbsterfüllende Prophezeiung (engl. „self-fulfilling prophecy“).

*Axiom 4: Wir unterscheiden digitale und analoge Kommunikation.*

Menschliche Kommunikation bedient sich digitaler und analoger Modalitäten. Nicht nur das gesprochene Wort (in der Regel digitale Kommunikation), sondern auch die nonverbalen Äußerungen (z.B. Lächeln, Wegblicken, … – analoge Kommunikation) teilen etwas mit. Analog kommt vom lateinischen „analogia“ und bedeutet: Ähnlichkeit, Sprachähnlichkeit. Digital kommt ebenso aus dem Lateinischen und bedeutet: Finger, an den Fingern abzählen. Mit analogen Elementen wird häufig die Beziehungsebene vermittelt, mit digitalen die Inhaltsebene. Kommunikation gelingt bei Übereinstimmung zwischen analoger und digitaler Botschaft und wenn die Kommunikationspartner beide Teile der Botschaft in gleicher Weise interpretieren. Kommunikation misslingt bei Nichtübereinstimmung oder bei Unklarheiten einer der beiden Botschaften oder dann, wenn eine oder beide Botschaften unterschiedlich interpretiert werden. Wenn die analoge und die digitale Aussage übereinstimmen, ist die Botschaft kongruent. Besondere Probleme entstehen dadurch, dass beide Ebenen mehrdeutig sein können und vom Kommunikationspartner interpretiert werden müssen.

Häufige Kommunikationsstörungen nach dem vierten Axiom:

- mehrdeutige oder unbekannte digitale Kodes werden falsch/unterschiedlich dekodiert;
- mehrdeutige analoge Kodierungen werden unterschiedlich dekodiert;
- Nichtübereinstimmung von digitaler und analoger Kommunikation (Inkongruenzen);
- Nichtbewusstsein der eigenen analogen Kommunikation.

*Axiom 5: Zwischenmenschliche Kommunikationsabläufe sind entweder symmetrisch oder komplementär, je nachdem, ob die Beziehung zwischen den Partnern auf Gleichheit oder Unterschiedlichkeit beruht.*

Bei komplementären Beziehungen ist die Grundlage die Unterschiedlichkeit der Partner, die auf Ergänzung ausgerichtet sind. In ihnen ergänzen sich unterschiedliche Verhaltensweisen und bestimmen den Interaktionsprozess (z.B. Rollenbeziehung Mediator – Klienten). Eine symmetrische Beziehungsform meint hingegen, dass die Beziehung auf Gleichheit beruht und daher auch die Kommunikation Ungleichheiten vermindert und Gleichheit angestrebt wird.

Häufige Kommunikationsstörungen nach dem fünften Axiom:

- Symmetrische Eskalation: Beide Kommunikationspartner wollen etwas gleicher sein als der andere, es herrscht also eine zu starke Gleichheit der Kommunikationspartner.
- Starre horizontale Komplementarität: Die Kommunikationspartner beharren starr auf komplementären Standpunkten oder vordefinierten dogmatischen Grundkonzeptionen, so dass eine aktuelle, auf Ergänzung ausgerichtete Kommunikation unmöglich wird oder stark eingeschränkt wird.
- Starre vertikale Komplementarität: Starkes Autoritäts- bzw. Machtgefälle, so dass eine Abhängigkeitsbeziehung oder Unselbstständigkeit und Fremdbestimmung entstehen.

Für die Integration dieser Erkenntnisse in erfolgreiche Konzepte von Konfliktlösungen durch Coaching und Mediation werfen wir einen Blick auf sich selbst entwickelnde Systeme und Organisationen. Wenn wir also analysieren in einem Konflikt oder bei Kommunikationsstörungen, hat der Veränderungsberater zu entscheiden, ob Coaching, Beratung, Organisationsentwicklungsprozesse oder Mediation anzuwenden sind. Dazu untersuche er das Umfeld. Inwieweit kann das System, in dem sich der Betroffene/die Betroffenen (das sind physische Personen wie Organisationen) befinden, selber Regeln schaffen und wenn ja, in welcher Form, um eine Entwicklung zu ermöglichen? Wo sind Grenzen, wo sind Möglichkeiten?

## 9 Voraussetzungen für sich selbst entwickelnde Systeme und Organisationen

Die Mediation als spezifische Form der Selbstorganisation in sozialen Systemen erfordert u.a. die Bestimmung ihres Hauptzieles, Gesetzmäßigkeiten und Prinzipien. Dabei stützen wir uns auf die Konzeption der Selbstorganisation (Autopoiesis und Selbstgenerierung), ihrer Ordnung und irrationellem Charakter. Die Ausarbeitung einer umsetzbaren Mediationskonzeption und damit Mediationsausbildungskonzeption hängt wesentlich von diesen Inhalten ab.

Kurz zur Terminologie der Selbstorganisation:[5] Selbstorganisation ist prinzipiell wesentliche Eigenschaft von Systemen und ist nicht bedingt durch deren individuellen oder anderen verbundenen Motivationen. In diesem

5 Vgl. zu umfassenderen Darstellungen u.a. Regen 2005, aber auch Nikolos 1979; Probst 1989; Regen 2014a.

Punkt unterscheidet sich die Selbstorganisation grundsätzlich von den Vorstellungen, die die Anwendung der Selbstorganisation auf die Mikroebenen begrenzen oder sie ausschließlich als Ergänzung zu formalen Organisationsstrukturen betrachten. Deshalb geht unsere Betrachtung von der traditionellen Lehre über organisatorische und mit ihnen verbundenen strukturellen Prozessen weg. Damit ein System ein sich selbst entwickelndes wird – und damit die Möglichkeit einer progressiven Entwicklung erhält –, sind zumindest aus unserer Erfahrung heraus einige Bedingungen einzuhalten:

- Es muss offen sein, d.h. mit der Umwelt Energien und Informationen austauschen.
- Es muss kooperativ sein, d.h. die in ihm ablaufenden Prozesse und Handlungen ihre Teile und Komponenten sollten miteinander abgestimmt sein.
- Es muss dynamisch sein.
- Es muss weit entfernt sein vom Zustand eines Gleichgewichts.

Für das Verständnis der Spezifik der internen Prozesse in der Selbstorganisation sind die Unterschiede zwischen der autonomen und autogenen Selbstorganisation wichtig zu verstehen.

Die autogene Selbstorganisation (im Unterschied zur bürokratischen oder autonomen Organisation, in der die Ordnung als Ergebnis von beabsichtigten und geplanten Maßnahmen betrachtet wird; vgl. Regen 2005, S. 52), bedeutet, dass die Ordnung aufgrund der Eigendynamik des komplexen Systems von selbst entsteht.

In der autogenen Selbstorganisation – und das ist entscheidend – liegt vom Grunde her kein bewusster Akt vor, sie ist daher eher vergleichbar mit einer spontanen „Erstellung“ von Regeln. Die Ordnung entsteht durch die Wechselwirkung ihrer Teilnehmer (direkte und indirekte), und nicht dank einzelner, separater Mitglieder der Organisation, die selber Regeln definieren und das Zusammenwirkens im System und untereinander bestimmen. Autogene Selbstorganisation ist keinesfalls als Vervollkommnung und Erweiterung der traditionellen Konzeption der Organisationsentwicklung zu betrachten. Ihre Wurzeln liegen in den Naturwissenschaften und in der Philosophie.

Andersherum also: Als autonome Selbstorganisation kann man den Prozess der Mediation einerseits als weitere Entwicklung der traditionellen Grundlagen und Modelle der Führungstheorie (allen Teilnehmer erhalten mehr Rechte, mehr Freiheiten zur Selbstentwicklung, Erweiterung des Handlungsspielraums im Rahmen bestehender Gesetze usw.) betrachten. Andererseits eröffnen sich neue „spontane“ und „dynamische“ Beziehungen und

„neue“ Regeln zwischen den Beteiligten, den im Konflikt liegenden Mitgliedern der verschiedenen Mediations-Parteien (direkte: Medianten und Mediator, einbezogenen Juristen, Fachleute etc.; indirekt: Stakeholder). In sich selbstorganisierenden sozialen Systemen sind gewöhnlich beide Varianten der Selbstorganisation vertreten.

Bei der Umsetzung der Selbstorganisation in sozialen Systemen ist es sinnvoll, zuerst zielstrebig das Niveau der autonomen Selbstorganisation zu erhöhen. Durch die Erweiterung des Handlungsspielraums kann die Selbstständigkeit des Personals und dessen systemischen Denkens erweitert werden. In diesem Sinne ist die autonome Selbstorganisation eine Stufe hin zur autogenen Selbstorganisation. Die Etappen des Mediationsverlaufes folgen genau dieser Logik: es werden zunächst die Möglichkeiten der Selbstentwicklung der Medianten und Stakeholder des Konfliktes erweitert (Autonomität). Danach entstehen „spontan“ neue Ideen für Regeln des Zusammenwirkens zur Konfliktlösung („autogener“ Teil der Mediation).

Die Forschungsergebnisse der Neurobiologie zeigen weitere, tiefergehende Wurzeln eines mediativen Herangehens im Menschen. Es ist bekannt, dass in der Neurobiologie weltweit von sogenannten „social brain“ gesprochen wird (vgl. Regen 2014b, S. 45ff.). Das Gehirn belohnt eine erfolgreiche Kooperation durch bestimmte Stoffe, die positive Emotionen und ein gutes Gefühl auslösen. *Joachim Bauer* drückte es, als er sich mit dem psychologischen Konzept von *Konrad Lorenz* in seinem Buch „Das kooperative Gen. Abschied vom Darwinismus“ auseinandersetzte, sinngemäß so aus: Das beste Narkotikum für den Menschen sei der Mensch selbst und das er (wir) ursprünglich nicht auf Egoismus und Konkurrenz, sondern auf Zusammenarbeit und Mitempfinden ausgerichtet waren. Die Menschen hätten einen neurobiologisch verankerten Sinn für soziale Fairness (vgl. Bauer 2008, S. 154f.).

## 10 Warum sind Emotionen in der Kommunikation allgemein und speziell auch in Mediation und Coaching so wichtig, um die Selbstorganisation zu gewährleisten?

In einer Arbeit von *Christian Hanisch* und *Werner Regen* wird sehr ausführlich über die neuesten Forschungen zur Auflösung dysfunktionaler Muster, systemische Verstrickungen und Ängste/Phobien und damit verbundener Emotionszustände informiert (vgl. Hanisch/Regen 2017).

Die wissenschaftliche Forschung, die explizit das Wort „Coaching“ beinhaltet, steckt mit wenigen Ausnahmen noch in den Kinderschuhen. Ein Beispiel für eine solche Ausnahme: Bei koronarer Herzerkrankung wurde

gezeigt, dass Coaching hilfreich ist, um ein bestimmtes Cholesterin-Niveau zu erreichen. Problematisch für die Beurteilung der wissenschaftlichen Erforschung von Coaching ist natürlich, dass in den Studien häufig Coaching-Methoden verwendet werden, dies aber als „Beratung“, „Training“ oder ähnliches bezeichnet wird. Zusätzlich muss angemerkt werden, dass viele Psychotherapiemethoden Coaching-Methoden ähneln oder sogar mit diesen identisch sind. Von daher können viele Psychotherapiestudien auch auf Coaching übertragen werden.

Direkte neurowissenschaftliche Studien zu Coaching sind uns bisher nicht bekannt. Es gibt zwar Bücher zu Coaching und Neurowissenschaften. Diese konzentrieren sich aber darauf, neurowissenschaftliche Erkenntnisse, die für das Coaching von Bedeutung sind, Coaches zu vermitteln. Leider wurden dadurch noch keine Methodenkompetenzen entwickelt. *Hanisch* hat sich als Neurowissenschaftler darauf spezialisiert, die Brücke zwischen Coaching und Psychotherapie zu schaffen. In der praktischen Arbeit werden diese weiter überprüft.

In diesem Abschnitt konzentrieren wir uns auf einige Aspekte der Rolle der Emotionen in der Kommunikation, insbesondere in Konflikten. Dabei werden der Prozess und die Prozessteilnehmer gesondert betrachtet.

Es zeigt sich immer wieder in emotionalen Konfliktfällen, dass eine Emotion erst mal mit Hilfe von Coaching-Methoden (wie z.B. mit der Methode „emotionSync®“) gelöst werden muss, damit eine Mediation überhaupt effektiv und erfolgreich wird.

*Emotionen für den Prozess*

- Emotionen sind struktureller Bestandteil eines Konfliktes, sie gehören dazu.
- Emotionen werden passiv erfahren, für Mediationsprozess daher Hindernis im Prozess. Dieses passive Erfahren lenkt ab von den eigenen Anteilen, den eigenen internen Faktoren.
- Die meisten Menschen haben ihre Gefühle nicht (völlig) unter Kontrolle, das „Unterbinden von Emotionen“ bindet Energien, die dem produktiven Prozess verloren gehen. Ansprechen von Emotionen gibt neue Dynamik.
- Die Betroffenen haben in der Regel ihre Gefühle nicht bearbeitet, sie sind auf der „emotionalen Ebene“ im Stillstand, dies bedeutet, sie nehmen noch keine neue Perspektive an, was im Mediationsprozess hinderlich ist.
- Emotionen sind Teil des Konfliktes und damit wichtig für die Analyse des Konfliktes.

- Emotionen sind in uns (in der Tiefe) angelegt, sie weisen jedoch beobachtbare Strukturen auf. Mit diesem lässt sich in der Mediation arbeiten. Eine Einbindung von Emotionen im Prozess kann zu schnelleren und langfristig tragbaren Lösungen führen.
- Manche Konflikte, insbesondere schwere Beziehungskonflikte lassen sich nur auf der emotionalen Ebene lösen.

*Problematische und zu beachtende Aspekte im Prozess*

- Es besteht die Gefahr der Eskalation.
- Emotionen können den Prozess zerstören.
- Es kommt Scham, Schuld, Kränkung auf – Gefahr des altbekannten Musters.
- Verlust der Sachebene.

*Emotionen und Gefühle für die Medianten und Coachees*

- Gefühle sind den Betroffenen wichtig.
- Ansprechen von Emotionen bringt eine Reduktion der erlebten Belastung, die Beschäftigung ist Minderung der Intensität von Gefühlen, „Druck raus".
- In einem Konfliktregelungsprozess sitzen die Betroffenen immer irgendwie auf einem „heißen Stuhl", daher ist es wichtig, die Emotionen anzusprechen und sie gewürdigt zu sehen. Dies befreit.
- Der Einsatz von Emotionen ist Teil des streitigen Systems, zeigt also in der Mediation die eingefahrenen Muster. Der Mediator kann neue Verhaltensmuster einbringen.

*Emotionen für Mediator/in und Coach/in*

- Emotionen geben mehr Information über die Medianten und Coachees.
- Emotionen können dem Mediator und Coach mehr „Verständnis" geben.
- Manche Konflikte, insbesondere schwere Beziehungskonflikte lassen sich nur auf der emotionalen Ebene lösen.
- Emotionen sind Indikator für die Prozessentwicklung.
- Emotionen sind Indikatoren für den persönlichen Prozess der Beteiligten.

*Eigene Emotionen als Mediator/in und Coach/in*

- Gefahr des Neutralitätsverlustes, denn auf der emotionalen Ebene liegen die Fallen für Mediator/in, zum Teil auch beim Coach.
- Bringt einerseits mehr Kontrolle in den Prozess, andererseits erhöht es die Gefahr, nicht mehr Begleiter des Prozesses zu sein.

– Emotionale Zuwendung zu den Medianten und Coachees fördert beiderseitiges Verständnis, Achtung und Wertschätzung.
– Wirksamkeit des Prozesses kann erfahren werden.

## 11 Bedürfnisse

Ein Bedürfnis ist der Wunsch, die Notwendigkeit, einen Mangel auszugleichen oder was Bestimmtes zu erlangen. Ein Bedürfnis verweist auf einen Bedarf und den Wunsch/die Notwendigkeit, den Bedarf zu decken (Bedürftigkeit). Umgangssprachlich kann man sicher sagen, ich habe das Bedürfnis zu essen. Es würde aber komisch klingen, wenn gesagt wird, *Ich habe ein Interesse zu essen*. Man kann aber sagen: *„Weil ich das Bedürfnis zu essen habe, bin ich daran interessiert, dass wir jetzt essen gehen“*. Interessen wären dann die Reflektion auf Bedürfnisse und die *Strategien* ihrer Befriedigung.

In der Mediation und im Coaching werden wir immer wieder mit Bedürfnissen konfrontiert, die hier nach *Abraham S. Maslow* zitiert werden sollen (vgl. Maslow 1973):

- *1. Stufe: Grundbedürfnisse;* dazu zählen Trinken, Essen, Schlafen, Sexualität.
- *2. Stufe: Sicherheit*; dazu zählen abstrakt materielle und berufliche Sicherheit, Lebenssicherheit, und konkret „ein Dach überm Kopf“, Kündigungsschutz, usw.
- *3. Stufe: soziale Bedürfnisse* (Bindung); dazu zählen Kommunikation, Partnerschaft, Liebe, Freundschaft, Gruppenzugehörigkeit.
- *4. Stufe: soziale Anerkennung;* dazu zählen „Ich-Bedürfnisse“ sammeln, wie Anerkennung, Geltung (Macht und Einfluss), Selbstachtung.
- *5. Stufe: Kognitivität;* Was sehen, begreifen, die Welt erfahren, die Art die Welt zu sehen?
- *6. Stufe: Selbstverwirklichung;* dazu zählen Individualität, Güte, Selbstlosigkeit (anderen etwas geben), Freiheit.
- *7. Stufe: Ästhetik* (hat *Maslow* erst später hinzugefügt).

*Maslow* spricht von einer Bedürfnishierarchie, bei der eine Stufe auf der anderen aufbaut. Im Mediations- und Coaching-Prozess stellen wir aber unterschiedliche Bewertungen fest.

Machen wir dies an einem Prozess der Mediation fest: Es kann z.B. sein, dass eine Frau im Trennungsprozess stärker auf ihr Bedürfnis nach Freiheit sieht als nach finanzieller Sicherheit. Die Bedürfnisebenen in der Mediation

sind als Spannungsfelder zu sehen. Dies ist bei einer Wirtschaftsmediation in einem Familienunternehmen deutlich geworden. Wir fragten ein Ehepaar, die gemeinsam ein kleines Unternehmen leiteten, nach ihren wichtigsten Bedürfnissen. Sie nannten beide die finanzielle Sicherheit des Unternehmens, weil diese gleichzeitig die finanzielle Sicherheit ihrer Familie bedeutete.

Allerdings gab es dann eine Unterschiedlichkeit: Der Mann verstand finanzielle Sicherheit als Notwendigkeit von *Investitionen*. Die Frau verstand finanzielle Sicherheit als Notwendigkeit des *Sparens*, ein finanzielles Polster anlegen. In Trennungsmediationen werden wir mit den unterschiedlichen Sichtweisen bei Paaren konfrontiert, das Bedürfnis nach Bindung wurde einerseits als *Bewahren* bezeichnet, andererseits war die *Loslösung* Sichtweise des Bedürfnisses. Ähnliches fand sich dann bei den anderen Stufen der Bedürfnisse.

Daher sehen wir hier folgendes Schema von Bedürfnisspannungsfeldern (siehe Tabelle 3).

*Tabelle 3: Bedürfnisspannungsfelder*

| ***Ordnung*** | ***Ästhetik*** | ***Chaos*** |
|---|---|---|
| Ich | Selbstverwirklichung | Du |
| Denken | Welt begreifen | Fühlen |
| Person | Selbstwert, Anerkennung | Gruppe |
| Binden | Bindung | Lösen |
| Bewahren | Sicherheit | Wagen |
| Stehen | Existenz | Gehen |

Eigene Darstellung

Diese Spannungsfelder sind das Ergebnis der gewonnenen Erfahrungen aus vielen Mediationen. Sie tauchen in den Prozessen unterschiedlich auf. Das praktische Modell ist unser Leben, es steht in der Spannung von Leben und Tod. So wie diese Grundspannung unser Leben bestimmt – bestimmen in Beziehungssystemen die Bedürfnisfelder unser Leben, bzw., unser Handeln und nehmen Einfluss auf Emotionen und Motivationen. Theoretische Modelle finden sich in der Dialektik – etwa bei *Georg Wilhelm Friedrich Hegel* und *Karl Marx* – und in der Pädagogik etwa im Begriff des „Diskurs“ bei *Klaus Mollenhauer* (vgl. Mollenhauer 1983), der „Lösungen“ bei *Paul Watzlawik* (vgl. z.B. Watzlawick et al. 2013) und schon früher bei *Nikolaus von Kues* (coincidentia oppositorum: Zusammengehen der Gegensätze).

## 12 Besonderheiten der Kommunikation und Handlungen in den Prozessen von Mediation und Coaching

Die wichtigsten Besonderheiten der Kommunikation und Handlungen in den Prozessen von Mediation und Coaching lassen sich deshalb in folgendem Vergleich zusammenfassen (siehe Tabelle 4):

In der Praxis können alle gezeigten Techniken und Herangehensweisen der *Mediation* auch beim *Coaching* angewendet werden und umgekehrt finden viele Coaching-Techniken unmittelbar Einzug in die Mediation. Diese Kombination wird als Fach „Mediatives Coaching" in der Deutschen Schule für Coaching und Mediation in St. Petersburg gelehrt.

Bei Menschen, die Veränderungen z.B. in ihrem privaten und/oder beruflichen Lebensumfeld anstreben und sich daher in einem Entscheidungsfindungsprozess befinden, kann durch Coaching die *Selbstreflexion gefördert* werden. Dies trägt dazu bei, *individuell nachhaltige und auf spezielle Vorstellungen zugeschnittene Lösungen* zu finden, und führt dazu, auf der Grundlage dieser Erkenntnisse und einer veränderten Selbstwahrnehmung *besser in der Lage zu sein, sich auf das angestrebte Ziel zu konzentrieren und die erforderlichen Schritte zu ergreifen, kreativer und innovativer zu werden.*

Die Beachtung aller Komponenten und Anforderungen zur Entwicklung einer umfassenden und nachhaltigen Streitkultur erfordert die schrittweise Einführung eines methodisch fundierten und aufeinander aufbauendes System der Konfliktmanagementschulung, beginnend beim Vorschulalter bis hin ins hohe Alter. Konzepte der Ausbildung von Mediatoren und Coaches sind dabei ein zwingender Baustein (vgl. auch Gesetz 2012).

Die Notwendigkeit des interdisziplinären Zusammenwirkens ist im Beitrag deutlich geworden.

*Tabelle 4: Vergleich von Prozessen der Mediation und des Coaching*

| MEDIATION | COACHING |
|---|---|
| Spiegelung | Maßnahmeplan (bestimmen, wie ihn bis zum Ende ökologisch durchführen) |
| Fazilitation (Energie von zwei oder mehr Seiten) | Energie einer Seite |
| Führen der Gesprächsprozesses | Führen des Prozesses des inneren Dialogs |
| Mediator: Neutralität des Mediators | Coach: Navigator durch die Emotionen des Coachee (den Gedanken des Coachee folgend) |
| Zwingend Beachtung juristischer Aspekte */** | Juristische Aspekte spielen keine Rolle |
| Heranziehen von Fachleuten – Option | Kein Heranziehen Dritter (nur imaginativ) |
| *IN VIVO* | *IN SENSO* |
| Immer „Kontakt“ mit Medianten und imaginativ mit Stakeholdern | Coaching „ohne direkten Kontakt“ mit dem Coachee |
| Prozess ist zeitbegrenzt | Coachingprozess ist zeitlich unbegrenzt |
| Prozessbegrenzungen in der Anwendung | Prozess hat keine Anwendungsgrenzen |
| Es kann sich Auftrag zum Coaching ergeben | Es kann sich Auftrag zur Mediation ergeben |
| Lösungen von Konflikten durch Kommunikation (direkt) im Verlauf der Mediation und Vormediaton (ähnlich wie im Coaching) | Lösung von Konflikten in der Vorstellung (Imagination) – systemisches Coaching |
| *PAARE in der Mediation* | *PAARE im Coaching* |
| Paare sind schon getrennt, die Beziehungen komplett zerstört, erfolgt auf Initiative eines Paarteils (anfänglich nach dessen Regeln) | Paar kommt gemeinsam ins Coaching (Beratung/Konsultation) |
| Konfliktteilnehmer können 1.000 und mehr Personen sein*** | Teilnehmerzahl begrenzt auf 1 bis 2 |
| Konflikte können durch Vertreter (von Gruppen Teams, Abteilungen, ...) gelöst werden | Paarteilenehmer können Lösungen im Rahmen ihrer Möglichkeiten treffen |
| Herstellen von Übereinkünften bei verschiedenen Interessen über Ausstreiten der Positionen der Seiten | Individuelle Erfahrungen und Fähigkeiten und Überzeugungen |
| *«Leader»: Mediator* | *«Leader»: Coach* |
| Fördert die Mediatanten, um Wege des einander Zuhörens zu finden | Begleitet und unterstützt |
| Führt methodisch den Prozess der Erweiterung des Rahmens der Wahrnahme bei allen Medianten unter Berücksichtigung deren Interessen | Erweitert den Rahmen der Wahrnahme des Coachee |
| Mediation hilft sich untereinander zu hören und sich „selbst“ auch | Coach hört den Coachee und hilft dem Coachee, sich „selbst“ zu hören |
| Erweiterung des Handlungsrahmens jedes einzelnen Medianten, dabei das Verständnis des / der anderen Medianten und die der Stakeholder einbeziehend | Erweiterung des Handlungsrahmens für Einen ohne Berücksichtigung Anderer |

*Tabelle 4: (Fortsetzung)*

| *„ZIEL" in der Mediation* | *„ZIEL" im Coaching* |
|---|---|
| Harmonie mit sich selbst und damit auch zu anderen – das sind partnerschaftliche Beziehungen | Harmonie mit „sich selber" |
| Welches wäre das allerbeste Ergebnis für alle (einschließlich Steakholder)? | Was wäre das allerbeste Ergebnis für den Coachee? |
| Ergebnisse:<br>1) Vereinbarung<br>2) Gericht (+) oder (–)<br>3) Fortsetzung des Krieges zwischen den Medianten<br>4) Vorbereiten zu Lösung von Streit und Konflikten | Ergebnisse:<br>1) Entwicklungsplan ausgehend von den Zielen des Coachee<br>2) Instrumente für das Aufdecken von Ressourcen, Entwicklung von Fähigkeiten etc.<br>3) Vorbereiten zum Selbstcoaching |
| *Auftraggeber in der Mediation* | *Auftraggeber im Coaching* |
| Mediation = Auftrag von Medianten oder Stakeholdern mit unterschiedlichen Zielen, Motiven und Absichten. Wenn von Letzteren Auftrag erteilt, ist trotzdem Auftrag von Medianten zu erwirken (ansonsten ist Erfolg der Mediation gefährdet)**** | Coaching = Auftrag vom Coachee oder formal von einem am Coaching des Coachee Interessierten. Auftrag vom Coachee ist bei Auftragserteilung durch Interessierten ebenfalls zu erwirken (ansonsten ist Coaching-Erfolg gefährdet) |

* vgl. Gesetz 2012; ** vgl. Regen/Osutin 2011; *** vgl. Falk et al. 2006; **** vgl. Bahners 2010

Eigene Darstellung

## Literatur

Bahners, P. (2010): Stuttgarter Sturheit. Was heißt Legitimation durch Verfahren. In: Frankfurter Allgemeine Zeitung v. 20. Oktober, S. 25

Bauer J. (2008): Das kooperative Gen. Abschied vom Darwinismus. Hamburg

Duss-von Werdt, J. (2005): Homo mediator. Geschichte und Menschenbild der Mediation. Stuttgart

Falk, G.; Krainer, L.; Heintel, P. (Hg.) (2006): Das Mediationsverfahren am Flughafen Wien-Schwechat: Dokumentation, Analyse, Hintergrundtheorien. Wiesbaden

Gesetz (2012): Gesetz zur Förderung der Mediation und anderer Verfahren der außergerichtlichen Konfliktlösung v. 21.07.2012. In: BGBl. – Bundesgesetzblatt der Bundesrepublik Deutschland, T. 1, G 5702, 2012, Nr. 35 v. 25.07, S. 1577

Hanisch, C.; Regen W. (2017): emotionSync® Эмоциогальная синхронизация. Революция в коучинге и психотерапии [emotionSync® Emotionale Synchronisation. Revolution im Coaching und in der Psychotherapie]. Gera, St. Petersburg

Leyendecker, A.; Regen, W. (2017): Дети в ситуации расставанияю. Утрата чувства привязанности и безопасности [Kinder in Trennungssituation. Verlust von Zuneigung und Sicherheit]. Gera, St. Petersburg (russ.)

Leyendecker, A.; Regen, W. (2018): Медиацияю Вперед от ресурса к решению [Mediation. Vorwärts durch Ressourcen zur Lösung]. Gera, St. Petersburg (russ.)

Maslow, A. S. (1973): Psychologie des Seins (Geist und Psyche). München

Mollenhauer, K. (1983): Vergessene Zusammenhänge. Über Kultur und Erziehung. München

Nikolos, G. (1979): Пригожин И.: Самоорганизация в неравновесных системах [Prigogine I.: Selbstorganisation in ungleichen Systemen]. Moskau (russ.)

Pöppel, E. (2011): Je älter, desto besser. Überraschende Erkenntnisse aus der Hirnforschung (3. Aufl.). München

Probst, G. J. B. (1989): Selbst-Organisation. Ordnungsprozesse in sozialen Systemen aus ganzheitlicher Sicht. Berlin

Regen W. (2014a): Mediation. Spezifische Form der Selbstorganisation in der Wirtschaft. In: Coaching-Plante: Материалы II. Международной конференции ECA [Materialien der II. Internationalen Konferenz ECA]. Gera, St. Petersburg, S. 191–207

Regen W. (2014b): «Социальный разум» и устойчивой бизнес в конфликтный ситуациях [„Social Brain“ und nachhaltiges Business in Konfliktsituationen]. In: Российский инвестиционно-строительный комплекс: экономические проблемы [Russischer Investitions- und Baukomplex: Wirtschaftsprobleme]. St. Petersburg, S. 43–49 (russ.)

Regen, W. (2005): Самоорганизация как стратегия зарубежной компании на российском рынке [Selbstorganisation als Strategie von Internationalen Unternehmen auf dem russischen Markt]. St. Petersburg (russ.)

Regen, W. (Hg.) (2013): Mediation. Einige Aspekte der Mediation am Beispiel der Baubranche – Materialien der 1. Internationalen Konferenz. Gera, St. Petersburg

Regen, W.; Osutin, S. V. (2011): Mediationsgesetz der Russischen Föderation. In: ZKM – Zeitschrift für Konfliktmanagement, Nr. 1, S. 17–21

Schulz von Thun, F. (1981): Miteinander reden 1. Störungen und Klärungen: Allgemeine Psychologie der Kommunikation. Reinbek

Schwarz, G. (2003a): Die „Heilige Ordnung“ der Männer. Hierarchie, Gruppendynamik und die neue Rolle der Frauen (6. Aufl.). Wiesbaden

Schwarz, G. (2003b): Konfliktmanagement. Konflikte erkennen, analysieren, lösen (6. Aufl.). Wiesbaden

Schwarz, G. (2007): Упраление конфликтными ситуациями. Диагонстика, анализ и разрешение конфликтов [Konfliktmanagement. Konflikte erkennen, analysieren, lösen]. Gera, St. Petersburg (russ.)

Watzlawick, P.; Beavin, J. H.; Jackson, D. D. (1974): Menschliche Kommunikation. Formen, Störungen, Paradoxien. Bern u.a.O.

Watzlawick, P.; Weakland, J.; Fisch, R. (2013): Lösungen. Zur Theorie und Praxis menschlichen Wandels (8. Aufl.). Bern

## Anlage 1

## Bearbeitung von Konfliktebenen, ihrer Ursachen und möglicher Interventionen

*Sachkonflikt*

Möglichkeiten, einen Sachkonflikt zu bearbeiten:

- Einigung über die Informationsgewinnung, Informationsausgleich
- Einigung darüber, welche Daten, Informationen wichtig sind.
- Einigung über weiteres Vorgehen bei Informationsausgleich
- Entwicklung von gemeinsamen Kriterien für Bewertung von Daten und Informationen
- Hinzuziehung von Experten, andere Meinungen

*Struktureller Konflikt*

- Persönlicher Konflikt als struktureller Konflikt sehen und bewerten
- Entemotionalisieren und Struktur aufzeigen
- Kommunikation auf Sachebene beschränken
- Ziele klären, und sehen, was diese an Struktur erforderlich machen

*Zielkonflikt*

- Klärung der Ziele – Positionen
- Unterschiedlichkeiten herausstellen
- gemeinsames Ziel suchen
- Ziele heute, morgen, in zehn Jahren

*Ansprüche*

- Ansprüche in Erwartungen und Bitten umformulieren
- Ursachen der Ansprüche aufdecken, klare Interessen formulieren

*Interessenkonflikt*

- Positionen formulieren, unterschiedliche Interessen formulieren und herausarbeiten
- Suche nach objektivierbaren Kriterien
- Suche nach Wegen die Optionen und Ressourcen zu erweitern
- Suche nach umfassenden Lösungen, die den Interessen und Bedürfnissen mehr gerecht erscheinen
- Aushandeln von globaleren Lösungen, die die unterschiedlichen Gewichtungen der Interessen beachten
- Gerechtigkeitsaspekte ansprechen

*Beziehungskonflikt*

- Gefühle und Gefühlsausbrüche kanalisieren
- Ausdrücken der Gefühle fördern, sie anerkennen und mit ihnen arbeiten
- Wahrnehmungen klären und austauschen
- Qualität und Quantität der Kommunikation verbessern, positive Kommunikation fördern
- positive Einstellungen zu Lösungen suchen, fördern und mit ihnen arbeiten
- Gerechtigkeitsaspekte ansprechen
- Blockaden überwinden durch andere Sichtweise und Perspektivenwechsel

*Werte/Normen*

- Vermeiden der Problemformulierung in wertenden Begriffen
- Übereinstimmungen suchen und festhalten
- Trennendes suchen, definieren und beiseite stellen
- Suche nach übergeordneten Zielen und Grundhaltungen, die alle tragen (gemeinsam sind)
- Räume schaffen, herstellen oder beschreiben, in denen ein Wertebündel vorherrscht

*Glauben*

Die Glaubenskonflikte sind nur zu lösen über Akzeptanz und Annäherung. Rational ist hier meist kein Zugang. Beispiel: Wer an die Erschaffung der Welt entsprechend der Bibel glaubt, nimmt nicht wahr, dass es in der Bibel drei Schöpfungsberichte gibt, die sich sogar widersprechen.

Wie im Eisbergmodell zu sehen hat jeder Konflikt eine gewisse Tiefe, die kann je nach Situation unterschiedlich sein. Nicht alle Konflikte sind beispielsweise Beziehungskonflikte, oder Glaubenskonflikte. Die Konflikte sind unterschiedlich und meist einzigartig in ihrer Tiefenstruktur, daher benötigen wir bei allen Fällen eine genauere Analyse.

*Sachkonflikt*

Ist verursacht durch

- Mangel an Information
- Fehlinformation
  - unterschiedliche Einschätzung der Wichtigkeit der Sache
  - unterschiedliche Interpretation von Daten
  - unterschiedliche Vorgehensweise zur Bewertung, Methode

*mögliche Interventionen:*

⇒ Einigung über die Informationsgewinnung, Informationsausgleich
⇒ Einigung darüber, welche Daten, Informationen wichtig sind.
⇒ Einigung über weiteres Vorgehen bei Informationsausgleich
⇒ Entwicklung von gemeinsamen Kriterien für Bewertung von Daten und Informationen
⇒ Hinzuziehung von Experten, andere Meinungen

*Strukturkonflikt*

Kann verursacht sein durch

– Horizontale und vertikale Arbeitsteilung
– Gegensätzliche Aufgabe bei einer Person oder Abteilung
– Fachkraft wird zur Leitungskraft, ohne Leitung zu können
– In vertikaler Arbeitsteilung, wenn ein Mitarbeiter sich an Aufgabenverteilung nicht hält, in andere Bereiche wechselt

*mögliche Interventionen:*

⇒ Klare Absprachen über Aufgaben
⇒ Anweisungen einhalten,
⇒ Rollen klären, schauen – Wer hat welchen Hut auf?

*Wertekonflikt*

Ist verursacht durch

– Unterschiedliche Wertvorstellungen
– Sich ausschließende Lebensplanungen
– unterschiedliche Rangfolge von Werteinstellungen
– Unterschiedliche Unternehmensziele

*mögliche Interventionen:*

⇒ Vermeiden der Problemformulierung in wertenden Begriffen
⇒ Übereinstimmungen suchen und festhalten
⇒ Trennendes suchen, definieren und beiseitestellen
⇒ Suche nach übergeordneten Zielen und Grundhaltungen, die alle tragen (gemeinsam sind)
⇒ Räume schaffen, herstellen oder beschreiben, in denen ein Wertebündel vorherrscht

*Ansprüche*

Ist bedingt durch das Aufeinandertreffen von unterschiedlichen, nicht ausgesprochenen Wünschen. Ansprüche sind im Grunde nicht mitgeteilte Interessen und Wünsche. Es wird von dem Anderen angenommen, dass er oder sie weiß, was ich von ihm erwarte und wünsche.

*mögliche Interventionen:*

⇒ Ansprüche herausarbeiten, so dass sie von beiden Seiten als Interesse erkannt werden
⇒ Wechselseitige Sichtweise einbringen, gegenseitiges Verstehen

*Interessenkonflikt*

Ist verursacht durch angenommene oder tatsächliche Konkurrenz

– von realen inhaltlichen Interessen
– von Verfahrensinteressen
– psychologischen Interessen
– Eigeninteressen, Eigennutz

*mögliche Interventionen:*

⇒ Positionen stehen im Vordergrund, daher auf Interessen und Bedürfnisse eingehen
⇒ Suche nach objektivierbaren Kriterien
⇒ Sachebene beachten
⇒ Suche nach Wegen die Optionen und Ressourcen zu erweitern
⇒ Suche nach umfassenden Lösungen, die den Interessen und Bedürfnissen mehr gerecht erscheinen
⇒ Aushandeln von globaleren Lösungen, die unterschiedlichen Gewichtungen der Interessen beachten
⇒ Gerechtigkeitsaspekte ansprechen

*Beziehungskonflikt*

Ist verursacht durch

– starke Gefühle
– Fehlwahrnehmungen oder Stereotypen
– Mangelnde Kommunikation oder Fehlkommunikation
– wiederholtes negatives Verhalten

*mögliche Interventionen:*

⇒ Gefühle und Gefühlsausbrüche kanalisieren
⇒ Ausdrücken der Gefühle fördern, sie anerkennen und mit ihnen arbeiten
⇒ Wahrnehmungen klären und austauschen
⇒ Qualität und Quantität der Kommunikation verbessern
⇒ positive Einstellungen zu Lösungen suchen, fördern und mit ihnen arbeiten
⇒ Gerechtigkeitsaspekte ansprechen
⇒ Blockaden überwinden durch andere Sichtweise und Perspektivenwechsel

*Glaubenskonflikte*

Sind hervorgerufen durch unterschiedliche Glaubenseinstellungen. Da insbesondere religiöser Glaube mit dem persönlichen Lebensentwurf und der Sinngebung des Lebens zusammenhängt, bedeutet dies eine überzeugende Grundhaltung. Eine solche persönliche Grundhaltung ist umso schwieriger zu verändern, wenn diese in einer Gemeinschaft gelebt wird.

*mögliche Interventionen:*

⇒ Widersprüche in der Glaubenslehre aufzeigen
⇒ Widersprüche zur eigenen Lebenssituation erfahrbar machen
⇒ Aus dem Glauben neue Wege zeigen (neue Aufgaben, neue Entwicklung)

## Anlage 2

### Beispiel zum Axiom 3: Natur der Beziehungen im Kommunikationsablauf

Hier das schon „klassische“ Beispiel: Ehemann und Ehefrau streiten sich:

> *Ehemann:* „Du nörgelst doch sowieso ständig an mir herum! Das halte ich nicht aus, da ziehe ich mich lieber zurück und sage gar nichts mehr!“
>
> *Ehefrau:* „Du gibst mir doch auch allen Grund zu nörgeln. Ständig bist du nicht da! Und wenn du dann kommst, dann verkriechst du dich im Hobbykeller!“
>
> *Ehemann:* „Ja, aber doch nur, weil du ständig herumnörgelst! Irgendwo muss ich doch meine Ruhe haben.“
>
> *Ehefrau:* „Ich müsste nicht ständig nörgeln, wenn du dich mehr um mich kümmern würdest!“ etc.

Bildlich lässt sich dieses Geschehen folgendermaßen veranschaulichen (siehe Abbildung 4):

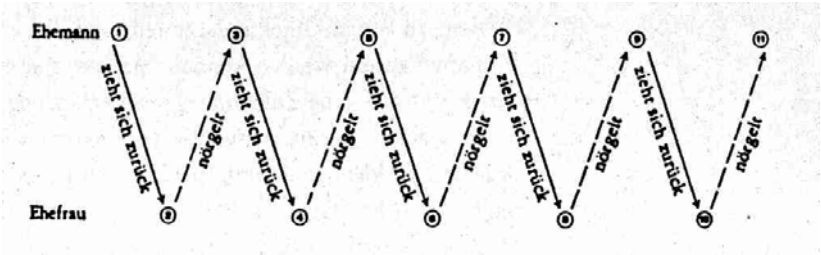



Abbildung 4: Beispiel für einen Kommunikationsablauf, der unterschiedlich interpunktiert werden kann

Eigene Darstellung

Der Ehemann nimmt nur den Anteil des Geschehens wahr, in dem das Verhalten des Mannes nur die Reaktion auf das Verhalten der Ehefrau darstellt (sie nörgelt – er zieht sich zurück). Die Ehefrau sieht es genau umgekehrt. Sie nimmt ihr Verhalten nur als Reaktion auf das Verhalten des Mannes wahr (er zieht sich zurück – sie nörgelt).

Solche Prozesse der Kommunikation verlaufen aber eigentlich kreisförmig. Niemand kann genau angeben, wer beispielsweise bei einem Streit wirklich „angefangen hat“. Anfänge werden nur subjektiv als so genannte

„Interpunktionen“ gesetzt. Den Ablauf, in dem Ursache und Wirkung ihre Stellung in der Kommunikation verändern können, nennt man Interdependenz. Erfolgreiche Kommunikation setzt also voraus, dass Sender und Empfänger Kommunikation als Regelkreis verstehen: „Aha, das ist das Spiel, das wir miteinander spielen!“.

*Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin* *138 (2019), 161–163*

Norbert Mertzsch

# Schlusswort und Ausblick

## Schlusswort

Zunächst möchte ich noch einmal an die umfangreiche Arbeit von Herrn *Ernst-Otto Reher* für den Arbeitskreis „Allgemeine Technologie" der Leibniz-Sozietät erinnern, der leider vor zwei Jahren verstarb. Er leitete diesen bis zu seinem Tod gemeinsam mit *Gerhard Banse*. Für die Möglichkeit, dass der Verein Brandenburgischer Ingenieure und Wirtschaftler e.V. die entstandene Lücke schließen durfte, möchte ich an dieser Stelle dem Präsidenten der Leibniz Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e.V. (VBIW), Herrn *Gerhard Banse,* danken. Um das leisten zu können, haben wir in unserem Ingenieurverein ebenfalls einen Arbeitskreis „Allgemeine Technologie" gegründet, über den wir die Zusammenarbeit mit der Leibniz-Sozietät auf diesem Gebiet koordinieren.

Mit dem heutigen VIII. Symposium „Von der Idee zur Technologie – Kreativität im Blickpunkt" hat der Arbeitskreis „Allgemeine Technologie" wiederum an den von *Johann Beckmann* im Jahre 1806 veröffentlichten „Entwurf der Algemeinen Technologie" angeknüpft. Schwerpunkt war dieses Mal das bereits genannte Ziel der Begründung eines methodischen Programms einer Erfindungsheuristik (vgl. Banse 2001).

Die Kreativität wurde beim heutigen Symposium in den Mittelpunkt gestellt, da Kreativitätstechniken als Methoden und Vorgehensweisen zur Lösung schöpferischer Aufgaben bezeichnet werden können. Da diese für die verschiedensten Aufgabengebiete anwendbar sind, können sie auch als eine „allgemeine Technologie" für Entwicklungen bzw. Erfindungen bezeichnet werden.

Nach Übersichtsvorträgen zum Thema in der Session 1, die technikphilosophische Betrachtungen zur Kreativität, Erfahrungen bei der Vermittlung von Kreativitätstechniken und einen Überblick über die Anwendung von TRIZ betrafen, hörten wir in der Session 2 Vorträge zur Förderung der Kreativität im Schulbereich. Kreativität trainieren können Schüler in Wettbewerben, wie „Jugend forscht", den der VBIW im Land Brandenburg mit

Sonderpreisen unterstützt, bzw. dem Schülerwettbewerb Junior.ING. der Ingenieurkammern. Hier ist die ganze Kreativität der Jugendlichen gefordert. Um diese bereits im Unterricht der MINT-Gymnasien zielgerichtet zu fördern, wurde vom VBIW in Zusammenarbeit mit einer MINT-Spezialschule in Frankfurt (Oder) dazu ein Leitfaden zur Anwendung von Kreativitätstechniken an Schulen erarbeitet. Dieser basiert auf langjährigen Erfahrungen aus den Erfinderschulen der KDT, der Vorgängerorganisation des VBIW, in denen Kreativität zielgerichtet auf Erfindungen geschult wurde. Mit dieser Broschüre möchten wir als Ingenieurverein im Land Brandenburg einen Beitrag leisten, dass das bei unseren Mitgliedern vorhandenes Wissen über die Kreativitätsschulung nicht verloren geht, sondern an die kommenden Generationen weitergereicht wird. In der Session 3 ging es vor allem um die Anwendung der Kreativität bei Problemlösungen in der Wirtschaft.

An dieser Stelle möchte ich allen Vortragenden für ihre Beiträge danken. Sie zeigen, dass das Thema einen hohen Stellenwert besitzt. Das wird umso wichtiger, wenn man bedenkt, dass sich die Innovationszyklen in vielen Bereichen immer mehr verkürzen.

Wie ich kürzlich im „brand eins"-Magazin las, ist es Chinas Ziel für das Jahr 2025, 50 kreative Köpfe wie *Steve Jobs* zu haben. So wird nach Aussage der China-Expertin *Silvia Lindtner*[1] China künftig sehr stark auf Innovationen setzen. Um als exportorientiertes Land da zukünftig mithalten zu können, wird das Thema Kreativität einen immer höheren Stellenwert bekommen müssen. Aber auch um den Erhalt einer lebenswerten Umwelt sicher zu stellen – wir haben nur diese eine Erde – wird sehr viel Kreativität nötig sein. Da sehe ich für die Trägerorganisationen des Symposiums für die Zukunft vielfältige Aufgaben.

Es ist vorgesehen, die Vorträge und Diskussionsbeiträge in einem Band der „Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften" zu publizieren, so dass nichts vom heute Besprochenen verloren geht.

## Ausblick

Für das nächste Symposium des Arbeitskreises in zwei Jahren bzw. die nachfolgenden Veranstaltungen möchte ich folgende Themen zur Diskussion stellen:

– „Von der Wiege bis zur Bahre": Betrachtungen des Lebenslaufes von technologischen Anlagen über die Stationen Entwicklung der Technolo-

1 Vgl. https://www.brandeins.de/magazine/brand-eins-thema/innovation-2018/china-expertin-silvia-lindtner-interview-das-ziel-50-steve-jobs [31.01.2019].

gie, Aufbau der Anlage, Betrieb der Anlage, Modernisierungen, Abfahren und Rückbau.

– „Allgemeine Technologie als einigendes Band“: Die derzeitige Vielfalt der Abschlüsse an Hochschulen und Universitäten lässt eine zu große Spezialisierung der Absolventen vermuten. Nach *Gerald Bast*, Rektor der Universität für angewandte Kunst Wien, brauche es aber „weniger super spezialisierte Leute und dafür viele, die Verbindungen schaffen können zwischen verschiedensten Disziplinen“[2]. Hinzu kommt, dass sich die Innovationszyklen immer mehr verkürzen, wodurch das erworbene spezialisierte Wissen schnell wertlos werden kann. Um eine Grundlage zu haben, auf der dann schnell wieder Anschluss gefunden wird, könnte die Allgemeine Technologie als Orientierungsgrundlage dienen.
– Auch das mögliche bzw. nötige Zusammenspiel von physikalischer und virtueller Welt wäre im Rahmen der „Allgemeinen Technologie“ zu besprechen. So kann zwar die Software für eine Prozessanlage ständig an wechselnde Gegebenheiten angepasst werden, aber der eingebaute Druckbehälter etwa muss die geplante Lebensdauer erreichen.

Meinungen, Anregungen und weitere Themenvorschläge für die nächsten Symposien bzw. zur weiteren Arbeit des Arbeitskreises „Allgemeine Technologie“ bitte ich an *Gerhard Banse* oder mich zu richten.

Mit diesen Anmerkungen zu unserem heutigen Symposium und einen Ausblick, was die nächsten Themen für Symposien sein könnten, möchte ich Sie nun in das Wochenende entlassen. Für die Teilnahme an dieser Veranstaltung danke ich Ihnen und würde mich freuen, Sie auch bei einer der möglichen Folgeveranstaltungen und weiteren Veranstaltungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e.V., des Vereins Brandenburger Ingenieure und Wirtschaftler e.V. sowie des Leibniz-Instituts für interdisziplinäre Studien e.V. begrüßen zu können.

## Literatur

Banse, G. (2001): Johann Beckmann und die Folgen. Allgemeine Technologie in Vergangenheit und Gegenwart. In: Banse, G.; Reher, E.-O. (Hg.): Allgemeine Technologie Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft. Berlin, S. 17–46 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd. 50)

2 Vgl. https://derstandard.at/2000090964348/Angewandte-Rektor-Bast-Spezialisten-fuer-Ent-Spezialisierung-gesucht [31.01.2019].

## Autorin und Autoren

*Gerhard Banse*; Professor Dr. sc. phil. Professor e.h.; Präsident der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin; gerhard.banse@t-online.de

*Kohlert; Christian;* Professor h.c. Dr.-Ing.; Mitglied der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin; c.kohlert@kpfilms.com

*Lange, Rita;* Dr. rer. nat.; r.lange@gauss-gymnasium.de

*Leyendecker, Aloys;* Dipl.-Päd.; alinstitutal@gmail.com

*Meier, Bernd;* Professor Dr. paed. habil.; Vizepräsident der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin; meierbe@uni-potsdam.de

*Mertzsch, Norbert;* Dr. rer. nat.; Mitglied der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin; Vorsitzender des Vereins Brandenburgischer Ingenieure und Wirtschaftler (VBIW); mertzsch@t-online.de

*Regen, Werner;* Professor Dr. oec. habil.; Mitglied der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin; Mitglied im Vorstand des Leibniz-Instituts für interdisziplinäre Studien (LIFIS); Ausländisches Mitglied der Russischen Akademie der Wissenschaften für Architektur und Bauwesen; Ordentliches Mitglied der Petrovsker Akademie für Kunst und Wissenschaften; dr.regen@googlemail.com

*Seeliger, Dieter;* Professor Dr. rer. nat. habil.; Mitglied der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin; dieterseeliger@web.de

*Stanke, Klaus;* Professor Dr. rer. oec. habil.; kreastanke@gmx.de

*Thomas, Bernd;* Dr.-Ing.; Mitglied des Vereins Brandenburgischer Ingenieure und Wirtschaftler (VBIW); bhthomas@gmx.de