

Aus der Sektion Verfahrenstechnik
der Technischen Hochschule „Carl Schorlemmer“ Leuna-Merseburg
Wissenschaftsbereich Umweltschutztechnik
(Leiter des Wissenschaftsbereiches: Doz. Dr.-Ing. J. Petroll)

Beitrag von Technik und Technologie zur Lösung der Umweltproblematik

Von **Joachim Petroll**

(Eingegangen am 5. Dezember 1984)

Einleitung

Zu jeder Zeit war und ist der Stoffwechsel zwischen Gesellschaft und Natur eine notwendige und wesentliche Seite der gesellschaftlichen Entwicklung. Um seine Bedürfnisse zu befriedigen, muß der Mensch der Natur fortwährend Stoffe entnehmen und sie durch Arbeit in Gebrauchswerte umwandeln. Er muß der elementaren Natur seine spezifisch menschliche Umwelt abgewinnen. Dazu bedient er sich technischer Mittel. Im Prozeß, in dem sich der Mensch mit Hilfe der Technik Naturstoffe und -kräfte aneignet, wird die Natur ständig verändert. Dabei kommt es neben gewollten auch zu ungewollten Veränderungen und zu nachteiligen Rückwirkungen auf den Menschen selbst.

Verstehen wir unter Technik die Gesamtheit der materiellen Mittel sowie der Verfahren zu ihrer Anwendung, mit denen die Menschen auf einer gegebenen Stufe der gesellschaftlichen Entwicklung produzieren, so können wir konstatieren, daß die Technik so alt wie die Menschheit selbst ist. Unter Technologie wollen wir hier die Art und Weise, in der die Organisation der technischen Mittel bei der Naturaneignung, die Kombination der Arbeitskräfte und Arbeitsmittel sowie die Arbeitsteilung unter den Produzenten erfolgt, verstehen.

Vielfalt und Intensität des Stoffwechsels Gesellschaft – Natur nehmen direkt mit Umfang und Vollkommenheit der Arbeitsmittel, mit denen die Gesellschaft ausgestattet ist, zu. Mit dem Fortschreiten der Technik, zumindest seit dem Einsetzen der industriellen Revolution und dem damit einhergehenden starken Bevölkerungswachstum, beobachten wir eine zunächst zwar örtlich begrenzte, aber doch mehr und mehr ansteigende Belastung der natürlichen Umwelt durch Abprodukte der menschlichen Produktion und Konsumption. Vor allem aber haben in den Industrieländern die Belastungen und Schädigungen der Biosphäre mit der raschen Entwicklung der materiellen Produktion seit Beginn der wissenschaftlich-technischen Revolution an Umfang und Stärke erheblich zugenommen.

Ursachen der Umweltverschmutzung

Es ist nicht zu leugnen, daß die vielerorts bereits unzulässigen Belastungen der natürlichen Umwelt und ernsthaften Beeinträchtigungen der natürlichen und sozialen Reproduktionsbedingungen der Menschen größtenteils das Werk der vorhandenen Technik und Technologie sind. Deshalb erscheinen sie nicht wenigen Menschen als die unabdingbare Kehrseite der technischen Entwicklung, als der Preis für wissenschaftlich-technischen Fortschritt und steigenden Wohlstand. Hieraus entspringt ein spezi-

fischer Pessimismus in Gestalt der Verbindung von Technik- und Umweltpessimismus. Dieser Pessimismus reflektiert zum Teil zweifelsohne objektive Erscheinungen des vorhandenen Typs der Technik und gründet sich auf die Extrapolation der bisherigen Technik- und Technologieentwicklung. Deren einfache Fortsetzung würde entsprechend der Bedürfnisentwicklung und Steigerung der materiellen Produktion tatsächlich auf einen ständig wachsenden Umfang einerseits der Stoffentnahme aus dem Naturkreislauf und andererseits des Abproduktenanfalls hinauslaufen. In deren Gefolge wäre angesichts der heute erreichten Dimensionen des Stoffwechsels Gesellschaft/Natur eine weitere Qualitätsverschlechterung der Natur unvermeidbar.

Sind die Ausgangspositionen des Technik-/Umweltpessimismus und daraus resultierende Forderungen nach Drosselung der Wirtschaftstätigkeit im Interesse des Schutzes der Natur berechtigt?

Eine genauere Betrachtung zeigt, daß für die heute schon in vielen Ländern vorhandene starke Umweltverschmutzung nicht Technik und Technologie an sich schuld sind. Vielmehr ist es die gesamte Verhaltensweise der Menschen gegenüber der Natur, die sich in einem langen historischen Prozeß herausgebildet hat. Das Verhalten des Menschen als gesellschaftliches Wesen gegenüber der Natur aber findet seinen Ausdruck in erster Linie in der Technologie und der ihr entsprechenden Produktionstechnik. Friedrich Engels beschreibt die geschichtlichen Erfahrungen so: „Alle bisherigen Produktionsweisen sind nur auf Erzielung des nächsten, unmittelbaren Nutzeffektes der Arbeit ausgegangen. Die weiteren erst in späterer Zeit eintretenden, durch allmähliche Wiederholung und Anhäufung wirksam werdenden Folgen blieben gänzlich vernachlässigt“ (MEW Bd. 25). Im Ergebnis dieser ausbeuterischen Verhaltensweise gegenüber der Natur haben wir es heute, aus ökologischer Sicht betrachtet, mit technischen Fehlentwicklungen in Gestalt eines Großteils der vorhandenen Produktionstechnik zu tun. Viele Produktionsverfahren und Erzeugnisse wurden nicht nur unter der stillschweigenden Voraussetzung unbegrenzt vorhandener Naturressourcen und unbegrenzter Belastungsfähigkeit der Naturkreisläufe entwickelt, sondern in erster Linie auch unter dem ökonomischen Zwang, maximalen Gewinn für die Produzenten zu erzielen und nicht gewinnbringend zu nutzende Neben- und Abprodukte letztlich auf Kosten der Gesellschaft einfach an die natürliche Umwelt abzustößen. Ergebnis dieser dem kapitalistischen Profitstreben entspringenden Technologie und Technik ist eine maßlose Inanspruchnahme und gleichzeitige Verschwendung von Naturstoffen. Hinzu treten Stoff- und Energieverluste, deren Ursache im derzeitigen technologischen Entwicklungsstand begründet ist. Nach Angaben sowjetischer Experten werden bei der bisherigen Produktionstechnik von 100 Masseinheiten Stoffentzug aus der Natur im Mittel nur 3 bis 4 genutzt (Autorenkollektiv 1973). Demgegenüber geht der überwältigende Stoffanteil für den Gebrauch verloren und belastet beim heutigen Umfang der materiellen Produktion als riesige Abproduktmenge unsere Umwelt. Das aber ist keine objektive Notwendigkeit. Nicht Technik und Technologie schlechthin bestimmen darüber, inwieweit der notwendige Stoffwechsel Gesellschaft/Natur die Reproduktionsfähigkeit der Biosphäre stört oder fördert, sondern in erster Linie die gesellschaftliche Zielstellung der Produktion und die zu ihrer Erreichung angewendeten Methoden. Bei richtiger gesellschaftlicher Orientierung der Produktion können die Menschen gerade mit Hilfe von Wissenschaft und Technik ihren Stoffwechsel mit der Natur rationell regeln und ihn unter ihre gemeinschaftliche Kontrolle bringen. Das ist nur auf der Grundlage des gesellschaftlichen Eigentums an den Produktionsmitteln und nur durch eine ganz neue Qualität von Technik und Technologie möglich. Die rationelle Gestaltung des Verhältnisses Mensch-Natur setzt zwar das gesellschaftliche Eigentum an den Produktionsmitteln voraus, bleibt aber noch lange Zeit eine große gesellschaftliche, insbesondere eine erzieherische und bildungsseitige, eine technisch-technologische und

eine wirtschaftlich-organisatorische Herausforderung. Hier stehen wir am Beginn eines großen Lernprozesses. Das historisch entstandene Fehlverhalten der Menschen gegenüber der Natur sowie die geistig-kulturellen, technisch-technologischen und ökonomischen Merkmale der kapitalistischen Produktionsweise wirken im Sozialismus noch lange nach. Bildung und Erziehung zu ökologischem Denken und Verhalten haben bei der Lösung der Umweltproblematik einen herausragenden Stellenwert. Die Möglichkeiten, die Politik, Wissenschaft, Technik und Ökonomie zur Lösung der Umweltproblematik bieten, können ja nur dann umgesetzt werden, wenn sich überall eine neue von Wissen und Verantwortung geprägte Verhaltensweise des Menschen gegenüber der Natur zur Bewahrung seiner natürlichen Existenzbedingungen durchsetzt. Wie auf anderen Gebieten wirken auch hier die Vorzüge des Sozialismus nicht spontan, sondern nur durch das bewußte Handeln der Menschen, das sich auf Wissen und Einsichten gründen muß. Kurzsichtige Einsparungen von Mitteln für die Reproduktion der natürlichen Umwelt führen in der Regel langfristig zu großen Verlusten und irreversiblen Schäden.

Technologische Tendenzen zur Lösung der Umweltproblematik

Bei der Gestaltung des Verhältnisses Gesellschaft/Natur gibt es heute zwei Tendenzen:

Die eine Tendenz ist die noch lange dauernde Nachwirkung und Fortsetzung der bisherigen Verhaltensweise. Insbesondere beruht die Hauptmasse unserer materiell-technischen Basis noch immer auf Relikten der kapitalistischen Naturnutzung und zwingt unserer Gesellschaft ihr wesensfremde Beziehungen zur Natur auf.

Die andere Tendenz beinhaltet die sparsame und verantwortungsbewußte Inanspruchnahme vor allem der nichtregenerierbaren Naturressourcen, die rationelle Nutzung aller aus der Natur entnommenen Stoffe, den Übergang von linearen zu weitgehend geschlossenen ökonomischen Stoffflüssen und die bewußte Förderung der regenerierenden Kräfte der Natur. Angesichts des Sachverhaltes, daß unsere heutigen Umweltprobleme hauptsächlich Abproduktprobleme der Produktion sind, muß vor allem durch technisch-technologische Maßnahmen der Ausstoß von Abprodukten in die Biosphäre rigoros reduziert und die schadlose Rückführung nicht mehr nutzbarer Abprodukte in die Naturkreisläufe bewerkstelligt werden. So rücken der Beitrag, den Technik und Technologie zur Bewältigung der Umweltprobleme zu leisten haben, sowie die Verfahren und Ausrüstungen des technischen Umweltschutzes immer stärker ins Blickfeld des öffentlichen Interesses.

Den bei der Gestaltung des Verhältnisses Gesellschaft/Natur vorliegenden Tendenzen entsprechen in der gegenwärtigen technologischen Entwicklung zwei Strategien, mit denen den zunehmenden Umweltbelastungen entgegengetreten wird. Diese Strategien lassen sich kurz durch die Begriffe Kompensations- und Vorsorgetechnologie mit der Kurzcharakterisierung

- Bekämpfung der Problemsymptome bzw.
- Beseitigung der Problemursachen

umreißen.

Die Kompensationstechnologie zielt darauf ab, die Folgen des Fehlverhaltens gegenüber der Natur zu kompensieren bzw. zu mindern. Sie stellt die in der gegenwärtigen Periode notwendige Art und Weise dar, den zunehmenden Belastungen der natürlichen Umwelt kurzfristig entgegenzutreten. Sie ist also eine notwendige historische Entwicklungsstufe der Industrietechnologie, solange die bessere Vorsorgetechnologie noch nicht umfassend wirksam ist (Bauer und Paucke 1979; Paucke 1984). Zur

Kompensationstechnik zählen insbesondere die Mittel und Methoden zur Verhinderung des Ausstoßes unzulässig hoher Abproduktmengen in die Umwelt sowie zur umweltgerechten Beseitigung angefallener Abprodukte. Im weiteren Sinne lassen sich in die Kompensationstechnologie auch solche Maßnahmen einordnen, wie Verteilen und Verdünnen von Luftverunreinigungen durch Hochschornsteine oder Anpassungsmaßnahmen der Land- und Forstwirtschaft, die nur die Auswirkungen von Umweltbelastungen mildern, aber keinen Beitrag zur grundsätzlichen Lösung des Umweltproblems leisten. Die Anwendung der Kompensationstechnik erfordert sehr hohe und ständig steigende Aufwendungen, die lediglich bewirken, die schädlichen Auswirkungen einer nicht umweltgerechten Produktionstechnik auf die Natur in Grenzen zu halten (Nick 1979). Dagegen lassen sich mit noch so guter Produktionsorganisation und noch so leistungsfähiger Reinigungs- und Entsorgungstechnik die aus ökologischer Sicht vorhandenen grundsätzlichen Mängel der konventionellen Produktionstechnik nicht überwinden. Deren Verfahren wurden in der Regel unabhängig von der Bearbeitung des Abproduktproblems entwickelt. Sofern überhaupt, wurde erst nach Abschluß der Verfahrensentwicklung versucht, das als unumgängliche Gegebenheit hingenommene Abproduktproblem zu lösen, indem umweltschutztechnische Maßnahmen aufgepfropft und Entsorgungsmaßnahmen angehängt wurden. Diese Vorgehensweise ist aber in der Regel sowohl ökologisch als auch ökonomisch nicht effektiv.

Gegenüber der Kompensationstechnologie hat die Vorsorgetechnologie vor allem das Ziel, Abprodukte in der Produktion gar nicht erst entstehen zu lassen und nicht bzw. noch nicht vermeidbare Abprodukte wieder als Sekundärrohstoffe in den Produktionskreislauf zurückzuführen. Diese Zielstellung kann nur über die Umstellung der konventionellen auf eine umweltgerechte Produktionstechnik als die materielle Grundlage für die endgültige Lösung der Umweltproblematik verwirklicht werden. Das aber ist nur schrittweise und langfristig im Rahmen der Erneuerung unserer materiell-technischen Basis möglich. Dieser sich vollziehende Prozeß erfordert gewaltige gesellschaftliche Anstrengungen und Aufwendungen und einen breiten wissenschaftlich-technischen Vorlauf. Um die enormen Aufwendungen aufzubringen, ist ein dynamisches und dauerhaftes Wirtschaftswachstum unbedingt Voraussetzung. Das ist der dialektische Zusammenhang von Ökologie und Ökonomie.

Die schrittweise Einführung umweltgerechter Technik allein kann vorläufig die Tendenz zur Verschlechterung der Umweltbedingungen mit der weiteren Steigerung der Produktion noch nicht durchgreifend umkehren. Eben deshalb ist vorläufig noch der breite und im Interesse der Verbesserung der Umweltbedingungen verstärkte Einsatz der Kompensationstechnik und -technologie notwendig. Die Vorsorgetechnologie wird aber im Laufe der Zeit die Kompensationstechnologie mehr und mehr verdrängen und ablösen. Dabei verleiht sich die Vorsorgetechnik wichtige Mittel und Methoden der Kompensationstechnik, u. a. Verfahren und Ausrüstungen zur Gas- und Wasserreinigung ein.

Die abproduktarme Technologie

Die Vorsorgetechnologie ist unter dem Begriff abproduktfreie bzw. abproduktarme Technologie bekannt. Deren Konzept soll kurz vorgestellt werden. Gemäß international vereinbarter Definition ist abproduktfreie Technologie „die praktische Anwendung von Kenntnissen, Methoden und Mitteln, um im Rahmen der menschlichen Bedürfnisse die rationellste Nutzung der natürlichen Ressourcen einschließlich der Energie sowie den Schutz der Umwelt zu gewährleisten“ (Autorenkollektiv 1979). In diesem Sinne ist abproduktfreie/-arme Technologie durch folgende Hauptzielstellungen gekennzeichnet:

1. minimale Inanspruchnahme und verantwortungsbewußte Nutzung natürlicher Ressourcen
2. zweckmäßige Auswahl der Rohstoffe vor allem in der Hinsicht, daß die in der Produktion anfallende nichtverwertbare Abproduktmenge von vornherein so niedrig wie möglich gehalten wird
3. Verhinderung der Abproduktentstehung im Produktionsprozeß vor allem durch komplexe Nutzung aller Rohstoffkomponenten und andere technologische Maßnahmen
4. Verhinderung unzulässiger Abproduktabgabe an die natürliche Umwelt, d. h. Abprodukteinbringen in die natürlichen Kreisläufe, sofern überhaupt, nur in solcher Menge und Form, daß diese Kreisläufe nicht nachteilig beeinflusst werden.
5. weitgehende Abproduktnutzung und Realisierung ökonomischer Stoffkreisläufe sowohl innerhalb eines Produktionsverfahrens als auch durch Verflechtung von Produktionszweigen und Wirtschaftseinheiten innerhalb der Produktionssphäre sowie von Produktions- und Konsumtionssphäre
6. abproduktarme, umweltgerechte Produktgestaltung
7. Übertragung von Prinzipien und Mechanismen ökologischer Systeme auf Produktionsprozesse einerseits und Einbindung der Produktionsprozesse in die ökologischen Kreislaufprozesse andererseits.

Insgesamt geht es darum, die für die Bedürfnisbefriedigung der menschlichen Gesellschaft erforderlichen wirtschaftlichen Aktivitäten so zu gestalten, daß die Aufgaben auf den Gebieten des Umweltschutzes sowie der Rohstoff- und Energieversorgung umfassend, langfristig und in vernünftiger Weise erfüllt werden können. Das bedeutet zum einen, daß die zur Erreichung dieses Zieles zusätzlich entstehenden Aufwendungen u. a. auch unter dem Aspekt der Ressourcenökonomie und des Umweltschutzes gerechtfertigt sein müssen. Zum anderen muß und kann die Rückführung wirtschaftlich genutzter Naturstoffe in die natürlichen Stoffkreisläufe im allgemeinen nicht vollkommen, sondern nur soweit unterbunden werden, daß in der natürlichen Umwelt dadurch langfristig keine nachteiligen Folgen eintreten. Deshalb ist es zumindest so lange, wie der Menschheit keine praktisch unbegrenzten Energiequellen zur Verfügung stehen, weder zweckmäßig noch notwendig, generell Abproduktfreiheit anzustreben und durchzusetzen.

Das Konzept der abproduktarmen Technologie geht von dem Sachverhalt aus, daß sowohl der Verbrauch von Rohstoffen und Energie und damit die Eingriffe in die Natur als gleichzeitig auch die Belastung der natürlichen Kreisläufe mit Abprodukten und Schadstoffen vermindert werden, wenn zum einen die Abproduktentstehung vor allem über umfassende stoffliche und energetische Nutzung der in die Produktion eingehenden Roh- und Hilfsstoffe reduziert und zum anderen die Nutzung noch unvermeidbarer Abprodukte erhöht wird (Löttsch und Schubert 1976, Löttsch 1979).

Abprodukte und Anfallenergie sind ungenügend genutzte natürliche Ressourcen. Andererseits sind Abprodukte potentielle Sekundärrohstoffe. Als solche erweitern sie die Rohstoffbasis der Volkswirtschaft. Werden sie dagegen nicht wiederverwendet, so belasten oder schädigen sie die natürliche Umwelt. Bei der Lösung der Abproduktproblematik hat die Vermeidung bzw. Verminderung der Abproduktentstehung den Vorrang vor der Wiedernutzbarmachung bereits angefallener Abprodukte, weil es im allgemeinen viel aufwendiger ist, die Verwertung der Abprodukten zu organisieren als von vornherein ihren Anfall zu vermindern.

Die abproduktarme Technologie vereinigt bewußt die Strategien für den Umweltschutz einerseits und die Ressourcen-, Material- und Energieökonomie andererseits, die über einen großen Bereich übereinstimmen, aber nicht deckungsgleich sind. Sie ist

die Strategie, um die dringend notwendigen qualitativen Veränderungen im Stoffwechsel Gesellschaft/Natur und damit vor allem in der Technologie durchzusetzen. Sie formuliert die wesentlichen Zielstellungen für die Entwicklung und Realisierung rationaler und effektiver Formen der Reproduktion des genutzten Naturpotentials. Diese Zielstellungen stellen Anforderungen und Aufgaben an eine ganze Reihe von Wissenschaftsgebieten und an ihr interdisziplinäres Zusammenwirken. In besonderem Maße gilt das für die Ingenieurwissenschaften.

Denn Umfang der Ressourceninanspruchnahme je Erzeugniseinheit, Rohstoffwahl, Verhinderung der Abproduktentstehung im Produktionsprozeß, Effektivität der Reinigung ökonomischer Stoffströme vor ihrer Rückführung in die natürlichen Kreisläufe, Verwertungsgrad von Abprodukten, Grad der Abproduktarmut der Erzeugnisse und der Ökologisierung der Produktionsprozesse werden entscheidend durch den Stand von Technologie und Technik bestimmt.

Im Rahmen dieses Beitrages ist es nicht möglich, die vielfältigen an Technik und Technologie gestellten Aufgaben für alle Bestandteile der abproduktarmen Technologie zu behandeln. Hier sollen nur für ihren bedeutsamsten Bestandteil – die abproduktarme Gestaltung industrieller Produktionsverfahren – allgemeine Hauptaufgaben genannt werden.

Wenn auch mit den durch die abproduktarme Technologie formulierten allgemeinen Zielstellungen aus heutiger Sicht die grundsätzliche Konzeption zur Lösung der Umwelt- und Rohstoffproblematik vorhanden ist, so ist zu berücksichtigen, daß die Sicherung des Umweltschutzes neben den Fragen der künftigen Rohstoff- und Energieversorgung eine im wesentlichen noch vor uns liegende gesellschaftliche Daueraufgabe ist. Heute ist nämlich in vielen Fällen noch nicht bekannt, wie die grundsätzlich richtigen Zielstellungen und Forderungen der abproduktarmen Technologie in vernünftiger Weise zu realisieren sind. Die Kenntnisse über die komplexen Wirkungen unserer Wirtschaftstätigkeit auf die Biosphäre sind noch unzureichend. Die Grenzen für unsere Einwirkung auf die Natur sind nicht genügend bekannt. Nicht selten fehlen im konkreten Fall noch Kriterien z. B. über den zweckmäßigerweise anzustrebenden Grad der Stoffausnutzung, der Verhinderung der Abproduktentstehung im Produktionsprozeß, der Verwertung angefallener Abprodukte oder für die Entwicklung und Realisierung ökonomischer Stoffkreisläufe. Derartige Defekte finden sich in den der technischen und technologischen Entwicklung vorgegebenen Zielstellungen wieder und wirken sich unmittelbar auf die Gestaltung von Produktionsverfahren und Produkten aus. Die rein technischen Möglichkeiten allein sind für eine abproduktarme Verfahrens- und Erzeugnisgestaltung keineswegs ausreichend.

Gestaltung abproduktarmer Produktionsverfahren

Der Großteil der Abprodukterzeugung und der Inanspruchnahme natürlicher Ressourcen erfolgt durch industrielle Produktionsverfahren. Außerdem müssen die beiden prinzipiellen Wege zur Lösung der Abproduktproblematik

- primär das Vermeiden der Abproduktentstehung
- sekundär die Wiedernutzbarmachung von Abprodukten

vor allem über eine geeignete Gestaltung der Produktionsverfahren durchgesetzt werden. Die abproduktarme Gestaltung industrieller Produktionsverfahren bildet deshalb das Kernstück der abproduktarmen Technologie, wird nicht selten sogar mit abproduktarmer Technologie gleichgesetzt. Andererseits kann das Konzept der abproduktarmen Technologie umfassend nur durch das Zusammenspiel aller ihrer Bestandteile realisiert werden. Die abproduktarme Technologie gibt der Gestaltung von Produktionsverfahren, die zur Verarbeitung bzw. Wandlung von Naturstoffen eingesetzt werden, eine

neue stoffwirtschaftliche Orientierung dahingehend, daß die Stoffausnutzung im Vergleich zum Stoffumsatz durchgreifend verbessert wird. Je höher die Wirksamkeit eines Produktionsprozesses ist, desto geringer ist der Abprodukthanfall (Lötzsch und Schubert 1976, Lötzsch 1979). Bessere Rohstoffnutzung und Verringerung der Abproduktmenge gehen Hand in Hand. Gleichzeitig muß sich die Gestaltung der Produktionsinstrumente und Produktionsverfahren an den Arbeitsgegenständen orientieren.

Erste Forderung bei der Entwicklung technologischer Verfahren ist, daß sie hohe Stoffnutzungsgrade und energetische Wirkungsgrade aufweisen und damit ein Minimum an Rohstoffen und Energie je Erzeugniseinheit benötigen. Das betrifft vor allem solche natürlichen Ressourcen, die nur in begrenztem Umfange verfügbar sind, und solche Rohstoffe und Gebrauchsenergieformen, bei deren Gewinnung und Erzeugung in vorgeschalteten Produktionsverfahren relativ hohe Abprodukt- oder Abwärmemengen anfallen. Rohstoffwahl und Verfahrensgestaltung stehen in enger Wechselbeziehung. Die Rohstoffwahl hat im allgemeinen wesentlichen Einfluß auf die Rohstoffökonomie und die Maßnahmen zum Umweltschutz.

Unter Beachtung ökonomischer Kriterien sind möglichst alle Bestandteile eines Rohstoffes komplex zu nutzen. Weiter besteht die Forderung, daß Abproduktentstehung und -behandlung von Anfang an Gegenstand der Verfahrensentwicklung sind und unmittelbar in das Verfahren integriert werden. Nach Möglichkeit soll das Entstehen von Abprodukten verhindert werden. Ebenfalls von Anfang an wird nach ökonomischen Gesichtspunkten die weitgehende Nutzbarmachung von Abprodukten als Sekundärrohstoffe anstelle der Verwendung von Primärrohstoffen sowie die Realisierung interner und externer Stoffkreisläufe angestrebt. Nicht bzw. noch nicht verwertbare Abprodukte sind nur in solcher Form und Menge an die natürlichen Kreisläufe abzugeben, daß diese dadurch nicht nachteilig beeinflusst werden.

Maßnahmen der Rohstoff- und Energieökonomie und des Umweltschutzes sind also von Anfang an mit wichtiger Gegenstand der Entwicklung abproduktarmer Produktionsverfahren. Dabei wird in jedem Falle eine komplexe Betrachtungsweise verlangt, u. a. in der Hinsicht, daß nicht an einer Stelle eine elegante Lösung geschaffen wird, indem sekundär oder an anderer Stelle neue Ressourcen-, Abprodukt- oder Umweltprobleme entstehen.

Heute verfügt der Ingenieur bereits über ein umfangreiches Arsenal an Methoden und Mitteln, um nach dem derzeitigen Verständnis abproduktarme Produktionsverfahren zu entwickeln.

Wichtige Methoden zur abproduktarmen Gestaltung technologischer Verfahren sind die Prozeßuntersuchung und die Prozeßanalyse. Genaue Prozeßkenntnisse bilden die Grundlage, um Entstehungsursachen von Abprodukten erkennen und Stoff- und Energieströme für die einzelnen Prozeßstufen bilanzieren zu können. Bilanzen für die in den Roh- und Hilfsstoffen enthaltenen Komponenten ermöglichen quantitative Aussagen, in welchem Umfange diese Stoffe durch Produkte oder Abprodukte aus dem technologischen Verfahren ausgetragen werden und welche Ursachen für den Abprodukthanfall verantwortlich sind. Die Stoff- und Energiebilanzen liefern Angaben über die Größe der Rohstoff- und Energieverluste und darüber, welche Rohstoffkomponenten nicht oder nur unvollständig in die Zielprodukte eingehen. Die Analyse der Entstehungsursachen von Abprodukten muß durch eine Emissionsanalyse ergänzt werden.

Auf der Grundlage der Ergebnisse der Ursachen- und Emissionsanalyse sowie der Stoff- und Energiebilanz müssen alle stofflichen und energetischen Abproduktströme auf Möglichkeiten der Vermeidung, Verminderung, Verwertung und Rückführung untersucht werden. Das beginnt über die Einflußnahme auf die Rohstoffe, setzt sich fort über die Maßnahmen zur Verringerung der durch das technologische Verfahren

bedingten Abproduktmassenströme und Energieverluste, weiter über Maßnahmen zur effektiven Abproduktnutzung bis hin zu Maßnahmen der schadlosen Rückführung nichtverwertbarer Abprodukte in die natürlichen Stoffkreisläufe. Jeder Lösungsvorschlag sollte aus ökonomischer, insbesondere rohstoff- und energiewirtschaftlicher, und aus ökologischer Sicht komplex bewertet werden. Dafür fehlen allerdings noch wesentliche Grundlagen.

Um Optimierungen im Rahmen komplexer Anlagen und darüber hinaus vornehmen zu können, um stoffliche, energetische und umweltschützende Erfordernisse gemeinsam zu optimieren, bedarf es neben der Variantenbewertung der umfassenden Anwendung systemtechnischer Methoden und der Darstellung der vielfältigen Zusammenhänge durch Modelle. Dabei geht es vor allem um die Aufdeckung von Verflechtungsvarianten für Rohstoff-, Produkt-, Energie- und Abproduktströme in einem definierten Bilanzraum sowie um eine gezielte Verkettung von Abprodukterzeugern und -verwertern – also um die Realisierung ökonomischer Stoffkreisläufe – mit dem Ziel, das angestrebte Produktionsergebnis mit minimalem Rohstoff- und Energieaufwand und minimalem Anfall nichtverwertbarer Abprodukte zu erreichen. Das ist eine im wesentlichen noch zu bewältigende Aufgabe interdisziplinärer Grundlagenforschung.

Um im konkreten Falle ein Produktionsverfahren abproduktarm zu gestalten, müssen recht spezifische technisch-technologische aber auch ökonomische und organisatorische Maßnahmen realisiert werden. Diese werden u. a. auch wesentlich durch das betriebliche und territoriale Umfeld mitbestimmt. Nichtdestoweniger sind neben den schon genannten weitere allgemeine Methoden eine wertvolle Hilfe für die Gestaltung eines ganz bestimmten Produktionsverfahrens im Sinne der abproduktarmen Technologie. Das können z. B. heuristische Regeln oder bewährte Algorithmen sein (Löttsch und Schubert 1978).

Allgemeine technisch-technologische Maßnahmen, um z. B. bei stoffwandelnden Produktionsverfahren die technologisch bedingten Abproduktmengen zu reduzieren, sind vor allem die folgenden:

1. Unter Beachtung ökonomischer Kriterien sind möglichst viele Komponenten der eingesetzten Rohstoffe zu nutzen, und zwar möglichst vollständig. Zunächst unerwünschte Nebenprodukte bzw. Rohstoffkomponenten sind möglichst in Träger von Gebrauchswerten in der Regel über die Erweiterung der Palette der ursprünglichen Zielprodukte umzuwandeln. Dazu muß die ursprüngliche Verfahrensvariante ggf. durch zusätzliche Verfahrensstufen erweitert werden.
2. Den Vorgängen und Bedingungen der Abproduktentstehung im technologischen Prozeß ist eine gleich hohe Beachtung wie denen zur Herstellung der gewünschten Produkte einzuräumen mit dem Ziel, die Abproduktentstehung weitgehend zu verhindern und die Ausbeuten zu erhöhen.
3. Es sind Wirkprinzipien und Grundprozesse anzuwenden, die bei möglichst geringem Energiebedarf zu einem möglichst vollständigen Stoffumsatz und zu einem möglichst geringen Anfall an Abprodukten und Abwärme führen.
4. Es sind solche Systemstrukturen und Schaltprinzipien anzuwenden, die ebenfalls einen möglichst geringen Abprodukt- und Abwärmeanfall zur Folge haben bzw. die eine Mehrfachnutzung der Einsatzstoffe oder eine Nutzung der Abprodukte ermöglichen.

Die Nutzbarmachung von Abprodukten stellt an die Gestaltung von Produktionsverfahren vor allem die folgenden Anforderungen:

- Die Verfahren müssen in der Lage sein, Sekundärrohstoffe zu verarbeiten.
 - Die in der Produktion anfallenden Abprodukte müssen mengenmäßig stabil und in bestimmter Qualität anfallen.
 - Es müssen geeignete Verfahren zur Aufbereitung von Abprodukten bereitstehen.
5. Es sind optimale Prozeßbedingungen und zweckmäßige Prozeßmedien zu wählen, und es ist die Einhaltung optimaler Betriebsparameter insbesondere über die Prozeßmeß- und Automatisierungstechnik, aber auch über die Qualifizierung und Stimulierung des Personals zu gewährleisten.
 6. Es sind geeignete Werkstoffe sowie apparative und maschinelle Ausrüstungen mit einem hohen Wirkungs- und Stoffausnutzungsgrad und hoher Zuverlässigkeit einzusetzen.

Auf die Wechselbeziehungen zwischen anderen Bestandteilen der abproduktarmen Technologie, wie Ressourceninanspruchnahme, Rohstoffwahl, abproduktarme Erzeugungsgestaltung, Nutzbarmachung von Abprodukten und der abproduktarmen Gestaltung von Produktionsverfahren sei hier nur hingewiesen. Ferner muß die Dynamik dieser Zielstellungen, die vom Entwicklungsstand der Produktivkräfte abhängen, beachtet werden. Z. B. werden nach der generellen Lösung des Energieproblems im künftigen Zeitalter der Kernfusion weit mehr rohstoff- und materialsparende, dafür aber energieintensivere Produktionsverfahren angewendet und weit mehr ökonomische Stoffkreisläufe effektiv realisiert werden können.

S c h r i f t t u m

- Autorenkollektiv: Wissenschaft und globale Probleme der Gegenwart. Gesellschaftswiss. Moskau (1973) 192.
- Autorenkollektiv: ABC-Verfahrenstechnik. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie. Leipzig 1979.
- Bauer, A., und H. Paucke: Umweltprobleme - Herausforderung der Menschheit. Dietz-Verlag. Berlin 1979.
- Löttsch, P., und M. Schubert: Vermeidung oder Nutzung von Abprodukten - wichtige Aufgabe aller Technologen. Die Technik 31 (1976) 780-785.
- Löttsch, P., und M. Schubert: Regeln für die Gestaltung technologischer Verfahren zur Schaffung einer abproduktfreien Technologie. Wiss. Z. TU Dresden 27 (1978) 1311 ff.
- Löttsch, P.: Abproduktfreie Technologie - Hauptweg zur optimalen Nutzung der natürlichen Ressourcen und zum Schutz der Umwelt. Die Technik 34 (1979) 443-448.
- Engels, F.: Dialektik der Natur. Der Anteil der Arbeit an der Menschwerdung der Affen. MEW Band 25. Dietz-Verlag. Berlin 1959.
- Nick, H.: Mensch und Umwelt. Einheit 34 (1979) 702-712.
- Paucke, H.: Ökologische Probleme und ihre Bewältigung im Sozialismus. Biologie in der Schule 33 (1984) 56-60.

Doz. Dr.-Ing. Joachim Petroll
 Wissenschaftsbereich Umweltschutztechnik
 DDR - 4200 Merseburg
 Otto-Nuschke-Straße