

Über Zurichtung und Konsequenz - zum Nachhaltigkeitswert von Rohstoffen und Produkten

Patent zur Stoffherzeugung

Über Jahrmillionen hatte die Natur das exklusive "Patent zur Stoff-Erzeugung": Alle mineralischen und organischen Materialien entstanden ohne Eigeninitiative der Lebewesen auf der Erde. Daran änderte auch das erwachende Bewußtsein des frühen Menschen vor einigen Jahrtausenden wenig: seine Fähigkeiten zur Herstellung neuer Stoffe durch chemische Umwandlung vorhandener Naturmaterialien beschränkte sich auf wenige, recht grobe Zurichtungen, vor allem durch Erhitzen.

Seit einigen Jahrtausenden hat sich dieses Bild gewandelt. In zunehmendem Maße emanzipierte sich der Mensch von dem ursprünglichen exklusiven Stoffherzeugungsmonopol der Natur. Die neu gewonnenen Fähigkeiten zur Stoffumwandlung waren so umwälzend, daß sie in der Rückschau ganzen Epochen ihren Namen gaben. So benennen wir die Zeit, ab welcher Menschen die Legierung "Bronze" aus Erzen von Kupfer und Zinn herstellen konnten, nach diesem metallischen Werkstoff.

Aber lange noch blieb den Menschen das komplexeste Gebiet der Naturstoffe für eigene aktive Manipulationen weitgehend verschlossen: das Reich der organischen Stoffe, d.h. der im Wesentlichen auf Kohlenstoff basierenden komplexen Naturstoffe wie Farbstoffe, Wachse, Harze, Öle, pharmazeutische Wirkstoffe usw, so wie sie vor allem in Pflanzen und auch durch den Stoffwechsel von Tieren (z.B. Bienenwachs, Milcheiweiß) entstehen.

Erst Mitte des 19. Jahrhunderts wurde auch dieses zentrale "Schlüsselpatent" der Natur verletzt: Chemiker stellten zum ersten Mal auch organische Stoffe künstlich her, und zwar aus dem industriellen Abfallprodukt "Steinkohlenteer" zunächst Farbstoffe ("Teerfarben"), später auch Medikamente und andere synthetische Produkte. Die ursprünglich einzigartigen Naturstoffe dieser Gebiete wurden nahezu vollkommen verdrängt.

Im Laufe des 20. Jahrhunderts wurde dann Teer als Basis obsolet und die Synthesechemie gründete sich neu auf der Basis von Erdöl ("Petrochemie"). Als solche beherrscht sie auch heute noch weit überwiegend das Angebot an organischen Chemikalien, die in den Produkten unseres täglichen Lebens stecken – vom Waschmittel über die Textilfaser bis zur bunten Welt der Farben. Auf diese Weise ist – den wenigsten Menschen bewußt – unser chemischer Alltag geprägt von Stoffen auf rein fossiler Basis.

Nachhaltigkeitsprobleme von Petrochemikalien

Da Petrochemikalien auf dem nicht erneuerbaren Rohstoff Erdöl basieren, richtet sich unser Problembewußtsein – geschärft an den aktuellen Problemen fossiler Energiequellen – vor allem auf die Endlichkeit dieser Ressource: Wir sehen leicht ein, daß ein Basisrohstoff von zeitlich so begrenzter Verfügbarkeit bereits die Grundanforderungen an Nachhaltigkeit nicht erfüllen kann.

Weniger bewußt ist uns dann schon, daß auch alle aus Erdöl hergestellten Chemikalien am Ende ihres Lebensweges grundsätzlich das gleiche Schicksal erleiden wie Erdölprodukte, die zur Energieerzeugung verbrannt werden: In letzter Konsequenz entsteht aus dem in Petrochemikalien enthaltenen Kohlenstoff das Treibhausgas Kohlendioxid, das nicht wieder in den Kreislauf zurückkehren kann und damit zu einer immer weiter steigenden Belastung der Atmosphäre wird.

Es liegt aber noch ein ganz anderes Nachhaltigkeitsproblem in der Natur der Petrochemie verborgen, über das sich selbst viele Chemiker kaum im Klaren sind. Die chemischen Bestandteile des Erdöls – weit überwiegend sogenannte Kohlenwasserstoffe – sind nämlich extrem ungeeignet für eine Verwendung als Ausgangsbasis für die Chemie!

Diese paradoxe Erkenntnis gründet sich vor allem auf zwei Tatsachen: 1. Erdöl-Kohlenwasserstoffe besitzen praktisch keine nutzbare chemische Funktionalität und 2. Erdöl-Kohlenwasserstoffe sind

extrem reaktionsträge und widersetzen sich damit jeder einfachen chemischen Umwandlung in Stoffe, die über eine solche nutzbare Funktionalität verfügen.

Aus diesen beiden Tatsachen resultiert die fatale Folge, daß Erdöl nur mit enormem technischen und vor allem energetischen Aufwand für die Chemie nutzbar gemacht werden kann. Die Methoden der modernen Chemie, um dieses Problem zu lösen, wirken auf den unbefangenen Betrachter einigermaßen grobschlächtig: Die Erdöl-Moleküle werden mit hohem Energieeinsatz zunächst fast vollständig "zertrümmert" (gecrackt).

Den Crackprodukten – kleine Kohlenwasserstoff-Moleküle unterschiedlicher Art – fehlen nun allerdings ebenfalls nutzbare chemische Funktionalitäten. Folglich müssen nun diese Produkte mühsamer Zertrümmerung wieder zu größeren Molekülen zusammengefügt werden, um nach Möglichkeit "Feinchemikalien" mit der gewünschten Funktion (Farbe, Duft, reinigende oder biozide Wirkung, Eignung für Fasern, Folien oder Kunststoffe etc.) zu erzeugen.

Fatalerweise sind jedoch auch die zerkleinerten Moleküle nicht besonders reaktionsfreudig und bilden die gewünschten Reaktionsprodukte keineswegs spontan und "von allein". Vielmehr ist es nötig, nun erneut große Energiemengen einzusetzen, damit aus den kleinen wieder große Moleküle werden. Für solche Aufgaben stehen den Chemikern extrem reaktive (und damit auch aggressive) Chemikalien wie Chlor oder Ozon zur Verfügung, die ihren hohen Energiegehalt verständlicherweise ebenfalls nicht "von Natur aus" besitzen, sondern unter starker Energiezufuhr erhalten haben.

Es nimmt nicht wunder, daß solche – bei aller wissenschaftlich-technischen Genialität – doch recht grobschlächtigen Methoden nicht nur zum gewünschten Ziel führen, sondern eine große Zahl und Menge von Nebenprodukten und Abfällen hinterlassen, die nur teilweise und mit erheblichem Aufwand wieder einer nützlichen Funktion zugeführt werden können.

In unserem Zusammenhang ist aus der kurzen Schilderung der Begleitumstände heutiger Petrochemie der Schluß zu ziehen: Petrochemikalien entstehen durch einen radikalen, hohe Energiemengen erfordernden, tiefen Eingriff in die molekulare Identität und Integrität der Ausgangsstoffe, die im Erdöl enthalten waren. Moderne organische Chemie ist damit gekennzeichnet von einer extremen "Denaturierung" des Erdöls - das in seinem Ursprung ja wirklich ein Naturstoff ist, dem allerdings das entscheidende Nachhaltigkeitsmerkmal der Erneuerbarkeit fehlt.

Zusammenfassend kann festgestellt werden: Das zentrale Problem des Erdöls als Chemierohstoff ist seine äußerst mangelhafte Eignung für diesen Zweck (eine mehr als seltsame Tatsache angesichts der Dominanz dieses Ausgangsstoffs). Die Inhaltsstoffe des Erdöls können erst nach radikalem chemischen Eingriff unter hohem Energieaufwand und starker molekularer Zurichtung in eine für die Alltagschemie geeignete Form gebracht werden. Die Konsequenzen dieser starken Zurichtung sind nicht nur eine energie- und abfallintensive Produktion, sondern auch die Entstehung naturfremder Stoffe mit kaum absehbaren negativen Langzeitwirkungen auf die Ökosysteme.

Die Wiederentdeckung der Naturstoffe

Die geschilderten Probleme der Petrochemie - in Verbindung mit dem erwachenden Bewußtsein für Nachhaltigkeit in der Chemie - haben in den vergangenen Jahren zu einer fulminanten Wiederentdeckung von Naturstoffen, vor allem von nachwachsenden Rohstoffen, als Basis für eine zukunftsgerechte, nachhaltige Versorgung mit Produkten der Alltagschemie geführt.

Daß es sich hierbei weder um ein ideologisch motiviertes noch um ein nostalgisches oder modeabhängiges Thema handelt, sondern um eine grundlegende Neuorientierung unseres Gebrauchs der Stoffe, ist nicht zuletzt der engagierten Forschungs- und Aufklärungsarbeit von AURO und deren Gründern zu verdanken. Nach anfänglicher Ignoranz oder gezielter Bekämpfung ist die Chemie auf Basis nachwachsender Rohstoffe heute zu einem zentralen Thema der Nachhaltigkeitsforschung geworden; die Zahl derartiger Chemieprodukte nimmt ständig zu.

Pflanzliche Naturstoffe als Grundlage der Chemie lösen gleich eine ganze Palette von Problemen, die mit der Petrochemie verbunden sind:

- Sie sind erneuerbar und erlauben damit eine zeitlich unbegrenzte Nutzung.
- Sie entstehen und vergehen in einem perfekten Kreislauf der Stoffe und führen daher nicht zu Abfall- und Persistenzproblemen.
- Ihre Synthese in der Pflanze wird ausschließlich von Sonnenenergie gespeist und verbraucht daher keine fossilen oder nuklearen Energieträger.
- Sie entstehen dezentral in allen Regionen der Welt und führen daher nicht zu negativen lokalen Konzentrationen wie die traditionell stark zentralisierten konventionellen Chemiefabriken.
- Bei ihrer Synthese werden keine gefährlichen Reaktionspartner eingesetzt und es entstehen keine gefährlichen oder schwer abbaubaren Abfälle.
- Pflanzliche Grundstoffe entstehen im Gefolge der Biodiversität in einer fast unüberschaubaren Vielfalt und chemischem Formenreichtum.
- Pflanzliche Grundstoffe besitzen durch die Photosynthese bereits ein sehr hohes energetisches und strukturelles Niveau.
- Pflanzenstoffe haben eine reiche und vielfältige chemische Funktionalität. In Verbindung mit ihrer Diversität sind sie unmittelbar oder nach nur geringfügiger Modifikation nutzbar.

Viele der genannten Vorteile gelten auch für die mineralischen Grundstoffe einer modernen Chemie. Sie sind zwar nicht per se erneuerbar, aber viele von ihnen können ebenfalls ohne tiefgreifende chemische Veränderung in Alltagsprodukten eingesetzt werden.

Naturstoffe im Spannungsfeld von Veredlung und Denaturierung

Gerade in der unübersehbaren Vielfalt der globalen Flora liegt einer der zentralen Schlüssel für die Zukunftsfähigkeit der pflanzlichen Chemiegrundstoffe. Anders als beim recht uniformen Erdöl steht hier den Chemikern und Technikern ein ganzer Kosmos von chemischen Eigenschaften und Funktionen zur Verfügung, um diese gezielt in Produkten für den täglichen Gebrauch, aber auch in regelrechten "Bio-HighTech-Produkten" (z.B. hochfesten und sehr leichten Werkstoffen mit Pflanzenfaser-Armierung) einzusetzen.

Die vielfältige Auswahlmöglichkeit erleichtert auch den weitgehenden Verzicht auf tiefgreifende Änderungen an der chemischen Struktur der pflanzlichen Grundstoffe: In aller Regel ist es möglich, unter den zahlreichen Varietäten einen Pflanzenstoff mit den "richtigen" Eigenschaften für den gewünschten Zweck zu finden und ihn unmittelbar nach vorbereitenden physikalischen Prozessen (z.B. Abtrennung, Destillation, Extraktion) einzusetzen.

In manchen Fällen wird diese theoretische Variabilität allerdings durch die reale Verfügbarkeit und/oder den Preis eines pflanzlichen Grundstoffs eingeschränkt: Das ideale Material steht zwar zur Verfügung, aber derzeit noch in zu geringen Mengen und folglich zu einem Preis, der das daraus hergestellte Produkt nicht vermarktbar macht.

In solchen Fällen kann es notwendig sein, einen gut verfügbaren natürlichen Rohstoff auf schonende Weise so zu modifizieren, daß durch leichte Veränderungen an der chemischen Grundstruktur die gewünschten Eigenschaften entstehen und dennoch vertretbare Kosten resultieren.

Für derartige Modifikationen gilt selbstverständlich ein grundlegendes Minimierungsgebot: Eingriffstiefe, Energieaufwand, Giftigkeit der eingesetzten Chemikalien sowie Entstehung von Nebenprodukten und Abfällen sind – nach den Grundsätzen einer "Sanften Chemie" - möglichst gering zu halten.

Das Maß der Zurichtung muß zudem in einem günstigen Verhältnis zu dem damit erreichten Nachhaltigkeitseffekt stehen: Es ist ökologisch sinnvoll, eine kleine Menge eines stärker modifizierten

Naturstoffes einzusetzen, wenn dadurch ermöglicht wird, einen großen Nachhaltigkeitsvorteil (z.B. den völligen Verzicht auf Lösemittel) zu erzielen oder den Einsatz großer Mengen nicht oder nur gering modifizierter Pflanzenstoffe erst realisierbar zu machen (z.B. geringe Mengen von mineralischen Trockenstoffen für Anstrichstoffe auf Pflanzenölbasis).

Es geht daher bei dieser nachhaltigkeitsorientierten Auswahl nicht um ein Denken in Schwarz-Weiß-Kategorien, sondern um eine sorgfältige Abwägung aller ökologischen und technologischen Gesamtumstände mit dem Ziel, einen optimalen Nachhaltigkeitseffekt zu erreichen. Ein besonders gutes Beispiel dafür sind die AURO Holzlasuren Nr. 160. Der erwähnte Optimierungsprozeß hat dazu geführt, ein Produkt mit unerreichter technologischer Qualität (Testsieger bei Stiftung Waren-test) völlig ohne Lösemittel auf der Basis rein pflanzlicher Bindemittel herzustellen.

In der beigegeführten tabellarischen Übersicht wird dieses Prinzip der gradweisen Modifikation (oder "Denaturierung") von Naturstoffen noch einmal genauer demonstriert. Der Vergleich mit dem Bereich der Lebensmittel rückt diese Stufenleiter in Zusammenhang mit einer auch für Laien gut verständlichen Lebenswelt.

Stufen der Zurichtung (Denaturierung) bei Farbenrohstoffen und Nahrungsmitteln			
	Zurichtungsstufen von 1 (rein natürlich) bis 8 (völlig naturfremd)	Beispiel im Farbenbereich	Beispiel im Lebensmittelbereich
1	Unveränderte Naturprodukte, ohne menschliches Zutun entstanden	Quellwasser	Wildfrüchte
2	Unveränderte Naturprodukte, durch menschliches Zutun freigesetzt	Dammarharz	Getreidekorn
3	Rein physikalisch verarbeitete Naturprodukte	Colophonium-Harz	Getreidemehl
4	Chemisch modifiziertes Naturprodukt bei weitgehendem molekularem Strukturerehalt	Pflanzenöl-Seife	Gebackenes Brot
5	Chemisch modifiziertes Naturprodukt bei erheblicher molekularer Strukturänderung	Alkydharze	Polyglycerin-Ester
6	Synthetische Stoffe mit „naturidentischer“ Molekülstruktur	Synthetisches Alizarin	„naturidentisches“ Aroma
7	Synthetische Stoffe mit naturähnlicher Molekülstruktur	Permethrin	PHB-Ester
8	Synthetische Stoffe mit extrem fremder Molekülstruktur	Isoaliphate	Saccharin (Süßstoff)

© AURO 2007

Ähnlich wie im Bereich der Lebensmittel gilt auch hier der "Pyramiden-Effekt": In der täglichen Nahrung (wie in den Produkten der Alltagschemie) sollten nicht oder wenig modifizierte Naturprodukte die mengenmäßig breite Basis bilden, während stärker modifizierte Produkte nur eine geringe Rolle spielen sollten und auf sehr stark zugerichtete Stoffe möglichst ganz verzichtet werden sollte. Es geht also nicht um ein "Alles oder Nichts", sondern um eine kluge Beurteilung und Nutzung der gegebenen Abstufungen.

Zusammenfassung

Wie im Bereich der Lebensmittel kann auch bei chemischen Alltagsprodukten eine wichtige Klassifikation ihres Nachhaltigkeitswertes mit der Erfassung ihre "Zurichtungsgrades" vorgenommen werden. Jede Zurichtung – d.h. jede physikalische und vor allem chemische Veränderung ihres natürlichen Entstehungszusammenhanges – bedeutet eine "Denaturierung" und erschwert damit die Wiedereingliederung des Stoffes in die natürlichen Kreisläufe.

Es handelt sich dabei um eine graduelle Abstufung, bei der ein lediglich physikalischer Prozeß (z.B. Mahlen oder Extrahieren) einen sehr geringfügigen Eingriff darstellt. Diese Skala steigert sich über zunehmende physikalische und schließlich chemische Eingriffe bis zu den völlig naturfremden Stoffen, die nur nach umfangreichen chemischen Manipulationen und nach dem Durchlaufen zahlreicher aufeinander folgender Syntheseschritte entstehen und daher mit ihrem ursprünglichen Ausgangsmaterial keine chemische Ähnlichkeit mehr aufweisen.

Naturstoffe und insbesondere Pflanzenstoffe sind sehr häufig ohne wesentliche Zurichtung und damit ohne tiefen Eingriff in ihre chemische Identität nutzbar, da sie bereits "von Natur aus" über eine hohe chemische Funktionalität und Nutzbarkeit verfügen. Der enorme Reichtum an unterschiedlichen Pflanzen und Mineralien mit völlig unterschiedlichen stofflichen Eigenschaften macht es möglich, durch Auswahl der optimal geeigneten Pflanzen auf tiefgreifende Modifikationen zu verzichten.

Das Grundprinzip des Stoffgebrauchs bei AURO ist es, einen möglichst geringen Eingriff in die molekulare Integrität der verwendeten Naturstoffe vorzunehmen (Beispiele: Kaltpressung von Leinöl, Zapfung von Dammarharz, Destillation von Orangenöl). Ist für die Funktion des Stoffes eine chemische Modifikation notwendig, so sollte die molekulare Struktur so weit wie möglich erhalten bleiben (Beispiele: Seifen aus Pflanzenölen oder Bienenwachs, Glycerinharzester-Verkochungen von Ölen und Harzen, Brennen von Erdfarben).

Stärkere Modifikationen werden nur akzeptiert, wenn durch kleine Mengen so modifizierter Naturstoffe eine sehr große Verbesserung der Nachhaltigkeitsqualität möglich wird (z.B. Pflanzenöl-Emulgatoren als Aminseifen für völlig lösemittelfreie Lacke und Lasuren) oder große Mengen wenig modifizierter Naturstoffe überhaupt erst einsetzbar werden (Beispiele: Cobalt-Octoat als Trockenstoff für die hundertfache Menge Leinöl – statt Acrylat-Bindemittel aus 100% Petrochemie).