

- Natur“. In: M. HELD (Hg.): Leitbilder der Chemiepolitik. Stoffökologische Perspektiven der Industriegesellschaft. Campus-Verlag, Frankfurt am Main/New York 1991, S. 250 – 252
- [7] Antrag der SPD-Bundestagsfraktion zur Einsetzung einer Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt – Bewertungskriterien und Perspektiven für umweltverträgliche Stoffkreisläufe in der Industriegesellschaft“, Deutscher Bundestag, Bonn 1990, BT-Drucksache 12/90; Beschluß zur Einsetzung der Enquete-Kommission durch den Deutschen Bundestag vom 14. Februar 1992 in seiner 77. Sitzung, Deutscher Bundestag, BT-Drucksache 12/1951
- [8] Zwischenbericht der Enquete-Kommission: Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des Deutschen Bundestages (Hg.): Verantwortung für die Zukunft – Wege zum nachhaltigen Umgang mit Stoff- und Materialströmen, Economica-Verlag, Bonn 1993, S. 1 (auch erschienen als Sonderausgabe des Deutschen Bundestages, BT-Drucksache 12/5812)
- [9] a.a.O.
- [10] Zwischenbericht der Enquete-Kommission, a.a.O.; Bericht der Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des Deutschen Bundestages (Hg.): Die Industriegesellschaft gestalten – Perspektiven für einen nachhaltigen Umgang mit Stoff- und Materialströmen, BT-Drucksache 12/8260 Bonn 12. 7. 94 (erscheint auch im Economica-Verlag)
- [11] Zwischenbericht der Enquete-Kommission, Abschnitt 4.3.1 Cadmium, S. 106 – 137
- [12] Zwischenbericht der Enquete-Kommission, Abschnitt 4.3.4 Bedürfnisfeld Textilien/Bekleidung, S. 225 – 271; Bericht der Enquete-Kommission, Kap. 4.2, S. 54 – 17; Kommissionsdrucksachen der Enquete-Kommission zur öffentlichen Anhörung „Die Stoffe aus denen unsere Kleider sind – Stoffströme in der textilen Bekleidungskette“ vom 16./17. März 1993, KDrs 12/8, 8a – 8d; Veröffentlichung der Studien zu diesem Themenfeld von COGNIS sowie der Arbeitsgemeinschaft Textil in Vorbereitung
- [13] M. HELD (Hg.): Leitbilder der Chemiepolitik – Stoffökologische Perspektiven der Industriegesellschaft. Campus-Verlag, Frankfurt am Main/New York 1991
- [14] Zwischenbericht der Enquete-Kommission, Kapitel 3, Leitbilder einer Stoffpolitik, S. 21 – 62; Bericht der Enquete-Kommission, Kap. 3, Leitbilder einer Stoffpolitik, S. 21 – 48
- [15] VERBAND DER NIEDERLÄNDISCHEN CHEMISCHEN INDUSTRIE (Hg.): Integrated Substance Chain Management. Leidschendam 1992
- [16] DER RAT VON SACHVERSTÄNDIGEN FÜR UMWELTFRAGEN (Hg.): Sondergutachten Abfallwirtschaft. Erschienen als BT-Drucksache 11/8493, Bonn 1990; P. BACCINI; P. H. BRUNNER: Metabolism of the Anthroposphere. Springer Verlag, Berlin 1991; M. HELD (Hg.): Leitbilder der Chemiepolitik – Stoffökologische Perspektiven der Industriegesellschaft, Campus Verlag, Frankfurt am Main/New York 1991; H. FUTTER; M. HELD (Hg.): Stoffökologische Perspektiven der Abfallwirtschaft. Grundlagen und Umsetzung. Erich Schmidt Verlag, Berlin 1993

Orientierung an den Strategien und Wirtschaftsprinzipien der Natur im Umgang mit Stoffen und Energie

Klaus-Dietrich Sturm, Eckhard R. L. Fliege

Ministerium für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein, Grenzstraße 1 – 5, D-24149 Kiel

Zusammenfassung

Mit ihrer Eingriffstiefe in die Stoffkreisläufe der Natur überfordert die bisherige industrielle Entwicklung die Ökosphäre. Künftig müssen die Eingriffe in den Stoff- und Energiehaushalt der Natur dahingehend minimiert werden, daß die natürlichen Lebensgrundlagen dauerhaft erhalten bleiben, ohne daß die bisherige gesellschaftliche Stabilität gefährdet wird.

Ressourcenschonende Produktionsverfahren, Umweltverträglichkeit und Recyclierbarkeit der Produkte sind Strategien, welche die Natur im Laufe von 200 Mio. Jahren Evolution entwickelt hat. Diese Naturstrategien geben wertvolle Hinweise für die Neugestaltung des industriellen Stoffwechsels. Eine noch zu entwickelnde Ökotechnik könnte das Instrument sein, den industriellen Stoffkreislauf den Naturkreisläufen anzupassen.

1 Einleitung

Mit Beginn der Industrialisierung vor 200 Jahren verschwanden die sozialen und kulturellen Restriktionen, die bis dahin die wirtschaftliche Entwicklung behindert oder unterbunden hatten. Die entscheidende materielle Voraussetzung für die Industrialisierung bildete der **Wechsel des Energiesystems**: Während die Agrargesellschaften energetisch auf der Nutzung der Sonnenenergie beruhten, nahm die Industriegesellschaft

zunehmend materielle Ressourcen in Anspruch, wodurch eine Periode des Energie- und Stoffüberflusses eingeleitet wurde [1].

Seit 1900 hat sich der Verbrauch der fossilen Brennstoffe um das Dreißigfache und die industrielle Produktion um das Fünfzigfache erhöht, wobei 80 % der Steigerung auf die Zeit nach 1950 anzurechnen ist. Allein der Verbrauch an organischen Chemikalien hat sich zwischen 1940 und 1980 etwa vervierzigfacht.

Infolge der rasanten wirtschaftlichen Entwicklung haben die **anthropogenen Stoffströme** mengen- und wirkungsmäßig so zugenommen, daß sie die **natürlichen Stoffkreisläufe** überlagern und stören. Eine Vielzahl der Substanzen ist toxisch, persistent und reichert sich in der Biosphäre an. Nach dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik korrespondieren mit den Wirtschaftsprozessen Stoffströme, die die Umwelt chemisch, radioaktiv und thermisch verschmutzen [2, 3].

2 Die Zuspitzung der ökologischen Krisen

Trotz großer gesetzgeberischer, technischer und finanzieller Anstrengungen in den letzten zwei Jahrzehnten spitzen sich die ökologischen Krisen zu:

- Im **Abfallbereich** konnte die Zunahme der Mengenströme verringert werden; eine befriedigende Antwort auf die Frage nach der umweltverträglichen Behandlung eines Produktes nach seinem Gebrauch steht jedoch häufig noch aus. Die stoffliche Zusammensetzung (Verbundmaterialien) und die zum Teil hohe Schadstoffbelastung stellen in vielen Fällen eine nahezu unlösbare Aufgabe dar.
- Im **Gewässerbereich** liegen die Schwermetallgehalte niedriger und die Sauerstoffgehalte höher als in früheren Jahren; der Nährstoff- und Salzgehalt sowie die Konzentrationen an schwerabbaubaren organischen Substanzen sind jedoch immer noch zu hoch.
- Qualitätsvergleiche des **Grundwassers** sind aufgrund fehlender langfristiger Meßbreiten wenig aussagekräftig. Die zunehmend häufigen Meldungen über kritische Schadstoffgehalte, z.B. Chlororganika, Benzol und Atrazin, deuten auf eine Verschlechterung des Zustandes hin.
- Die empfindlichen, fein aufeinander abgestimmten Lebensräume von Nord- und Ostsee sind durch menschliche Eingriffe stark geschädigt worden. Ein Teil dieser Schäden ist überhaupt nicht oder nur langfristig wieder rückgängig zu machen. Jahrelang überhöhte Nähr- und Schadstoffeinträge (Stickstoff, Phosphor, Schwermetalle und Chlororganika) haben die artenreichen Lebensräume von Nord- und Ostsee destabilisiert.

Organische Halogenverbindungen gelangen vor allem aus der chemischen Industrie in die Umwelt. In den letzten Jahren hat zwar die DDT-Belastung in Organismen der Nordsee abgenommen; die Belastung mit Hexachlorbenzol und polychlorierten Biphenylen dauert dagegen unvermindert an. Diese naturfremden, evolutionsunerprobten beständigen Stoffe werden aufgrund ihrer chemischen Eigenschaften von Tieren im Fettgewebe akkumuliert und in den Nahrungsketten angereichert, wodurch die Endglieder der Nahrungskette – Seehund, Mensch – am stärksten belastet sind. Diese Organohalogenverbindungen werden nicht oder nur sehr langsam abgebaut und können schon in niedrigen Konzentrationen toxisch wirken [4].

In den letzten Jahren konnte die Umweltbelastung bei der Herstellung von Produkten teilweise verringert werden. Weitgehend unbeeinflusst davon blieb die Hauptemissionsquelle, d.h. die Belastung durch die Produkte selbst.

Völlig legale Einträge und Einleitungen einer Vielzahl ökologisch abträglicher Stoffe in die Naturkreisläufe bewirken eine Schädigung und Zerstörung unterschiedlicher Lebensgemeinschaften in der Natur. Eine vorsorgende Umweltpolitik muß deshalb das Ziel vor Augen haben, Produktions- und Abfallbehandlungsverfahren sowie Verbrauchsmodi zu entwickeln, welche die Lebensstauglichkeit der Biosphäre langfristig sichern.

Die Natur setzt seit ca. 3 Milliarden Jahren außergewöhnlich große Stoff- und Energieströme fast rückstands- und giftfrei um. Etwa 10^{20} t Biomasse wurden bisher produziert. Die vom Menschen erzeugte Gütermenge ist im Vergleich dazu verschwindend gering, nämlich weniger als ein Milliardstel. In der Natur haben sich jedoch kein gefährlicher Giftmüll oder Deponien von lebensfeindlichen Abfällen angehäuft [5].

Eine neue Stoff- und Energiepolitik ist nötig, die sich an den Strategien und Wirtschaftsprinzipien der Natur im Umgang mit Stoffen und Energie orientiert. Es muß nach Strategien gesucht werden, die den Wirtschaftsprinzipien der Naturstrategien weitgehend entsprechen.

3 Umsetzung der Naturstrategien

Der Umgang der Natur mit Stoffen und Energie kann in vielen Fällen nicht direkt in die Technik übertragen werden. Gleichwohl geben die auf funktionierende ökologische Gesamtsysteme optimierten und evolutionserprobten **Naturstrategien** wertvolle und praktische Anstöße für eine ökologisch orientierte Technik (Ökotechnik) des Menschen [6, 7, 8].

3.1 Naturstrategie der Sparsamkeit

Die Natur betreibt eine energiesparsame und gezielte Produktion einer begrenzten Anzahl von Stoffen mit einer breiten Eigenschaftspalette. Letztere wird durch geeignete Zusatzstoffe, molekulare Sekundär- und Tertiärstrukturen sowie Verbünde erreicht. Die Natur vermeidet energieverwendende Hochtemperaturprozesse bei der Synthese und dem Stoffabbau. Sie verbraucht nur soviel Energie, wie durch Sonnenenergie nachlieferbar ist. Die Photosynthese ist ein ökonomischer, umwelt- und sozialverträglicher Prozeß, der kohlenstoff-gebundene Energieäquivalente regenerativ in großer Menge zur Verfügung stellt.

Daraus folgt für die industrielle Produktion:

- Generell ist eine Stofffluß-Minimierung anzustreben: Stoffmenge und Zahl der unterschiedlichen Stoffe; Stoffverbrauch bei der Produktion und Abfallerzeugung.
- Produktionsmaximierung ist zu vermeiden.

3.2 Naturstrategie des Stoff-Recyclings in Verwertungsketten und -kreisläufen

Die industrielle Produktion verbraucht einen Großteil der natürlichen Ressourcen. Tiefe chemische Eingriffe, die Vermischung unterschiedlicher Stoffe (Verbundmaterialien) und die unkontrollierte Verteilung schwer abbaubarer und giftiger Substanzen verhindern in vielen Fällen die Verwertung der Produkte nach ihrem Gebrauch. Im Gegensatz hierzu setzt die Natur die Nutzung ihrer Produkte auf einer nächsten Nutzungsstufe fort.

Daraus folgt für die industrielle Produktion:

- Die Entwicklung, Produktion, der Verbrauch und die Verwertung sind mit naturanalogen Mechanismen zu regeln und zu steuern.
- Bei bereits vorhandenen Produktionszweigen sollte auch die Bedarfsstruktur hinterfragt werden. Unter Einbeziehung sozialer, ökonomischer und ethischer Kriterien und Berücksichtigung des gesamten Produkt-Lebensweges (Produktlinienanalyse) sind neue naturverträgliche Produkte zu entwickeln.

- Eine möglichst häufige stoffliche Wiederverwendung oder -verwertung mit möglichst geringem Energieaufwand ist unter Erhalt der molekularen sowie mikro- und makrostrukturellen Ordnung anzustreben.

3.3 Naturstrategie der Langsamkeit

Das Streben nach individuellen Vorteilen ordnet sich dem übergeordneten Naturprinzip der Stabilität des Gesamtsystems unter.

In einem dynamischen Gleichgewicht bewahrt die Natur ihre chemische, physikalische und strukturelle Zusammensetzung über lange Zeiträume weitgehend unverändert. Sie strebt eine langfristige Festlegung stofflicher Systeme in geeigneten Organismen, z.B. Bäume, an. Jede Synthesestufe mit der in ihr gebundenen Energie und in ihr enthaltenen molekularen Ordnung wird vor dem gezielten Umbau zur nächsten Stufe möglichst lange genutzt. Stabilisierende Substanzen wie z.B. Lignin, die gegen einen Abbau durch Licht, Sauerstoff, Wasser, Säuren, Wärme und Mikroben schützen, werden mit eingebaut oder von Beginn an in die molekulare Struktur integriert.

Daraus folgt für die industrielle Produktion:

- Problematische Stoffe bedürfen der Festlegung, Immobilisierung und Inertisierung: Nährstoffe z.B. sind zu humifizieren, Schwermetalle in inerte Form in die Pedosphäre zurückzuführen.
- Die Nutzungsdauer von Gebrauchsgütern sollte verlängert werden.
- Niederenergetische, langsam ablaufende Stoffumwandlungsprozesse sind gegenüber Hochtemperaturprozessen zu bevorzugen.

3.4 Naturstrategie der Vielfalt, Spezialisierung und Selektivität

Die Natur synthetisiert ihre Hauptstrukturstoffe – Zellulose, Lignin, Eiweiße und Chitin – mit energiesparenden gezielten enzymatischen Prozessen aus den am häufigsten vorkommenden chemischen Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff [9]. Ausgehend von diesen wenigen Haupt-Syntheseprodukten verfolgt die Natur eine parallel und vernetzt ablaufende chemische Spezialisierung auf vielfältige Anwendungsbedürfnisse. Spezialisierungen erfolgen z.B. im Hinblick auf mechanisch-strukturelle Formen und Stabilität, Kleben, Färben, die Modifikation mechanischer Eigenschaften oder die Konservierung von Strukturen [10, 11]. Durch diese Vielfalt erhöht die Natur die Stabilität ihres Gesamtstoffwechsels gegenüber externen Störungen. Sie strebt nicht die optimale Lösung und auch keine Breitbandwirkung an.

Daraus folgt für die industrielle Produktion:

- Rationalisierungsvorhaben, die zu einer monotonen Vereinheitlichung führen könnten, sind zu überdenken.
- Intelligente Produktdiversifikation sowie Prozesse der Miniaturisierung und Spezialisierung sind gegenüber groß angelegten Einheitsprojekten und -produkten zu bevorzugen.

- Einige wenige Haupt-Ausgangsmaterialien mit einem großen Modifikationspotential und guter Integrierbarkeit in die natürlichen Stoffkreisläufe sind anzustreben.

3.5 Naturstrategie beim Abbau von Stoffen

Für jeden Molekülstrukturaufbau hat die Natur Abbaumethoden entwickelt, die in Form „warmer“ Verbrennung der Stoffe bei max. 60 °C unter weitgehender Erhaltung des chemischen Energieinhaltes verlaufen. Die Natur baut die von ihr genutzten Stoffe zeitlich definiert und selektiv gezielt mit Hilfe von Enzymen ab. Der Ab- und Umbau vollzieht sich in einem Individuum oder kommt durch Humusbildung bzw. vollständiger Mineralisation dem gesamten Ökosystem zugute.

Die Natur überfordert ihre enzymatischen Abbausysteme nicht durch zu große Mengen oder zu hohe Konzentrationen toxischer Substanzen, z.B. Chlororganika, welches zu einer Bioakkumulation oder sogar -magnifikation führen könnte. Dies gilt auch für Pflanzennährstoffe, die im Überangebot den biologischen Tod verursachen können. Toxische Schwermetalle, die nicht abbaubar sind und sich in biologischen Systemen anreichern, verwendet die Natur gar nicht.

Daraus folgt für die industrielle Produktion:

- Persistente toxische Stoffe wie Chlororganika oder Schwermetalle (Cadmium, Blei, Quecksilber, Arsen) sind zu vermeiden und durch andere Stoffe zu ersetzen. Zu akzeptieren ist allenfalls eine geschlossene Kreislaufführung solcher Substanzen für eine möglichst kurze Übergangszeit.

3.6 Naturstrategie der evolutiven Entwicklung

Die Natur führt ihre Innovationen kontinuierlich in kleinen Schritten und mit begrenzter Eingriffstiefe durch.

Die wachsende chemische Eingriffstiefe der Menschen in Naturstoffe wird durch den Pflanzenwirkstoff Pyrethrum beispielhaft verdeutlicht: Kleingemahlene Chrysanthenblüten wirken als Insekten-Repellent, während der konzentrierte Blütenextrakt bereits als Insektizid wirkt und der chemisch abgewandelte, beispielsweise chlorierte und stabilisierte Wirkstoff ein persistentes Insektizid und eine humantoxische Substanz darstellt [7]. Die Natur kann hier Vorbild dafür sein, wie mit Hilfe einer sanften Biotechnologie neue oder durch chemisch-strukturelle Abwandlung bekannter naturverträglicher Stoffe (Zellulose, Lignin, Keratin oder Chitin) umweltverträgliche, d.h. abbaubare Werkstoffe und Produkte hergestellt werden können. Biotechnologische Abwandlungen existenter Organismen können z.B. schädlingsresistente Pflanzen zum Ziel haben, nicht aber herbizidresistente Organismen.

Daraus folgt für die industrielle Produktion:

- Industrielle Prozesse sind in natürliche Stoffkreisläufe einzupassen. Anzustreben ist deshalb die ökologische Produktentwicklung, die Vermeidung von Xenobiotika und die Verwendung von Endprodukten der Natur unter Erhalt des molekularen und strukturellen Niveaus.

- Am Ende der Nutzungskette wird die Leistung der Natur, d.h. der Bakterien und Pilze, zur endgültigen Zerlegung der Stoffe und deren Eingliederung in die natürlichen Stoffkreisläufe benötigt. Dazu muß die Artenvielfalt erhalten und ggf. erweitert werden. Ausreichende Naturflächen müssen zur Verfügung stehen.
- Naturanaloge selektive Techniken für den Umgang mit Stoffen werden benötigt:
 - Enzymatische Verfahren können aufgrund ihrer Effizienz (hohe Umsatzraten bei niedrigem Energieaufwand) und ihrer Selektivität (wenige Nebenprodukte) Ressourcen schonen, Umweltbelastungen minimieren und anspruchsvolle Produkthanforderungen erfüllen.
 - Unter dem Gesichtspunkt der selektiven Reaktionsführung gewinnt die Photo-, Sono- und die Elektrochemie zunehmend an Bedeutung.
 - Das Membranverfahren ist als Trenntechnik einzusetzen [12].
 - Zur empfindlichen und selektiven Detektion ist die Biosensorik zu verwenden [13].
 - Kostengünstige Langzeitakkumulations-Detektoren sind zu entwickeln, welche die bei der Erfassung persistenter Ultragifte erforderlichen Bioakkumulations- und -indikationsverfahren ablösen können.
 - Biofilter, Biowäscher u. ä. zur Abluftreinigung sind zu entwickeln und in Gebrauch zu nehmen.

3.7 Naturstrategie Kleben

– Übertragung in die Technik

Die Entwicklung moderner Werkstoffe ist durch neue Erkenntnisse und wissenschaftliche Fortschritte im Bereich der Festkörperphysik und -chemie in den letzten zwei Jahrzehnten rasch vorangeschritten. Die Kombination unterschiedlicher Materialien zu einem „Verbund“ ermöglicht es, Eigenschaften verschiedenartiger Werkstoffe zu vereinen oder völlig neuartige Eigenschaften zu erzielen.

Mit dieser Technik wird die Natur kopiert, wo vor allem im Pflanzenreich die Verbundstruktur vorherrscht. Pflanzliche Zellwände sind unerreichte technologische Vorbilder. Es gibt bis heute keinen technischen Werkstoff, der Durchmesser-Höhen-Verhältnisse erlaubt, wie sie z.B. bei einem Getreidehalm oder einer Pappel vorkommen. Diese außergewöhnliche Stabilität bei gleichzeitig maximaler Elastizität und Zugfestigkeit erhält das Holz durch die chemischen Bestandteile der Zellwand: Zellulose als Komponente der Zugfestigkeit, Lignin als Inkrustation (Klebstoff), die die Druckfestigkeit bewirkt, sowie Hemizellulose, die eine feste Verbindung zwischen den Komponenten ermöglicht [14].

Die unterschiedlichen Eigenschaften der Naturwerkstoffe beruhen nicht nur auf unterschiedlichen chemischen, sondern oft auch auf unterschiedlichen physikalischen Strukturen. Holz, Baumwolle, Bambus und Stroh bestehen z.B. aus dem Zuckerpolymer Zellulose. Durch Variation des Molekulargewichtes und eine unterschiedliche Verknüpfung der Zuckerbausteine untereinander, und damit verbundener räum-

licher Anordnung der Bausteine zueinander, erzielt die Natur mit dem Grundbaustein Glukose ein breites Spektrum unterschiedlicher Materialeigenschaften.

Die Natur vermag auch, Produkte herzustellen, die für die Dauer ihrer Nutzung sehr stabil gegen Zerfall sind, sich aber nach ihrer Nutzung einfach und schnell in gefahrlose Substanzen zerlegen lassen. Der Verbundwerkstoff Holz z.B. wird durch die Kombination von Feuchtigkeit und Kleinstlebewesen (Weißfäulepilze) in relativ kurzer Zeit abgebaut [15].

Im Vergleich mit den natürlichen Verbundwerkstoffen sind die technischen Kunststoff-Verbundwerkstoffe hinsichtlich ihrer Recyclierbarkeit außerordentlich problematisch. Fast unmöglich wird Materialrecycling bei Kunststoffen im Verbund mit Metall und Glas, bei Duroplasten mit Thermoplasten oder bei Polyester mit Glasfaser verstärkt, und dies alles noch beschichtet und verklebt.

Die Spanplattenindustrie ist der größte und wichtigste Abnehmer technischer Kleber. In der Bundesrepublik beträgt ihr Verbrauch an synthetischen Klebstoffen jährlich etwa 400 000 t, welche hauptsächlich auf der Basis von Harnstoff, Phenol, Melaminformaldehydharz und Diisocyanaten hergestellt sind [16].

Ein Ersatz der petrochemischen Kunstharze durch naturnahe Leime und Kleber ist anzustreben. In dieser Hinsicht ist besonders Lignin, ein Abfallprodukt bei der Zellstoffherstellung, von großem Interesse. Die enzymatisch katalysierte Vernetzung von Lignin geschieht nach Art eines Zwei-Komponenten-Klebers bei der Herstellung von Holzspanplatten.

Das Lignin hat in dem natürlichen Verbundmaterial Holz nicht nur die Funktion eines Klebstoffes inne, welcher Zellulosefasern in einer Matrix fixiert, sondern es dient auch als emissionsfreies Imprägniermittel, das die Zellulosefasern – ein energiereiches Polysaccharid – vor mikrobiellem Abbau schützt.

Ausgehend von Lignin wurde ein biologischer Kleber zur Herstellung von Spanplatten von A. HÜTTERMANN am Forstbotanischen Institut der Universität Göttingen entwickelt. Mit dem neuen Bindemittel können Spanplatten künftig, im Gegensatz zu den herkömmlichen Kunstharzbindemitteln, ohne die Verwendung formaldehyd- und isocyanathaltiger Substanzen, die die Luft in Büros und Wohnräumen belasten, hergestellt werden. Als Faserkomponente können dabei beliebige Zellulosefasern verwendet werden, wobei möglichst Abfallstoffe eingesetzt werden sollten: Holz- und Sägespäne, Sägemehl, Flachs, Altpapier usw. [16].

Die Wirkung dieses Zwei-Komponenten-Klebers beruht auf einem von der Natur vorgegebenen Prinzip: Eine Komponente, der *Binder*, ist das technische Lignin aus der Zellstofffabrikation, während die zweite Komponente, der *Härter*, ein Enzym ist, das die Polymerisation einleitet.

Lignin und Polysaccharide als Bindemittel im Termitenlehm belegen, daß Polymere auch als Klebstoffe in mineralischen Verbundwerkstoffen die Materialeigenschaften verbessern können. Der Technik wird hier ein Weg gewiesen, die Ei-

genschaften von Mineralfraktion (Beton) und organischem Bindemittel (Lignin) synergistisch zu verknüpfen. Es bieten sich hier interessante Perspektiven zur Entwicklung und Modifikation mineralischer Baustoffe unter Nutzung organischer Additive auf der Basis von Lignin und Zellulose [10].

Von besonderem Interesse für die Technik sind die **Proteinkleber** der Natur, wie sie Miesmuscheln oder Seepocken zur Haftung verwenden. Erstere haften z.B. mit einem Zweikomponenten-Kleber, bestehend aus Eiweißstoffen, die durch ein Enzym verfestigt werden, so stark an ihrer Unterlage, daß selbst die Meeresbrandung die Klebeverbindung nicht zu lösen vermag. Dieser Muschelklebstoff benötigt keine organischen Lösemittel. Gleichzeitig besitzt er sehr gute Fließeigenschaften, haftet auf schmutzigen und feuchten Oberflächen und sogar unter Wasser.

Eine intensive anwendungsorientierte Grundlagenforschung ist allerdings noch notwendig, um diese Naturprinzipien in der Technik nutzen zu können.

Klebeverbindungen sind in der Natur meist auf Dauer angelegt. Dennoch hat die Natur Fähigkeiten entwickelt, materialsparende **reversible Haftmechanismen** auszubilden. Mit Hilfe von Saugnapf- und Hakenkonstruktionen z.B. stellen Insekten unter Ausnutzung der Mikrorauhigkeiten von Oberflächen einen so engen Verbund mit der Oberfläche her, daß molekulare Anziehungskräfte wirksam werden können. Auch hier ergeben sich für die Technik interessante Perspektiven, so z.B. für die Verklebung von Teppichböden [10].

4 Die konzertierte Aktion „Ökotechnik/Ökowiirtschaft“

Das Bundesland Schleswig-Holstein entwickelt, zusammen mit der Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages „Schutz des Menschen und der Umwelt“, eine neue Chemiepolitik, die sich an den Strategien und Wirtschaftsprinzipien der Natur im Umgang mit Stoffen und Energie orientiert. Der Industrie in Schleswig-Holstein soll eine innovativ ausgerichtete stoffliche Perspektive für die ökologische Erneuerung des Landes aufgezeigt werden. Dadurch ergeben sich gleichzeitig Möglichkeiten, auf den zukunftsächtigen Märkten für neue umweltverträgliche Techniken und Produkte Fuß zu fassen.

Die vom damaligen Minister für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein, Professor HEYDEMANN, initiierte Konzertierte Aktion „Ökotechnik/Ökowiirtschaft – Chancen für Umwelt und Wirtschaft“, welche sich an naturstrategischen Prinzipien orientiert, soll langfristig und mit großem Nachdruck weitergeführt werden. Eine von ihm gemeinsam mit der Vereinigung der Industrie- und Handelskammern in Schleswig-Holstein und der Vereinigung der Schleswig-Holsteinischen Unternehmensverbände e.V. durchgeführte Veranstaltungsreihe hat zum Ziel:

- die Zusammenführung von angewandter Forschung, Wirtschaft und Verwaltung; die Harmonisierung, Abstimmung und Bündelung von konzeptionellen Vorstellungen und Aktivitäten für eine zukunftsfähige, in den Gesamt- rahmen der Natur eingepaßte industrielle Gesellschaft;

- den Transfer von technischen Innovationen, welche die Umweltbelastung durch die industrielle Produktion mindern und/oder sich an Vorbildern der Natur orientieren;
- die Überwindung der Sprachbarriere zwischen Wissenschaftlern und Praktikern und, damit einhergehend, die Übersetzung wissenschaftlich-theoretischer Erkenntnisse und Konzepte in praktische Handlungsansätze;
- die ökologische Umstrukturierung menschlicher Wirtschaft durch die Einführung von Wirtschaftsprinzipien der Natur in die industrielle Produktion;
- wirtschaftliches Denken in gesamtökosystemaren und gesamtwirtschaftlichen Zusammenhängen, die Überwindung von Verständnisbarrieren zwischen Ökologie und Wirtschaft sowie die Übersetzung wissenschaftlich-ökologischer Erkenntnisse in wirtschaftliche und juristische Formalismen und Regelwerke zur Harmonisierung von industrieller Wirtschaft mit den Wirtschaftsprinzipien der Natur.

Schwerpunkte bisheriger Veranstaltungen waren:

Die technische Nutzung von Enzymen im Sinne einer umweltverträglichen und ökonomisch orientierten Wirtschaft, die Einsatzmöglichkeiten von natürlichen „Plaststoffen“ sowie die Nutzung von Reststoffen aus der Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft [17].

Die technischen Einsatzmöglichkeiten z.B. von Lignin oder Chitin, einem natürlichen Zuckerpolymer, das aus Krabben- schalen gewonnen werden kann, bieten interessante ökologische und ökonomische Perspektiven für verschiedene Wirtschaftsbereiche Schleswig-Holsteins wie Umwelttechnik, Biotechnologie oder Medizin [9, 10, 18, 19].

Als weiterer Schwerpunkt wurde umweltorientiertes Management thematisiert. Wissenschaftler und Praktiker, die sich mit technischen und kommerziellen Strategien eines umweltverträglichen Wirtschaftens, mit Fragen des ökologischen Zuschnitts und des Ökomarketings befassen, zeigten Wege zu mehr Umweltschutz – insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen in Schleswig-Holstein – auf [20, 21].

5 Literatur

- [1] SIEFERLE, R. P.: Chemie und Umwelt – Versuch einer historischen Standortbestimmung, in: HELD, M. (Hrsg.), Chemiepolitik: Gespräch über eine neue Kontroverse, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim 1988, S. 13 – 24
- [2] PIEPER, N.: Vor uns der Niedergang. Die Zeit, 26. Februar 1993, S. 27
- [3] KÜMMEL, R.: Stabilität in Natur und Wirtschaft durch eingriffsmindernden Fortschritt, in: KLAWITTER, J.; KÜMMEL, R.; MAIER-RIGAUD, G. (Hrsg.), Natur und Industriegesellschaft, Springer Verlag, Heidelberg 1990, S. 49 – 59
- [4] N. N.: Retter die Nordsee – eine Dokumentation im Auftrag des Umweltbundesamtes. Landesamt für den Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer 1988, S. 16 – 19
- [5] TEUFEL, D.: Vom Leben überleben lernen. Natur 1, 1990, S. 42 – 45
- [6] HEYDEMANN, B.: Naturstrategien – Leitbild einer neuen Stoffwirtschaft. Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung 5, 1993, S. 301 – 302
– : Die nächsten 40 Jahre. Zeitgeist 1990, S. 35 – 40

- : Natürliche Atmosphäre, natürliches Klima – mögliche Opfer, mögliche Chancen, in: Tagungsband der Kieler Kirchen-Wochen, Symposium zur Bewahrung der Schöpfung, Kiel 1990, S. 11 – 17
- : Ökologische Abfallwirtschaft – Strategien der Natur weisen den Weg. Entsorga 7, 1991, S. 31 – 32
- : 10 Gebote der Umwelt – 10 Gebote der Technik – Entwicklung. Vortrag anlässlich des Fachkongresses „Zukunftstechnik – Hoffnung für die Schöpfung“ der Nordelbischen Kirche, Kiel 1991
- : Gastkommentar für die Zeitschrift der Fachhochschule Lübeck, Juli 1991, S. 7
- [7] von GLEICH, A.: Über den Umgang mit Natur. Wechselwirkung 48, April 1991, S. 4 – 11
- [8] FISCHER, H.: Plädoyer für eine Sanfte Chemie – Über den nachhaltigen Gebrauch der Stoffe. Verlag C. F. Müller, Karlsruhe, und Alembik Verlag, Braunschweig, 1993
- [9] PETER, M. G.; HESSE, K.-J.; MÜLLER, K.: Chitin, Chitosan und Derivate – Wissenschaftliche Grundlagen, Anwendungen und Einsatzmöglichkeiten in der Wirtschaft Schleswig-Holsteins. Studie im Auftrag des Ministers für Natur, Umwelt und Landesentwicklung des Landes Schleswig-Holstein, Kiel 1992
- [10] MIETH, A.; AMBSDORF, J.; PETER, M. G.: Strategien und Techniken des Klebstoffeinsatzes in der Natur – Anregungen für die Technik. Studie im Auftrag des Ministers für Natur, Umwelt und Landesentwicklung des Landes Schleswig-Holstein, Kiel 1992
- [11] AMBSDORF, J.: Naturstrategie Kleben. Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung 5, 1993, S. 357
- [12] Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik, Stuttgart: Membranen in der Natur – Übertragungsmöglichkeiten in der Technik – Studie im Auftrag des Ministers für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein. Kiel, Dezember 1993
- [13] PLIETH, Chr.: Biosensoren. Studie zum Stand der Technik im Biosonden-/sensorenbereich und Perspektiven für schleswig-holsteinische Firmen. Ministerium für Natur, Umwelt und Landesentwicklung des Landes Schleswig-Holstein, Kiel 1991
- [14] HÜTTERMANN, A.; KHARAZIPOUR, A.: Die pflanzliche Zellwand als Vorbild für Holzwerkstoffe – Naturorientierte Herstellung von Span- und Faserplatten. Sauerländer Verlag, Frankfurt/M. (in Vorbereitung)
- [15] KIRK, T. K.; FARRELL, R. L.: Enzymatic „combustion“: The microbial degradation of lignin. Ann. Rev. Microbial, 41, 1987, S. 465 – 505
- [16] KHARAZIPOUR, A.; HÜTTERMANN, A.: Kleber aus Lignin – Die Chemie wird durch Naturprodukte ersetzt. Energie, 44, Heft 4, 1992, S. 36 – 42
- [17] Tagungsband zur Konzertierten Aktion II „Chancen für Umwelt und Wirtschaft“ am 22. 10. 1992 in Kiel. Ministerium für Natur, Umwelt und Landesentwicklung des Landes Schleswig-Holstein
- [18] HESSE, K. J.: Nutzung von Naturstoffen – Chitin/Chitosan, in: Tagungsband zur Konzertierten Aktion I „Chancen für Umwelt und Wirtschaft“ am 12. 03. 1992 in Kiel. Ministerium für Natur, Umwelt und Landesentwicklung des Landes Schleswig-Holstein
- [19] KHARAZIPOUR, A.; HÜTTERMANN, A.: Einsatz von Lignin als Naturorientiertes Bindemittel – Holzwerkstoffe, Dämmstoffe und Mineralische Baustoffe, in: Tagungsband „Strategien und Techniken des Klebstoffeinsatzes in der Natur – Anregungen für die Technik“ am 06. 07. 1993 in Kiel. Ministerium für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein
- [20] Tagungsband zur Konzertierten Aktion III „Umweltfreundliche Produktgestaltung und Ökomarketing“ am 16. 03. 1993 in Flensburg. Ministerium für Natur, Umwelt und Landesentwicklung des Landes Schleswig-Holstein
- [21] Tagungsband zur Konzertierten Aktion IV „Umweltschutz als Teil der Unternehmensstrategie“ am 02. 06. 1993 in Rendsburg. Ministerium für Natur, Umwelt und Landesentwicklung des Landes Schleswig-Holstein

In Ausgabe 5/94 (Oktoberheft) folgt ein dritter Beitrag zum Schwerpunktthema „Neue Chemiepolitik“ von W. KLÖPFER und I. RENNER zur Quantifizierung der Umweltauswirkungen bei Produkt-Ökobilanzen. *Anm. d. Red.*

Kurznachrichten

Auflösung des BGA

Mit dem BGA-Nachfolgegesetz wird das Bundesgesundheitsamt in vier voneinander unabhängige Bereiche überführt, die jeweils Teile der Aufgaben des früheren Bundesgesundheitsamtes wahrnehmen.

Eines der früheren BGA-Institute, das Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, wird Teil des Umweltbundesamtes in Berlin und gehört damit zum Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Gesundheit werden drei selbständige Bundesoberbehörden gegründet:

1. Robert Koch-Institut

- Bundesinstitut für Infektionskrankheiten und nicht-übertragbare Krankheiten

Leiter: Dr. Joachim Welz
Nordufer 20
D-13353 Berlin

Aufgaben u.a.:

- Erkennung, Verhütung und Bekämpfung von übertragbaren und nicht-übertragbaren Krankheiten, AIDS-Zentrum
 - Epidemiologische Untersuchungen von Krankheiten sowie Dokumentation und Information
 - Risikoerfassung und -bewertung bei gentechnisch veränderten Organismen und Produkten, Durchführung des Gentechnikgesetzes, Humangenetik
- #### 2. Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin
- Leiter: Prof. Dr. Dr. h.c. Arpad Somogyi,
Prof. Dr. Klaus Gerigk
Thielallee 88 – 92
D-14195 Berlin

Aufgaben u.a.:

- Sicherung des Gesundheitsschutzes im Hinblick auf Lebensmittel, Tabakerzeugnisse, kosmetische Mittel und sonstige Bedarfsgegenstände, Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel sowie Chemikalien

- Dokumentation und Information zum Vergiftungsgeschehen sowie Schutz des Menschen vor Krankheiten, die von Tieren auf Menschen übertragen werden können
- Zulassung von Tierarzneimitteln sowie Ersatz- und Ergänzungsmethoden zu Tierversuchen; Tierschutz

3. Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte

Leiter: Prof. Dr. Alfred Hildebrandt
Seestr. 10 – 11
D-13353 Berlin

Aufgaben u.a.:

- Bewertung und Zulassung von Arzneimitteln auf der Grundlage analytischer, pharmakologischer und klinischer Prüfungen
- Überwachung des Verkehrs mit Betäubungsmitteln
- Zentrale Risikoerfassung sowie Durchführung von Maßnahmen zur Risikoabwehr bei Medizinprodukten

Quelle: bga-Pressedienst 41 vom 22. Juni 1994