

Umweltverträgliche Lacke aus Leinöl

Von Jürgen O. Metzger

Aus ökologischen Gründen ist es dringend geboten, die Emission von flüchtigen organischen Verbindungen (VOCs) drastisch zu reduzieren. In dem Beitrag wird die Entwicklung eines VOC-freien Lacks aus dem nachwachsenden Rohstoff Leinöl dargestellt. Freilich werden derartige Innovationen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung, wie sie die Agenda 21 fordert, durch die politischen Rahmenbedingungen erheblich erschwert.

For ecological reasons, emissions of volatile organic chemicals (VOCs) need to be reduced drastically. The development of a VOC-free coating derived from the renewable feedstock linseed oil is outlined, as well as the politically imposed problems concerning innovations for a sustainable development and the need to promote them.



Blühendes Leinfeld (= Flachs): ein Genuss für das Auge und für Insekten, zugleich Quelle des Leinöls, eines nachwachsenden Rohstoffs für die chemische Industrie.

Die Produkte der chemischen Industrie werden in der verarbeitenden Industrie zu Produkten für den Endverbraucher weiterverarbeitet, wobei vielfach organische Lösungsmittel eingesetzt werden, die als flüchtige organische Verbindungen (VOCs, aus dem Englischen: *volatile organic chemicals*) an die Atmosphäre abgegeben werden. In Deutschland waren dies im Jahr 1988 1.197 Millionen und 1995 1.090 Millionen Tonnen (t). Ähnliche Daten gelten für die übrigen industrialisierten Länder. Einerseits ist dies eine große Ressourcenverschwendung und andererseits eine wesentliche Ursache für die Bildung des troposphärischen Ozons, das zum Sommermog beiträgt. Der politisch verbindlich festgelegte Ozongrenzwert von $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als Umweltqualitätsziel erfordert, dass die Emissionen organischer Stoffe in die Luft gegenüber dem Bezugsjahr 1988 um 70 bis 80 Prozent gesenkt werden müssen. Das bedeutet für die Bundesrepublik Deutschland: Die Gesamtemission an VOCs, die auch den Verkehrsbereich u.a. einschließt, muss von 3.241 Mio. t im Jahr 1988 bis zum Jahr 2007 auf 0.65 Mio. t reduziert werden. Durch die vor allem im Verkehrsbereich

durch die gesetzliche Einführung des Abgaskatalysators bereits erreichten Emissionsminderungen ist die Verwendung von VOCs insgesamt inzwischen mit mehr als der Hälfte an den Gesamtemissionen beteiligt. Die Hauptemissionen werden bei der Lack-, Druckfarben- und Klebstoffverarbeitung verursacht (Grafik 1).

Die Bereitstellung von chemischen Produkten, die ohne die Verwendung und Freisetzung von VOCs weiterverarbeitet werden können, ist eine keineswegs triviale und auf hohem Innovationsniveau liegende Herausforderung für die Chemie. Größere Erfolge in diesem Bereich wären ein wichtiger Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung. Dieser Beitrag würde noch erhöht, wenn diese Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen umweltverträglich produziert und auch unproblematisch entsorgt werden könnten.

Gegenwärtig werden zur Reduzierung der VOC-Emissionen bei der Entwicklung neuer Lacksysteme überwiegend folgende Wege beschränkt: a) organisch gelöste Bindemittel mit wesentlich höherem Feststoffgehalt (High-Solid-Lacke); b) wasserverdünnbare Lacke mit Restgehalt an organi-

schen Lösungsmitteln; c) Pulverlacke ohne Lösemittel, aber häufig mit organischen Spaltprodukten bei der Lackhärtung; d) strahlenhärtende Lacksysteme, die weitestgehend lösemittelfrei sind und auch bei der Härtung keine organischen Spaltprodukte bilden. Bindemittel auf der Basis von Ölen und Fetten scheinen für die Entwicklung lösemittelfreier Lacke sehr vielversprechend.

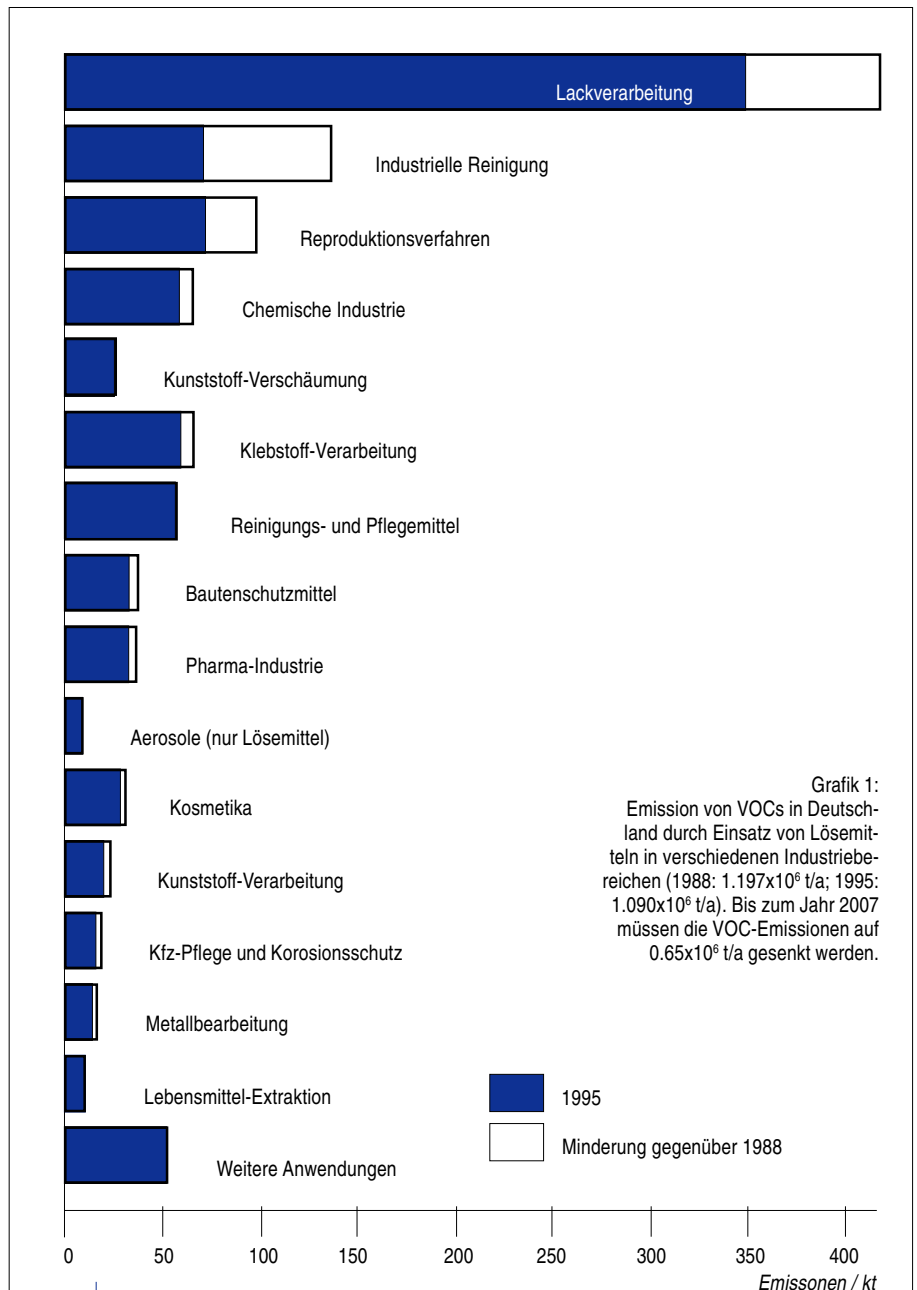
Ein strahlenhärtender Lack aus Leinöl

Auf der Hannover Messe 1995 stellten wir, d.h. meine Arbeitsgruppe, die sich mit der chemischen Nutzung nachwachsender Rohstoffe beschäftigt, am Gemeinschaftsstand der niedersächsischen Hochschulen Ergebnisse unseres seit 1988 laufenden Forschungsprojekts "Natürliche Öle und Fette - Nachwachsende Rohstoffe: Neuartige Fettstoffe für die chemische Industrie" vor (s. dazu einen Bericht von Jürgen O. Metzger u. Ursula Biermann in Einblikke Nr. 18, 1993, S. 19- 22.)

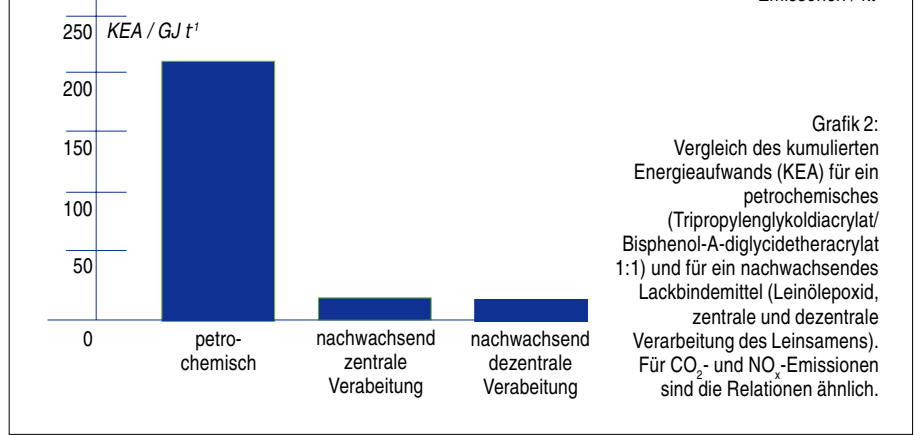
Eines unserer neuen Moleküle erregte die Aufmerksamkeit von Dr. Wieland Sack von der Fachhochschule Osnabrück. Aus dem Gespräch auf der Messe und weiteren Kontakten entstand ein neues Projekt. Ausgehend von der in Osnabrück bereits vorliegenden Erfahrung mit der umweltfreundlichen Strahlenpolymerisation, bei der praktisch keine Lösemittel-Freisetzung auftritt, sollte unter Nutzung unserer Erfahrungen ein moderner, völlig lösemittelfreier Lack auf der Basis von nachwachsenden Rohstoffen und unter weitgehendem Verzicht auf petrochemische Rohstoffe entwickelt werden.

Mit der mittelständischen DREISOL GmbH in Preußisch-Oldendorf wurde der federführende Projektpartner aus der Praxis gefunden. DREISOL brachte einen bewährten Partner, die Lott-Lacke GmbH aus Bielefeld, ein kleines aber umsatzstarkes Unternehmen, mit ein. Die Deutsche Bundesstiftung Umwelt schließlich förderte das gemeinsame Projekt "Stahlenpolymerisierbare lösemittelfreie Schutz- und Dekorationsbeschichtungen für Holz- und Holzwerkstoffe auf der Basis nachwachsender heimischer Rohstoffe" über etwa drei Jahre.

In mustergültiger Arbeitsteilung zwischen den Projektpartnern aus Wissenschaft und Praxis wurde das Projekt durchgeführt. Wir synthetisierten aus Pflanzenölen neue Stoffe, die flüssig waren, damit sie auf den zu lackierenden Gegenstand leicht aufgetragen werden können, und aufgrund ihrer Struktur bei Bestrahlung mit UV-Licht härtbar sein, d.h. eine Lackschicht ausbilden sollen. An diesen Versuchssubstanzen wur-



Graphik 1: Emission von VOCs in Deutschland durch Einsatz von Lösemitteln in verschiedenen Industriebereichen (1988: 1.197x10⁶ t/a; 1995: 1.090x10⁶ t/a). Bis zum Jahr 2007 müssen die VOC-Emissionen auf 0.65x10⁶ t/a gesenkt werden.



Graphik 2: Vergleich des kumulierten Energieaufwands (KEA) für ein petrochemisches (Tripropylenglykoldiacrylat/Bisphenol-A-diglycidetheracrylat 1:1) und für ein nachwachsendes Lackbindemittel (Leinölepoxid, zentrale und dezentrale Verarbeitung des Leinsamens). Für CO₂- und NO_x-Emissionen sind die Relationen ähnlich.

den in Osnabrück die zunächst erforderlichen, grundlegenden Eignungsuntersuchungen durchgeführt, und Dreisol und Lott-Lacke prüften, ob aus den so ausgesiebten Kandidaten auch wirklich ein Lack zu formulieren war. Nach einem Jahr hatten wir einen aussichtsreichen Kandidaten, der allerdings einen großen Nachteil hatte: Wir hatten als Chemiker auf der Basis von Pflanzenölen einen neuen Lackrohstoff synthetisiert, der aber auch ein anmeldepflichtiger Neustoff im Sinne des Chemikaliengesetzes war und dessen Entwicklung deshalb nicht weiter verfolgt wurde, da dies den finanziellen Spielraum der beteiligten mittelständischen Partner überfordert hätte. Denn die erste Stufe der Anmeldung eines Neustoffs umfasst bereits die Prüfnachweise der Grundprüfung nach § 7 des Chemikaliengesetzes. Diese Prüfnachweise sind relativ aufwendig, d.h. sie sind auch sehr teuer. Nach unseren Erfahrungen - auch in vielen anderen Fällen - scheidet daran meist schon eine ins Auge gefasste Produktionsaufnahme; denn Neustoffe auf Basis nachwachsender Rohstoffe zeigen ja - wie in unserem Fall - im allgemeinen Eigenschaften, die vergleichbar zu eingeführten Produkten auf petrochemischer Grundlage sind, und die als Altstoffe bereits produziert werden. Unter ökonomischen Gesichtspunkten ist es für ein Unternehmen dann häufig nicht sinnvoll, eine Produktion des Neustoffes wegen der aufwendigen Prüfverfahren überhaupt in Betracht zu ziehen. Das wird man erst tun, wenn er eine völlig neue Qualität bringt oder preislich sehr vorteilhaft ist. In der Folge wandten wir uns mit Erfolg der UV-Härtung von Leinölepoxid zu, wobei uns in Oldenburg die Aufgabe der Optimierung kommerziell verfügbarer Substanzen als Photoinitiatoren zufiel. Solche Photoinitiatoren sind zur Härtung des Lacks in geringen Mengenanteilen (etwa ein Gewichts-Prozent) notwendig und werden auch bei konventionellen, strahlenpolymerisierenden Lacken auf petrochemischer Basis eingesetzt. Leinölepoxid ist ein industriell aus Leinöl ohne Verwendung organischer Lösungsmittel hergestelltes, kommerzielles Produkt, dessen Verfügbarkeit gesichert ist. Als Altstoff braucht es nach dem Chemikaliengesetz nicht mehr neu geprüft

zu werden. Unter Abwägung aller Gesichtspunkte wurde daher beschlossen, im Interesse einer schnellstmöglichen Produkteinführung alle Anstrengungen auf das Leinölepoxid zu konzentrieren, da



Um eine nachhaltige Entwicklung und eine bessere Lebensqualität für alle Menschen zu erlangen, sollen die Staaten nicht nachhaltige Produktions- und Verbrauchsstrukturen abbauen und beseitigen und eine geeignete Bevölkerungspolitik fördern (Grundsatz 8 der Erklärung von Rio zu Umwelt und Entwicklung vom 3. bis 14. Juni 1992)

hier keine großen Risiken bei der Produkteinführung zu erwarten sind. Der von unseren Industriepartnern aus Leinölepoxid formulierte Lack wird in mehreren dünnen Schichten mit einer Walze auf die Werkstücke aufgetragen, wobei keine flüchtigen organischen Verbindungen freigesetzt werden. Die Härtung erfolgt durch UV-Bestrahlung in Sekundenschnelle, die Oberfläche ist sofort kratzfest und weiterverarbeitbar. Glanzgrade von glänzend bis matt sind möglich. Die beiden Unternehmenspartner verfügen nun über ein marktreifes Produkt. Das Patent ist offengelegt.

Sehr gute Ökobilanz bei allen relevanten Kriterien

Teilweise soll die Formulierung in der näheren Zukunft weiter optimiert werden, z.B. bei den derzeit noch verwendeten handelsüblichen Photoinitiatoren. Diese führen nämlich, wie gegen Projektende aus

ganz neuen Untersuchungen in der Literatur bekannt wurde, kurzzeitig zur Freisetzung von Benzol aus der frisch gehärteten Lackschicht, wenn auch in sehr geringen Mengen. Außerdem enthalten sie geringe Mengen an Antimon, einem Schwermetall. Daher entwickelten wir in der Schlussphase des Projekts verschiedene Photoinitiatoren, die kein Benzol mehr freisetzen und nur noch weniger als die Hälfte der bisher üblichen Antimonmengen enthalten. Die SYNLAB GmbH, ein junges Unternehmen aus Bösel bei Oldenburg, hat diese Ansätze aufgenommen und weiterentwickelt und verfügt bereits über einen entsprechenden Photoinitiator im Angebot. Damit eröffnen sich auch Anwendungsoptionen in Bereichen, für die besonders strenge Maßstäbe gelten, z. B. für die Bedruckung von Lebensmittelverpackungen.

Der UV-Lack wird von DREISOL und Lott-Lacke gemeinsam, aber unter jeweils eigenem Markennamen vertrieben. Noch bestehen aber Hemmnisse, wie geringfügig höhere Verarbeitungskosten gegenüber den konventionellen Lacken auf petrochemischer Basis, die zudem leichte Preisvorteile wegen des noch "zu billigen Erdöls" haben. Haupthemmnis dürfte aber die Skepsis bei Lackanwendern gegenüber einem neuen Produkt und eine zu geringe Bereitschaft zum Experimentieren bei der Produktion sein. Bezüglich Gebrauchstüchtigkeit wurden dem neuen Lack gute Noten ausgestellt, gleiches gilt für Bioverträglichkeit, biologische Abbau- und Kompostierbarkeit sowie Emissions- und Extraktionsverhalten. Häufig wird die Frage gestellt, ob ein Produkt auf der Basis nachwachsender Rohstoffe wirklich weniger umweltbelastend sei als ein vergleichbares Produkt auf petrochemischer Grundlage. Das Institut für technische Chemie und Umwelt-Chemie der Universität Jena hat deshalb eine Ökobilanz für das neue Lacksystem erstellt. Dabei wurden - gegenüber einem üblichen kommerziellen Lack auf petrochemischer Rohstoffbasis - deutliche Verbesserungen von etwa einer Größenordnung bei allen umweltrelevanten Kriterien wie kumulierter Energieaufwand, CO₂- und NO_x-Emission sowie Ressourcenverbrauch ermittelt



(Grafik 2). Ein ausführlicher Projektbericht, der auch die Ökobilanz enthält, ist abrufbar unter www.chemie.uni-oldenburg.de/oc/metzger.

Agenda 21 und die Schwierigkeiten mit der Politik

Bei unseren Versuchen zur Substitution von chemischen Produkten, die bereits seit langem im Handel sind und aus petrochemischen Rohstoffen produziert werden, durch neue Stoffe auf der Basis nachwachsender Rohstoffe, die sowohl bei der Herstellung als auch in ihrem ganzen Lebenszyklus bis hin zur Entsorgung umweltverträglicher sind, sind wir immer wieder auf das gleiche Problem gestoßen. Es besteht zwar in der Industrie durchaus ein Interesse an der Substitution. Aber: Die einen sind "Altstoffe" und die andern "Neustoffe" im Sinne des Chemikaliengesetzes und nur die Neustoffe müssen mit großen Kosten angemeldet werden. Jeder kann sich leicht ausmalen, wie dann entschieden wird (siehe

oben). Man bleibt beim alten Verfahren, mag das neue auch noch so viel umweltverträglicher sein. Wir brauchen also eine Politik, die Innovationen für eine nachhaltige Entwicklung fördert und nicht erschwert.

Als wirksame Instrumente in diesem Sinne hat die Agenda 21 bereits 1992 die Förderung umweltverträglicherer Produkte und Technologien, die Schaffung finanzieller Anreize, eine Verbesserung bei der Produktkennzeichnung sowie Beschränkungen oder Verbote vorgeschlagen. Sträflicherweise wurde davon in Deutschland und in der EU bisher nur wenig umgesetzt. Erst das jüngste Weißbuch der Europäischen Kommission "Strategie für eine zukünftige Chemikalienpolitik", die Vorstufe

für eine neue integrierte Chemikalien-Richtlinie, hat als ein wesentliches Ziel die Schaffung von Anreizen zur Substitution formuliert. Erfahrungen hätten gezeigt, dass das derzeitige Notifizierungssystem Innovationen zur Entwicklung neuer und sicherer Stoffe behindere, heißt es in dem Weißbuch. Innovationsfördernd könne sich stattdessen, neben einem verschärften Haftungsrecht, ein verbesserter Informationszugang über Chemikalien für die Verbraucher und die Öffentlichkeit auswirken, ebenso aber die Einbeziehung der nachgeschalteten Anwender in die Verantwortung für die Sicherheit der Produkte, ihre Entsorgung und Verwertung. Die veränderten Prüfverfahren, die nun auch alle "Altstoffe" in einem aufwändigen Verfahren miteinbeziehen sollen, könnten die Nachfrage nach Ersatzchemikalien kräftig anregen. Auf einzelstaatlicher Ebene wie auf der Ebene der Europäischen Gemeinschaft sollten entsprechende Forschungsprioritäten gesetzt werden.

Ökonomische Anreize und die Schaffung

von mehr Transparenz sind auch kennzeichnend für das im März 2001 von der Europäischen Kommission veröffentlichte "Grünbuch zur Integrierten Produktpolitik", das umweltfreundlichen Produkten die Märkte öffnen soll. Die integrierte Produktpolitik soll sich dabei auf die entscheidenden umweltwirksamen Phasen im Lebenszyklus eines Produkts konzentrieren: das Ökodesign, die Berücksichtigung des Verursacherprinzips bei der Festlegung der Produktpreise und die Befähigung der Verbraucher zu einer sachkundigen Entscheidung. Vorgeschlagen wird ein Instrumentenmix, der von differenzierter Besteuerung über die Ausdehnung der Produzentenverantwortung durch Rechtsvorschriften der EU und die Privilegierung im öffentlichen Beschaffungswesen bis hin zur Verbesserung der Produktinformationen und zur Entwicklung von Normen zum umweltgerechten Design reicht. Das Grünbuch soll vor allem auch eine öffentliche Debatte über die Produktpolitik anregen, um eine europäische Strategie für produktbezogene umweltpolitische Maßnahmen zu ermöglichen (s. dazu M. Eissen, J. O. Metzger, E. Schmidt, U. Schneidewind: 10 Jahre nach Rio - Konzepte zum Beitrag der Chemie zu einer nachhaltigen Entwicklung, in: *Angewandte Chemie* 2002, 114, 402 - 425.). Sowohl Weiß- als auch Grünbuch sind bisher erst Absichtserklärungen, die in die richtige Richtung weisen, aber noch lange nicht umgesetzt sind. Das muss mit hoher Priorität endlich geschehen. In der Grundlagen- und in der Angewandten Forschung kann die Wissenschaft die Voraussetzungen schaffen, dass Substitutionen für eine nachhaltige Entwicklung auch technisch möglich werden.

Der Autor



Prof. Dr. Jürgen O. Metzger, Hochschul-lehrer für Organische Chemie, studierte Chemie in Tübingen, Erlangen, Berlin und Hamburg, wo er 1970 promovierte. 1983 habilitierte er sich an der Universität Oldenburg. 1991 wurde er zum Professor für Organische Chemie ernannt. Seine Arbeitsgebiete umfassen Nachhaltigkeit in der Chemie, umweltverträgliche organische Synthesen, nachwachsende Rohstoffe, Radikalchemie und Massenspektrometrie.