

Was ist technisches Wissen?

Philosophische Grundlagen technischer Wissenschaften

Sandro Gaycken

Institut für Wissenschafts- und Technikforschung (IWT) - Bielefeld
Institut für Philosophie, Abteilung Wissenschaftstheorie und Technikphilosophie - Stuttgart
Universität Bielefeld
sandro.gaycken@iwt.uni-bielefeld.de

Abstract: Unter dem steigenden Interesse der Technikphilosophen und der Diversifizierung der philosophischen Wissenschaftstheorie erscheinen erste Untersuchungen zu den philosophischen Grundlagen der technischen Wissenschaften. Die vorliegende Betrachtung zeigt an, auf welchen Pfaden und mit welchen Fragen die Wissenschaftsphilosophie an die Technik derzeit heran tritt. Es soll dabei sowohl eine intuitive Einführung in die prinzipiellen Probleme geboten werden, als auch ein Überblick über gegenwärtige Bemühungen und spezifische Einzelbereiche.

Die neue Gestalt der Wissenschaftstheorie

Die Wissenschaftstheorie wendet sich seit einigen Jahren vermehrt den speziellen Wissenschaftstheorien zu. Dies ist nicht etwa das Resultat eines gelungenen Abschlusses, dem nun die erobernde Explorationen der je spezifischen Gegenstände folgt. Ganz im Gegenteil: es handelt sich um das Symptom des noch langsam gegen alte Eitelkeiten anschleichenden Eingeständnisses, dass man in den großen, generalistischen Entwürfen die Komplexität der tatsächlichen Wissenschaften unterschätzt hat. Sie liessen sich nämlich bisher nicht einfach taxonomisieren und schematisieren. Dieses Zugeständnis ist sogar parallel aus den beiden, mit Reichenbach unterschiedenen wissenschaftstheoretischen Traditionen des Entdeckungskontext und des Rechtfertigungskontext¹ zu verzeichnen. Für den Entdeckungskontext kann man, mit avantgardistischer Grobschlächtigkeit, für den aktuellen Stand auf die sich gerade etablierende Wissenschafts- und Technikforschung verweisen. Sie subsumiert die methodologiekritischen Strömungen der letzten dreißig Jahre: ein Anteil Wissenschaftsgeschichte korrespondiert dem Kuhnschen Historismus, ein Anteil Wissenschaftssoziologie dem Feminismus, der sozialen Epistemologie und dem sozialen Konstruktivismus und ein Anteil philosophischer Wissenschaftstheorie erörtert, weiterhin geradlinig unempirisch, allgemein Grundsatzprobleme im Rahmen philosophischer Traditionen und Mittel wie etwa in der Finalisierungsdiskussion der Siebziger und Achtziger Jahre². Das zu nennende Zugeständnis dieser Disziplin ist entsprechend dieser Vielseitigkeit komplex. Alle einzelnen Argumente nachzuzeichnen wäre hier zu einnehmend³, aber die inzwischen zu den grundlegenden Gedanken zahlreich eingetroffenen Untersuchungen bestätigen eindrucksvoll, dass die Wissenschaften ein System darstellen, das neben der Wahrheitsfindung von vielen weiteren Faktoren bestimmt wird. Nicht nur steht das, was überhaupt untersucht wird, also die grundsätzliche Themensuche, in einem Netz komplexer Kontingenzen, Interessen und Interaktionen. Auch Untersuchungsmittel, -methoden, Untersuchende und Untersuchtes stehen in derart vielschichtigen Beziehungen, dass dagegen die klassischen, idealtypischen Bilder von Wissenschaftsgenese, wie etwa das des frühen logischen Positivismus, ausnehmend naiv wirken. Der hohe Grad der Komplexität und die damit verbundene starke Lokalität einzelner Wissenschaften verpflichten so auf der Seite des Entdeckungskontext zur Abkehr vom Ideal einer großen, allumfassenden Wissenschaftstheorie. Zumindest wäre es unseriös,

1 Die Unterscheidung zwischen einem nicht logisch rekonstruierbaren Entdeckungskontext und einem analytisch-logisch konstruierbaren Rechtfertigungskontext stammt von Hans Reichenbach aus: Hans Reichenbach: *Der Aufstieg der wissenschaftlichen Philosophie*, Berlin: Herbig 1951

2 Zur Finalisierungsdiskussion siehe: Christoph Hubig (Hg): *Konsequenzen kritischer Wissenschaftstheorie*, Berlin: De Gruyter 1978

3 Für eine gute Zusammenfassung siehe: Sergio Sismondo: *An Introduction to Science and Technology Studies*, Oxford: Blackwell 2004

so etwas zu versuchen, bis sich nicht die drängenden der sich in den Einzeluntersuchungen aufzeigenden Fragen zu einem neuen Bild der hiesigen Grundlagen von Wissenschaft beantwortet haben. Was gerade dazu illuminativ unternommen werden kann und werden sollte – natürlich unter Berücksichtigung der neueren Forschung –, sind die Untersuchungen der nächstkleineren Ebene: die der speziellen Wissenschaften.

Während diese Dynamik auf der Seite des Entdeckungskontext einsichtig und nachvollziehbar ist – gewissermaßen als die Geschichte eines allzu menschlichen Versagens in der Wissenschaft (beziehungsweise des Fehlers anzunehmen, dieses wäre durch Nutzung einer „neutralen“ Rationalität so nicht relevant), scheint es schwieriger, auf der Seite des Begründungskontext eine Parallelgeschichte zu zeichnen. Dass Eitelkeiten und Sachzwänge in wissenschaftliche Entscheidungen am empirischen *Eingang* zur Forschung fließen mag ja ein historisches, soziologisches Phänomen sein, aber zumindest sollte doch die Wissenschaft in ihren internen *Argumentationen* in einen starren, universalen Korpus methodologischer Rationalität aus epistemologisch-logischen Begründungen geradezu gegossen sein. Nur so kann man ja ein konsistentes wissenschaftliches Weltbild erlangen und dieses Bild vom innersten Zusammenhalt der Welt, Wortlaut Goethe, ist doch das Ziel allen wissenschaftlichen Strebens. Aber, Wortlaut Eastwood, das ist jetzt vorbei.

Auch auf der Seite des Begründungskontext, dessen Diskussionen sich völlig unabhängig von denen des Entdeckungskontext bewegt haben, wurde und wird entdeckt, dass Wissenschaft ein stark lokales Phänomen ist. Allerdings natürlich in diesem engeren Sinn von Wissenschaftstheorie⁴ in anderen Kontexten. Ein gutes Beispiel ist schon die große Paradigma-Diskussion des Begründungskontext: die um wissenschaftliche Erklärung⁵.

Hier haben sich in den letzten fünf Jahrzehnten seit ihres ersten Aufkommens durch Hempel und dessen Generalisierung aller wissenschaftlichen Argumentation durch die Schemata DN, DS und IS viele Untersuchungen und Diskussionen gesammelt, die sich immer wieder kritisch überworfene haben. Dabei lag das Argumentationshauptgewicht nicht nur bei grundlegend neuen Entwürfen über die Herangehensweise oder Darstellung. Die Erklärungsdiskussion – und mit ihr untrennbar ein guter Teil der Kausalitätsdebatte – zeichnete sich vor allem durch die Verwendung von Beispielen aus. Viele ihrer Geschichten haben dabei nicht nur Spaß auf Konferenzen bereitet, sondern sind heute geradezu legendär – Geschichten etwa von syphilitischen amerikanischen Offizieren, britischen Umweltmotten, jungen Männern, die die Schwangerschaft ihrer Freundinnen vermeiden, indem sie ihre Pille nehmen und von diversen Krankheiten und Medikamenten. Während man nun mit all diesen Geschichten seine Intuitionen zu Erklärung auszuloten versuchte, stiess man bald schon anhand der Vielzahl scheinbar gültiger Beispiele auf die Einsicht, dass es viele verschiedene Intuitionen für Erklärungen gibt und genauso unterschiedliche Kontexte. Verschiedene Wissenschaften konnten völlig eigene Erklärungsformen besitzen, die keinem starren philosophischen Schema gehorchten und trotzdem ihren epistemologischen Erkenntnisanspruch völlig befriedigten. Gleiches zeichnet sich gerade auch mit Klarheit in der Kausalitätsdiskussion ab. So lautet etwa die These eines neuen Artikels⁶ von Nancy Cartwright gerade, dass wir viele, viele verschiedene und teilweise sehr lokale Verhältnisse zu Kausalität haben, die aber alle – in einem kleinen Rahmen – gleich gültig sind. Es gibt einen Kausalitäts-Pluralismus.

Ein Pluralismus wird inzwischen in vielen eng wissenschaftstheoretischen Kontexten angenommen.

4 Das ist eine Unterscheidung von Radnitzky, der ich mich anschließen möchte. Er unterscheidet Wissenschaftstheorie im weiten Sinn als auch mit dem Entdeckungskontext beschäftigt, während Wissenschaftstheorie im engen Sinn nur mit Strukturen des Begründungszusammenhangs beschäftigt ist. Abzusehen ist die Wissenschaftsphilosophie, die die Verhältnisse der Wissenschaft zu Kultur und Gesellschaft betrachtet. In: Helmut Seiffert, Gerard Radnitzky (Hg.): *Handlexikon zur Wissenschaftstheorie*, München: DTV Wissenschaft 1994, S.464f

5 Für eine Überblick siehe: Phillip Kitcher: *Scientific Explanation*, Minneapolis, Minn.: University of Minnesota Press 1989 (Minnesota Studies in the Philosophy of Science ; 13)

6 Nancy Cartwright: *Causation: One Word, Many Things* unter: <http://www.lse.ac.uk/collections/CPNSS/pdf/pdfcaus/oneWordManyThings.pdf> (Zugriff 25.6.2005)

Diese methodologische Vielfalt ist auch die These des ebenfalls sehr guten Buchs von Cartwright⁷, das von einer durch verschiedenste Methoden und Mittel „gescheckten“ Wissenschaft ausgeht und damit die Opposition zum reduktionistischen, universalistischen Ideal der klassischen Wissenschaftstheorie letztlich auch vom Begründungskontext her konsolidiert.

Die Lokalisierung

Die Konsequenzen dieser Erkenntnisse der Wissenschaftstheorie festigen sich derzeit innermethodisch durch Lokalisierungen von klassisch universalistischen Fragestellungen. Im Rahmen des Entdeckungskontext etwa untersucht man inzwischen die einzelnen, speziellen Wissenschaftszweige. Dabei ist es charakteristisch für die Abwendung von den traditionellen Entwürfen und ihrer physikalistischen Belastung, dass man sich auch den Wissenschaften in aller Breite mit erneuertem Interesse zuwendet. Es werden nicht mehr nur die Physik und die Biologie oder vielleicht noch die Soziologie betrachtet. Man untersucht auch Geschichtswissenschaften, Informatik, Wirtschaft und Technikwissenschaften. Alle Untersuchungen behandeln dabei jede Wissenschaft in eigenem Recht, indem versucht wird, ihre wissenschaftlichen Absichten zu modellieren und die Wege herauszusuchen, die zur Erreichung dieser Absichten genutzt werden. Da eben angenommen wird, dass sich die wissenschaftsinternen wissenschaftlichen Absichten nicht mehr als solche vor einem von Philosophen erdachten, universalistischen Wissenschafts-Über-Ich verantworten müssen entfällt bei diesen Betrachtungen auch völlig der Begründungskontext. Erst von diesen Erkenntnissen ausgehend kann man sich diesem zuwenden. Denn nur wenn die Absichten und die konkreten Wege zur Erreichung dieser Absichten gegeben sind, kann erstmals die philosophische Kompetenz der epistemologischen Begründung zur Geltung kommen. Man kann sich nunmehr ansehen, ob die Wege epistemologisch effizient sind, ob sie widerspruchsfrei und konsistent mit ihren Absichten sind. Auch können etwa die verwendeten Kausalitätsbegriffe auf ihre Gültigkeit und Einheitlichkeit untersucht werden oder Erklärungsmuster können expliziert und auf logische Formen analysiert werden. Die faktischen und möglichen Betätigungsfelder sind reichhaltig und vielfältig. Charakteristisch ist an allen Betrachtungen, dass sie sich folgerichtig explizit an die Axiomatik der speziellen Wissenschaften halten. Man zweifelt nicht mehr an der generellen Gültigkeit einer Argumentationsstruktur oder einer Methode, sondern nur noch an ihrer Konsistenz mit den gegebenen Wissenschaftsabsichten.

Grundlegendere Debatten untersuchen zuweilen auch die verschiedenen Wissenschaftsabsichten einer speziellen Wissenschaft auf ihre internen Widersprüche. Die Funde hierbei sind je nach Untersuchungstiefe recht ansehnlich, wobei dann meist versucht wird, die konkurrierenden Absichten nach Prioritäten aufeinander abzustimmen. Grundsatzdebatten sind meist rückführbar auf derartige Widersprüche in den wissenschaftlichen Absichten, und es ist als ein Phänomen der Lokalisierung der Wissenschaftstheorie beachtenswert, dass stetig mehr Philosophen in verschiedene wissenschaftliche Grundsatzdebatten involviert sind. Nicht nur beweist damit die neuere philosophische Diskussion als solche ihre Kompetenz, sie wird auch durch Rückläufe darin akzeptiert und bestätigt, indem die speziellen Wissenschaften den wissenschaftstheoretischen Fragen steigendes Interesse und Vertrauen entgegenbringen.

Partikulare Probleme der Technikwissenschaften

Entsprechend des sich damit bietenden Bildes von stark mehrfach lokalisierten Fragestellungen soll nun auch zur Bereitung der Vorstellung einzelner wissenschaftstheoretischer Debatten um die Technikwissenschaften zunächst deren konkrete Gestalt betrachtet werden. Grundlagen dieser ersten Betrachtung werden dabei zunächst das technische Handeln und das dazu nötige technische Wissen sein, das schließlich Gegenstand der Technikwissenschaften ist.

Das technische Handeln ist zunächst eine komplexe Angelegenheit. Nicht nur umfasst es mit einer Vielzahl möglicher Leseweisen ein breites Feld von heterogenen Handlungen, es steht auch in

⁷ Nancy Cartwright: *The Dappled World: A Study of the Boundaries of Science*, Cambridge: Cambridge University Press 1999

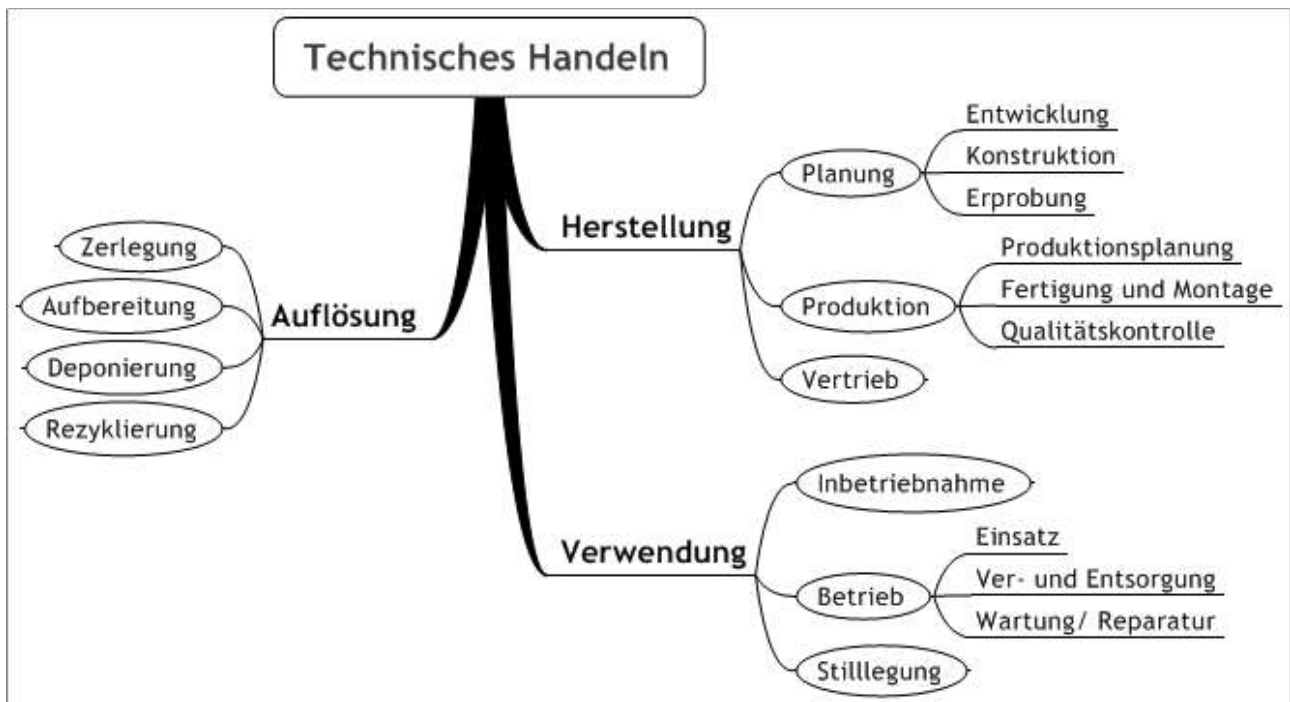
unterschiedlichen Kontexten, die für die Erörterungen des Entdeckungszusammenhangs alleine schon relevant sind.

Günther Ropohl hat dazu eine morphologische Matrix technischen Handelns zusammengestellt⁸.

	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Subjekt	Individuum	Korporation	Gesellschaft	
Art der Korporation	Keine	Ingenieurbüro	Unternehmen	Behörde/ Institut
Rang	Selbstständig	Sachbearbeitung	Mittlere Leitung	Direktion
Phase	Planung	Produktion	Verwendung	Auflösung
Art des Objekts	Materialtechnik	Energietechnik	Informations- technik	
Rang des Objekts	Bauteil	Maschine/ Gerät	Anlage	Anlagenverbund

Schon im intendierten Sinne einer knappen Übersicht illustriert diese Matrix deutlich auf einer systemischen Ebene, wie vielfältig die Strukturen technischen Handelns sein können. Natürlich erhebt sie keinen Anspruch auf völlige Korrektheit oder Vollständigkeit. Allein der Bereich „Art des Objekts“ ist bereits eine sehr grobe Stratifizierung, die in keinster Weise der ungeheuren Vielfalt der technischen Fakultäten Rechnung trägt. Sieht man einmal von den schon nicht eindeutig in dieses Schema zu ordnenden Schnittdisziplinen der Bionik, Nanotechnologie oder Mechatronik ab, so wird der Mangel erst recht deutlich unter dem Einbezug der Arbeitsbereiche „Mensch und Technik“ oder „Umwelt und Technik“, die sich mit den diversen Kontexten der Technik und des technischen Handelns beschäftigen. Gleichermassen können weitere Bereiche noch stärker ausdifferenziert und präzisiert werden. Insbesondere die Phaseneinteilung ist noch ein sehr komplexer Bereich unterschiedlichster Aktivitäten, der auch für das technische Handeln spezifisch relevant ist. Er ist auch in den Technikwissenschaften paradigmatisch in den „Lebensphasen“ eines technischen Artefakts bekannt und wird immer wieder herangezogen, wenn man das Handeln der Ingenieure klassifizieren will. Die sich dabei darin abzeichnenden Prozesse sind ausgesprochen vielfältig, involvieren die unterschiedlichsten der anderen Kategorien und einige andere Wissensbereiche.

⁸ Günther Ropohl: „Was tun Ingenieure und was müssen sie dazu wissen? - Versuch einer Systematik“, in: Gerhard Banse, Günther Ropohl: *Wissenskonzepte für die Ingenieurspraxis*, Düsseldorf: VDI 2004 (VDI-Report 35); für weitere Betrachtungen Ropohls zum technischen Handeln siehe vor allem: Günther Ropohl: *Allgemeine Technologie: Eine Systemtheorie der Technik*, München/ Wien 1979



Nachdem damit ein knappes Bild des technischen Handelns entworfen ist, muss nun das durch das Handeln implizierte korrelierende technische Wissen ins Blickfeld rücken. Nur auf der Basis von Wissen kann überhaupt in den komplexen Zusammenhängen, die sich schon in der ersten Betrachtung gezeigt haben, richtig und effektiv gehandelt werden. Und nur im Vertrauen auf das Wissen nutzen wir auch Technik, wenn sie uns etwa 50 km über der Erde in Flugzeugen fliegt oder wenn wir mit 140 km/h Auto fahren.

Bevor allerdings mit einer Erörterung technischen Wissens angefangen werden kann, muss erst auf ein gepflegtes Mißverständnis hingewiesen werden. Von den Technikwissenschaften herrschte nämlich noch bis hinein in die Siebziger Jahre das Bild von einer Wissenschaft der bloßen Anwendung der bestehenden Naturwissenschaften auf technische Probleme – daher auch die noch heute gängige Bezeichnung als Angewandte Wissenschaften. Dieses Bild war mitunter für die Ignoranz der physikalistischen, traditionellen Wissenschaftstheorie gegenüber den Technikwissenschaften verantwortlich: würde man verstehen, wie überhaupt die Physik zu ihren Aussagen kommt, so wäre es davon ausgehend auch kein Problem, deren simple Anwendung in der Technik zu erklären. Heute weiß man aber, dass die Technik und ihre Genese höchst komplexe Phänomene sind, die sich nicht allein aus wissenschaftlichem Wissen deuten lassen. Allein das Entwurfshandeln umfasst so viele (natur-)wissenschaftsexterne Faktoren, dass man damit von dieser Simplifikation des szientifischen Paradigmas abgerückt ist. Die derzeitige Auffassung betrachtet die Naturwissenschaften eher gemeinsam mit der Mathematik, den Wirtschafts-, Human- und Sozialwissenschaften als *Hilfswissenschaften* der speziellen Technikwissenschaften, die bestimmte Wissensressourcen zur Verfügung stellen. Die weitere Explikation technischen Wissens wird dies bestärken.

Das technische Wissen wird allgemein recht breit als Wissen um technische Verfahren und Gegenstände, deren Ursachen und Folgen und ihre Umgebung aufgefasst. Entsprechend dieser Breite gibt es diverse Klassifikationen. Aus den Technikwissenschaften selbst schreibt dazu Udo Lindemann⁹. Er unterscheidet vier Wissenstypen für Ingenieure (die entsprechend auch Gegenstand der Technikwissenschaften sein müssen): Sachwissen (know that), Wissen über Zusammenhänge (know why), Handlungswissen (know how) und Wissen über Wissensquellen (know where). Das Vorhandensein dieser Formen illustriert er an Beispielen der methodischen Produktentwicklung.

⁹ Udo Lindemann: *Methodische Entwicklung technischer Produkte*, Berlin: Springer 2004

Zum einen wird in der *Entwicklung durch Wissensnutzung* vorhandenes Wissen genutzt, um entsprechend einer technologischen Zielformulierung eine Lösungssuche zu unternehmen. Ist die Suche mit einem Zwischenergebnis abgeschlossen, wird dieses auf Schwächen evaluiert und führt zu einer erneuten, präzisierten Zielformulierung. Somit wird ein Kreislauf in Gang gesetzt, der erst abgeschlossen ist, wenn ein zufriedenstellendes Ergebnis erreicht wurde. Innerhalb dieses Kreislaufes kann man nun an verschiedenen Stellen das Zusammenspiel der Wissensformen beobachten. Die Zielformulierung ergibt sich so hauptsächlich aus einem Sachwissen um das technische Problem und einem Wissen über potentielle technische Zusammenhänge, während anschliessend in der Lösungssuche dieses Wissen um Zusammenhänge gemeinsam mit dem Handlungswissen der technischen Machbarkeit genutzt wird. Eine weitere Art methodischer Entwicklung ist die *Entwicklung durch Wissenstransfer* wie etwa in der Bionik¹⁰. Dabei wird Sach- und Zusammenhangswissen von biologischen Systemen verwendet, um es mittels des technischen Handlungswissens in Sach- und Zusammenhangswissen eines technischen Systems umzuwandeln. Als Beispiel dienen etwa die biologischen Kanalstrukturen des Fliegenrüssel, die eine technische Umsetzung in einer neuen Saugstruktur eines Staubsaugers erfahren. Hierbei stehen allerdings noch häufig Probleme der Heterogenität zwischen biologischem und technologischem Wissen als Hindernisse im Weg, so dass Wissenstransfer hier aus epistemologischen Gründen eine zeitraubende Entwicklungsart ist. Neben diese Beschreibung der nötigen Wissensformen setzt Lindemann noch eine Liste nötiger Fähigkeiten, die für den Umgang mit den Wissensformen benötigt werden. Ingenieure müssen so in der Lage sein, Wissen zu suchen und zu finden, es zu erzeugen, es zu beurteilen und auszuwählen, Wissen mitzuteilen und weiterzugeben sowie es zu speichern und vorrätig zu halten. Diese Wissenskompetenzen werden allerdings nach Lindemann bisher nur teilweise durch die theoretische Ausbildung vermittelt, der Großteil wird erst in der Praxis erlernt. Da diese jedoch auch Bestandteil der Technikwissenschaften sind, wäre es entsprechend eine Aufgabe der Wissenschaftstheorie, die zuzuordnenden impliziten Strukturen auffindig zu machen, sie zu explizieren und methodisch den Absichten einzuordnen. Damit wird hier auch auf das für die Technikwissenschaften noch recht große Problem impliziten Wissens hingewiesen. Viele Wissensformen des technischen Handelns sind nicht explizit bekannt. So finden sich zum Beispiel im Konstruieren trotz gleicher theoretischer Grundlagen tiefe kulturelle Prägungen, die es möglich machen, von ganzen Konstruktionskulturen oder Konstruktionsstilen zu sprechen. Polanyi ist dabei sogar soweit gegangen, die These aufzustellen, dass alles explizite technische Wissen auf implizitem Wissen aufbaut¹¹. Technisches Wissen manifestiert sich damit in voller Form erst im Handeln und ist so an den Handlungsvollzug des Ingenieurs und dessen Kollektivs gebunden. Die Erforschung des impliziten Wissens ist nun noch nicht so weit vorgedrungen, dass man hier eine definitive Empfehlung zu dessen Rolle und dem Umgang damit aussprechen kann. Aber es kann auf jeden Fall auch als interessante wissenschaftstheoretische Problematik erwähnt werden¹².

Schon anhand dieser Erwähnung des impliziten Wissens scheint die erste, technikwissenschaftliche Klassifizierung unvollständig. Es soll nun eine breitere Beschreibung angeboten werden. Auch wenn ihr das Manko einer etwas einseitigen Einschätzung des technischen Wissens als einem reinen Handlungswissen anhaftet, ist sie doch stärker differenziert und bietet einen genaueren und tieferen Einblick.

Die folgende Beschreibung entstammt den Reihen der Philosophen in Person des Leiters der Bundesbehörde für Technikfolgenabschätzung Armin Grunwald¹³.

10 Wissenschaftstheoretisch interessant ist hier zum Beispiel: Jens Gramann: *Problemmodelle und Bionik als Methode*, München 2004

11 Michael Polanyi: *Implizites Wissen*, Frankfurt am Main 1985

12 Siehe etwa: Christoph Hubig: *Nicht-explizites Wissen: Noch mehr von der Natur lernen*, Stuttgart 2000

13 Armin Grunwald: *"Wissenschaftstheoretische Perspektiven auf die Technikwissenschaften"*, in: Gerhard Banse, Günther Ropohl: *Wissenskonzepte für die Ingenieurspraxis*, Düsseldorf: VDI 2004 (VDI-Report 35)

Grunwald beschreibt zunächst technisches Wissen als Wissen um Handlungsschemata der Herstellung, der Nutzung und der Entsorgung von Technik. Die Aufgabe der Technikwissenschaften ist es dabei, dieses Wissen zu präzisieren und es zu schematisieren, um es neuen Handlungskontexten zugänglich zu machen (hier übrigens eine epistemische Ebene). Indem er im folgenden das Entwurfshandeln untersucht, unterscheidet er zunächst zwei grundlegende Wissensformen: das Handlungswissen als ein Wissen über Handlungsschemata, die als Mittel zu Zwecken eingesetzt werden können und das Kontextwissen als Wissen um die Kontexte, in denen Handlungen eingesetzt werden sollen. Weiter sind im Handlungswissen noch die Wissensformen des Wissens um technische Zweck-Mittel-Relationen, des Angemessenheitswissens und des Nebenfolgenwissens unterscheidbar, die allerdings auch teilweise bereits in das Kontextwissen übergehen. Damit das Wissen ferner auch als solches anerkannt werden kann, muss es auch gewissen Anforderungen standhalten. Darunter sind zum Beispiel Situationsinvarianz und Transsubjektivität zu nennen, während allerdings beispielsweise die (realistische) Wahrheit der darin genutzten Theorien kein explizites Kriterium darstellt. So werden zum Beispiel Autos immer noch nach der Newtonschen Mechanik und nicht nach der Quantenmechanik oder der Quantenfeldtheorie gebaut. Dies ist von Hans Poser formuliert worden¹⁴. Hier lässt sich damit eine weitere wissenschaftstheoretische Problematik verorten, nämlich die, die den wissenschaftsinternen Ansprüchen gemässen epistemologischen Anforderungen an das technische Wissen zu formulieren – eine normative Aufgabe. Auch Grunwald führt seine Gedanken daran weiter. Er suggeriert die technische Regel als Garanten für die Situationsinvarianz und bringt damit das wichtige technikwissenschaftliche Pendant zum naturwissenschaftlichen Gesetz in die Diskussion. Er formuliert eine technische Regel als einen Satz über eine Zweck-Mittel-Relation: *Für alle Situationen S, denen die Prädikate P(i) zugesprochen werden können gilt: Wenn der Zweck Z bewirkt werden soll (z.B. die Reproduktion eines Verlaufs), soll das Handlungsschema H aktualisiert werden.*

Damit bildet die technische Regel eine bedingte Aufforderung „...“, in der relativ zum Setzen von Zwecken und dem Vorliegen von Situationen zur Aktualisierung eines bestimmten Handlungsschemas zur Zweckerreichung in der konkreten Situation aufgefordert wird“¹⁵.

Die Situationsinvarianz beruht darauf, dass nur einige *relevante* Situationsaspekte bestimmten Bedingungen genügen müssen, während andere variieren können. Solche relevanten Aspekte können beispielsweise Temperaturen oder ähnliches sein.

Grunwald führt seine Überlegungen davon ausgehend noch weiter in die Richtung der technischen Regel und formuliert sie als „den diskursfähigen Kern“¹⁶ der Technikwissenschaften und damit eine entsprechende Pragmatik technischer Regeln zum Gegenstandsbereich einer Wissenschaftstheorie der Technikwissenschaften. Während dies aufgrund der Einseitigkeit der Betrachtung technischer *Handlungen* wieder sicherlich zu weit führt, Gründe dafür werde ich weiter unten nennen, muss doch die Relevanz des Begriffs der technischen Regel für die weitere wissenschaftstheoretische Arbeit festgehalten werden. Nicht nur bildet er gemeinsam mit seiner Variation des technologischen Prinzips ein Kernelement der technikwissenschaftlichen Theorie, er ist auch in seiner Rolle als Pendant zum Gesetzesbegriff in allen Erörterungen im Rahmen des Begründungskontext überaus wichtig.

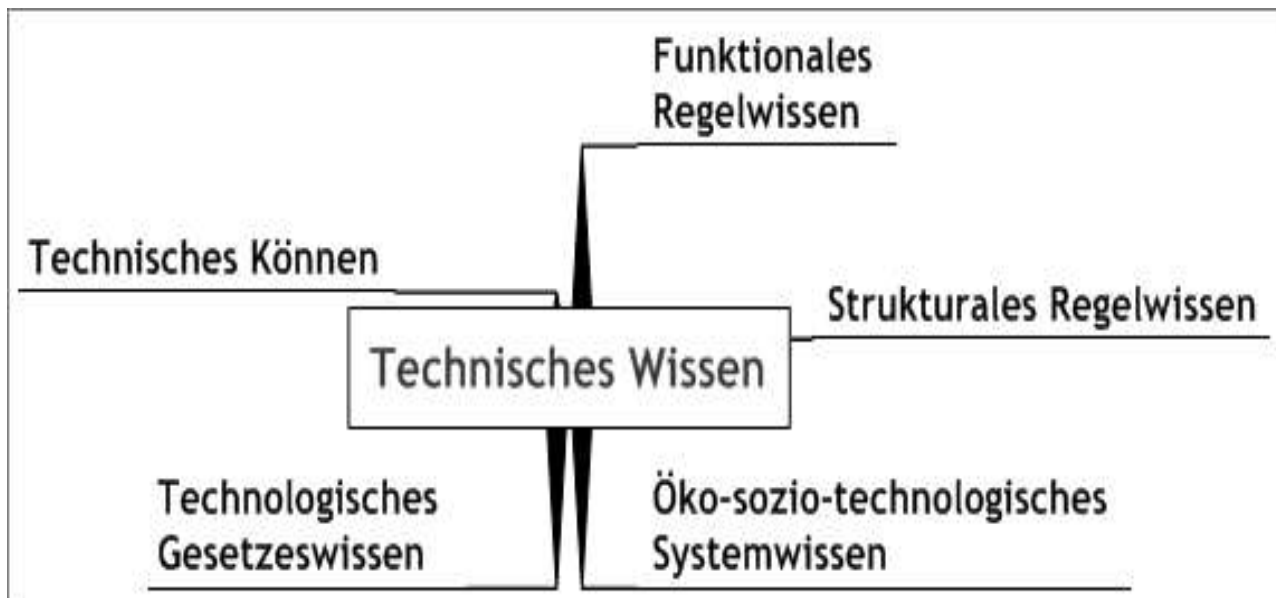
Eine letzte Beschreibung technischen Wissens möchte ich mit Günther Ropohl anführen¹⁷. Er klassifiziert technisches Wissen wie in der folgenden Grafik.

14 Hans Poser: „On Structural Differences between Science and Engineering“ in: Techné, Winter 1998 (4:2)

15 Grunwald: a.a.O., S. 53

16 Ebd., S. 53

17 Günther Ropohl: *„Was tun Ingenieure und was müssen sie dazu wissen? - Versuch einer Systematik“*, in: Gerhard Banse, Günther Ropohl: *Wissenskonzepte für die Ingenieurspraxis*, Düsseldorf: VDI 2004 (VDI-Report 35)



Dabei sieht er unterschiedliche Wissensniveaus. Auf der niedrigsten Stufe steht das technische Können. Das technische Können umfasst das implizite Wissen als besondere Fertigkeit im Umgang mit technischen Systemen, wobei auch die Bedienungskompetenz in einem weiten Sinne und das intuitive Problemlösungsverhalten hier einzurechnen sind.

Die nächsthöhere Wissensstufe ist die des funktionalen Regelwissens. Dies bezeichnet jene Kenntnisse, die sich auf Funktionen beziehen – man könnte heute von typischen „User“-Kenntnissen sprechen. In den Technikwissenschaften ist diese Art des Wissens als Black-Box-Wissen antizipiert. Ein technisches System wird auf dieser Stufe mit seinen Input-Bedürfnissen und seinem Output gekannt. Ein Beispiel wäre etwa ein Radiowecker, von dem man weiß, dass er Strom benötigt und dass er einen weckt, wenn man ihn einstellt. Man weiß allerdings nicht, wie genau er das tut, welche Kombinationen von Schaltern und Relais und Chips dazu in welcher Weise miteinander interagieren müssen oder auch wer den Wecker gebaut hat. Es ist dabei besonders bezeichnend, dass mit steigender Komplexität technologischer Geräte auch Ingenieure und Technikwissenschaftler immer stärker mit funktionalem Regelwissen arbeiten müssen, da ihnen entweder nicht alle Grundfunktionen aller involvierten Bauteile in ihren Variationen mehr bekannt sein können oder diese zu komplexem Maschinenverhalten führen, das trotz der Kenntnis der Grundprozesse unvorhersehbar wird. Dies führt zu einem Anstieg der Trial-And-Error-Verfahren in der Technikevaluation. Selbst als elementar bekannt angenommene technische Systeme wie etwa der Flügel eines Flugzeug arbeiten derzeit immer noch unter solchen Prämissen¹⁸, was hier auch wieder auf die Unsinnigkeit des szientifischen Paradigmas von den angewandten Wissenschaften hinweist.

Dem funktionalen Regelwissen steht das strukturelle Regelwissen gegenüber. Es bezieht sich auf den inneren Aufbau und die konstruktive Beschaffenheit technischer Systeme. Über dieses Verbindungswissen von Kopplungen und Subsystemen hinaus umfasst es auch Erfahrung darüber, welche Funktionen mit welchen Strukturen zusammenhängen. Typisch generiert sich dieses Wissen aus Trial-And-Error-Verfahren, es ist überwiegend durch Erfahrung geprägt und nicht oft theoretisch begründet.

Die höchstentwickelste der Wissensformen ist das technologische Gesetzeswissen. Es betrifft sowohl die funktionalen als auch die strukturalen Zusammenhänge, ist sich der naturalen Hintergründe in Form der Naturgesetze bewusst und ist von theoretisch systematisierten und

¹⁸ Die einzige Berechnung, die einmal für einen Flugzeugflügel gelungen ist, ging lediglich über einen unendlichen Flügel, da damit eine Dimension rausgefallen ist und das Problem physikalisch berechenbar wurde. Quelle: Hörensagen unter Technikphilosophen...

empirisch geprüften Gesetzesaussagen (technische Regeln, technische Prinzipien, Naturgesetze) durchzogen. Erst diese Form des technischen Wissens genügt eigentlich den wissenschaftlichen Standards und hat eine Verwandtschaft zum naturwissenschaftlichen Wissen.

Als Nebengestalt technischen Wissens tritt hier noch das öko-sozio-technologische Systemwissen hinzu. Als ganzheitliches Wissen bezieht es sich auf die zahlreichen Wechselwirkungen zwischen technischen Systemen und der natürlichen Umwelt wie der gesellschaftlichen Praxis. Es umfasst in einem in den anderen Wissenschaften nicht erreichten Maße an Interdisziplinarität unterschiedlichste Wissens Elemente beinahe aller Wissenschaften.

Ropohl führt schließlich seinen Artikel zu Ende, indem er auf die Zusammenhänge zwischen technischem Wissen und technischem Handeln hinweist. Die Untersuchung bestärkt dabei noch einmal, dass weder naturwissenschaftliches noch das technologische Gesetzeswissen häufig im technischen Handeln benötigt werden und dass somit das wissenschaftliche Paradigma nicht mehr als gültig erachtet werden darf. Darüberhinaus hat dies aber auch Konsequenzen für die wissenschaftstheoretische Betrachtung technischen Wissens, indem sie diesen besonderen Gegebenheiten Achtung schenken muss, dabei aber nicht die wissenschaftlichkeitsorientierte Forderung einer Explizierbarkeit etwa des impliziten technischen Könnens zu fordern vergessen darf.

Wissenschaftstheoretische Behandlungen der Technikwissenschaften

Nachdem damit ein Blick auf die Gestalt der Technikwissenschaften und ihre Nachbildung durch einige Philosophen geworfen ist sollen konkrete wissenschaftstheoretische Behandlungen skizziert werden. Es wird an zwei Betrachtungen – einmal zur Grundlegung der wissenschaftstheoretischen Strukturen, dann zum abduktiven Schliessen – exemplarisch gezeigt werden, wie die beschriebenen Strukturen technischen Wissens in der Philosophie aufgenommen und reflektiert wurden.

Die erste Betrachtung geht von der als grundlegend einzuschätzenden Frage aus, welche bestehende Auffassung von Wissenschaftstheorie man am besten für eine allgemeine Beschreibung und Verortung der Elemente technische Theorie, technische Regel, Gesetz etc. verwenden könnte. Es müsste eben ein Verständnis genutzt werden, dass nicht mehr intuitiv dem traditionellen Physikalismus, seiner logischen Wahrheitshörigkeit und der philosophischen Entscheidungshoheit unterliegt. Es muss vielmehr offen sein für eine Erfassung vieler unterschiedlicher Wissensformen, für einen Einfluss praktischer Elemente und für eine wissenschaftsnahe Orientierung.

Eine derart grundlegende Diskussion über die mögliche Gestalt einer Allgemeinen Wissenschaftstheorie, die auch in der Lage ist, die Technikwissenschaften einzufassen, führt Hans Lenk, indem er in einer Untersuchung des Theoriebegriffs auf einen Entwurf einer technologie- und handlungsorientierten Wissenschaftstheorie spekuliert¹⁹.

Er beginnt mit einer Wendung der bekannten Formulierung, dass nichts praktischer sei als eine gute Theorie durch den Satiriker Gabriel Laub: „die Theorie sollte nie vergessen, dass sie nichts weiter ist als angewandte Praxis“. Diesen Ausspruch will Lenk als begründet demonstrieren. Um das zu tun, unternimmt er zunächst einen Abriss über verschiedene, nach Praxisnähe geordnete Auffassungen zum Theoriebegriff. Die ersten, noch sehr praxisfernen Entwürfe sind der kritische Rationalismus von Popper und die Forschungsprogramme von Lakatos²⁰. Diese Konzepte sind noch in dem Gedanken verhaftet, dass Theorien Aussagensysteme universeller Hypothesen in logischen Verhältnissen sind. Lakatos hält zwar mit dem Bild der historischen Theorieserien nicht mehr an der Idee der Möglichkeit in sich vollendeter Theorien fest, es sind aber beide durch ihre strenge und hier noch eindeutig an der Physik orientierte Auffassung vom streng logisch-deduktiven Aufbau der Wissenschaft unfähig, der faktischen Vielfalt der Wissenschaft Rechnung zu tragen. Sie scheitern bereits an der Biologie.

19 Hans Lenk: *"Eine technologie- und handlungsorientierte Wissenschaftstheorie"*, in: Gerhard Banse, Günther Ropohl: *Wissenskonzepete für die Ingenieurspraxis*, Düsseldorf: VDI 2004 (VDI-Report 35)

20 Imre Lakatos, A. Musgrave: *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge 1970

Eine demgegenüber evolviertere Auffassung ist die Nichtaussagen-Deutung oder strukturalistische Deutung von Theorien. In diesem Modell von Sneed²¹ und Stegmüller²², das ebenfalls noch sehr analytisch geprägt ist, werden Theorien als Mengen von Theorieelementen verstanden, die zueinander durch gesetzesmäßige Spezialisierungsrelationen partiell geordnet sind. Bestandteile eines Theoriekerns sind insbesondere mathematische Beziehungen, Modelle sowie Rahmenbedingungen für die Verbindungen von sich partielle überlappenden Modellen und die von der Theorie bereits erfolgreich beschriebenen Ausgangsfälle. Die Kraft von Theorien besteht darin, anhand dieser Bestandteile und Relationen intendierte Anwendungsmodelle zu entwerfen, die mögliche Anwendungen der Theorie einordnen. Die Fortschritte dieser Auffassung gegenüber den kritisch-rationalistischen Modellen bestehen vor allem darin, dass neben der Unterscheidung von theoretisch und beobachtbar noch eine Unterscheidung von prätheoretischen Begriffe (außerhalb der Modelle) und speziell theorie-relativen theoretischen Begriffen (die nur in der Verwendung der Theorie selbst sinnvoll sind) möglich wird. Damit ist die strukturalistische Auffassung stärker relativiert und ermöglicht den Eingang von aussertheoretischen Begriffen. Darüberhinaus ist besonders relevant, so Lenk, dass hier mit dieser Möglichkeit der Einführung aussertheoretischer Begriffe ein pragmatisches Fenster geöffnet wurde. So kann man die Begriffe des „Verfügens einer Theorie“ oder des „Vertretens einer Theorie“ einführen, die nicht allein logisch, sondern vor allem pragmatisch und handlungstheoretisch bestimmt sind.

Mit dieser Auffassung im Kontrast zur kritisch-rationalistischen erkennt man nunmehr die Richtung, in die Lenk zielt. Sicher ist eine Vorstellung von Theorien als Modellmengen mit pragmatischem Einfluss bereits sehr viel besser zu einer wissenschaftstheoretischen Beschreibung *praktischer* Wissenschaften geeignet. In seinem nächsten Schritt nun verweist er auf eine noch eindeutigere Position.

Sie wird von Ronald Giere mit der Bezeichnung „perspektivischer Realismus“ als eine Variation des von Bas van Fraassen eingeführten konstruktiven Realismus in seinem Buch „Science without Laws“²³ vertreten. Für Giere geht es in der Wissenschaft nicht um Theorien, sondern um gute modellhafte Repräsentationen von Realsystemen. Das Ziel der Wissenschaft ist somit, eine Ähnlichkeitsrelation zwischen den Realsystemen und ihren Modellierungen herzustellen, die immer weiter verfeinert und korrigiert wird. Erst auf einer weit dahinter stehenden Ebene kommt die Theorie in einer sehr geringen Rolle zur Entfaltung. Sie bestimmt gewissermassen die grobe Familienähnlichkeit der Modellierungen, beziehungsweise bildet eine Oberfamilie zu Modellfamilien: „eine Familie von Familien von Modellen“²⁴. Damit sind sie nicht mehr die wissenschaftsdominanten Elemente, sondern nur noch heterogene Mengen, die teils aus Modellen, teils aus den Relationen zwischen Modellen bestehen. Die Technik spielt nun in dieser Vorstellung gleich eine zweifache Rolle. Zum einen werden natürlich die modellhaften Repräsentationen von Realsystemen durch den experimentellen Aufbau hergestellt, so dass sich hier erstmals im Rahmen einer wissenschaftstheoretischen Grundauffassung die direkte Möglichkeit einer Vermittlung zwischen Theorieelementen und technischer Praxis befindet (- die allerdings erst noch untersucht werden muss). Zum anderen sieht der konstruktive Realismus in bereits beherrschten Techniken im Umgang mit früher einmal bloß theoretisch bekannten Elementen einen Realitätsnachweis der damit verwendeten Vorstellungen. Nichts belegt eindeutiger die Existenz von beispielweise Elektronen als ein Raster-Elektronen-Mikroskop, es ist ein „verkörpertes Wissen“. Somit wird für Giere die Wissensrealität von der Wissenschaft durch die Technik modellhaft konstruiert. Die Konstruktionen sind dabei recht variabel. Sie müssen nicht „wahr“ sein, denn das kann eine Konstruktion nicht sein. Sie müssen nur auf die beste Art „passen“. Auch – und hier ist das perspektivische Element – können mehrere unterschiedliche Modellansichten ähnliche Realsysteme wiedergeben, ohne sich dabei direkt zu widersprechen.

21 Joseph Sneed: *The Logical Structure of Mathematical Physics*, Dordrecht 1971

22 Wolfgang Stegmüller: *Neue Wege der Wissenschaftsphilosophie*, Berlin u.a. 1980

23 Ronald N. Giere: *Science without laws*, Chicago 1999

24 Ebd., S. tba

Giere hat damit eine für die Technikwissenschaften recht passable Wissenschaftstheorie aufgestellt. Da die Ziel- und Kulminationspunkte der Technikwissenschaften konkrete technische Modelle sind, scheint eine Konstruktion von dieser Seite aus als eine sehr vielversprechende und für die Technikwissenschaften geradezu paradigmatische Angelegenheit. Man muß sicherlich noch ein wenig Reverse Engineering betreiben, dahingehend, dass die Wissensrealität von der Wissenschaft durch die Technik nicht nur erst konstruiert wird, sondern dass die Wissensrealität zum Teil auch bereits Technik ist und zu einem weiteren Teil sich auch ohne Wissenschaft konstituiert²⁵. Auch sind die gerade erwähnten Freiheitsgrade, dass Konstruktionen weder wahr noch exklusiv repräsentierend sein müssen, für eine Wiedergabe der speziellen Formen technischen Wissens überaus geeignet. Allerdings ist Gieres Vorstellung in mindestens einer Hinsicht doch zu radikal. Sein geforderter Verzicht auf Gesetze und auch auf Theorien als konstitutive Elemente fällt als zu stark aus. Selbst in den praxisorientierten Technikwissenschaften wird nämlich substantieller Gebrauch von beidem gemacht. Zwar sind die Vorstellungen von technischen Theorien und technischen Prinzipien grundlegend anders als die herkömmlich-naturwissenschaftlichen, aber sie erfüllen dennoch die gleichen, zentralen Funktionen der Systematisierung und Operationalisierung des Wissens. Dieses ist gerade ein Merkmal ihrer Wissenschaftlichkeit und weder kann, noch muss darauf verzichtet werden.

Dahingehend muss also Giere modifiziert werden und auch Lenk hält es aufgrund der völligen Theoriefeindlichkeit nicht bei Giere. Sein letzter Vorschlag ist ein eigener Kompromiß: sein schon seit einigen Jahren entwickelter Schemainterpretationismus (kein werbetechnisch besonders günstiger Name). Die Kernidee dieses Ansatzes liegt darin, dass man sich zwar die Welt als real vorstellt, sie aber dennoch immer in bestimmten Schemata interpretiert.

Diese Idee enthält zunächst das technologistische Element Gieres. Technologien prägen die wissenschaftlichen Erkenntnismöglichkeiten und das wissenschaftliche Erkenntnishandeln in entscheidendem Maße mit. Nicht nur insofern, als dass die je genuin experimentelle Realisierung eines Modells ihre eigenen Maßstäbe in sich trägt, auch die erwähnte bereits Verwendung schon bekannter Bauteile impliziert ihrerseits Rahmenbedingungen des Wissens.

Ergänzt wird diese Auffassung durch die Ansicht, dass Schema-Interpretationen zudem in theoriebildenden Handlungszusammenhängen stehen. Ein Beispiel dafür, wie das funktionieren soll, ist etwa das Programmieren. Darin wird das Wissen über die Muster des strukturierend-manipulierenden Entwurfshandelns stark handlungsförmig mitgebildet. Geradezu paradigmatisch ist der Go-To-Befehl. Die gesamte Programmiersprache ist so wesentlich keine theoretisch-wissenschaftlich, nach logisch-deduktiven Mustern gebildete Sprache wie die der Physik, sondern eine Sprache, deren Kern durch Handlungsaufforderungen konstituiert ist. Auf diese und ähnliche Weise sieht Lenk alle Wissenschaftssprachen und somit die Theorien gebildet. In diesem „neuen Experimentalismus“, wie Lenk ihn nennt, können nun die Giereschen Radikalitäten umgangen werden. Begriffe von kognitiven und intendierten Modellen und Theorien können unter Bezug auf Handlungen, also mittels der menschlichen Operationen auf die Experimentiertechnik, wieder Eingang finden. Ein so vervollständigtes Bild von Wissenschaftstheorie bietet sich damit nach Lenk ideal für die Technikwissenschaften an, denn damit „kann der Theoretiker seine Methodologie oder metamethodische Zusammenstellung von (operativen) Prinzipien der Entwürfe und Konzepte unabhängig von absoluten Wahrheitsansprüchen auf Güteanpassungen, Funktionsentsprechungen und auf die Optimierung (oder das „satisficing“) von plurifunktionalen Bedingungen beziehen, wie sie typisch für Konstruktionsaufgaben (auch für theoretische) sind“²⁶.

Damit hat Lenk sicherlich eine im Vergleich zu ihren Vorgängern bereits bessere Version einer Wissenschaftstheorie der Technikwissenschaften geschaffen. Allerdings hat der völlig Verzicht auf

25 Ich habe dazu an anderen Orten bereits argumentiert, dass gewisse Produktformen technischen Handelns wie etwa Prototypen oder Blaupausen nicht als handlungstheoretische, materiale Waren zu behandeln sind, sondern als epistemische Elemente, insofern, als dass sie viel wesentlicher ein Wissen repräsentieren als einen Gebrauchsgegenstand.

26 Hans Lenk: a.a.O., S. tba

kognitive, klassisch epistemische Elemente zugunsten der diese veräussernden Handlungen auch einige eher konterintuitive Konsequenzen in der Anschauung: Wissenssysteme sind einfach keine Systeme von Handlungsanweisungen. Man kann sie sicherlich so umdeuten, aber das scheint eine sehr gekünstelte Umdeutung zu sein, die sich weder mit dem Selbst-, noch mit dem intuitiven Alltagsverständnis von wissenschaftlichem Wissen deckt und so doch zumindest noch berechtigten Bedarf an plausibleren Argumentationen weckt. Eine Kritik wäre dabei zum Teil auch deckungsgleich mit einer Kritik an der Einstufung der Technikwissenschaften als Handlungswissenschaften, die weiter unten genauer geführt werden soll, wenn auch hier natürlich der Rahmen von Lenk ungleich größer intendiert ist.

Es sollen einige Resultate aus dieser ersten Diskussion festgehalten werden. Es hat sich gezeigt, dass die spezifische Gestalt und Vielfalt technischen Wissens eine Repräsentation desselben durch traditionelle Wissenschaftstheorie-Auffassung unmöglich macht. Weder können sie das technische Wissen überhaupt vollständig und adäquat in dessen handlungsbezogener und technologischer Praxisnähe aufnehmen, noch würde es ihren Gütekriterien standhalten. Da es aber dennoch in der dargestellten Form als faktisches, wissenschaftliches und erfolgreich anwendbares Wissen existiert, müssen die traditionalistischen Bilder von der kritisch-rationalen Prägung bis hin zu vermittelnden, wie etwa dem strukturalistischen, zurückgewiesen werden.

Ihre charakteristischen Mängel werden von hingegen von den Experimentalisten, Modellkonstruktivisten und konstruktiven Realisten kompensiert, die in Giere vorgestellt wurden. Hier allerdings erweist sich die Ausrichtung bald als gegenteilig zu einseitig, indem die faktisch ebenso vorhandenen Theorie- und Gesetzelemente ebenso wenig wie relevante Handlungsstrukturen Eingang finden können. Eine vermittelnde Position wird dagegen vom Schemainterpretationismus (auch Interpretationismus) von Hans Lenk eingenommen. Er möchte mittels einer Einführung des wissenschaftlichen Handelns kognitive und intendierte Modelle und Theorien einführen. Allerdings bleibt dabei nicht nur aufgrund der noch unausgearbeiteten Gestalt der Handlungstheorie zweifelhaft, wie das technisch sauber gelingen soll, es zieht auch in dem Bild einer nur noch Handlungsanweisungen produzierenden Wissenschaft konterintuitive Konsequenzen nach sich.

Eine Position, die damit aus einer grundlegenden Sicht alle faktischen Aspekte der verschiedenen Wissenschaften vereint oder auch nur für die Technikwissenschaften volle intuitive Gültigkeit beanspruchen kann, bleibt damit vorerst als eine noch zu unternehmende Aufgabe stehen. Als grundlegendes Problem bei der bisherigen Gestaltung kann dabei auch eine möglicherweise zu einseitig generalistische, philosophische Intention einer Grundlegung angedeutet werden.

Wissenschaftstheorie-Entwürfe haben aus Gründen innerer Konsistenz, auf die weiter unten eingegangen werden soll, vermutlich bessere Erfolgschancen, wenn sie auch auf der Basis der je einzelwissenschaftlichen Intentionen verfolgt werden, die durchaus unterschiedlich und heterogen ausfallen. Dies würde aber zumindest als Zwischenschritt eine weitere Lokalisierung der Wissenschaftstheorie in Abkehr von universalistischen Ideen einer Allgemeinen Wissenschaftstheorie bedeuten.

Nach dieser ersten Erörterung eher grundlegender Art soll nun ein weiteres Beispiel folgen, das auf die *Wissensbildung* abhebt.

Eine an mehreren Stellen geführte Diskussion ist die um das abduktive Schliessen als Schlussweise des Problemlösens. Es handelt sich beim abduktiven Schliessen um eine alogische Schlussform, die vom Resultat ausgeht und über gegebene Regeln auf einen gegebenen, gewissermassen ursächlichen Fall rückschliesst. Vereinfacht gesprochen wird vom Konsequens und einer Subjunktion auf die Antecedens-Bedingungen geschlossen. Klassischer Vertreter dieser Schlussform ist Sir Arthur Conan Doyles Sherlock Holmes. In immer verfeinerten Schlussformen schliesst er vom Resultat (zum Beispiel einem Mord mit einer Reihe von Hinweisen wie etwa einer bestimmten Art Kohle in einem Schuhabdruck) über Regelmäßigkeiten (zum Beispiel „alle Kohle mit der Zusammensetzung xyz kommt nur im Hafenviertel vor“) auf den damit zu unterstellenden Fall („der Mörder kommt

aus dem Hafenviertel“) - der klassische Indizienbeweis. Für die moderne Philosophie wurde das abduktive Schliessen erst von Peirce²⁷ wiederentdeckt. Spätestens seit Poppers Idee, dass Leben (und Wissenschaft) letztlich Problemlösen²⁸ wäre, ist diese Diskussion auch Bestandteil der Wissenschaftstheorie. Man hat derartiges Schliessen auch in vielen wissenschaftlichen Prozessen vor allem des Forschens und Entwickelns gefunden, wo es inzwischen nachhaltig einen alogischen Charakter der Forschung beweist. Es erfährt aber in der wissenschaftstheoretischen Behandlung der Technikwissenschaften eine besondere Aktualität. Das technische Entwurfshandeln, wie es in den Wissensformen der Produktentwicklung epistemisch zutage getreten ist, ist nämlich weitgehend ein solches Schliessen. Aus der Perspektive, dass damit auch ein Teil der Genese technischen Wissens beschrieben wird, hat Christoph Hubig das abduktive Schliessen genau untersucht²⁹.

Abduktion wird bei Hubig zunächst als alogischer Übergang von einem als gegeben erachteten Resultat oder Befund auf einen zu unterstellenden Fall unter einer vorläufig als gültig erachteten Regel betrachtet. Paradigmatisch ist dafür eben die Wissensgenese in der Entwurfsituation. Man verfügt über eine technische Zielvorstellung und über ein Wissen von anwendbaren technischen Prinzipien. Die konkrete Kombination der Prinzipien unter Zuhilfenahme weiteren Sachwissens schliesslich als die Problemlösung ist der Fall. Die Abduktion ist damit verschieden von der Deduktion, die als Erklärung oder Prognose von der Regel über den Fall auf das Resultat schliesst und von der Induktion, die vom Resultat und dem als gegeben erachteten Fall (und von deren Regelmässigkeit) auf die Regel schliesst.

Mit dieser ersten Beschreibung ist allerdings das Spektrum der Abduktionen nicht erschöpft. Indem man zum Beispiel fragt, was je als „Fall“ in Frage kommt, erreicht man bereits unterschiedliche *Felder* des Abduzierens. Man differenziert hier im Grunde unterschiedliche Typen von Antezedensbedingungen. So kann der Fall etwa eine Wahrnehmung, ein Reizmuster sein, das einem in einer Regel angegebenen Reizmuster entspricht. Hat man etwa die Regel „Merkmal X zeigt sich der DNA-Sequenzierungsmethode B als weisser Streifen“, und man sieht unter dem Mikroskop unter den entsprechenden Umständen einen weissen Streifen, so darf man – gemäß der geteilten Verabredung – auf das Merkmal X schliessen. Damit sind *Wahrnehmungsabduktionen* begründet. Auch trifft man auf abduktive Schlüsse bei Übergängen von elementaren Begriffen auf einen Gattungsbegriffe. Dieser, bereits von Aristoteles als *Apagoge* (bei Hubig: *Begriffsabduktion*) bezeichnete Schluss nutzt ein als adäquat erachtetes Klassifikationssystem als Regel und lässt damit von elementaren Begriffen auf Gattungsbegriffe als Fall schliessen.

In einem dritten Abduktionsfeld schliesslich findet man den Indizienbeweis des Detektivs. Der Fall kann da ein ganzer Komplex von Ursachen werden und die darauf erfolgende von den Indizien und den sie mit dem Fall verbindenden Regularitäten ausgehende Abduktion heisst Kausalabduktion. Schliesslich gibt es noch ein viertes und letztes Abduktionsfeld, das sich auf Anerkennungsakte bezieht. Hier sind die Resultate „Selbstverständlichkeiten“, die unter bestimmten Standards der Kontinuität gelten und die durch eine Konfliktsituation nach ihrer Rechtfertigung befragt werden. Erst durch die Befragung kommen dann die Präsuppositionen heraus, auf denen stillschweigend gehandelt wurde. Ein Beispiel wäre gutes Benehmen bei Tisch als Resultat, das etwa von Kindern in seiner Strenge immer wieder theoretisch und praktisch hinterfragt wird. Erziehungsverpflichtete werden dann unter Hinweis auf die Kontinuität, dass man das ganz allgemein für höflich erachte, den Kindern den abduktiven Schluss auf die allgemeine Etikette als neuen Gegenstand der Rebellion ermöglichen.

Nachdem damit eine erste, nach Hubig: grobe Verortung der Felder des Abduzierens hingestellt ist, wendet sich Hubig einer weitergehenden Klassifikation von *Typen* des Abduzierens zu, die den Schlusstyp über die anfangs erwähnte Form hinaus ausdehnen.

27 Siehe etwa: Edward Moore (Hg.): *Charles S. Peirce and the Philosophy of Science : Papers from the Harvard Sesquicentennial Congress*, Tuscaloosa (Ala.) 1993

28 Karl Popper: *Alles Leben ist Problemlösen: über Erkenntnis, Geschichte und Politik*, München 1994

29 Christoph Hubig: *„Abduktion als Strategie des Problemlösens“*, in: Gerhard Banse, Günther Ropohl: *Wissenskonzepte für die Ingenieurspraxis*, Düsseldorf: VDI 2004 (VDI-Report 35)

Der klassische, in der intuitiven Form oben dargestellte Abduktionstyp von einem Resultat mithilfe einer gegebenen Regel auf einen gegebenen Fall stellt, nach Peirce, einen Typ „abduktiver Induktion“ dar. Sein Gegenstand ist der Fall. Hiervon kann man aber nun weitere Formen unterscheiden, je nachdem, worauf geschlossen wird, was der Gegenstand des Schlusses sein soll. Als erste mögliche Unterscheidung nennt Hubig dabei den abduktiven Schluss auf die *Einschlägigkeit* einer in Anspruch zu nehmenden Regel. Derartige, von Peirce „hypostatische Abstraktionen“ genannte Schlüsse erscheinen dann, wenn ein Resultat unter verschiedenen, miteinander konkurrierenden möglichen Regeln fassbar wird und also eine Auswahl zwischen ihnen getroffen werden muss.

Ein weiterer Abduktionstyp wird durch den „Schluss auf die beste Erklärung“ gebildet. Dieser Abduktionstyp ist ein höherstufiger Typ, der bereits unternommene Abduktionen vom ersten, klassischen Typ voraussetzt und von diesen aus für eine Reihe gegebener Resultate in einem Zug eine gesamte Erklärung ausbildet. Ein Beispiel wäre hier ein Schluss von mehreren Wahrnehmungsabduktionen in einer Mikroskopie verschiedener Bakterienstämme auf ein bestimmtes, diese Fälle gemeinsam durchziehendes Ereignis – ein klassischer Schluss in einer Forschung. Aufgrund des kreativen Anteils, der diesen Schlüssen innewohnt, wurden sie von Eco als „kreative Abduktionen“ bezeichnet.

Ebenfalls höherstufig und damit verbunden tritt ein vierter und letzter Abduktionstyp auf: der abduktive Schluss auf die beste Erklärungsstrategie. Hier werden in wiederum für die Wissenschaft und Technik typischen Prozessen auf Metaebenen Unterstellungen darüber angestellt, was für Forschungs- und Entwicklungsstrategien in erfolgreichen Projekten eingesetzt wurden beziehungsweise eingesetzt werden können.

Setzt man nun diese verschiedenen Abduktionstypen in Relation zu den vorher erwähnten Abduktionsfeldern, so ergibt sich folgende Topik.

	<i>Wahrnehmungs-abduktionen</i>	<i>Begriffs-abduktionen</i>	<i>Kausal-abduktionen</i>	<i>Präsuppositions-abduktionen</i>
<i>Schluss auf den Fall</i>	Wahrnehmungsgegenstand	Klassenbildende Merkmale	Ursache	Mittel/ bewährte Instrumente
<i>Schluss auf die Regel</i>	Wahrnehmungsregel/ Schema	Klasse/ Begriffsintension	Gesetzesartige Zusammenhänge	Techniken als zielführend
<i>Schluss auf die beste Erklärung</i>	Wahrnehmungs-erklärung	Inferenz, Subsumptionsregel	Theorien	Wissenschaft, Technologien
<i>Schluss auf die beste Erkl.strategie</i>	Wahrnehmungsstrategie	Klassifikations-system	Paradigmen	Leitbilder des Weltbezugs

Hubig fährt dann fort, indem er die in dieser Topik gewonnenen Fälle in der Technik aufweist. Der Nachweis gelingt ihm dabei für alle Fälle, es sollen aber hier nur ein paar Beispiele kurz angedeutet werden, wobei auf ihre Rolle bei der Lösung von Problemen der Darstellung technischen Wissens verwiesen werden soll.

Aus dem Abduktionstyp des Schlusses auf den Fall zum Beispiel nennt der zunächst als Wahrnehmungsabduktion auf den Fall das typische Ingenieurverhalten, an Geräten mittels taktiler, auditiver und visueller Daten etwa auf bestimmte mechanische Fehler oder Eigenschaften zu schliessen. Derartiges Verhalten stellt oft einen wesentlichen Schritt bei Problemlösungsstrategien dar, würde aber in den getroffenen Klassifikationen weitgehend unter implizites Wissen fallen. Die Darstellungsweise der Abduktion könnte hier in einer Pragmatik des abduktiven Schliessens etwa dabei helfen, diese Prozesse aufzuhellen und sie dem wissenschaftlichen Handeln expliziter zugänglich zu machen. Ebenfalls im Rahmen dieses Abduktionstyps findet sich als zentrales

Element technischen Handelns die Kausalabduktion. Nicht nur wird im technischen Erfinden und Entwerfen wesentlich kausal abduziert, auch das technische Testverfahren nutzt diese Schlussform, indem unter Voraussetzung von technischen Verhaltensregularitäten und bestimmten Testresultaten auf Voraussetzungen in Material und Konstruktion geschlossen wird. Da diese Prozesse in der Technik und den Technikwissenschaften zum einen als äusserst fundamental einzuschätzen sind, zum anderen aber verhältnismässig gering theoretisch erfasst sind, kann hier eine Untersuchung mittels der Abduktion die unterliegenden epistemischen Strukturen einer epistemologischen Untersuchung öffnen. Dies ist besonders vielversprechend im Hinblick auf eine Erhellung des Verhältnisses von Theorieanteilen zu „intuitivem“ Verhalten, das in der Vergangenheit immer wieder thematisiert wurde.

Neben dem ersten Abduktionstyp lassen sich aber auch die anderen Typen eindrucksvoll in der Technik aufweisen. So ist zum Beispiel die hypostatische Abstraktion sowohl im Feld der Begriffsabduktion als auch in dem der Kausalabduktion relevant. Im Bereich der Begriffsabduktion etwa wird hier auf Anpassungs- und Variantenkonstruktionen hingewiesen, in denen bestimmte Begriffe, die technische Effekte identifiziert haben, per se in Frage gestellt werden, da ihr Anwendungsbereich verändert wird und sie entsprechend intensional selbst geändert werden müssten. Kausalabduktionen dieses Abduktionstyps findet man häufig ebenfalls im Entwicklungshandeln, wenn etwa verschiedene technische Prinzipien ein gestelltes technisches Problem lösen könnten. In diesen Fällen muss zwischen der Anwendung von verschiedenen Regeln als letztlich einschlägig befunden werden – ein sicherlich ebenfalls fundamentaler Prozess in der Technik. Und auch hier lässt sich damit die wissenschaftstheoretische Untersuchung mithilfe der Abduktion einführen, die in der Analyse Argumentformen und -elemente unmittelbar einsichtig macht.

Damit soll es vorerst genug sein mit den Beispielen. Die Einführung der Abduktion als Mittel der Analyse in eine Wissenschaftstheorie der Technikwissenschaften erscheint äusserst vielversprechend. Besonders in Entwicklungs-, Variations- und Testsituationen – alles Situationen der technischen Wissensgenese – ist sie geeignet, die epistemischen Strukturen der Prozesse durch ihre Schlussformen aufzudecken und der wissenschaftsepistemologischen Untersuchung zugänglich zu machen. Mit ihrer Hilfe können nicht nur neue Kontexte der Entdeckung auf systematische Weise erschlossen werden. Es bieten sich darüber hinaus unter der Voraussetzung eines Entwurfs einer Pragmatik der Abduktion auch Möglichkeiten, „weiche“ Begründungsverfahren (im Sinne von Optimierungsempfehlungen) für technisches Wissen und dessen Genese zu entwerfen. Damit ist ein in vielen technischen Phasen applizierbarer normativer wissenschaftstheoretischer Eingang in die Technikwissenschaften ermöglicht. Trotz der hohen Attraktivität der Abduktion ist aber auf Hürden hinzuweisen, die vor einer Anwendung genommen werden müssen. Zum einen ist da der bereits mehrfach erwähnte Umstand, dass es keine verbindliche Pragmatik der Abduktion gibt, zum anderen sind viele der jetzt beispielhaft dargestellten Prozesse in Wirklichkeit hochkomplex und iterativ, womit also der Abduktion auch noch eine erhebliche technische Flexibilität angeeignet werden muss. Erst dann kann sie als wirklich effektives und aufklärendes Analyseinstrument eingesetzt werden.

Probleme des Entwurfs einer Wissenschaftstheorie der Technikwissenschaften

Hat man bis hierhin aufgeweckt mitgelesen und die Worte der Einführung, die These von den mehrfachen Lokalisierungen noch im Hinterkopf, dann sollte einem beim Übergang von der Beschreibung der Technikwissenschaften zur Skizze der beiden wissenschaftstheoretischen Behandlungen etwas aufgefallen sein. Das Schema nämlich, sich in den wissenschaftstheoretischen Behandlungen zunächst an den wissenschaftlichen Absichten der zu untersuchenden Disziplin zu orientieren, wurde nicht eingehalten. Vielmehr wurden partikuläre Vorstösse präsentiert, die sich an klassisch wissenschaftstheoretisch ausgesuchten Strukturmerkmalen orientiert haben. Das war nun nicht etwa schlecht ausgewählt. Es handelt sich dabei eher um eines der grundlegenden Probleme der derzeitigen Gründungsphase dieser speziellen Wissenschaftstheorie: ein genaues Bild der

Absichten der Technikwissenschaften fehlt.

Die meisten der gegenwärtigen Entwürfe beschäftigen sich so zum Beispiel sehr intensiv mit dem Ingenieur als „Gegenstand“ der Technikwissenschaften, seinem Wissen und dessen Kontexten und entwerfen somit ein stark handlungstheoretisch geprägtes Bild von den Technikwissenschaften, in denen es entsprechend nur noch darum geht, „Handlungsanweisungen“ zu generieren. Diese Problematik war in der Diskussion um die wissenschaftstheoretische Grundlegung der Technikwissenschaften anzutreffen, in der sich Hans Lenk ja durchaus auf den Standpunkt gestellt hat, die Wissenschaftstheorie müsse sich grundlegend handlungstheoretisch neuorientieren. Wie ich aber auch schon an der betreffenden Stelle erwähnte, scheinen mir derartige Ideen intuitiv fehlzugehen. Das Ingenieurshandeln ist so viel und so wenig Bestandteil der Technikwissenschaften wie ein Landarzt Gegenstand der medizinischen Forschung ist oder ein Kaufmann Gegenstand der Wirtschaftswissenschaften.

Andere Entwürfe wiederum sehen die Produktion von Artefakten als die Aufgabe der Technikwissenschaften und gehen dort ebenso intuitiv fehl. Technikwissenschaftliche Fakultäten sind erstens keine Fabriken, bei denen etwas Materielles vom Fließband läuft, zweitens geht auch der Objektbezug im abstrakteren Sinne fehl, wie die Wissensformen gezeigt haben, die ja durchaus heterogen auch kulturelles, soziologisches und naturwissenschaftliches Wissen einbeziehen. Sicher sind die vorgebrachten Blickwinkel nicht völlig falsch. Aber sie scheinen mir falsch zu gewichten. Mein Standpunkt wäre hier eher eine Hauptgewichtung auf der Wissensproduktion für die *Technikwissenschaften*. Hier könnte man einen operational relativierten Wahrheitsbegriff einführen wie er sich etwa auch für praktische Syllogismen einführen lässt und von diesem aus mit epistemologischen Analysen beginnen. Wenn man sich Technikwissenschaften nach ihren Zielerklärungen, ihren Forschungsprogrammen, Dissertationen, Abschlussarbeiten und auch nach ihrer Lehre ansieht³⁰, so zeigt sich dort nämlich deutlich, dass es nicht um die Produktion von Handlungsanweisungen oder sogar von Artefakten geht. Man produziert Wissen. Es ist ein Wissen um Artefakte, manchmal auch darüber, wie gewisse Handlungen auszuführen sind, manchmal geht es auch konkret um Ingenieure (etwa darüber, wie sie sich vor radioaktivem Material schützen), aber es ist immer ein Wissen. Das *leitende* Interesse ist also epistemisch, auch wenn es eine grundlegende Praxisorientierung im Hinblick auf Ingenieurshandeln und Artefakte hat. Natürlich will ich das auch noch nicht so proklamieren, denn ich würde mich meines eigenen Vorwurfes schuldig machen. Die Technikwissenschaften bedürfen eben erst noch einer genauen Erörterung ihrer Grundlagen. Der Wissensaspekt ist dabei ein Hintergrund, vor dem leider noch zu wenig reflektiert wird.

Erst wenn man diese grundlegenden Aspekte geklärt hat, im Zusammengang mit den zu treffenden Unterscheidungen zwischen Technikwissenschaften und Ingenieurshandeln, zwischen Technik und Technologie und zwischen Technikwissenschaften und anderen Wissenschaften, kann man sich den wissenschaftstheoretischen Fragen zuwenden. Denn nur dann kennt man auch seinen Problembereich und dessen problematischen Hintergrund genau.

So gehen angesichts der Unkenntnis der Grundlagen auch schon die Meinungen über die normativen und die deskriptiven Aufgaben einer Wissenschaftstheorie der Technikwissenschaften in einer recht undifferenzierten und schlecht nachvollziehbaren Weise auseinander. Während der Favorit der Handlungsanweisungen wie Lenk alles epistemische Wissen in Handlungen umformbar wissen will, entsprechend mit der Übersetzung von Wissen in Handlung beschäftigt ist und die normativen Aufgaben etwa in einer Präzisierung der praktischen Syllogismen sieht, hat wiederum jemand mit einem Fokus auf Artefakte stärker modellkonstruktivistische oder experimentalistische Vorstellungen von der Arbeitsweise der Technikwissenschaften und will eben die Handlungen als Modellteile begreifen und normativ ausformen.

Auch in den weniger grundlegenden vorhandenen Einzelentwürfen zeigen sich so entsprechend Unsicherheiten. So ist Hubigs Behandlung der Abduktion als alogische Schlussform einiger

³⁰ Ich habe zu diesem Zweck diverse Jahresberichte unterschiedlichster technischer Fakultäten, Dissertationen, Forschungsprogramme und Evaluationen angesehen.

technischer Prozesse sicherlich in ihren konkreten Beispiele richtig, nachvollziehbar und wissenschaftsanalytisch wertvoll. Aber es kommt ihr keine systematisierende Kraft zu, die das Problem als Teil eines Gesamtproblems, eines globalen Zusammenhangs aufweist. So wirkt sie partikular, vereinzelt und raumlos, dient vielleicht einer Effizienzsteigerung der Technikwissenschaften oder einer Aufklärung. Aber die gesamte Behandlung ist einfach nicht verortet. Nun könnte man sich natürlich gewohnheitsmässig darüber hinweg trösten, indem man dies als eigene Unkenntnis oder einfach noch nicht unternommen empfindet. Aber das Problem reicht tiefer: die Behandlung kann in ihrer Partikularität gar nicht sinnvoll verortet werden. Als Frage gewendet: Die Untersuchung der Technikwissenschaften mithilfe der Abduktion ist schön und birgt ihre Einsichten, aber wozu dient sie *philosophisch*? Welche philosophischen Probleme adressiert sie also?

Die dahinter liegende Frage ist eben diejenige danach, warum überhaupt eine Wissenschaftstheorie der Technikwissenschaften stattfinden sollte. Und um eben diese Frage sicher beantworten zu können, bedarf es der präliminativen genaueren Erörterung der wissenschaftlichen Intentionen der Technikwissenschaften. Ohne diese unternommen zu haben sind alle bisherigen Untersuchungen merkbar haltlos, da sich eben erst dort und von dort aus wissenschaftstheoretische Grundfragen finden lassen. Eine wichtige Aufgabe für die Zukunft dieser Untersuchungsrichtung.

Werden entsprechende Grundlagen erst die systematische Problematisierung der Technikwissenschaften ermöglichen, ist absehbar, dass man hier bedeutende Einblicke nicht nur in das Phänomen der Technik, sondern auch in das Unternehmen Wissenschaft gewinnen wird.

Literaturempfehlungen

Für einen exzellenten State-of-the-Art-Überblick zur **Technikphilosophie** allgemein siehe:

- *Robert C. Scharff (Hg): Philosophy of Technology: the Technological Condition; a Blackwell anthology, Oxford : Blackwell 2003*

In die Probleme der **Wissenschaftstheorie der Technikwissenschaften** führt vor allem der folgende VDI-Band ein:

- *Gerhard Banse, Günther Ropohl: Wissenskonzepte für die Ingenieurspraxis, Düsseldorf: VDI 2004 (VDI-Report 35)*

Für einen Ein- und Überblick zu den „**S&T**“ (**Science and Technology**) **Studies** siehe:

- *Sergio Sismondo: An Introduction to Science and Technology Studies, Oxford: Blackwell 2004*

Als empfehlenswerte Bücher zur **Wissenschaftstheorie** gibt es einmal das folgende Buch, das vor allem auf die skizzierte Entwicklung der Wissenschaftstheorie eingeht:

- *Klee, Robert: Introduction to the Philosophy of Science, Oxford: Oxford University Press 1997*

Ein weiteres gutes Buch mit eher wissenschaftsepistemologischem Zugang gibt es umsonst online von *Gerhard Schurz* unter:

- <http://thphil.phil-fak.uni-duesseldorf.de/index.php/filemanager/download/145/AllgWth.pdf> (Zugriff: 2.7.2005)

Nicht zuletzt bleibt noch das **Periodikum der Technikphilosophie „Techné“** zu erwähnen, das hervorragende Artikel zu allen Thematiken bereit hält. Es ist ebenfalls in allen Ausgaben umsonst online verfügbar unter:

- <http://scholar.lib.vt.edu/ejournals/SPT/spt.html>

Literatur

- *Hans Reichenbach*: Der Aufstieg der wissenschaftlichen Philosophie, Berlin: Herbig 1951
- *Christoph Hubig (Hg)*: Konsequenzen kritischer Wissenschaftstheorie, Berlin: De Gruyter 1978
- *Phillip Kitcher*: Scientific Explanation, Minneapolis: University of Minnesota Press 1989 (Minnesota Studies in the Philosophy of Science; 13)
- *Christoph Hubig*: Nicht-explizites Wissen: Noch mehr von der Natur lernen, Stuttgart 2000
- *Sergio Sismondo*: An Introduction to Science and Technology Studies, Oxford: Blackwell 2004
- *Helmut Seiffert, Gerard Radnitzky (Hg.)*: Handlexikon zur Wissenschaftstheorie, München: DTV Wissenschaft 1994
- *Nancy Cartwright*: „Causation: One Word, Many Things“ unter: <http://www.lse.ac.uk/collections/CPNSS/pdf/pdfcaus/oneWordManyThings.pdf> (Zugriff 25.6.2005)
- *Nancy Cartwright*: The Dappled World: A Study of the Boundaries of Science, Cambridge: Cambridge University Press 1999
- *Gerhard Banse, Günther Ropohl*: Wissenskonzepte für die Ingenieurspraxis, Düsseldorf: VDI 2004 (VDI-Report 35)
- *Günther Ropohl*: Allgemeine Technologie: Eine Systemtheorie der Technik, München/ Wien 1979
- *Udo Lindemann*: Methodische Entwicklung technischer Produkte, Berlin: Springer 2004
- *Jens Gramann*: Problemmodelle und Bionik als Methode, München 2004
- *Michael Polanyi*: Implizites Wissen, Frankfurt am Main 1985
- *Imre Lakatos, A. Musgrave*: Criticism and the Growth of Knowledge, Cambridge 1970
- *Joseph Sneed*: The Logical Structure of Mathematical Physics, Dordrecht 1971
- *Wolfgang Stegmüller*: Neue Wege der Wissenschaftsphilosophie, Berlin u.a. 1980
- *Ronald N. Giere*: Science without laws, Chicago: The University of Chicago Press 1999
- *Edward Moore (Hg.)*: Charles S. Peirce and the philosophy of science : papers from the Harvard Sesquicentennial Congress, Tuscaloosa, Ala.: Univ. of Alabama Press 1993
- *Karl Popper*: Alles Leben ist Problemlösen : über Erkenntnis, Geschichte und Politik, München: Piper 1994
- *Techné* – Periodikum der Society for Philosophy of Technology (SPT) unter: <http://scholar.lib.vt.edu/ejournals/SPT/spt.html> (Zugriff 2.7.2005)