

Konzepte nachhaltigen Umganges mit Wasser und anderen Ressourcen

Helmut Kroiss

1. Einführung

Der Umgang mit Wasser hat technisch-wissenschaftliche sowie ökonomische Aspekte, die im Rahmen der Fachdisziplinen von Wasserwirtschaft bzw. Wassergütewirtschaft durch interdisziplinäre Teams behandelt werden. Aber auch Fragen der Ethik spielen bei der Entscheidungsfindung und der technischen Umsetzung von rational begründbaren Maßnahmen eine wichtige Rolle. In diesem Bereich begibt sich der Ingenieur natürlich auf Gebiete, wo er nur teilweise kompetent ist. So gesehen ist dieser Beitrag als Versuch zu interpretieren, den Begriff der Nachhaltigkeit in seiner ganzen Widersprüchlichkeit darzustellen und aufzuzeigen, wie schwierig es ist, klare und eindeutige Entscheidungen über richtiges Handeln in der Wasserwirtschaft abzuleiten.

Wenn Fragen der Ordnung der Werte behandelt werden, muss man sich mit Grundfragen der Philosophie auseinandersetzen. In vereinfachter Form sollen die folgenden aufgeführt werden:

„Was müssen wir hoffen (annehmen)?“

„Was können wir wissen?“

„Was sollen wir tun?“

Wenn wir uns mit den Grundfragen von Naturwissenschaft und Technik beschäftigen, geht es in erster Linie um folgende Fragenstellungen:

„Womit müssen wir rechnen, was können wir nicht ändern?“

„Was können wir tun (verändern)?“

Insbesondere geht es um das Spannungsfeld zwischen der Frage nach dem „was wir wissen können“ und dem was wir auf Grund sogenannter Naturgesetzmäßigkeiten „nicht ändern können“ auf der einen Seite und um das Spannungsfeld zwischen „was sollen wir tun“ und „was können wir tun“, „was ist technisch möglich“, auf der anderen Seite. Genau um diese zwei Fragenkomplexe rankt sich auch die politische Diskussion. Es geht um die Entscheidung welche Handlungsweisen nachhaltig sind und welche nicht. Der Begriff „nachhaltig“ wird dabei oft unreflektiert mit „gut“ assoziiert, ohne dass die Bedeutung des Begriffes eindeutig geklärt ist.

Das Ziel dieses Beitrages ist es also nicht, „gute“ Lösungen aufzuzeigen, sondern nach Kriterien zu suchen, die bei der Suche nach besseren Lösungen zu beachten sind und Hilfe bei Entscheidungen bieten können. Weil die Nachhaltigkeit im Umgang mit Wasser und anderen Ressourcen ein schier unüberblickbar großes Feld betrifft, können nur beispielhaft einige Probleme konkret angesprochen werden.

2. Nachhaltigkeit

Der Ausgangspunkt der anhaltenden Diskussion um Nachhaltigkeit (sustainable development) kann mit dem Brundtland Report aus dem Jahre 1987 datiert werden. Dort wird Nachhaltigkeit folgender Maßen definiert: „Meeting, the needs of the present generation without compromising the ability of future generations to meet there needs.“ (Befriedigung der Bedürfnisse der derzeitigen Generation ohne die Befriedigung der Bedürfnisse der künftigen Generationen zu schmälern).

Diese Definition enthält bereits eine grundlegende Schwierigkeit. Das Wort Bedürfnis hat zweifellos zweierlei Aspekte. Der eine Aspekt betrifft die Befriedigung der Bedürfnisse, die das physische Überleben betreffen, also die Stillung von Hunger und Durst, die Luft zum Atmen. Auf der anderen Seite ist das Bedürfnis nach „Wohlstand“ zu befriedigen, das auch alle sonstigen menschlichen Bedürfnisse umfasst. Die Vorstellungen über den anzustrebenden „Wohlstand“ und damit über den Bedarf an Ressourcen und Entfaltungsspielraum sind und waren zweifellos in unterschiedlichen Regionen und Gesellschaften der Erde unterschiedlich.

In den so genannten entwickelten Gesellschaften kann man den angestrebten „Wohlstand“ näherungsweise mit einer Beibehaltung des Status Quo ganz gut umschreiben, sogar etwas weniger Komfort wird möglicher Weise als akzeptabel angesehen. Für die Entwicklungsländer wird in weiten Bereichen der Standard der „westlichen Welt“ als Grundlage für den Begriff des Wohlstandes verwendet. Dieser kann mit folgenden Begriffen grob charakterisiert werden: Rechtsstaatlichkeit, demokratische Verfassung, allgemeines und gleiches Wahlrecht, allgemeiner Zugang zu Bildung, sozialer und ärztlicher Fürsorge, ausreichende und vielseitige Ernährung, Zugang zu Kommunikation, Energie und Rohstoffen etc. Es besteht die Befürchtung, dass wir uns diesen „Wohlstand“ der entwickelten Gesellschaften für die gesamte Weltbevölkerung aus Gründen mangelnder Nachhaltigkeit nicht leisten werden können. Das ist einer der Gründe für den schwelenden Konflikt zwischen „Nord“ und „Süd“

Alternative Konzepte des Wohlstandes werden durchaus auch diskutiert, sie orientieren sich vielfach nicht an der so genannten „westlichen Kultur“ und ihren von der Aufklärung geprägten Denkmustern. Alternative Konzepte über richtiges Handeln fließen häufig aus religiös geprägten Vorstellungen (Religionen, Orden, Sekten). Sie sind deswegen nicht weniger legitim und stellen ein Konfliktpotential dar, das etwa in dem Buch „Kampf der Kulturen“ (S. P. Huntington) aufgezeigt wird. Es geht also um globale Auseinandersetzungen, hinter denen natürlich auch Machtfragen stehen.

Keines der Konzepte, die bisher entwickelt wurden, kann eine globale nachhaltige Zukunft garantieren, weil die „Bedürfnisse“ künftiger Generationen nicht eindeutig bestimmt werden können, außer jenen des physischen Überlebens einer gewissen Weltbevölkerung. Die „Bedürfnisse“ der künftigen Generationen werden von der Entwicklung der vergangenen und heutigen Generationen mitbestimmt. Wer hätte vor 100 Jahren die Bedürfnisse der Menschen von heute vorhersehen können? Dies gilt im positiven Sinne genau so wie im negativen.

„Nachhaltigkeit“ wird daher oft mit utopischen Vorstellungen verknüpft, die „paradiesische“ und damit ungeschichtliche Zustände anstreben. Die folgenden Fragestellungen sollen die in diesen Vorstellungen enthaltene Problematik verdeutlichen:

- War die Entwicklung der menschlichen Kulturen jemals nachhaltig, und an welchen Kriterien messen wir die Nachhaltigkeit?
War und ist nicht nachhaltiges Verhalten (in der Vergangenheit) ein Motor der kulturellen und zivilisatorischen Entwicklung?
Der Abbau von Rohstofflagern enthält immer eine starke irreversible Komponente, ist er daher prinzipiell nicht nachhaltig?
Kann Nachhaltigkeit dadurch erreicht werden, dass Abfall als Rohstofflager der Zukunft dient?“

Die Beurteilung von Handlungen in Hinblick auf ihre Nachhaltigkeit hängt auch sehr eng mit Bewusstseinsentscheidungen zusammen. Dies kann z. B. an der Beurteilung der Rodung von Wald in der Vergangenheit demonstriert werden. Der Begriff der Nachhaltigkeit stammt aus der Waldwirtschaft, wo man die Forderung aufstellte, dass langfristig nicht mehr Wald geschlägert werden darf als nachwächst. Die Rodung des Waldes zur Gewinnung von landwirtschaftlichen Nutzflächen seit der Sesshaftwerdung des Menschen zur Sicherung seiner Ernährung, wird als Kulturleistung positiv interpretiert, obwohl damit riesige Ökosysteme dauerhaft vernichtet wurden. Die Rodung von Wald zur Gewinnung von Holz für den Schiffsbau oder auch für Bauzwecke (Venedig) wird meist als Raubbau und daher als nicht nachhaltig interpretiert.

In beiden Fällen sind in den Rodungsgebieten neue Ökosysteme entstanden, allerdings mit unterschiedlichem Nutzen für den Menschen.

Im Folgenden wird nun versucht, grundlegende naturwissenschaftliche Zusammenhänge dar zu stellen, die bei einer Entwicklung und Beurteilung von Konzepten für nachhaltiges Handeln berücksichtigt werden müssen.

3. Naturwissenschaftliche Grundlagen

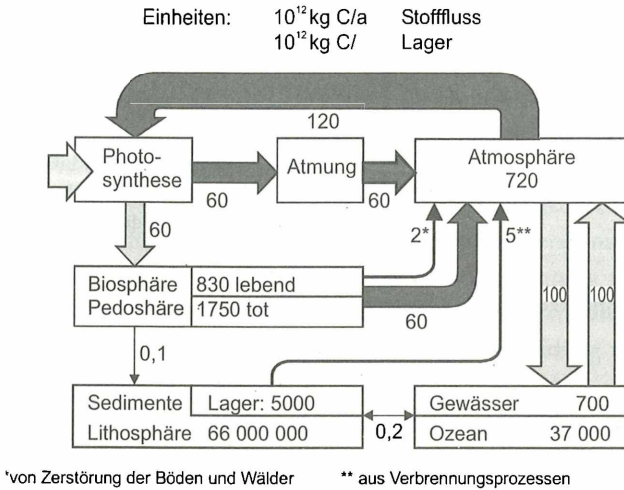
Erster Hauptsatz der Thermodynamik (Erhaltung von Masse und Energie)

Der erste Hauptsatz der Wärmelehre ist einer der wichtigsten Haltegriffe in der wissenschaftlichen Behandlung von Umweltproblemen, weil man auf Grund dieses Hauptsatzes davon ausgehen kann, dass Stoffe (chem. Elemente) unzerstörbar sind und daher deren Masse keinen Änderungen auf globaler Ebene unterworfen sind. Dieser grundlegende Zusammenhang ist sehr wichtig um Stoffbilanzen über Zeit und Raum zu erstellen, anhand derer die Richtigkeit von Messwerten überprüft werden kann. Um solche Massenbilanzen erstellen zu können, muss zunächst das Bilanzierungsgebiet und der Zeitraum für die Bilanzierung festgelegt werden (Welt, Region, Flussgebiet, Stadt; Tag, Monat, Jahr, Jahrhundert).

Für die Wassergütwirtschaft sind z. B. die globalen Massenbilanzen für die chemischen Elemente Kohlenstoff und Stickstoff von großer Bedeutung. Dazu müssen die Quellen, Transportwege, Umwandlungsprozesse und Senken (Lager) dieser Stoffe messtechnisch erfasst werden. An Hand einer solchen Stoffbilanz über z. B. ein Jahr kann man die quantitative Bedeutung der menschlichen Eingriffe in den Naturhaushalt abschätzen. So kann man z. B. die Auswirkung unterschiedlicher Lenkungsstrategien in der Landwirtschaft für die Stickstoffbelastung der Binnenmeere gezielt untersuchen. Die Interpretation der Veränderung der Stoffströme hinsichtlich ihrer Auswirkung auf die Umwelt setzt allerdings voraus, dass die in der Natur ablaufenden Prozesse, also die Umwandlung der Stoffe durch den Menschen und in der Natur ausreichend bekannt sind.

Auch für die Energie gilt der Erhaltungssatz. So wie bei den chemischen Elementen (Stoffen) die Wirkung von ihrem Vorkommen in verschiedenen chemischen Verbindungen bzw. der Umwandlungen durch den Menschen und in der Natur abhängt, so spielt bei der Energie die Qualität, also die Nutzbarkeit der Energie (Entropie) eine wichtige Rolle.

In den folgenden zwei Abbildungen 1 und 2 sind die globalen Massenbilanzen für Kohlenstoff und Stickstoff dargestellt. In beiden Fällen sind die natürlichen Stoffumsetzungen um Größenordnungen größer als die anthropogen verursachten. Die Darstellung zeigt auch die riesigen Speicher für diese beiden Elemente in der Umwelt. Sie sind so groß, dass die Änderungen zufolge der anthropogen verursachten Stoffströme messtechnisch nicht erfasst werden können. Die riesigen Massenspeicher in der Umwelt (z. B. CO₂ im Ozean und in den Gesteinen oder der Stickstoffgehalt der Luft) stellen eine wesentliche Voraussetzung für die Stabilität des globalen Systems dar.



^{*} von Zerstörung der Böden und Wälder

^{**} aus Verbrennungsprozessen

Eine andere Anwendung der Massenbilanz ist in Abbildung 3 für Phosphor dargestellt. Phosphor ist ein nicht ersetzbarer Nährstoff für alle lebenden Organismen. Es gibt diffuse Phosphorlager in den Böden und in der gesamten Biosphäre und es gibt Lagerstätten, wo die Gewinnung von Phosphor (insbesondere für die Düngung in der Landwirtschaft) heute wirtschaftlich ist, diese sind begrenzt.

Nachdem die ausreichende Versorgung der Menschheit mit Nahrungsmitteln ohne entsprechende Phosphordüngung nicht möglich erscheint und Phosphor nicht ersetzt werden kann, stellt sich hier die Frage nach einem nachhaltigen Umgang mit Phosphor schon für die nächsten Generationen. Der „verbrauchte“ Phosphor bleibt zwar auf der Erde vorhanden, aber seine wirtschaftliche Gewinnung zu Dünge Zwecken geht verloren. Damit sind wir bei der großen Bedeutung des 2. Hauptsatzes der Wärmelehre für die Nachhaltigkeit angelangt.

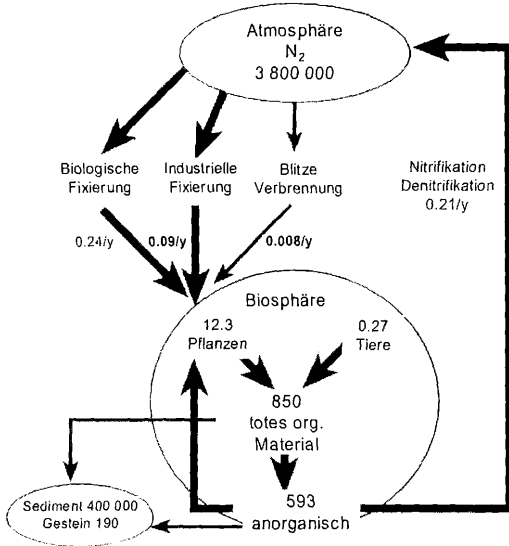


Abb. 2: Globale Stickstoffbilanz in Mrd. t N für die Lager, bzw. Mrd. t N/Jahr für die Stoffströme

Jährlicher Anstieg des Phosphatverbrauches basierend auf 7.000.000 t P₂O₅ Reserven) nach Oldenburg (2002)

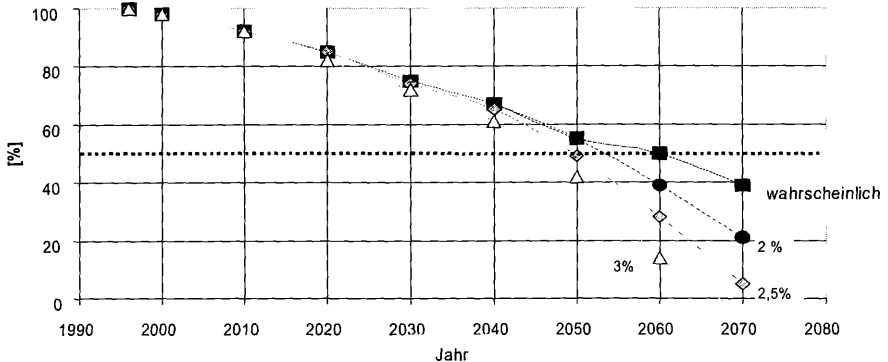


Abb. 3: Veränderungen der globalen (derzeit bekannten) abbaubwürdigen Phosphorlager bei unterschiedlicher Entwicklung des „Verbrauches“ in der Zukunft

Zweiter Hauptsatz der Wärmelehre

Während aus dem ersten Hauptsatz die gute Nachricht folgt, dass Stoffe nicht verloren gehen können, bringt der zweite Hauptsatz der Wärmelehre einen qualitativen

Aspekt in den Vordergrund. Es gibt verschiedene Definitionen des zweiten Hauptsatzes der Wärmelehre wie z. B. jene von Boltzmann. In einem thermodynamisch geschlossenen System führen alle Energieumwandlungen und Stoffumwandlungen zu einem Verlust an Ordnung (= Zunahme der Wahrscheinlichkeit des Zustandes oder Zunahme der Entropie). Das Problem für künftige Generationen ist also nicht primär, dass die Stoffe verloren gehen, sondern dass ihre Nutzbarkeit verloren geht, weil sie verdünnt und verteilt werden. Damit steigt der Energiebedarf die Stoffe in reiner Form (niedrige Entropie) wiederzugewinnen. Auch bei jeder Energieumwandlung nimmt die Nutzbarkeit der Energie ab (von mechanischer Energie zu Niedertemperaturwärme).

Besonders wichtig ist der zweite Hauptsatz bei der Frage des Recyclings also der Wiederverwendung von Materialien, Abfall und Abwasser. Hier muss man mit dem zweiten Hauptsatz der Wärmelehre an die Beurteilung herangehen, weil bei steigender Vermischung (Verdünnung) der Rohstoffe mit anderen Stoffen („Schmutz“) der Energieaufwand für die Wiedergewinnung der reinen Stoffe ansteigt.

Die Verdünnung von Stoffen ist aber nicht überall nachteilig. Viele Substanzen werden erst in hohen Verdünnungen wichtige Nahrung für lebendige Organismen bzw. verlieren erst durch die Verdünnung ihre Giftwirkung so z. B. Phosphor, Zink, Kupfer oder organische Giftstoffe. Also die Vermeidung von Verdünnung ist nicht überall positiv zu bewerten.

In dem von der Sonne angetriebenen Wasserkreislauf (Abb. 4) von Verdunstung und Niederschlag finden auch wichtige Stofftransport- und Umwandlungsvorgänge statt. Erst durch die Aufnahme der in Luft und Boden enthaltenen Stoffe erlangt das Wasser jene Qualität, die es zur wesentlichsten Grundlage aller lebendigen Organismen macht. Reinstes Wasser ohne Inhaltsstoffe hat diese Eigenschaft (noch) nicht. Durch viele menschliche Aktivitäten werden zusätzliche Stoffströme (NO_x , SO_x , CKW, etc.) entweder direkt oder indirekt über Luft und Boden mit dem Wasser in Kontakt gebracht, die negative Wirkung haben können. Jedenfalls ist die Grenze zwischen „Verschmutzung“ und „Anreicherung von lebenswichtigen Stoffen“ im Wasser nicht scharf.

Thermodynamik offener Systeme

Lebendige Organismen und alle Ökosysteme stellen „thermodynamisch offene Systeme“ dar. Sie sind durch einen dauernden Fluss von Energie und Stoffen durch das System gekennzeichnet (z. B. Sonneneinstrahlung, Wasser). Thermodynamisch offene

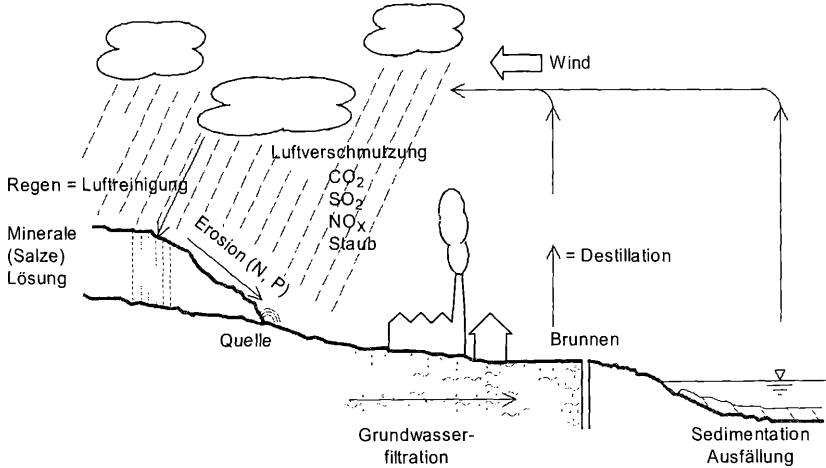


Abb. 4: Schematische Darstellung des Wasserkreislaufes in Hinblick auf die Inhaltsstoffe des Wassers und die natürlichen „Reinigungsprozesse“ (Wassergütekreislauf)

Systeme haben eine Reihe besonderer Kennzeichen (Prigogine, Stengers 1976), wie z. B.:

Langfristig stationäre Stoffströme können **nicht** erwartet werden (chaotisches Verhalten).

Die Entwicklung in die Zukunft kann prinzipiell nicht gesichert vorhergesagt werden.

Es können sich spontan hoch organisierte komplexe Strukturen entwickeln.

Minimale örtliche Störungen in der Umwelt (der Gesellschaft) können dramatische Änderungen und Katastrophen an ganz anderen Orten bewirken.

Es darf daher „Nachhaltigkeit“ nicht mit der Vision eines stationären globalen Gleichgewichtes verknüpft werden (Paradies). Stationär nennt man einen Zustand, bei dem alle Stoff- und Energieströme in Zeit und Raum konstant bleiben.

Auf Grund des zweiten Hauptsatzes der Wärmelehre muss man davon ausgehen, dass es keine vollständig reversiblen Prozesse gibt, und wir einem irreversiblen Zeitablauf unterworfen sind. Vergangene Zustände können nie vollständig wiederhergestellt werden. Vereinfacht kann man den Schluss ziehen, dass prinzipiell für Abwechslung in der Geschichte gesorgt ist, was einen ununterbrochenen Zwang zur Anpassung verlangt.

Veränderungen (Klima), Krisen (Krankheit) und Katastrophen (Erdbeben) sind auf Grund dieser Zusammenhänge notwendige Elemente der „natürlichen“ Entwicklung in der Geschichte. Man wird mit dem Dilemma leben müssen, dass man die negativen Auswirkungen dieser Gesetzmäßigkeit zu vermeiden sucht, obwohl man weiß, dass dies nicht vollständig gelingen kann.

Wettbewerb und Auslese

Schon im 19. Jahrhundert hat Darwin mit seiner Theorie der Evolution große Verwirrung gestiftet, weil er auf Grund seiner Forschungsergebnisse zu dem Schluss kam, dass alle lebenden Organismen in einem ständigen Wettbewerb ums Überleben stehen. Er hat damals die These formuliert, dass in der Evolution immer die Tüchtigsten überleben („survival of the fittest“). Die Tüchtigsten sind jene, die jeweils optimalen Nutzen aus der vorhandenen Situation bzw. den vorhandenen Ressourcen ziehen. Neuere Forschungsergebnisse in der Evolutionsforschung (Dawkins 1989) gehen von der These aus, dass in der genetischen Information der Zwang zur ihrer eigenen Erhaltung (Reproduktion) gespeichert ist. Einen Antrieb für die Evolution stellen die zufällig auftretenden Mutationen dar, die ununterbrochen zufällige neue „Information“ in die Welt bringen. Jene Mutationen, die das Überleben des genetischen Codes verbessern, bleiben erhalten. Bei beiden Theorien des Wettbewerbs spielt die Wachstumsgeschwindigkeit der Organismen bzw. ihre Reproduktionsrate, eine entscheidende Rolle.

Es stellt sich daher die Frage, wovon das Wachstum von Zellen gesteuert wird. Am Einfachsten lässt sich dies bei Mikroorganismen feststellen. 1907 haben Michaelis und Menten (Michaelis, Menten 1907) experimentell bestimmt, wie sich der Umsatz an Nahrung mit der Umgebungskonzentration der Nährstoffe (Substrate) ändert.

Im Jahr 1942 hat der französische Forscher Monod die mathematisch ganz ähnliche Beziehung zwischen Wachstumsrate und Substratkonzentration ebenfalls experimentell bestimmt und publiziert. Dieser Zusammenhang ist in der Abbildung 5 für zwei unterschiedliche Organismen und die Konzentration eines die Wachstumsgeschwindigkeit begrenzenden Stoffes dargestellt.

Die Monod-Beziehung stellt alle möglichen Gleichgewichtsbedingungen zwischen Nahrungsangebot und Wachstumsrate dar. Die Kurve wird durch zwei Parameter bestimmt, die für jede Art von Organismen und für das jeweilige Substrat genetisch fixiert sind und experimentell bestimmt werden können. Das ist einerseits die maximale Wachstumsrate μ_{\max} andererseits die Konstante K_S , die man auch als Substratempfindlichkeitskonstante bezeichnen kann. Beide sind zusätzlich noch stark von der

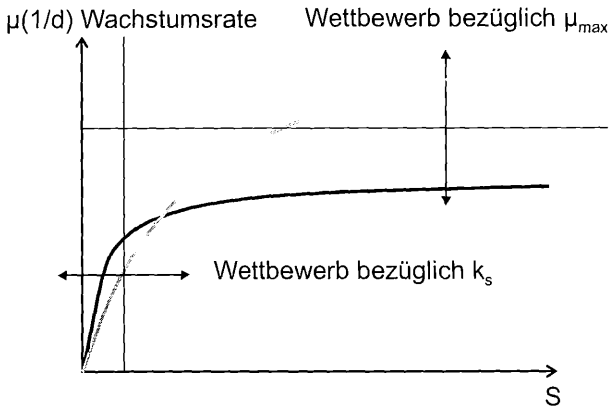


Abb. 5: Monod-Beziehung zwischen Substratkonzentration $S \text{ g/m}^3$ und Wachstumsrate $\mu \text{ (t}^{-1}\text{)}$ für zwei unterschiedliche Organismen.

Temperatur abhängig. Bei einem Nahrungsüberschuss (S sehr groß) ist die Wachstumsrate überwiegend genetisch begrenzt, kleine Änderungen der Konzentration haben fast keine Auswirkungen auf die Wachstumsgeschwindigkeit. Im Bereich sehr geringer Konzentrationen (S sehr klein) führen auch nur ganz geringe Änderungen der Konzentration zu starken Änderungen der Wachstumsgeschwindigkeit.

Wenn die Monod-Beziehung für zwei konkurrierende Organismen in einem Diagramm dargestellt wird, kann man zwei Bereiche des Wettbewerbes klar unterscheiden. Einen bei hoher und einen bei niedriger Nahrungskonzentration S . Bei hoher Konzentration hat der Organismus mit der höheren maximalen Wachstumsrate einen Überlebensvorteil. Aus der Erfahrung weiß man, dass bei einem dauernd sehr hohem Nahrungsangebot (entspricht einer „schmutzigen“ Umwelt) Lebensgemeinschaften mit geringer Artenvielfalt dominieren. Es ist also nicht möglich ein Maximum an Wachstum (Ertrag) in einer sauberen (durch Mangel gekennzeichneten) Umgebung zu erreichen. Bei Nahrungsmangel (S ist klein), also in sauberer Umgebung, entfaltet sich eine große Vielfalt von Organismen, es haben alle jene bessere Überlebenschancen die „bescheidene“ Ansprüche haben und die Zusammenarbeit mit anderen Organismen beherrschen.

Die meisten natürlichen Ökosysteme mit hoher Artenvielfalt sind durch Mangel an Nahrung gekennzeichnet, wo die Organismen in ihrem Wachstum ($\mu \ll \mu_{max}$) stark eingeschränkt sind. Abbildung 5 zeigt auch, dass schon eine ganz geringe Änderung des Nahrungsangebotes, also eine geringe Änderung der Konzentration S , zu einer sehr deutlichen Änderung der Wachstumsgeschwindigkeit führt. Es werden also z. B. Erhöhungen der Nahrungszufuhr (Verschmutzung) sehr rasch durch erhöhte Wachstumsraten kompensiert und so die Umgebungsbedingungen stabil und „sauber“ gehalten. Es

kann vermutet werden, dass die Artenvielfalt und die Stabilität die Folge eines dauernden Wandels der Energie- und Stoffströme in der Zeit ist. Es muss noch erwähnt werden, dass die Wachstumsgeschwindigkeit eines Organismus in einem Ökosystem zu jeder Zeit immer nur durch den Mangel an **einem** Nährstoff gesteuert wird.

Die Kenntnis dieser Zusammenhänge kann einerseits dazu verwendet werden, die Natur besser zu verstehen, andererseits kann sich der Mensch dieses Wissen für seine Zwecke zu Nutze zu machen. Wie unterschiedlich das sein kann, soll an zwei Ingenieurdisziplinen gezeigt werden:

Die industrielle Verfahrenstechnik (z. B. Fermentation von Penicillin).

Das Bauingenieurwesen (z. B. biologische Abwasserreinigung).

Tab. 1: Vergleich von zwei verschiedenen Ingenieursansätzen auf der Basis der gleichen mikrobiellen Zusammenhänge.

industrielle Produktionsprozesse auf Basis mikrobiologischer Vorgänge	Gewässerschutz durch biologische Abwasserreinigung
Ziel	
Maximierung der Produktion eines bestimmten Stoffes	Minimierung der Restverschmutzung, die in die Gewässer gelassen wird
Paradigma	
wir nützen unser Wissen um die Produktion zu optimieren in dem wir jenen Organismus durch Züchtung finden, der bei optimalen Bedingungen, die wir schaffen können, einen bestimmten Stoffwechsel durchführt	wir nutzen die Fähigkeit komplexer natürlicher mikrobiologischer Gemeinschaft zum Abbau möglichst vieler Stoffe, indem wir ihnen unterschiedliche Umweltbedingungen zur Verfügung stellen
Material und Energieeinsatz	
vollständige Kontrolle des definierten Mikroorganismus der Stoffflüsse und der Umweltbedingungen also z. B. Temperatur, pH-Wert	Abwasser ist eine ständig sich ändernde Mischung undefinierter Stoffe bei ständig sich ändernden Umgebungsbedingungen
Methodik	
Wir müssen alle nicht gewünschten Mikroorganismen abtöten (Autoklav) wir versuchen die Umsatzraten der Bakterien zu maximieren und gleichzeitig die Kosten für das Produkt zu minimieren	uns sind alle Mikroorganismen willkommen die Abwasserinhaltsstoffe abbauen können um möglichst niedrige Konzentrationen aller dieser Stoffe im Ablauf gewährleisten zu können

Wenn wir annehmen, dass die Grundsätze von Wachstum und Wettbewerb für alle lebendigen Systeme gültig sind, dann kann man darüber spekulieren, ob diese Über-

legungen auch auf menschliche Gesellschaften übertragen werden können. Allerdings muss dann auch das geistige Potential der Menschen als essentielle „Nahrung“ interpretiert werden, die die Entfaltung des Menschen steuert, auch wenn wir dafür keine geeignete „Messgröße“ angeben können.

Einer der grundsätzlichen Zusammenhänge in einer Gesellschaft ist, dass der Mangel von Gütern und Waren die Preisbildung auf einem freien Markt so steuert, dass zufolge eines höheren Preises für „Mangelware“ Mittel freigesetzt werden, die diesen Mangel zu beheben ermöglichen. Nach Adam Smith führt dieser Regelmechanismus letzten Endes zu einem Zuwachs an Wohlstand. Dieser „automatische“ Regelmechanismus wird so lange den Wohlstand vermehren, als die Beseitigung des Mangels für die Entwicklung der Gesellschaft zu vernünftigen Preisen und mit vernünftigem Aufwand und durch Wettbewerb auf einem freien Markt angeboten werden kann. Wenn der Mangel an überlebenswichtigen Gütern nicht rechtzeitig oder nur mit zu hohem (also nicht rechtzeitig leistbarem) Aufwand behoben werden kann, wird letzten Endes das Wachstum der Bevölkerung und schließlich das Überleben von Menschen durch Qualität und Quantität von Wasser, Luft und Nahrung begrenzt. So etwas nennt man dann „harte Regulation“, die, so ist zu vermuten, in einem Krieg um das Überleben enden wird.

So lange es noch keine industrielle Aktivität gab, war Wasser und Luft wenig in der Qualität beeinträchtigt, aber das Potential für die Nahrungsproduktion war begrenzt durch örtliche Faktoren wie Wasser, Klima, Nährstoffverfügbarkeit, Bodenerneuerung aus dem Untergrund, Spurenelemente, Schädlinge etc. Die Entwicklung der Landwirtschaft im Zusammenhang mit der Industrie führt zu einer dauernden Verbesserung und Erhöhung der Nahrungsmittelproduktion sowohl der Menge nach als auch was die Sicherheit der Produktion betrifft. Dieser Fortschritt hat ein unglaubliches Wachstum der Weltbevölkerung während der letzten Jahrhunderte ermöglicht. Eine Folge davon war und ist die Verschmutzung der Umwelt (Boden, Luft, Wasser) und die Verringerung der begrenzten Rohstofflager mit niedriger Entropie. Diese Entwicklung hat dazu beigetragen, dass Kriege zwischen den Staaten zur Eroberung von fruchtbarem Land abgenommen haben, jene um Rohstoffe jedoch an Bedeutung gewonnen haben. Fossile Energieträger werden heute vermehrt auch in der Produktion, Konservierung und Verteilung von Nahrungsmitteln (inklusive Wasser) eingesetzt. Nachdem immer noch ein enger Zusammenhang zwischen Entwicklungsstand einer Gesellschaft und ihrem Energiebedarf besteht, hat die Energieversorgung auch einen hohen politischen Stellenwert bekommen – so führt z. B. der starke Wettbewerb um die Verfügungsgewalt über billige fossile Energieträger zu einem großen Konfliktpotential.

Die reichen, industriell geprägten Gesellschaften haben einen Entwicklungsstandard erreicht, der durch einen relativen Überfluss an allen Waren gekennzeichnet ist. Dies ermöglicht eine Entwicklungsgeschwindigkeit, die möglicherweise nahe der „maximal möglichen Geschwindigkeit der Entwicklung einer menschlichen Gesellschaft“ liegt. Eine der wichtigsten Ressourcen für diese Entwicklung ist natürlich auch der wesentlich verbesserte Zugang zu Information und Ausbildung, die ebenfalls als Ware („Nährstoff“) betrachtet werden müssen.

Um die stark formalisierten gesellschaftlichen Strukturen „westlicher“ Kultur am Leben zu erhalten, muss ein gesicherter hoher Rohstoff-, Energie- und Informationsfluss aufrechterhalten werden, der eine starke Entropiezunahme bewirkt. Man kann die Vermutung äußern, dass soziale Strukturen die an den Mangel von Waren und Gütern angepasst sind, ihr Entfaltungspotential daher auch nur sehr begrenzt ausschöpfen können, langfristig bessere Überlebenschancen haben, weil sie weniger hochwertige Energie und Rohstoffe „verbrauchen“ um ihr System am Leben zu erhalten. Die Mitglieder einer solchen Mangelgesellschaft sind darauf angewiesen für ihr Überleben enge Kooperationen in meist informellen (lokalen) Organisationen (Familien, Clans) aufrechtzuerhalten (Varis, 2001). Wenn die Analogie zu den Erkenntnissen aus der Mikrobiologie richtig ist, dann ist große kulturelle Vielfalt unter Mangel-situationen leichter erreichbar als unter Überfluss.

Wenn diese Schlussfolgerungen richtig sind, ergibt sich die schwierige aber wichtige Frage, wie man die Wettbewerbssituation der Kulturen und Staaten in Zukunft gestalten soll, um global eine nachhaltige Entwicklung zu erreichen. Man könnte daraus den Schluss ziehen, dass erstens die Entwicklungsländer gar nicht direkt mit den Industrieländern im Wettbewerb stehen, weil sie einem unterschiedlichen Wettbewerbsdruck unterliegen und zweitens die Entwicklungsländer langfristig bessere Überlebenschancen haben, was ihnen allerdings heute wenig Trost bietet und als Zynismus interpretiert werden kann. Der Nord-Süddialog zwischen den armen und den reichen Gesellschaften ist also nicht leicht zu führen. In Hinblick auf die „Globalisierung“ kann man jedenfalls feststellen, dass Überfluss und Mangel unterschiedlichen Anpassungs- und Wettbewerbsdruck erzeugen, der nicht gegenläufig ist sondern als komplementär bezeichnet werden kann.

Überfluss enthält in sich die Ursache für Mangel, weil die hohe Entfaltungsgeschwindigkeit meist den Ressourcenverbrauch beschleunigt, es sei denn, es gelingt durch geistige Anstrengung, die Entropiezunahme (den Verlust hochwertiger Rohstoffe) von der Entfaltungsgeschwindigkeit zu entkoppeln. Auch sind die Entfaltungsreserven für Anpassung an geänderte Verhältnisse geringer als bei den Mangelgesellschaften.

Aus den empirischen Zusammenhängen können wir schließen, dass in natürlichen Ökosystemen das Wachstum der meisten Organismen durch Mangel an „Nahrung“ kontrolliert wird, wenn einigermaßen stationäre Verhältnisse herrschen. Organismen sind nicht nur dem Wachstum sondern auch dem Sterben unterworfen. Organismen haben eine begrenzte Lebenserwartung, die vermutlich ebenfalls genetisch fixiert ist. Die Lebensdauer ist üblicher Weise deutlich niedriger als die Lebenserwartung und hängt von vielen Bedingungen ab. Die Population, also die Anzahl der Individuen in einer bestimmten Region oder einem Umweltbereich hängt von dem Massenfluss an Nahrung ab, der den Organismen zur Verfügung steht. Unter stationären Verhältnissen, also stets gleich bleibenden Bedingungen und Handlungsweisen würde die Anzahl der lebenden Organismen, inklusive der Menschen etwa konstant bleiben, wobei die Wachstumsrate durch Mangel soweit begrenzt ist, dass sie gleich groß ist wie die Sterberate.

Nachdem in der Natur sowohl die Stoffflüsse als auch alle anderen Lebensfaktoren (Sonnenlicht, Klima, etc.) einem dauernden Wandel unterworfen sind, ergibt sich auch eine dauernde Änderung sowohl bei der Zusammensetzung der Arten als auch bei der Anzahl der Organismen. Natürliche Ökosysteme, also Flora und Fauna, sind einerseits ganz stark durch die örtliche Zusammensetzung des Bodens (Geologie) gekennzeichnet, die sich nur sehr langsam ändert, andererseits durch die großen erdumspannenden Stoff- und Energieströme, die mit dem Klima, dem Wasser und der Luft verknüpft sind. Die Organismen bzw. ihre Erbsubstanz können entweder auf dem Boden fixiert sein oder sich in und mit Wasser und Luft bewegen. Selbstverständlich sind alle Ökosysteme auch vom Menschen beeinflusst, sodass der Mensch als integraler Bestandteil der „Natur“ gesehen werden muss, wenn man Kriterien für eine nachhaltige Entwicklung sucht.

Die Bevölkerung einer Region ist den oben beschriebenen harten Regelungsmechanismen ausgesetzt, wenn es ihr nicht gelingt, die notwendigen Stoffströme z. B. an Nahrung gesichert so zu erhöhen, dass für alle Menschen nachhaltige Lebensbedingungen erreicht werden. Forschung und Entwicklung leisten dazu ihren Beitrag aber auch ausreichender Zugang zu fossilen Energieträgern oder freiwillige oder zwangsweise Geburtenregelung. Es scheint rational begründbar, dass eine Verringerung der Weltbevölkerung vorteilhaft für eine nachhaltige Entwicklung für alle Menschen sei. Aus dem Blickwinkel regionaler, kultureller und religiöser Überlegungen kann man ebenso rational zu gegenteiligen Schlüssen kommen, weil kulturelle Vielfalt mit zunehmender Bevölkerung auch zunehmen kann und die Überlebenschancen für die Menschheit als Ganzes bei schweren Krisen erhöht werden.

Wie schon erwähnt gibt es einen engen Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeit der Änderung der Stoffströme und Umweltbedingungen und der Anpassungsgeschwindigkeit der Arten, Gemeinschaften und Ökosysteme. Aus dem Bereich der Wassergütwirtschaft können wir darauf schließen, dass unsere Gesellschaft etwa 30 Jahre (etwa eine Generationszeit) braucht um sich in Richtung einer nachhaltigen Lösung von Problemen zu entwickeln.

Beispielhaft kann man dies an der vom Menschen verursachten Entwicklung der Phosphorkonzentration im Bodensee (Abb. 6) zeigen. Das Problem steigender P-Gehalte und der damit verbundene Verschlechterung der Güte des Bodensees, wurde in den 1960er Jahren erkannt. Es wurden daraus die richtigen Schlüsse gezogen (Bodenseekommission), und etwa 30 Jahre später sieht man den Erfolg der vielen Maßnahmen – zwischendurch allerdings zuerst einmal eine dramatische Verschlechterung der Zustände.

Eine vergleichbare Erfolgsgeschichte ist die Verbesserung der Gewässergüte der österreichischen Fließgewässer zwischen 1959 und 1995. Grundlage war das Wasserrechtsgesetz 1959, in dem die Grundlagen für den Gewässerschutz durch Abwasserreinigung gelegt wurden. Etwa 5 Jahre nach Inkrafttreten des Gesetzes begann die praktische Umsetzung zu greifen, trotzdem kam es zuerst noch zu einer erheblichen Verschlechterung der Gewässergüte. Erst ab etwa 1985 kann man dann eine sehr rasche Verbesserung feststellen, die bis heute anhält.

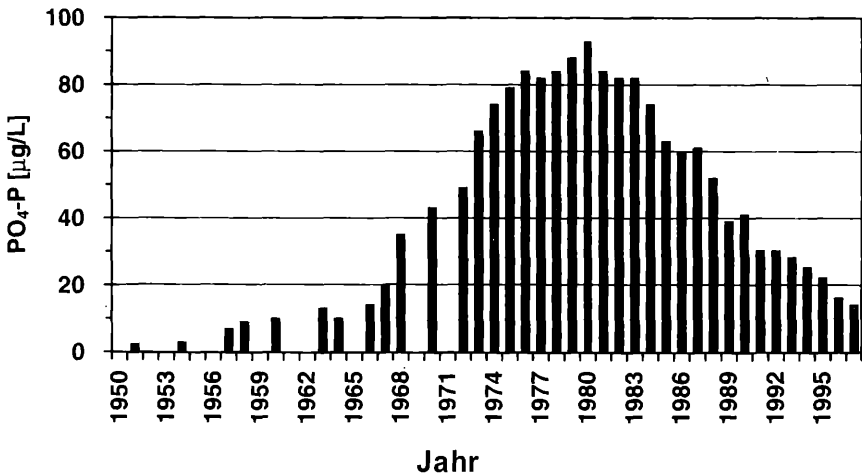


Abb. 6: Entwicklung des Phosphat-Phosphorgehaltes im Bodensee in den letzten Jahrzehnten

In der Abbildung 7 ist beispielhaft die Entwicklung der Anwendung von Stickstoff-Handelsdünger im Einzugsbereich des Schwarzen Meeres und der Donau während der letzten 4 Dekaden dargestellt. Seit etwa 1960 begann ein stetiger Anstieg der eingesetzten Düngermengen, der um das Jahr 1985 ein Maximum erreicht. Nach der „Wende“ in den MOE Ländern 1989/90 kam es zu einem dramatischen Rückgang des Düngereinsatzes (Stickstoff und Phosphor), während es in den Westeuropäischen Ländern (Deutschland und Österreich) in den letzten 20 Jahren keine großen Veränderungen gab. In der frühen 1990er Jahren erreichte die Qualität der Küstengewässer des Schwarzen Meeres ihren Tiefststand, der durch häufige Algenblüten und eine Massentwicklung einer fremden Quallenart (10^9 t/a) in Jahren 1990/91 gekennzeichnet war. Nach diesem katastrophalen Ereignis erholte sich die Güte des Schwarzen Meeres wieder, unter Anderem, weil die Fracht an Stickstoff und Phosphor, die das Algenwachstum im Küstenbereich begrenzen, seit 1990 rückläufig ist. Hier hat die politische Wende einen für die Umwelt positiven Anpassungsprozess stark beschleunigt, allerdings über eine schwere ökonomische Krise in den MOE Staaten.

Hypothese für eine „Zieldefinition“ der Evolution

Als Hypothese kann formuliert werden, dass die Entwicklung von natürlichen Ökosystemen durch das Ziel getrieben wird, alle verfügbaren Ressourcen für die Reproduktion und Entwicklung der genetischen Information zu nützen. Die zufälligen Mutationen bringen stets neu Möglichkeiten für Entwicklung und Anpassung hervor. Der Mensch trägt durch Selbstbewusstsein, rationales Denken und Phantasie zusätzliche neue Möglichkeiten der Veränderung, Anpassung und Entfaltung bei. Auch die kulturelle Entwicklung kann als der Versuch des Menschen interpretiert werden, optimalen Nutzen aus den vorhandenen Ressourcen zu ziehen, wobei die Geisteskräfte des Menschen als zusätzliche Ressource zu sehen sind. Aus dieser Hypothese ergibt sich eine ganze Reihe von Fragen, die nicht einfach beantwortet werden können, wie z. B.:

Welche Faktoren begrenzen die Entwicklung unseres Bewusstseins und als eine Folge davon die Geschwindigkeit unsere Anpassungsfähigkeit?

Ist eine nachhaltige Entwicklung mit dem Bewusstsein verknüpft, dass die völlige Abhängigkeit unseres Lebens von der Entwicklung der Natur (natürlichen Umwelt), und die Möglichkeit aus freier Entscheidung in diese einzugreifen als komplementäre Konzepte verstanden werden müssen?

Bis zu welchem Grad sind wir für die zukünftige Entwicklung (für die nächsten Generationen) verantwortlich, in dem wir heute Entscheidungen treffen, und welche

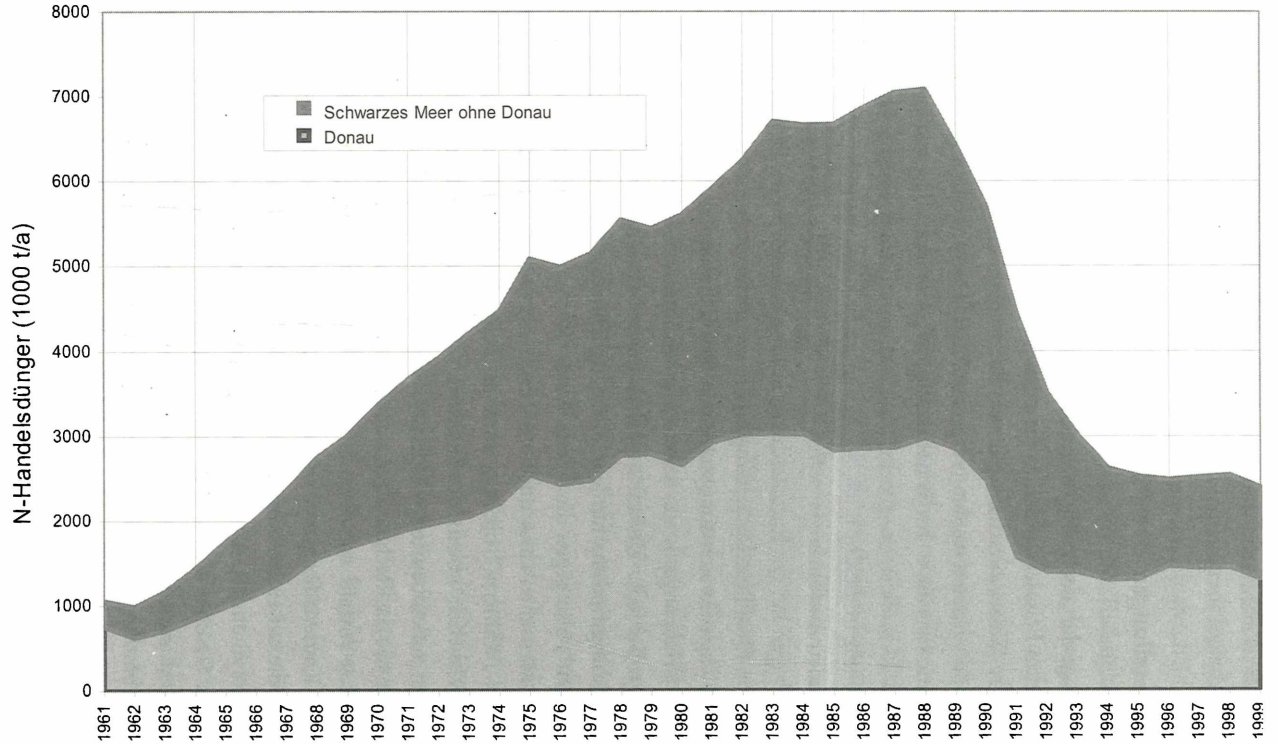


Abb. 7: Einsatz von Stickstoff-Handelsdünger im Einzugsbereich des Schwarzen Meeres (Donauraumes) in den letzten Jahrzehnten

Konsequenzen hat diese Verantwortlichkeit für die heutigen Entscheidungen, wenn die Zukunft in mehrfacher Hinsicht nicht vorhersehbar ist?

4. Ethische Fragestellungen

Es wird heute die Frage der „nachhaltigen Entwicklung“ eng an ethische Fragestellungen geknüpft. Ein typisches Beispiel dafür sind die noch jungen 10 Gebote (code of ethics) für die Fachleute der Wasserwirtschaft, die von der Europäischen Wasservereinigung (EWA) entwickelt und vertreten werden (Hagebro 2001). Darin wird die große Verantwortung der Fachleute für eine weltweit nachhaltige Wasserwirtschaft verankert und in Handlungsmaximen formuliert. Ausführlich hat sich mit diesem Thema Harremoos (2001) in seinem Beitrag in diesem Buch beschäftigt, sodass hier nicht darauf eingegangen wird. Die folgenden Ausführungen sollen nur dazu dienen, die notwendige Diskussion über ethische Fragen bei der Entscheidungsfindung zu erleichtern. Es gibt zumindest drei Bereiche von Qualitätsentscheidungen, die unterschieden werden müssen:

Jede Person entwickelt für sich ein System von Grundannahmen (Überzeugungen, Glaubenssätzen, Erfahrungen), aus denen eine bestimmte Werteordnung für Entscheidungen folgt. Bei jeder Diskussion mit anderen Menschen, aber auch bei der eigenen Entscheidungsfindung hat jeder die Möglichkeit seiner „Wahrheit“ zu folgen oder zu „lügen“, also gegen die eigene Wertordnung zu verstoßen. Kommunikation zwischen Menschen kann nur dann langfristig fruchtbar bleiben, wenn die Partner bei ihrer „Wahrheit“ bleiben, auch im Falle des Dissenses. Diese innere Wertordnung („Wahrheit“) bleibt das Geheimnis jeder Person und kann nicht gesichert objektiv von außen beurteilt werden.

Logische Systeme wie das Rechtssystem oder eine spezielle Philosophie beruhen auf einer beschränkten Anzahl von Axiomen, die entweder vorausgesetzt (geglaubt) werden oder im Konsens festgelegt werden. Beim Rechtssystem kann das z. B. die Verfassung sein, die auf einem Konsens beruht. An Hand der Gesetze ist es für jedermann möglich zu entscheiden ob eine Handlung oder Entscheidung „richtig“, also im Sinne der Gesetze, oder „falsch“, im Widerspruch zu Gesetzen ist. Zur Stabilisierung des Rechtssystems wird dann häufig „richtig“ und „falsch“ mit „gut“ und „schlecht“ in Verbindung gebracht. Dauernde Innovation auf allen Ebenen erzeugt laufend neue Probleme und Bewusstseinsinhalte, die dazu führen, dass auch die Grundannahmen sich in der Geschichte dauernd ändern müssen. „Richtig“ und „falsch“ sind daher sich in der Geschichte und in unterschiedlichen Kulturen sich

wandelnde Begriffe. Als sehr gutes Beispiel dafür kann die Entwicklung des Umweltrechtes während der letzten Dekaden angeführt werden. Auch die Mathematik baut jeweils auf gewissen Axiomen auf und leitet daraus logische Systeme ab, die es ermöglichen „richtige“ von „falschen“ Aussagen zu unterscheiden.

Für naturwissenschaftliche Theorien und Modelle stellt die Falsifizierung durch das Experiment das entscheidende Kriterium für die „Richtigkeit“ dar. Eine naturwissenschaftliche Theorie oder Analyse gilt so lange als richtig, so lange experimentelle Messergebnisse im Einklang mit dem Modell der Wirklichkeit stehen. Dazu muss auch die Naturwissenschaft eine Reihe von Axiomen außer Frage stellen, die nicht aus Experimenten ableitbar sind. Die naturwissenschaftlichen Modelle haben sich in der praktischen Anwendung als äußerst verlässlich herausgestellt und sie sind weder von einer Person noch von einer persönlichen Überzeugung abhängig. Sie ruhen auf dem Fundament eines Konsenses über die Methodik, die prinzipiell von Jedermann angewendet werden kann.

Bei den meisten Entscheidungen, die getroffen werden müssen, sind alle drei Beurteilungsschemata beteiligt. Jede Entscheidung muss auf der Grundlage unvollkommener Information erfolgen, auf der Grundlage eines unvollständigen Verständnisses der Zusammenhänge in der Gegenwart und der zukünftigen Konsequenzen. Jede Entscheidung ist daher mit Risiko verbunden. Das Risiko kann in der Regel nur dadurch verringert werden, indem kompetente Fachleute aus den verschiedenen betroffenen Gebieten zusammenarbeiten und die betroffenen Menschen gehört werden. Für die dabei auftretenden Diskussionen ist es notwendig diese drei nicht weiter reduzierbaren Beurteilungsschemata sauber auseinander zu halten. Die Frage ob der Bau einer Kläranlage in einem bestimmten Fall auf der Grundlage einer wissenschaftlich geführten Analyse begründet werden kann, muss klar von der Frage getrennt werden, ob die vorgeschlagene Lösung im Einklang mit gesetzlichen Regelungen steht, oder ob ihre Umsetzung in ein politisches Programm aufgenommen werden soll.

Die wissenschaftliche Analyse der Umwelt wird immer an einem Mangel an vollständigem Verständnis aller Zusammenhänge leiden, dennoch kann sie wissenschaftlich einwandfrei sein. Wichtig ist aber immer, dass die wissenschaftliche Analyse klar von der Wertung der Ergebnisse im Lichte gesetzlicher Regelungen und / oder persönlicher Werthaltungen getrennt wird. Das ist in der Praxis viel schwieriger als es auf den ersten Blick erscheint.

Jede Entscheidung über die Lösung von Umweltproblemen enthält einen Planungs- und Gestaltungsaspekt. Nachhaltige Entwicklung kann prinzipiell nicht aus

noch so komplexen mathematischen Modellen, umfassenden wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Analysen alleine abgeleitet werden. Sie braucht immer Visionen und Gestaltungskonzepte.

5. Zusammenfassung

Der Schutz der Umwelt hat in den reichen Industriestaaten in den letzten Jahrzehnten große Fortschritte gemacht. Es ist dort gelungen den Zuwachs an Wohlstand vom Trinkwasserverbrauch, der Wasser und Luftverschmutzung und zu einem gewissen Grad auch vom Verbrauch fossiler Energieträger zu entkoppeln. Es ist in vielen Fällen gelungen von der Folgenbekämpfung zur Ursachenbekämpfung der Umweltverschmutzung zu gelangen, in dem man die Stoffströme an der Quelle kontrolliert und saubere Produktionsverfahren entwickelt hat. Der große Unterschied in der Geschwindigkeit der wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Entwicklung zwischen den armen und den reichen Ländern konnte nicht wesentlich vermindert werden. Die Visionen über eine weltweit nachhaltige Entwicklung in den reichen und den armen Ländern der Erde unterscheiden sich noch immer stark. Insbesondere wie sie verwirklicht werden sollte.

Nachhaltige Entwicklung kann nur dann erreicht werden, wenn wir die Gesetzmäßigkeiten der Physik, Chemie, Biologie und des menschlichen Verhaltens, die wir nicht ändern können, berücksichtigen. Aus diesen Gesetzmäßigkeiten können folgende Schlüsse gezogen werden:

Die Beschreibung der anthropogenen und natürlichen Stoffströme mit Hilfe des Konzeptes der Massenbilanz stellt ein hervorragendes Werkzeug für die Analyse von Umweltproblemen dar, weil wir uns auf den Masse- und Energieerhaltungssatz verlassen können.

Rohstoffeinsatz, Stoffkreisläufe und die Wiederverwendung von Stoffen müssen an Hand der Entropiezunahme, dem irreversiblen Verlust an wertvollen Rohstoffen beurteilt werden. Wir müssen unterscheiden zwischen begrenzten aber erneuerbaren Stoffen (z. B. Wasser, Luft, Kohlenstoff) und begrenzten Ressourcen (z. B. Boden, fossile Energieträger, Phosphormineralien). Wir müssen auch zwischen regionalen und globalen Problemen klar unterscheiden und daraus angepasste Handlungsmaximen ableiten.

Lebendige Systeme sind thermodynamisch offene Systeme und brauchen eine ununterbrochene Zufuhr von Stoffen und Energie und daraus resultiert immer eine Zu-

nahme der Entropie (Ordnungsverlust, Verdünnung von Rohstoffen etc.). Solche Systeme haben chaotische Eigenschaften mit der innewohnenden Tendenz, dass spontan komplexe Ordnungsmuster entstehen aber auch Krisen und Katastrophen nicht vermieden werden können. Die Zukunft kann prinzipiell nicht gesichert vorhergesagt werden. Weder kann eine vollständige Rückkehr zu einem vergangenen Zustand erreicht noch können stationäre Verhältnisse über längere Zeiträume erwartet werden. Nachhaltige Handlungskonzepte müssen Freiräume für dauernde Veränderung (chaotisches Verhalten) zulassen eventuell sogar fördern.

Lebendige Organismen stehen unter dem Zwang zum „Kampf ums Überleben“ Aber es gibt schon auf der Ebene der Mikroorganismen zwei unterschiedliche Kriterien für die Selektion: Organismen mit hoher maximaler Wachstumsrate haben bessere Überlebenschancen in ressourcenreicher Umwelt aber führen zu eingeschränkter Vielfalt der Lebewesen. In durch Mangel charakterisierter Umgebung haben Organismen Überlebensvorteile, die bescheiden, bereit und fähig zur Kooperation sind. Unter solchen Bedingungen entstehen komplexe Lebensgemeinschaften und eine große Artenvielfalt. In einer sauberen Umwelt tritt hohe Materialnutzungseffizienz auf. Sie ist gekoppelt mit Wachstumsraten, die vielfach weit unter den genetisch festgelegten maximalen liegen.

Reiche Gesellschaften (z. B. Industriestaaten) neigen zu geringer Materialnutzungseffizienz aber erreichen eine hohe Qualität und Geschwindigkeit der Entfaltung der Kultur (Zivilisation) und tendieren (möglicherweise) zu geringer „Vielfalt“ Es muss offen bleiben, ob der Analogieschluss berechtigt ist. Tatsache ist allerdings, dass hoher Ressourcenverbrauch, niedrige Materialnutzungseffizienz und hohe Entfaltungsgeschwindigkeit der Kultur und Zivilisation das Auftreten von Mangelerscheinungen bei Rohstoffen (Substraten) beschleunigt. Wobei einige überlebenswichtige Rohstoffe nicht substituierbar sind (z. B. Phosphor).

Die Zahl (Masse) der Individuen in einem Ökosystem ist von den verfügbaren Stoffströmen für ihre Ernährung abhängig und wird in der Regel durch die Konzentration eines das Wachstum begrenzenden Stoffes gesteuert. Nur solange die gesamte Erdbevölkerung ausreichend mit Wasser und Nahrung versorgt werden kann, greift die „natürliche“ Steuerung des Bevölkerungswachstums durch Mangel (Hunger, Durst, Seuchen) nicht. Die für die Ernährung erforderliche Ausweitung der landwirtschaftlichen Produktionsflächen bzw. die Intensivierung der Produktion stehen in starker Konkurrenz zur Entfaltung natürlicher Ökosysteme (Lebensraum, Düngung, Schädlingsbekämpfung).

Die (freie) Marktwirtschaft stellt einen Regelungsmechanismus dar, der solange für einen Zuwachs an Wohlstand in der Bevölkerung sorgt, als der Mangel an Gütern zu

verträglichen Preisen behoben oder substituiert werden kann. Es ist allgemein anerkannt, dass auch andere Steuerungsmechanismen in der Wirtschaft eingesetzt werden müssen, um eine sozial verträgliche und nachhaltige Entwicklung zu erreichen. Auch diesen Widerspruch wird man nur über die Anerkennung der Komplementarität dieser unterschiedlichen Handlungsmaximen überwinden können.

Die zufällig auftretenden Mutationen bewirken unvorhersehbare Veränderungen und Innovationen, die Anpassung und Wettbewerb der Individuen und Arten bewirken. Die Anpassungsgeschwindigkeiten von Organismen hängen eng mit ihrer Reproduktionsrate zusammen. Diese variiert um mindestens 4 bis 6 Größenordnungen zwischen Bakterien, Gesellschaften und Ökosystemen. Dies muss bei der Planung und Beurteilung von Umweltschutzmaßnahmen berücksichtigt werden. Eine konsequente Umsetzung von Maßnahmen, die auf sicheren wissenschaftlichen Erkenntnissen über den Zusammenhang zwischen den Vorgängen in der Umwelt und den sozialen und wirtschaftlichen Auswirkungen ruht, ist häufig viel wichtiger als die Geschwindigkeit des Fortschrittes. Dies ist z. B. bei der Durchsetzung von Abwasserreinigungsmaßnahmen oder der Verminderung der diffusen Belastung der Gewässer über Landwirtschaft und Luftverunreinigung zu beachten, auch wenn speziell in Demokratien die Erwartungshaltung der Politiker naturgemäß sehr kurzfristig angelegt ist.

Der Mensch trägt durch sein Selbstbewusstsein, rationales Denken und zufällige neue Ideen (Phantasie) zu zusätzlicher Innovation und Selektion bei. Insbesondere die Entwicklung von Metasprachen hat wesentlichen Anteil an neuen Möglichkeiten der Kommunikation, Information und des Denkens. Es ist noch nicht ausgemacht, bis zu welchem Grad die Material- und Energienutzungseffizienz durch den Einsatz der innovativen Kraft des menschlichen Geistes erhöht werden kann und wo die begrenzenden Faktoren für seine Entfaltung sind (Philosophie, Naturwissenschaft, Religion, Erziehung, Ausbildung, Kommunikation, Technik, etc.)

Dort wo natürliche Stoffkreisläufe durch Sonnenenergie erhalten werden (Wasser, Luft, Kohlenstoff, Stickstoff) sollten wir sie optimal nutzen. Ein ganz wichtiger Beitrag zu nachhaltiger Entwicklung wird darin bestehen, die Nutzung von begrenzten Rohstofflagern wesentlich zu verbessern um die Verdünnung in der Umwelt (Verschmutzung) und die Leerung der begrenzten Lager mit niedriger Entropiestufe stark zu reduzieren (Weizsäcker et al. 1995). Kreislaufführung und Wiederverwendung von „Abfall“ wird dabei eine große Rolle spielen, aber es wird notwendig sein, die Zunahme der Entropie und die Verfügbarkeit unterschiedlicher Rohstoffe gegeneinander abzuwägen.

Die Organismen in stabilen sauberen Ökosystemen „arbeiten“ überwiegend weit unter ihrer maximalen Leistungsfähigkeit und sind in vielfältiger Weise auf Zusam-

menarbeit angewiesen. Eine saubere Umwelt ist primär nicht durch die Abwesenheit von Stoffen sondern durch deren (meist geringe) Konzentration charakterisiert. Handlungsmaximen wie „Minimierung“ und „Maximierung“ von Stoffströmen scheinen in der natürlichen Umwelt keine Entsprechung zu haben. Man kann daraus den Schluss ziehen, dass sie auch bei der Suche nach nachhaltigen Handlungsweisen nur kurzfristig und räumlich begrenzt eingesetzt werden dürfen, weil sie sonst zu Fehlverhalten zumindest aber zu Fehlinvestitionen führen. Das gilt auch für alle so genannten 0-Visionen (Null-Emission, Null-Verunreinigung, Null-Risiko), die wertvolle Impulse für Verhaltensänderungen darstellen können, aber nicht als prinzipiell richtige Handlungsanleitungen brauchbar sind. Es kann vermutet werden, dass das genauso für soziale und wirtschaftliche Programme gilt.

Es bleibt die Frage offen, was wir tun sollen. Zusammenfassend bleibt uns nur die Feststellung, dass wir weiterhin nach bestem Wissen und Gewissen handeln werden müssen und dies unter dauernder Beachtung der historischen, regionalen, sozialen und ökonomischen Bedingungen. Schon dies stellt hohe Anforderungen an alle Entscheidungsträger. Auch ein dauernder inniger Kontakt zu unserer (natürlichen) Umwelt ist notwendig, weil die Natur um uns als der verlässlichste Indikator und Sensor dafür angesehen werden kann, ob wir uns „richtig“ und „nachhaltig“ verhalten, eingedenk der Tatsache, dass Mensch und Natur eine Einheit darstellen. Wir müssen davon ausgehen, dass in dieser Einheit eine Asymmetrie enthalten ist, weil die Natur ohne den Menschen überlebensfähig ist, der Mensch ohne Natur jedoch nicht.

Um die Umwelt und unsere Abhängigkeit von ihr besser zu verstehen, wird ein verbesserter weltweiter Informationsfluss einen wichtigen Beitrag leisten. Die Verbesserung der globalen, interdisziplinären Kommunikation und Zusammenarbeit wird weiter an Bedeutung gewinnen. Es wird aber so wie bisher die Bereitschaft gefordert sein, Entscheidungen auch auf der Grundlage mangelnder Information, mangelnden Verständnisses der Zusammenhänge und deren Folgen und auf der Basis von Wertordnungen zu treffen, die nicht analytisch begründbar sind. Dazu ist Mut und der Wille zur Gestaltung unserer Gegenwart und Zukunft notwendig. Das Risiko zu scheitern muss in Kauf genommen werden.

Literatur

- Baccini P., Brunner P. H. (1991): *Metabolism of the Anthroposphere*, Springer Verlag, Berlin.
- PHARE Project EU/AR/201/91 (1997): *Nutrient Balances for Danube Countries* – Final Report; Institute for Water Quality and Waste Management, Vienna University of Technology and the Department of Water and Wastewater Engineering, Budapest University of Technology.

- Guijzen H., Mulder A. (2001): *The Nitrogen Cycle out of Balance*. Water 21, August 2001.
- Hagebroe C. (2001): *The Role of Professional Ethics in Water Management*. Stockholm Water Symposium, August 2001.
- Harremoes P. (2001): *Water Ethics – A Substitute for Over-regulation of a Scarce Resource*. Stockholm Water Symposium, August 2001.
- Prigogine I., Stengers I. (1981): *Dialog mit der Natur*. Piper Verlag, München. ISBN 3-492-02532-3.
- Rechberger H. (2000): *An entropy based method to evaluate substance balances of waste treatment systems*. In the Proceedings of the 2000 ISWA World Congress: „2000 and beyond: which choices for waste management?“, 3.-7 July, Paris.
- Varis O. (2001): *Informal Water Institutions*. Proceedings of the IWA Biennial Conference in Berlin, October 2001 (to be published in Wat. Sci. Tech.).
- V. Weizsäcker U., Lovins A., Lovins H. (1995): *Faktor Vier*. Verlag Droemer Knaur, München. ISBN 3-426-26877-9.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Umwelt - Schriftenreihe für Ökologie und Ethologie](#)

Jahr/Year: 2002

Band/Volume: [29](#)

Autor(en)/Author(s): Kroiss Helmut

Artikel/Article: [Konzepte nachhaltigen Umganges mit Wasser und anderen Ressourcen. 87-110](#)