

2. Problemtypen in den Technikwissenschaften

Problemsituationen und Probleme sind Gebilde, die nur in der gesellschaftlichen Tätigkeit auftreten. In allen Fällen, in denen die gegebenen Bedingungen – darunter auch der vorliegende Wissensstand – nicht ausreichen, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen, wird von Problemsituationen und entsprechend formulierten Problemen gesprochen. Jedem Problem geht eine Problemsituation voraus, die objektiver Art ist. Das gilt auch für Problemsituationen in der Forschung, da sie unabhängig davon existieren, ob sich der Forscher der Diskrepanz zwischen dem bei Beginn des Erkennens bereits vorhandenen Wissensstand einerseits und dem zur Zielerreichung benötigtem Wissensniveau andererseits bewußt oder nicht bewußt ist. Wird er sich dieser Diskrepanz bewußt, dann hat er bezüglich der objektiv vorhandenen Problemsituation ein Problem-bewußtsein erlangt.

Das Bewußtsein einer Problemsituation, ihr Erleben, Erkennen und Bewerten sind umfassender als ideell gesetzte Ziele, denn es bildet Zusammenhänge zwischen gesetzten Zielen und gegebenen Bedingungen zur Zielerreichung in besonderer Form ab. Von besonderer Bedeutung für die wissenschaftliche Arbeit sind die Formen des Problembewußtseins, die rationale Gebilde sind und sprachlich repräsentiert werden können. In diesem Sinne wird im folgenden unter Problem ein gedankliches Gebilde verstanden, das die für Problemsituationen charakteristischen Zusammenhänge zwischen Zielen und Bedingungen ihrer Erreichung abbildet und in einem sprachlich repräsentierten und damit reproduzierbaren Satzsystem ausdrückt. Seiner gedanklichen Struktur entsprechend stellt jedes Problem ein System von Aussagen und Fragen dar, das bezogen auf ein gesetztes Ziel sowohl bereits vorhandenes Wissen, das Bedingungen der Zielerreichung bestimmt, als auch Fragen enthält, die Wissenslücken über Bedingungen der Zielerreichung fixieren, wobei kein Algorithmus bekannt ist, durch den der festgestellte Wissensmangel in einer endlichen Zahl von Schritten beseitigt werden kann [2.1]. Problemlösendes Erkennen erfordert in jedem Fall die Gewinnung von Wissen, und zwar so lange, bis die im Problem enthaltenen Fragen so weit beantwortet sind, daß sich das ursprünglich gestellte System von Fragen und Aussagen in ein System nur von Aussagen auflöst. Wissenschaftliches Problemlösen ist stets Gewinnen von neuem Wissen in dem Sinne, daß Wissen, das bei der ursprünglichen Problemformulierung vorlag, zu einem erweiterten Wissen geführt wird, welches das ursprünglich gestellte Problem als aufgelöst zu betrachten gestattet.

In diesem Sinne wird zwischen einerseits bekannten und gelösten und andererseits bekannten und ungelösten Problemen unterschieden. Tätigkeiten können je nachdem, ob ihr Ziel die praktische Veränderung der Wirklichkeit oder die Gewinnung von Erkenntnissen über die Wirklichkeit ist, in praktische Tätigkeiten und Erkennen unterschieden werden, wobei die praktischen Tätigkeiten Grundlage des Erkennens sind, worauf F. Engels verwiesen hat: „Naturwissenschaft wie Philosophie haben den Einfluß der Tätigkeit des Menschen auf sein Denken ganz vernachlässigt, sie kennen nur Natur einerseits, Gedanken andererseits. Aber grade die Veränderung der Natur durch den Menschen, nicht die Natur als solche

allein ist die wesentlichste und nächste Grundlage des menschlichen Denkens." [2.2; S.498]

Wird unter Technik die Gesamtheit der vom Menschen als Mittel zur Erreichung von Zielen eingesetzten (bzw. einsetzbaren) und eigens dazu umgeformten Naturscheinungen verstanden (vgl. Abschn.1.2.), dann können technische und technikwissenschaftliche Probleme unterschieden werden.

Das gesellschaftliche Bedürfnis, technikwissenschaftliche Probleme zu formulieren, entsteht in vielgestaltiger Weise in dem Maß, wie Problemsituationen in der technischen Tätigkeit auftreten und entsprechende technische Probleme formuliert werden, in denen zum Ausdruck kommt, daß zur Erreichung eines technischen Ziels Wissen benötigt wird, das nicht bereits vorhandenen Wissensspeichern entnommen werden kann, sondern gewonnen werden muß.

2.1. Problemlösendes Denken und Technikwissenschaften

In zunehmendem Maße beeinflussen Technik und Technikwissenschaften alle Bereiche des gesellschaftlichen Lebens. Mit fortschreitender Automatisierung tritt der Mensch immer mehr aus dem unmittelbaren Fertigungsprozeß materieller Güter heraus und bereitet diesen Prozeß als Entwickler von Verfahren, als Konstrukteur oder als Technologe vor. Er entwickelt, betreibt und kontrolliert Maschinen und Maschinensysteme, hält diese instand und bringt so in die technische Tätigkeit in immer umfangreicherem Maße geistig schöpferische Potenzen ein. Der gegenwärtige Anteil der technischen Vorbereitung von etwa vierzig Prozent gegenüber sechzig Prozent in der Fertigung materieller Güter beginnt sich in den achtziger Jahren angesichts des Fortschritts auf dem Gebiet der Robotertechnik umzukehren. Zur Jahrhundertwende kann sich der Anteil fertigungsvorbereitender Tätigkeiten auf mindestens siebenzig Prozent erhöhen.

Technische Tätigkeiten führen zu technischen Problemen, die je nach Systemgröße offensichtlich dann auftreten, wenn das technische Wissen nicht ausreicht, um ein bestimmtes Ziel technischer Tätigkeit zu erreichen. Aufgaben liegen dann vor, wenn die Methoden und Verfahren zur Erreichung technischer Zielstellungen eindeutig bekannt sind. Während die im Problem enthaltenen Aussagen nicht alle Bedingungen angeben, die zur Zielerreichung notwendig sind, erfassen die in Aufgaben enthaltenen Aussagen alle Bedingungen zur Zielerreichung. Der Vollständigkeitsgrad der Aussagen über Bedingungen der Zielerreichung liegt offensichtlich für Probleme im Intervall von Null bis Eins. Ist der Vollständigkeitsgrad gleich Eins, liegt eine Aufgabe vor, und ist er gleich Null, kann nur ein Ziel, aber kein Problem formuliert werden. Davon ausgehend kann die Bearbeitung eines Problems als Prozeß verstanden werden, in dem es gelingt, den Vollständigkeitsgrad der Aussagen über Bedingungen der Zielerreichung zu erhöhen. Je dichter er an Eins liegt, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, daß bei der Problemlösung algorithmierbare Prozesse ablaufen werden. Ist er gleich Eins, dann ist das Problem in eine Aufgabe überführt. Können die in den Aussagen eines Problems erfaßten Bedingungen nicht vervollständigt werden, dann ist das gesetzte Ziel unter den jetzigen Bedingungen nicht erreichbar (vgl. Tafel 2.1). Unterschiede zwischen lösbaren und zur Zeit nicht lösbaren Problemen legen in der Technik nahe, das Gesamtsystem, in dem Probleme aufgetaucht sind, in Teilsysteme aufzuteilen, wobei gewisse Verein-

Tafel 2.1. Vollständigkeitsgrad und Vervollständigungsgrad der Bedingungen zur Lösung von Problemen und Aufgaben

Vollständigkeitsgrad (V)	V = 0 Ziel ohne Problem •	0 < V < 1 Probleme	V = 1 Aufgaben
Vervollständigungsgrad (VV)	VV = 0 zur Zeit unlösbare Probleme		VV > 0 lösbare Probleme

fachungen und Vernachlässigungen in der Problemformulierung unvermeidbar sind.

Unter einem reduzierbaren Problem sei ein Problem verstanden, bei welchem durch Zerlegung in einfachere Probleme im Rahmen des durch die bekannten Grundgesetze abgesteckten Wissensbereichs nun durch weitere Erkenntnisse die Bedingungen der Zielerreichung vervollständigt werden können. Bei einem irreduzierbaren Problem führt ein Wissenszuwachs dieser Art nicht zur Lösung. In den Technikwissenschaften treten in der Regel reduzierbare lösbare Probleme auf. Es gibt jedoch auch Beispiele für die Lösung irreduzierbarer Probleme in der Technikwissenschaft, so in der Grenzschichttheorie von Prandtl, der es durch die Einführung einer Grenzschicht bei umströmten Körpern ermöglichte, auch Zähigkeitsbehaltete Strömungen zu berechnen. Irreduzierbare Probleme in den Technikwissenschaften beziehen sich stets auf Grundlagendisziplinen. Das Ziel wissenschaftlichen Erkennens ist die Aufdeckung von Gesetzmäßigkeiten über die objektive Realität, d.h. die Gewinnung wahrer Aussagen bzw. Aussagensysteme, die wesentliche Zusammenhänge in verschiedenen Bereichen der Wirklichkeit abbilden. In diesem Sinn ist die „Vertiefung der Erkenntnis des Dinges, der Erscheinungen, Prozesse usw. durch den Menschen, von den Erscheinungen zum Wesen und vom weniger tiefen zum tieferen Wesen“ [2.3; S.213] vorzudringen, stets mit der Dialektik von reduzierbar und irreduzierbar lösbaren Problemen verbunden.

Neben den genannten Forschungsproblemen tritt in den Technikwissenschaften auch noch ein für sie spezifischer Problemtyp in den Vordergrund: Entwurfsprobleme, die mit der Entwicklung technischer Gebilde verbunden sind und der technischen Vorbereitung der Fertigung materieller Güter dienen. Ein Entwurfsproblem ist mit der Generierung eines funktionserfüllenden Prinzips gelöst, d.h. mit dem Übergang von der Funktion zur Struktur des zu entwickelnden technischen Gebildes. Im Unterschied zu Erkenntnisproblemen ist das Entwurfsproblem durch Erfindungen lösbar, die eine Veränderung von Naturerscheinungen als Struktur entwerfen, damit zur beabsichtigten Funktion auch die funktionserfüllende Struktur des zu entwickelnden technischen Gebildes vorhanden ist.

2.2. Problemstellungen beim Entwickeln und Betreiben von Technik

Eine inhaltliche Unterscheidung der Probleme technischer Vorbereitung der Fertigung materieller Güter kann nach ihrer Zugehörigkeit zur Verfahrensentwicklung, zur konstruktiven Entwicklung oder zur technologischen Entwicklung erfolgen.

Die Verfahrensentwicklung ist in der Vorbereitung der Produktion

materieller Güter auf technische Verfahren einzuschränken, die eine zielgerichtete Veränderung von Stoff-, Energie- und Informationsflüssen gewährleisten. Die konstruktive Entwicklung schafft ausgehend von den jeweiligen materiellen Bedingungen Gebilde, die zur Realisierung der technischen Verfahren geeignet sind. Das technische Gebilde wird so weit beschrieben (Zeichnungen und Berechnungen), wie es für die weitere technologische Bearbeitung und den Prozeß der Fertigung materieller Güter erforderlich ist. Die technologische Entwicklung legt das optimale Zusammenwirken von Arbeitsmitteln, Arbeitsgegenständen und Arbeitskräften fest und löst gegebenenfalls die Weiterentwicklung der Produktionsmittel aus. Jedem dieser Teilprozesse ist eine Reihe von Technikwissenschaftsdisziplinen zugeordnet, die sich aus den Bedürfnissen des Produktionsprozesses und der Wissenschaftsentwicklung selbst herausgebildet haben und deren Aufgabe darin besteht, Methoden und Verfahren des problemlösenden Denkens für die technische Tätigkeit zu entwickeln. Auch beim Betrieb und bei der Instandhaltung von Produktionsmitteln entstehen technische Problemstellungen, denen ebenfalls entsprechende Disziplinen der Technikwissenschaften zuzuordnen sind.

2.2.1. Verfahrensentwicklung

Ergebnis der Verfahrensentwicklung ist ein technisches Verfahren, das in Maschinen und Anlagen realisiert werden soll. In der Verfahrensentwicklung sind folgende Arbeitsschritte typisch:

- Bestimmung der relevanten Ein- und Ausgangsgrößen des zu entwickelnden Verfahrens;
- Anwendung bzw. Aufdeckung von Naturgesetzen, die zur Wandlung der Ein- in die Ausgangsgrößen zweckmäßig erscheinen;
- Bestimmung der Bedingungen, die zur technischen Nutzung der Naturgesetze erforderlich sind;
- Berechnung der wesentlichen Parameter der Stoff-, Energie- und Informationsflüsse des technischen Verfahrens;
- experimentelle Überprüfung des technischen Verfahrens im Laborversuch und Optimierung der Teilprozesse.

Diese Arbeitsschritte sind als Folge von Aufgaben- und Problemstellungen anzusehen. Sie bilden die konkrete Basis für das Abheben von allgemeinen Problemtypen.

2.2.2. Konstruktive Entwicklung

Die konstruktive Entwicklung umfaßt neben der technologischen Entwicklung die wesentlichen Prozesse der technischen Vorbereitung der Produktion, die erforderlich sind, um ein zu produzierendes technisches Gebilde gedanklich zu konzipieren und unter Berücksichtigung der zu seiner Herstellung erforderlichen technologischen Verfahren bildlich oder mit Hilfe anderer Informationsträger darzustellen. Ausgehend vom zu realisierenden technischen Verfahren gliedert sich der konstruktive Entwicklungsprozeß in folgende typische Teilprozesse:

- Bestimmung der Ein- und Ausgangsgrößen des zu entwickelnden Gebildes;
- Umsetzung des technischen Verfahrens in Teilfunktionen und ihre Kopplungen;
- Generierung funktionserfüllender Prinzipie für Teilfunktionen;

- Bewertung der Prinziplösungen und Entscheidung für das optimale Prinzip;
- Bestimmung der funktionsentscheidenden geometrischen und stofflichen Parameter;
- Herstellung der erforderlichen Informationsträger und Dokumentationen für die technologische Vorbereitung der Produktion.

Es wird erkennbar, daß auch der konstruktive Entwicklungsprozeß eine Folge von Aufgaben- und Problemstellungen beinhaltet, aus der insbesondere die Problemtypen abgehoben werden sollen.

2.2.3. Technologische Entwicklung

Der technologische Entwicklungsprozeß ist der Teil der technischen Vorbereitung, der das Ergebnis des konstruktiven Prozesses in die gegenständliche Produktion umsetzt durch:

- Systematisierung und Unifizierung der Elemente und Baugruppen nach gleichartiger oder ähnlicher Bearbeitungs- und Montagereihenfolge;
- Optimierung der zur Bearbeitung erforderlichen Maschinen und Maschinensysteme bzw. Konzipierung neuer technologischer Verfahren;
- optimaler Einsatz der Arbeitskräfte;
- optimales Zusammenwirken von Mensch und Maschine.

Mit der Erarbeitung der technologischen Produktionsinformationen ist die technische Vorbereitung der Produktion abgeschlossen.

2.2.4. Betrieb und Instandhaltung von Produktionsmitteln

Die moderne maschinelle Großproduktion wird zunehmend durch Automatisierung, Handhabetechnik und Robotereinsatz bestimmt. Der Betrieb und die Instandhaltung dieser Produktionsanlagen verlangen in zunehmendem Maße wissenschaftlich-technische Potenzen. Das Betreiben und die Gewährleistung der Stabilität solcher automatisierter Produktionsprozesse haben völlig neue wissenschaftliche Problemstellungen hervorgerufen. Es lassen sich auch hier typische Arbeitsschritte abheben:

- Einrichten, Einstellen und Programmieren der Bearbeitungsmaschinen;
- Optimale Verkettung der Maschinen zu Bearbeitungs- und Montagesystemen;
- Kontrolle der Produktionsprozesse mit Hilfe automatisierter Meß- und Regeltechnik;
- Gewährleistung der Stabilität des Produktionsprozesses mit Hilfe entsprechender Diagnosetechnik;
- Vorbeugende Instandhaltung der Produktionsanlagen.

Die Stabilität dieser automatisierten Großproduktion hängt dabei wesentlich von der Zuverlässigkeit der Elemente und Teilsysteme dieser vielfältig verketteten Produktionsanlagen ab, die oft nur durch entsprechende Redundanzen erreicht werden kann.

Automation und Robotereinsatz sind dabei nicht nur als technisches, sondern in gleicher Weise als ökonomisches und soziales Problemfeld anzusehen, das eine komplexe gesellschaftliche Lösung im Sinne der Gestaltung der entwickelten sozialistischen Gesellschaft erfordert.

2.2.5. Wechselbeziehungen zwischen Problem- und Aufgabenstellungen beim Entwickeln und Betreiben technischer Gebilde

Die im Vorangegangenen entwickelten typischen Arbeitsschritte in der technischen Vorbereitung der Produktion sowie beim Betrieb und bei der Instandhaltung von Produktionsmitteln sind entweder mit Aufgaben und Problemen entsprechend den bereits entwickelten Kriterien verbunden. Die Vielfalt technischer Entwicklungen und Gebilde läßt dabei grundsätzlich für jeden Arbeitsschritt das Auftreten von Problemen zu. Die Erfahrung lehrt jedoch, daß es Arbeitsschritte mit besonders großer Problemdichte gibt, die dann auch einen hohen Anteil schöpferischer Tätigkeit aufweisen.

Ein solcher Schritt ist z.B. in der Verfahrensentwicklung die Anwendung bzw. die Aufdeckung von Naturgesetzen, die zur Wandlung der Eingangsgrößen des zu entwickelnden Verfahrens in geforderte Ausgangsgrößen als zweckmäßig erscheinen. Auch die konstruktive Entwicklung enthält Arbeitsschritte mit besonders großer Problemdichte. Die Generierung funktionserfüllender Prinzipie beispielsweise, d.h. der Übergang von der Funktion zur Struktur des zu entwickelnden technischen Gebildes, ist notwendigerweise mit Entwurfsproblemen verbunden, die wesentlich erfinderische Aktivitäten verlangen. In der technologischen Entwicklung und in gleicher Weise bei Betrieb und Instandhaltung von Produktionsmitteln erweist sich das optimale Zusammenwirken von Mensch und Maschine als besonders problemvoll, und zwar wegen des komplexen Zusammenwirkens technischer und gesellschaftlicher (ökonomischer, soziologischer, psychologischer u.a.) Problemstellungen.

Dabei ist das Verhältnis von Problem- und Aufgabenstellungen auf keinen Fall als statische, unveränderliche Größe anzusehen. Es besteht die Tendenz, je sogar die Zielstellung, Aufgabenstellungen mit hohem Anteil formalgeistiger Arbeit, d.h. Vorgänge, die qualitativ und quantitativ nach determinierten Gesetzmäßigkeiten ablaufen, durch Daten- bzw. Informationsverarbeitungsablagen bearbeiten zu lassen. Dieser Vorgang ist in der Regel mit dem Entstehen neuer Problemstellungen verbunden, kennzeichnet den Produktivitätszuwachs menschlicher Tätigkeit schlechthin und ist zugleich Merkmal des wissenschaftlich-technischen Fortschritts überhaupt. Ein Zurückweichen vor der Lösung gesellschaftlich relevanter wissenschaftlich-technischer Problemstellungen bedeutet Stagnation und letztlich Rückgang der Arbeitsproduktivität, da die verfügbaren stofflichen und energetischen Ressourcen sich nicht reproduzieren.

2.3. Allgemeine Problemstruktur in den Technikwissenschaften

Ausgehend von Problemstellungen beim Entwickeln und Betreiben von Technik zeigt sich, daß Problemsituationen, die Bedürfnisse nach gesellschaftlich neuem Gesetzeswissen darstellen, sowohl innerhalb als auch außerhalb der Forschung auftreten und ihrem Wesen nach identisch sind. Der Unterschied zwischen beiden besteht vor allem darin, daß Problemsituationen der Forschung bereits durch einen entsprechenden Wissenszuwachs aufgelöst sind, was für Problemsituationen der Praxis, zu deren Beseitigung neues wissenschaftliches Wissen benötigt wird, nicht unmittelbar gilt. Problemsituationen der Praxis lösen sich erst dann

auf, wenn das gewonnene Wissen in Anleitungen zu praktischen Handlungen eingegangen ist, die ihrerseits gewährleisten, daß das ursprünglich gestellte praktische Ziel, zum Beispiel im Bereich der Technik zur Produktion materieller Güter, erreicht wird [2.4].

In diesem Zusammenhang ist zu beachten, daß Forschungsprobleme wissenschaftlich formulierte Erkenntnisprobleme sind, aber nicht jedes wissenschaftlich formulierte Problem etwa beim Entwickeln und Betreiben von Technik enthält die Zielstellung, neue wissenschaftliche Erkenntnisse zu gewinnen. Nur in dem Fall, daß eine wissenschaftlich formulierte Problemstellung das Ziel enthält, neue wissenschaftliche Erkenntnisse zu gewinnen, liegt ein Forschungsproblem vor. Forschungsprobleme können wiederum je nach der in ihnen enthaltenen Zielsetzung in zwei Haupttypen unterteilt werden: erstens Bestimmungsprobleme zur Gewinnung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse in Form von Aussagen bzw. Aussagesystemen; zweitens Entscheidungsprobleme zur Beherrschung des methodischen Vorgehens in der Fosschung in der Form von neuen methodischen Regeln und Prinzipien und deren Systeme (Methoden, Methodiken, Programme) [2.5]bis[2.7]. Diese Einteilung von Forschungsproblemen ergibt sich aus der allgemeinen Problemstruktur.

Wenn kein Algorithmus bekannt ist, aber existiert und entdeckt werden kann, dann liegen Probleme des zweitgenannten Typs vor. Existiert ein Algorithmus nicht, kann er auch nicht entdeckt, sondern höchstens erfunden werden. Wird das Problem auf diese Weise gestellt, dann liegen Entwurfsprobleme als ein dritter Problemtyp vor, dem in den Technikwissenschaften eine besondere Rolle zukommt. Der erstgenannte Haupttyp der Forschungsprobleme ist offensichtlich dadurch gekennzeichnet, daß Algorithmen weder entdeckt noch erfunden werden können.

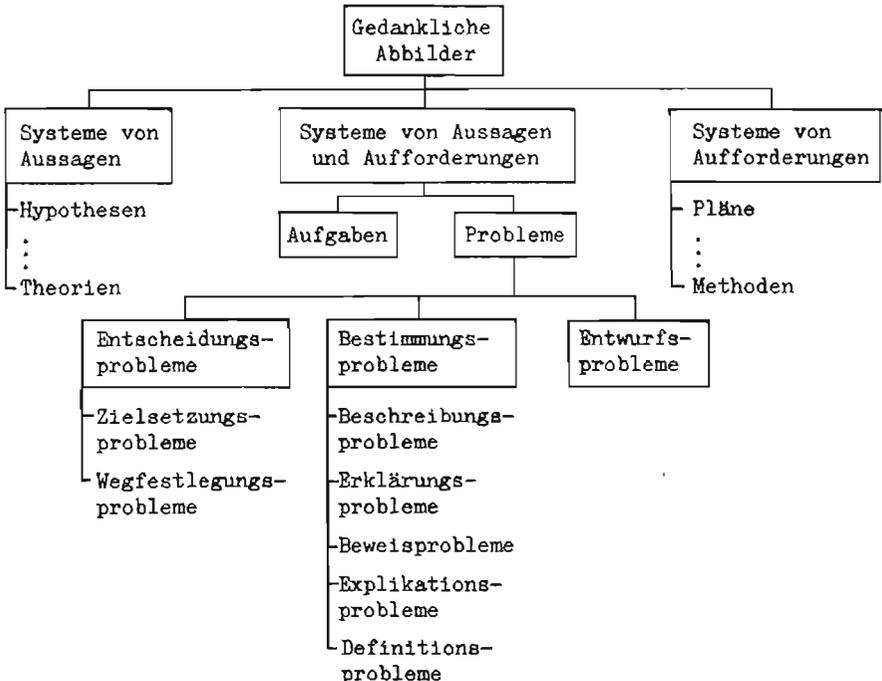


Bild 2.1. Aufgliederung gedanklicher Abbilder

Für die Technikwissenschaften sind Bestimmungs- und Entscheidungsprobleme, in zunehmendem Maße aber auch ihre Kombination mit Entwurfsproblemen besonders relevant. Entwürfe neuer Technik sind dabei nicht nur Gegenstand und Ziel technikwissenschaftlicher Forschung, sondern gehören als Entwürfe neuer Forschungsgeräte selbst zu den Forschungsproblemen.

In der problemlösenden Tätigkeit - auch der Technikwissenschaften - treten als Zwischenstufen oder Ergebnis folgende gedankliche Gebilde auf (vgl. Bild 2.1):

- Systeme von Aussagen in Form von Hypothesen und Theorien
- Systeme von Aufforderungen [2.8]
- Systeme von Aussagen und Aufforderungen in Form von Aufgaben und Problemen, die selbst wieder eine problemlösende bzw. aufgabenlösende Bearbeitung erfordern.

2.3.1. Bestimmungsprobleme (Erkenntnisprobleme)

Ein Bestimmungsproblem liegt vor, wenn ein Problem in seinem System von Aufforderungen (insbesondere Fragen nach dem Wann, Wo, Wie und Warum) und Aussagen (als bisheriges Wissen, das zur Beantwortung neugestellter Fragen zwar nicht ausreicht, diese aber verstehen läßt) durch eine Aussage oder durch ein System von Aussagen aufgelöst werden soll, und zwar in dem Sinn, daß die ursprünglich gestellten Fragen beantwortet und somit nicht wieder neugewonnen werden müssen. Bestimmungsprobleme sind für die Forschung charakteristische Probleme, und zwar insgesamt Erkenntnisprobleme. Je nach der Erkenntnisfunktion der zu bestimmenden Aussage bzw. des Aussagesystems sind folgende Bestimmungsprobleme in der Forschung unterscheidbar:

- Beschreibungsprobleme
Die zu bestimmenden Aussagen bzw. Aussagesysteme sollen Ereignisse, Sachverhalte oder Prozesse beschreiben, d.h. wahr abbilden.
- Erklärungsprobleme
Die zu bestimmenden Aussagen bzw. Aussagesysteme sollen Ereignisse erklären. Beim wissenschaftlichen Erklären wird mittels Aussagen, unter denen sich mindestens eine Gesetzesaussage befinden muß, diejenige Aussage abgeleitet, die das zu erklärende Ereignis beschreibt. Es kommt also für das Formulieren von Erklärungsproblemen vor allem darauf an, sich auf solche Theorien zu beziehen, die erstens gut bestätigt sind und die zweitens einem Sachverhalt des betreffenden Wirklichkeitsbereichs entsprechen, dem die zu erklärenden Ereignisse angehören. Schließlich muß ein Erklärungsproblem auch Aussagen enthalten, die das zu erklärende Ereignis beschreiben, denn sonst wüßte man nicht, was erklärt werden soll. So sind mit dem Erklärungsproblem stets bestimmte Beschreibungs-, Beweis-, Explikations- und Definitionsprobleme verbunden.
- Beweisprobleme
Die Lösung von Beweisproblemen besteht darin, eine bestimmte Aussage zu beweisen, indem diese Aussage durch eine bereits als wahr festgestellte Aussage bzw. durch ein bereits als wahr festgestelltes Aussagesystem belegt werden kann. Durch die zu bestimmende Aussage bzw. das Aussagesystem soll also eine zu beweisende Aussage logisch richtig abgeleitet werden.
- Explikationsprobleme
Die zu bestimmenden Aussagen bzw. Aussagesysteme sollen die Bedeutung eines sprachlichen Ausdrucks präzisieren, der auf Grund der

fortschreitenden Erkenntnis ungenau geworden ist. In einer Explikation wird einem Ausdruck mit ungenauer Bedeutung ein Ausdruck mit präzisierter Bedeutung zugeordnet.

- Definitionsprobleme

Die zu bestimmenden Aussagen bzw. Aussagensysteme sollen die Bedeutung von Worten festlegen. Bei einer Definition wird die Bedeutung des sprachlichen Zeichens durch einen Ausdruck, dessen Bedeutung bekannt ist, festgesetzt.

Nach der Zielsetzung der zu bestimmenden Aussagensysteme sind damit die wichtigsten Erkenntnisfunktionen von Bestimmungsproblemen in der Forschung erfaßt. In der Darstellung kann im einzelnen kein Anspruch auf Vollständigkeit nicht im Sinne weiterer Typen, sondern in ihrer Konkretisierung erhoben werden. Objektive Beschreibungen, besonders Gesetzeserkenntnis, erfordern immer bei einem bestimmten Niveau ihrer Vertiefung einen kontrollierbaren Zusammenhang zwischen der Metrisierung in der Formulierung von Gesetzesaussagen (Explikations- und Definitionsprobleme) und den Meßverfahren im methodischen Vorgehen bei ihrer Aufstellung und Überprüfung. In einem solchen Stadium der Ausprägung von Kriterien der Feststellung der Wahrheit von Aussagen ergibt sich vor allem die Forderung nach einer durch Meßverfahren gesicherten Konsistenz metrischer Ausdrücke, d. h., die zur Definition der Begriffe einer Theorie verwendeten primären Meßverfahren müssen auch bei ihrer Überprüfung Verwendung finden.

2.3.2. Entscheidungsprobleme

Im Unterschied zu Bestimmungsproblemen, deren Lösung Aussagen bzw. Aussagensysteme sind, besteht die Lösung von Entscheidungsproblemen in Aufforderungen, Systemen von Aufforderungen oder Systemen von Aussagen und Aufforderungen. Da Aufforderungen Ergebnisse von Entscheidungen sind, können diese Probleme nur durch einen oder mehrere Entscheidungsvorgänge gelöst werden. Die Entscheidungsvorgänge können erstens eine Zielsetzung und zweitens die Festlegung von Wegen zur Zielerreichung betreffen.

- Zielsetzungsprobleme

Die Zielsetzung, durch die ein bestimmtes Zielsetzungsproblem aufgelöst wird, muß immer in bezug auf ein bestimmtes System betrachtet werden. Zielsetzungsprobleme werden durch Aufforderungen gelöst, die das Gesamtziel des jeweiligen Systems menschlicher Tätigkeit zum Ausdruck bringen. Insbesondere Probleme der Planung sowie Probleme der Festsetzung von Bewertungsmaßstäben (Normierungsprobleme) beim Entwickeln und Betreiben von Technik gehören zu den Zielsetzungsproblemen der Technikwissenschaften.

- Wegfestlegungsprobleme

Wegfestlegungsprobleme werden durch Aufforderungen oder Systeme von Aufforderungen gelöst, die Operationen zur Erreichung von Zielen menschlicher Tätigkeit angeben. Zu den Wegfestlegungsproblemen gehören insbesondere Methodenprobleme in den Technikwissenschaften. Um Hinweise darüber zu erhalten, welche Methoden zur Lösung von Problemen in den Technikwissenschaften in Betracht gezogen werden können, kann vom Verhältnis von Problem und Methode ausgegangen werden [2.9] [2.10]. Methoden der Forschung sind auf die Erreichung eines bestimmten Erkenntniszieles gerichtet. Die Struktur der Methode ist dabei spezifisch hinsichtlich des Ziels, das methodisch erreicht werden soll. Da Erkenntnisprobleme als einen wesentlichen Bestand-

teil Fragen zur Absteckung weiteren Erkenntnisgewinns enthalten, können, ausgehend von der Analyse der Zielkomponente, Rückschlüsse auf die Struktur der Methode gezogen werden. Im Problem werden außerdem bestimmte Bedingungen angegeben, denen das Ziel und die Erreichung des Ziels genügen müssen. Die in den Bedingungen vorliegenden Kriterien und Normen wissenschaftlichen Erkennens schränken das Feld der möglichen Methoden, die zur Lösung eines Erkenntnisproblems in Betracht kommen, ein. Alle Erkenntnis reicht nur so weit, wie man mit Fragen zielen kann. Das in einem Problem Gegebene muß auch unter dem Gesichtspunkt analysiert werden, inwieweit es Ansatzpunkte für eine bestimmte Forschungsmethode bietet. Ausgehend von der spezifischen Erkenntnisfunktion, die eine Aussage bzw. ein Aussagensystem hat, das ein Forschungsproblem lösen soll, können die Forschungsmethoden klassifiziert werden.

2.3.3. Entwurfsprobleme

Auf der Suche nach Problemlösungen kommt dem Entdecken von Algorithmen eine wesentliche Bedeutung zu. Können Algorithmen nicht abgehoben werden, so entsteht die Problemsituation, Algorithmen zu entwerfen.

In der Kopplung mit Bestimmungs- und Entscheidungsproblemen treten Entwurfsprobleme in allen Teilstrecken der technischen Produktionsverarbeitung, also der Verfahrensentwicklung, der konstruktiven Entwicklung, der technologischen Entwicklung und teilweise auch beim Betreiben von Technik auf.

Ein Entwurfsproblem liegt immer dann vor, wenn bekannten Funktionen funktionserfüllende Strukturen zuzuordnen sind. Am sinnfälligsten tritt dieser Problemtyp im konstruktiven Prozeß hervor, wenn zu einer technischen Funktion ein entsprechendes Element gesucht wird. Als Denkmodell erweist sich hierbei die Black-box-Darstellung der Systemtheorie für zweckmäßig. Abhängig vom Fachgebiet (Maschinenbau, Elektrotechnik usw.) werden in der Regel mehrere mögliche Inhalte des black-box, d.h. mehrere bekannte Strukturen als funktionserfüllend bez. der Eingangs- und Ausgangsgrößen des Systems angebar sein. Diese Mehrdeutigkeit mit dem Rückgriff auf bekannte Strukturen reduziert das Entwurfsproblem auf ein Entscheidungsproblem.

Ein echtes Entwurfsproblem liegt dann vor, wenn im technischen Abbildbereich keine funktionserfüllende Struktur bekannt ist. Eine direkte Lösung des Entwurfsproblems läßt sich durch den Übergang auf analoge Strukturen im natürlichen Bereich der objektiven Realität (z. B. Lösung technischer Informationsprobleme durch Ausnutzung der Gen-Verschlüsselung in Eiweißstrukturen) erzielen. Derartige Lösungen von Entwurfsproblemen sind bei entsprechendem Erkenntnisvorlauf der Naturwissenschaften möglich.

Beim heutigen Entwicklungstempo und Niveau der Technik wird die Lösung des Entwurfsproblems zunehmend abstrakt vollzogen. Der Intuition und dem Zufall gedanklicher Kombinationen ist dabei ein erheblicher zahlenmäßiger Anteil der Lösung von Entwurfsproblemen zuzuschreiben. In dem Maß, in welchem Gesetzmäßigkeiten des menschlichen Denkens erforscht sind, werden auch für das Entwurfsproblem Algorithmen angebar sein.

Abschnitt 2.

- [2.1] Parthey, H.: Das Problem und Merkmale seiner Formulierung in der Forschung. In: Problem und Methode in der Forschung. Herausgeg. von H.Parthey. Berlin: Akademie-Verlag 1978
- [2.2] Engels, F.: Dialektik der Natur. In: K.Marx/F.Engels: Werke, Bd. 20. Berlin: Dietz Verlag 1962
- [2.3] Lenin, W.I.: Konspekt zu Hegels „Vorlesungen über die Geschichte der Philosophie“. In: Werke, Bd. 38. Berlin: Dietz Verlag 1964
- [2.4] Wendt, H.: Natur und Technik - Theorie und Strategie. Berlin: Akademie-Verlag 1976
- [2.5] Heitsch, W.; Parthey, H.; Wächter, W.: Heuristik und Dialektik. Deutsche Zeitschrift für Philosophie 19 (1971) 2
- [2.6] Heitsch, W.: Die methodische Beherrschbarkeit der Forschungstätigkeit. In: Wissenschaft; Stellung, Funktion und Organisation in der entwickelten sozialistischen Gesellschaft. Herausgeg. von einem Autorenkollektiv. Berlin: Dietz Verlag 1975
- [2.7] Lang, E.; Wächter, W.: Aspekte des methodischen Vorgehens in

- der Forschung. In: Problem und Methode in der Forschung. Herausgeg. von H.Parthey. Berlin: Akademie-Verlag 1978
- [2.8] Segeth, W.: Aufforderung als Denkform. Berlin: Akademie-Verlag 1974
- [2.9] Problem und Methode in der Forschung. Herausgeg. von H.Parthey. Berlin: Akademie-Verlag 1978
- [2.10] Interdisziplinarität in der Forschung. Herausgeg. von H.Parthey und K.Schreiber. Berlin: Akademie-Verlag 1983

Erkenntnismethoden in den Technikwissenschaften

**Eine methodologische Analyse
und philosophische Diskussion
der Erkenntnisprozesse
in den Technikwissenschaften**

**Herausgegeben von
Dr. sc.phil. Gerhard Banse
und
Prof. Dr. sc.phil. Helge Wendt**



VEB VERLAG TECHNIK BERLIN

Erkenntnismethoden in den Technikwissenschaften
 : e. methodol. Analyse u. philos. Diskussion d.
 Erkenntnisprozesse in d. Technikwissenschaften /
 hrsg. von Gerhard Banse u. Helge Wendt. - 1. Aufl.
 - Berlin : Verl. Technik, 1986. - 192 S. : 12 Bil-
 der, 6 Taf.
 NE: Banse, Gerhard [Hrsg.]

12 Bilder, 6 Tafeln

ISBN 3-341-00043-7

1. Auflage

© VEB Verlag Technik, Berlin, 1986

Lizenz 201 · 370/45/86

Printed in the German Democratic Republic

Schreibsatz: VEB Verlag Technik, Berlin

Reproduktion, Druck und Buchbinderei:

VEB Kongreß- und Werbedruck Oberlungwitz

Lektor: Dipl.-Ing. Klaus Lißner

Einband: Kurt Beckert

DK 16 + 62

LSV 3004 · VT 2/5814-1

Bestellnummer: 553 562 3

02400