

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 allgemeine 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 hinführen könnte.“

(Beckmann 1806, S. 465)

„Wer richtig rasoniert, erfindet auch: und wer erfinden will, muß rasonieren 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 ideale, 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, irgendetwas 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 Ingenieur Tätigkeit (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.

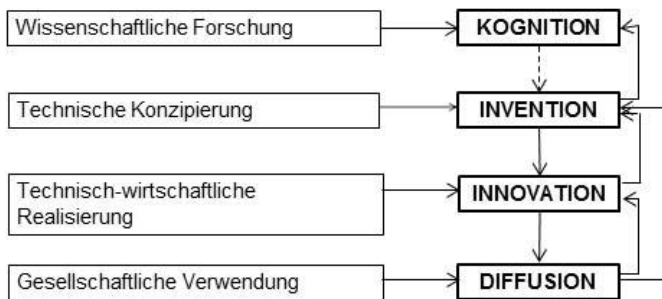


Abbildung 1: Von der Erfindung (Invention) zur Innovation

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

2 Historisches

Über Erfinden und Erfindungen wurde nachgedacht, seit Menschen ihr Dabzw. 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 Kombinatorik⁵ 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 zurückzuführen 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 Erfindens, 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* (1908–1974) 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 Allgemeinen 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 Ingenieur Tätigkeit. 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 Ingenieur Tätigkeit 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 Ingenieur Tätigkeit, 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 | | <i>bekannt</i> | <i>neu</i> |
| <i>bekannt</i> | | Übertragung | „Semi-Neues“ II |
| <i>neu</i> | | „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 Klimentitsch 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 Tätigkeitsprogramm 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 wissenschaftlich 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-

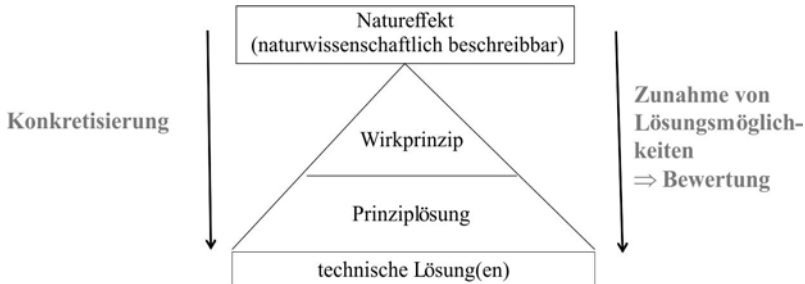


Abbildung 3: Vom naturalen Effekt zu technischen Lösungen

Quelle: verändert nach Meck 1979, S. 588

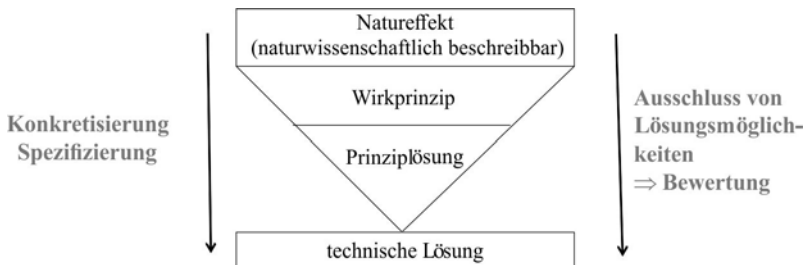


Abbildung 4: Vom naturalen Effekt zur (konkreten) technischen Lösung

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“, „verzwick“⁹ („wicked“; vgl. Rittel/Webber 1994). Somit liegen „verschwommene Ziele“ und „unklare Bedingungen“ vor. Damit ist eine „Intransparenz

9 Charakteristika derartiger „bösaertiger“ Probleme sind u.a.: Es gibt keine definitive Formulierung für ein bösaertiges Problem; Lösungen für bösaertige Probleme sind nicht richtig oder falsch, sondern gut oder schlecht; jedes bösaertige Problem ist wesentlich einzigartig; bösaertige 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 bösaertiges 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 zielstrebig, 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 ideale 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 Alt-hergebrachtem 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 mühevolleres Suchen aus zahllosen Irrtümern langsam herauschälen, 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 Kenntniss der Handwerke, Fabriken und Manufacturen... Göttingen
- Beckmann, J. (1806): Entwurf der Allgemeinen 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.; Schadowitz, 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 Wissenschaften 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 Maschinzeichnen. 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