

THYMOS AG

Gleis 1
Niederlenzer Kirchweg 1
CH - 5600 Lenzburg
Tel 062 892 44 44
Fax 062 892 44 65
www.thymos.ch

Militärstrasse 34a
CH - 3014 Bern
Tel 031 335 60 60
Fax 031 335 60 65
info@thymos.ch

thymos
Naturbaustoffe

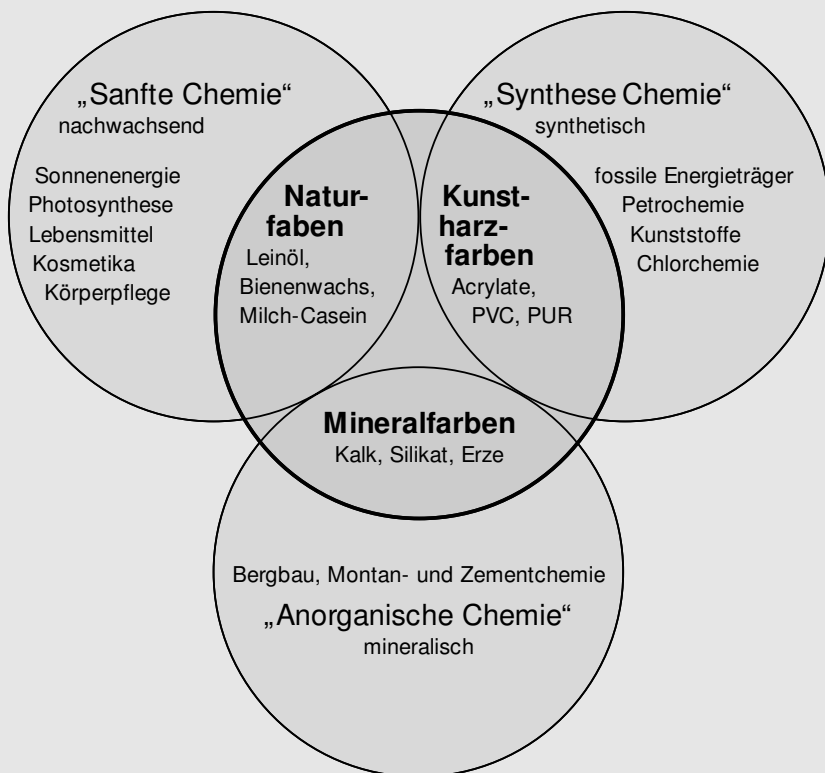
Farben und Lacke: Praxis und Ökologie

Vertiefende Informationen
zum Modul Nachhaltigkeit Wohnen Hochschule Luzern

Autor: Ralf Rieks, Dipl.-Ing. (FH), Leiter Beeck-Anwendungstechnik

FARBEN UND LACKE

PRAXIS UND ÖKOLOGIE



Farbenchemie

Rohstoffbasis und Überschneidungen
mit anderen Chemiebranchen

Inhaltsverzeichnis:

1	Einleitung	1
2	Geschichtlicher Rückblick	1
3	Inhaltsstoffe von Farben und Lacken	1
3.1	Bindemittel	2
3.2	Lösemittel	3
3.3	Pigmente	4
3.4	Füllstoffe	5
3.5	Additive	5
4	Anstrichstoffsyste m e	6
4.1	Kalkfarben	6
4.2	Silikatfarben	7
4.3	Kunststoffdispersionsfarben	7
4.4	Wasserlacke - der Blaue Engel	7
4.5	Naturfarben	8
5	Holzschutz	8
6	Gefahrstoffverordnung	10
7	Auswirkungen auf das Raumklima	10
8	Anstrichempfehlungen	11
9	Durchführung von Malerarbeiten	12
10	Bewertung	12
	Normen, Literatur, Adressen	13

© BEECK 2001

2. Auflage
Stand 11/2001

Autor:

Ralf Rieks, Dipl.-Ing. (FH),
Leiter BEECK-Anwendungstechnik

BEECK'sche
FARBWERKE

BEECK'sche FARBWERKE
Beeck GmbH & Co KG
www.beeck.de
e-mail: beeck@beeck.de

Verwaltung:
Postfach 81 02 24
D-70519 Stuttgart
Telefon: 0711/90 02 00
Telefax: 0711/9 00 20 10

Werk:
Gottlieb-Daimler-Straße 4
D-89150 Laichingen
Telefon: 073 33/ 96 07 11
Telefax: 073 33/ 96 07 10

Farben und Lacke

Ralf Rieks

1. Einleitung

Farben und Lacke sind die schützenden, dekorativen und werterhaltenden Überzüge auf Putz, Holz und Metall. Sie sind das wesentliche optische Element unserer bebauten Umgebung, Ausdruck kreativen Schaffens oder schlichter technischer Notwendigkeit und auch ein Teil unserer Lebensqualität.

Aber sie gehören auch in die problematische Produktklasse der Lösemittel, der Allergien und der Holzschutzmittelskandale. Da die Beschichtungsstoffe häufig eingesetzt werden müssen und die Vielfalt der Produkte sich nicht so einfach in „giftig“ und „ungiftig“ unterteilen lässt, empfiehlt sich eine differenzierte Betrachtung unter gesundheitlichen, ökologischen und baubiologischen Gesichtspunkten.

2. Geschichtlicher Rückblick

Die spanischen und südfranzösischen Höhlenmalereien sind die ältesten Zeugnisse menschlichen Schaffens mit Farbe. Sie sind mehr als 15000 Jahre alt. Mit umbra- und ockerfarbener Erde, Röteln und Knochenschwarz wurden Jagdszenen und rituelle Motive ins Bild gebracht.

In späteren geschichtlichen Epochen gibt es bereits eine ausgefeilte Baukunst: Gebrannter Kalk, eingesumpft und mit Sand vermischt, war ein beständiger Mörtel für kolossale Bauten. Kalkmilch ließ sich zum Tünchen von Lehm und Stein benutzen. Durch Zumengen von gemahlener Tonscherben, puzzolanischer Erde oder ähnlichen hydraulischen (wasserfestigenden) Substanzen konnten wasserresistente, widerstandsfähige Mörtel hergestellt werden, die z.B. Hafengebäudewerke möglich machten. Kalkfarben wiederum konnten durch Zusatz von Kasein oder Leinöl veredelt werden; der Vorteil war ein geringeres Kriechen, höhere Haltbarkeit und eine verbesserte Pigmentaufnahme.

Bis weit in unser Jahrhundert hinein blieb die Kalktechnik dominierend. Ein zweiter Mineralfarbtypus, auf der Basis von Wasserglas (wie z.B. die Silikatfarben), wurde bis zum Ende des vorigen Jahrhunderts zur Produktreife geführt. Es ergaben sich Anstriche von ungekannter Haltbarkeit, welche – zumindest im gehobenen Ambiente – die Kalkfarben rasch verdrängten.

Erst in den fünfziger und sechziger Jahren unseres Jahrhunderts kamen die Kunststoffdispersionsfarben, wie sie heute allgegenwärtig sind, auf den Markt. Die Grundlage bildeten hierbei feinstverteilte Kunststoffteilchen in Wasser, die sogenannte Kunststoffdispersion. Die chemische Industrie produzierte diese neuen Werkstoffe in größtem Maßstab. Da auch die Verarbeitung für den Maler weniger anspruchsvoll und die Dispersionsfarbe zudem relativ preisgünstig war, wurde sie, besonders durch den Bau-Boom der Nachkriegsepochen, schnell zum Standardmaterial für Wandanstriche innen und außen.

Doch nicht nur mineralische Untergründe wie Stein und Putz, sondern auch Holz und Metall wussten unsere Vorfahren vor Wasser, Witterungseinflüssen und Korrosion zu schützen. Kalk und Wasserglas waren hierfür zu offenporig und spröde, es bedurfte eines wasserabweisenden, relativ dichten und flexiblen Films, der gut auf diesen Untergründen haftete. Trocknende, fette Öle, gewonnen beispielsweise aus den Samen der Leinpflanze oder des Tungbaumes, erfüllten diese Vorgaben und ließen sich mit Pigmenten einfärben. Diese Ölfarbe blieb solange Standard, bis die chemische Industrie Kunstharze entwickelte, die in Kombination mit trocknenden Pflanzenölen (z.B. Alkydharzlacken) oder ohne weitere Zusätze (z.B. Acryllack, moderne Reaktionsharzlacke) einsetzbar wurden. Pulver- oder Wasserlacke sind neuere Entwicklungen und kommen dem Bestreben zur Lösemittelreduzierung entgegen.

3. Inhaltsstoffe von Farben und Lacken

Ein Anstrichstoff ist nach DIN 55945 ein flüssiger bis pastenartiger Beschichtungsstoff, der vorwiegend durch Streichen, Rollen oder Spritzen aufgebracht wird. Zusammengesetzt ist der Anstrichstoff generell aus Bindemittel, Lösemittel, Füllstoff, Pigment und Hilfsstoffen. Je nach Rezeptur beinhaltet eine qualitativ gute Wandfarbe für innen (waschbeständig nach DIN 53778) ca. 10 bis 15 verschiedene Inhaltsstoffe, von Vor- und Begleitprodukten abgesehen. Dieses komplexe chemische Gemisch muss vielseitige Aufgaben erfüllen: Hohe Lagerstabilität, gute Verarbeitungseigenschaften, kurze Trocknungsphase, hohe Resistenz des Anstrichfilms gegen mechanische, chemische und biologische Angriffe, geringe Verschmutzungsneigung sowie (im Idealfall) ökologisch verträgliche Abbaubarkeit. Spezielle optische oder technische Ansprüche erfordern weitere Zusätze: Filmbildungsmittel für gleichmäßigen Verlauf, Spezialpigmente für optische Effekte oder zusätzliche Biozide für eine fungizide (pilzwidrige) Ausstattung.

Die Verträglichkeit aller dieser Komponenten untereinander muss garantiert sein, ebenso wie die positive Wechselwirkung mit den verschiedensten Untergründen wie glattem, rauem, alkalischem, feuchtem oder wasserquelebarem Putz, Beton, Papiertapete, Leichtbauplatte aus Holzwerkstoff, alte Farbschichten etc. Weitere Kriterien sind die Rohstoffpreise, das Herstellungsverfahren und natürlich die Akzeptanz auf dem Markt. Ökologische Gesichtspunkte spielen eine zunehmend wichtige Rolle. Dies ist auf ein wachsendes Umweltbewusstsein zurückzuführen, das sich im Bausektor durch den Trend zum naturnahen Wohnen mit natürlichen Baustoffen (Lehmbau, Holzbau) ausdrückt.

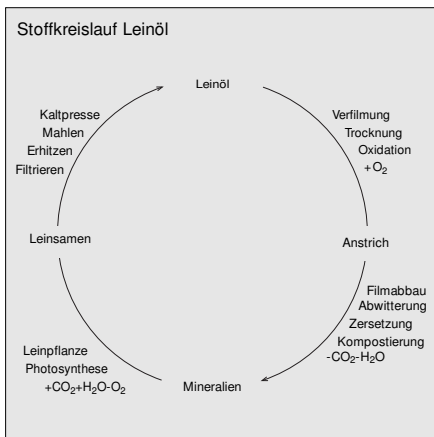
Im Farb- und Lackbereich wurde die Öffentlichkeit durch die Holzschutzmittel- und Lösemitteldiskussion auf mögliche Umwelt- und Gesundheitsgefahren hin sensibilisiert.

Die folgenden Kapitel nennen deshalb die gängigen Rezepturbestandteile und Anstrichsysteme im Baubereich und beschreiben, soweit möglich, ökologische Alternativen.

3.1 Bindemittel

Bindemittel (DIN 55945) sind die nichtflüchtigen Bestandteile eines Anstrichstoffes, die für die Haftung auf dem Untergrund sorgen. Nach der Trocknung schließen sie die weiteren Festkörperanteile in eine mehr oder weniger dichte Matrix ein. Physikalisch trocknende Bindemittel verkleben nach dem Entweichen des Lösemittels bzw. Wassers zu einem mehr oder weniger dichten Film. Ein Beispiel ist eine ganz gewöhnliche Dispersionsfarbe für innen und außen. Chemische Trocknung bzw. Härtung bezeichnet dagegen eine chemische Umsetzung, die das Bindemittel (in der Regel während und nach einer physikalischen Trocknungsphase) durchläuft. Kalk- und Silikatfarben härten chemisch, indem sie mit dem Kohlendioxyd aus der Luft reagieren, wobei das Bindemittel eine chemische Umsetzung erfährt. Ölfarben auf Basis pflanzlicher Öle trocknen durch Sauerstoffaufnahme ebenfalls chemisch. Bei den zweikomponentigen Reaktionsharzlacken, wie den Polyurethan- oder Epoxydharzen, läuft die Reaktion zwischen den beiden Lackkomponenten („Stammack“ und „Härter“) ab, sobald diese zusammengerührt werden. Im Fall von Polyurethan sind diese beiden Komponenten Isocyanate und Polyalkohole, beim Epoxydharz ein epoxidgruppenhaltiges Harz und ein Polyamin.

Das Bindemittel bestimmt die Eigenschaften eines Anstriches wesentlich und wird deshalb zur Klassifizierung der Beschichtungsstoffe herangezogen („Acrylfarben“, „Alkydharzfarben“, „Naturharzlacke“ etc.).



3.1.1 Natürliche organische Bindemittel

Trocknende Öle (chemisch: Triglyceride) werden aus Pflanzensamen gewonnen. Die Trocknung erfolgt durch physikalisches Verfilmen und anschließende chemische Einbindung von Sauerstoff aus der Luft in die reaktiven Doppelbindungen der veresterten Fettsäuren (oxydative Trocknung). Nach der Trocknung, die durch Trockensstoffe beschleunigt wird, ergeben pflanzliche Öle sehr

elastische, witterungsbeständige und relativ diffusionsoffene Anstrichfilme in Form von Öllacken oder Öllasuren. Häufig werden die Öle mit Naturharzen (Dammar, Kolophonium) kombiniert. Zu den trocknenden Ölen gehören z.B. Leinöl, Sojaöl, Distelöl, Ricinenöl, Holzöl (letzteres aus den Früchten des chinesischen Tungbaumes gewonnen).

Die Öle werden ausschließlich aus regenerierbaren Rohstoffen, die pflanzlichen Ursprungs sind, durch Pressen oder Extrahieren gewonnen und nach einfachen physikalischen Verfahren gereinigt. Erhitzen unter Luftabschluss führt zu sogenannten Standölen (DIN 55945) mit teilweise verbesserten Gebrauchseigenschaften.

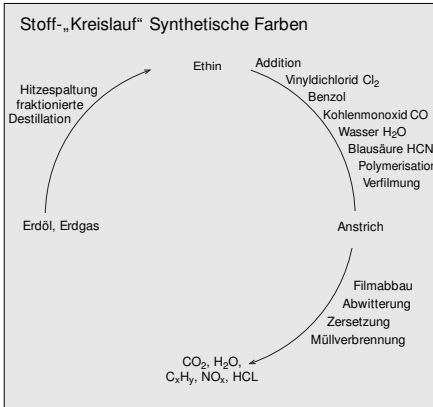
Toxikologisch sind sie als unbedenklich zu bewerten und in ökologischer Hinsicht zu empfehlen. Nach der Nutzung (Anstrichabwitterung, Deponierung) fügen sie sich wieder in den Naturkreislauf ein (siehe Abbildung), sie sind also kompostierbar. Im Gegensatz zu synthetischen Bindemitteln weisen sie eine ausgeglichene CO_2 -Bilanz auf. Die Naturfarbhersteller beziehen ihre pflanzlichen Öle bevorzugt aus kontrolliert-biologischem und regionalem Anbau. Der Einsatz von Kunstdünger und Pestiziden wird im Vergleich zu konventionellen Anbaumethoden minimiert, was nicht zuletzt rückstandsfreie Endprodukte garantiert.

3.1.2 Synthetische organische Bindemittel

Synthetischen organischen Bindemitteln liegt ein synthetisches organisches Polymer zugrunde, das je nach chemischer Struktur sehr unterschiedliche Eigenschaften haben kann. Gegenüber Öllacken sind eine höhere Härte und Kratzfestigkeit signifikant. Für Spezialbeschichtungen (verschleißfeste Fußbodenlacke, schwerer Korrosionsschutz, chemikalienbeständige Tankbeschichtungen etc.) werden Reaktionsharzlacke verwendet.

Zu den synthetischen organischen Bindemitteln gehören Acryllacke (Bindemittel Polyacrylat), Alkydharz (DIN 53183), Polyurethan- und Epoxidharze als Reaktionsharze, PVC-Lacke. Sie werden aus den Rohstoffen Erdöl und Erdgas hergestellt. Aus gecracktem, d.h. hitzegespaltenem Erdöl gewonnene Monomere werden polymerisiert, also zu einem organischen Makromolekül verbunden. Je nach verwendetem Monomer (Acrylsäureester, Vinylacetat, Styrol etc.) und gewünschtem Makromolekül (Copolymerisat, Terpolymer etc.) sind ggf. mehrere Synthesestufen notwendig. Zur Erzielung bestimmter Eigenschaften oder um die Vorstufen zu stabilisieren, sind Zusätze in Form von Konservierungsstoffen, Aminen, Lösemitteln, Antioxidantien oder Weichmachern notwendig.

In toxikologischer Hinsicht sind Monomere allgemein reaktionsfreudige Verbindungen mit hohem toxischen, oft karzinogenen Potential. Problematisch sind Restmonomere, die bei der Polyreaktion nicht umgesetzt wurden und über längere Zeit aus Anstrich und Gebinde ausgasen. Kennzeichnungspflichtig nach der Gefahrstoffverordnung sind zahlreiche Reaktionsharze aus der Klasse der Polyurethane (Isocyanate) und der Epoxidharze.



Bei letzteren besitzt vor allem die Härterkomponente (Amine) ein hohes allergenes Potential. Die stark hautreizende Wirkung der z.T. flüchtigen Amine macht besondere Schutzvorkehrungen beim Verarbeiten von Epoxidharzsystemen, z.B. als Fußbodenbeschichtung in Industriehallen und Tiefgaragen notwendig.

In ökologischer Hinsicht sind synthetische Lack- und Dispersionsbindemittel naturfremde, vollsynthetische Produkte mit hohem Umweltrisiko bei Rohstoffgewinnung, Herstellung, Verarbeitung und Entsorgung. Der Stoffkreislauf eines Kunstharzes zeigt eine Zäsur dort, wo ein zunehmender CO₂-Gehalt der Atmosphäre einer Verknappung an fossilen Rohstoffen entgegensteht. Der Kreislauf ist nicht geschlossen, weil sich der Prozess der Rückführung von CO₂ in Mineralöl in geologischen Zeiträumen, also über Jahrmillionen, bewegt und nur unter bestimmten klimatischen, geologischen und biochemischen Bedingungen erfolgt. Die eigentliche Synthese von Lackharzen führt über Zwischenstufen und Vorprodukte mit Gefahrstoffsymbolen. Selbst bei der Prozessführung in geschlossenen Kreisläufen ist eine Umweltgefährdung durch Störfälle, Havarien oder unsachgemäße Entsorgung nicht auszuschließen. Nicht wenige der chemischen Grundsubstanzen, die neben der Lackchemie auch in der Kunststoff-, Düngemittel- oder Pestizidindustrie eingesetzt werden, sind potentielle Kampfgase (Chlorgas, Phosgen) und hoch toxisch. So bereiten z.B. chlorierte Kohlenwasserstoffe, die in Flammschutzmitteln, Weichmachern und Bindemitteln auf Vinylchloridbasis zu finden sind, bei der Entsorgung Probleme: sie sind schwer abbaubar, reichern sich also in der Nahrungskette an und konzentrieren sich besonders im Fettgewebe des Menschen sowie fleischfressender Tiere, zum anderen entstehen bei ihrer Verbrennung Dioxine, hochtoxische, Chlorakne verursachende Verbindungen mit karzinogener Wirkung. Die Gefahr der Dioxinbildung besteht sowohl bei ordnungsgemäßer thermischer Entsorgung in Sondermüllverbrennungsanlagen als auch bei unkontrollierter Verbrennung, z.B. beim Klimastörfall.

Eine stoffliche Wiederverwertung von Lackbindemitteln im Sinne von Recycling ist nicht durchführbar, da es sich nicht um sortenreine Kunststoffe handelt und Begleitstoffe nicht vollständig abzuscheiden sind.

3.1.3 Anorganische Bindemittel

Anorganische Bindemittel spielen bei Kalk- und Silikatfarben eine Rolle und werden in Kapitel 4 im Vergleich zu Kunstharzbindemitteln besprochen.

3.2 Lösemittel

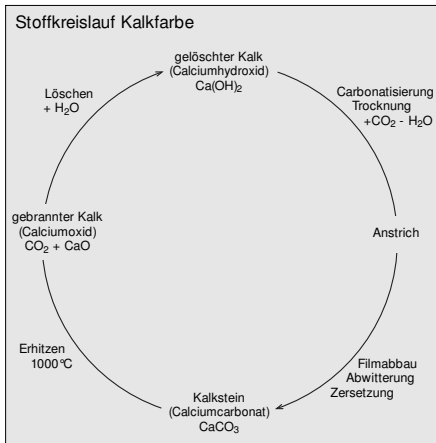
Lösemittel sind im Sinne der DIN 55945 Flüssigkeiten, die das Bindemittel zu lösen vermögen und unter den Bedingungen der Filmbildung flüchtig sind. Im Sprachgebrauch meint man mit Lösemitteln die flüchtigen organischen Anteile, also im weiteren Sinne Kohlenwasserstoffe im Gegensatz zum „Lösemittel“ Wasser bei wässrigen Beschichtungsstoffen.

Wichtige Lösemittelklassen sind:

- Aliphatische Kohlenwasserstoffe, z.B. Testbenzin („Kristallöl“), Isoaliphaten.
- Aromatische Kohlenwasserstoffe, z.B. Toluol, Xylol.
- Glykole, z.B. Ethylenglykol, Diethylenglykol.
- Ether, z.B. Dibutylether, diverse Glycoether.
- Ester, z.B. Butylacetat, diverse Glycoester.
- Ketone, z.B. Methyläthylketon (MEK).
- Alkohole, z.B. Ethanol, Methylisooamylalkohol.
- Terpene, z.B. Balsamterpene, Zitrus Terpene, Orangenöl.

Arbeitshygienisch sind Lösemittel grundsätzlich bedenklich, da sie fettlösend (Hautschuttl) und bei längerer Einwirkung narkotisierend wirken. Bestimmten Lösemitteln wie z.B. Xylol, Isoaliphaten wird ein krebserzeugendes Potential zumindest im Tierversuch zugeschrieben. Lösemittel werden überwiegend auf petrochemischem Wege gewonnen und tragen zur CO₂-Anreicherung in der Atmosphäre bei. Sie unterstützen damit den globalen Treibhauseffekt, den lokalen Sommermogel wie auch die Ozonbildung. Neben dem Straßenverkehr bilden Lösemittel aus Anstrichstoffen die zweitgrößte Emissionsquelle für Kohlenwasserstoffe. Die ökologische Alternative zu den erdölbasierenden Lösemitteln bilden natürliche Terpene, die beispielsweise im Harzfluß der Kiefern, dem sog. Balsam, oder den Schalen der Zitrusfrüchte zu finden sind. Diese Terpene werden durch Auspressen bzw. Wasserdampfdestillation gewonnen und gereinigt.

Der wesentliche Unterschied zu synthetischen Lösemitteln ist zum einen die Jahrtausende alte Verträglichkeit mit dem menschlichen Organismus (Terpentine im Holz, Nadelwald, Nahrungsmittel Zitrusfrucht), zum anderen die ausgeglichene CO₂-Bilanz: Nur soviel Kohlendioxid wird beim Abbau des Lösemittels wieder in die Atmosphäre entlassen, wie die Pflanze zum Aufbau des Terpens aus der Atmosphäre entnommen hat.



Die pflanzlichen Terpene werden fast ausschließlich in konsequenten Naturfarben angewendet. Sie sind gut verträglich (Verwendung von Kiefernadelöl auch in der Kosmetik- und Heilmittelbranche) und weisen in der Ökobilanz Vorteile gegenüber petrochemischen Lösemitteln auf (CO₂-Bilanz, Pflanzenreaktor).

Die Lackbranche hat sich eine möglichst umfassende Reduzierung der Lösemittel zum Ziel gesetzt.

Von 50-70% Lösemittelgehalt in einem herkömmlichen Lack ist man inzwischen auf maximal 10% bei einem Wasserlack mit Umweltzeichen bzw. 15% in einem high-solid-Lack (festkörperreicher Lack) gelangt. Grund für den Trend weg vom Lösemittel sind die geringe Akzeptanz des Verbrauchers und zunehmend restriktive Maßnahmen im Umgang mit flüchtigen organischen Verbindungen, was sich in verschärften Umwelt- und Arbeitsschutzauflagen äußert.

3.3 Pigmente

Pigmente oder Farbmittel sind die farbgebenden Elemente eines Anstrichstoffes und in DIN 55945 (bzw. DIN 55943 und 55944) definiert. Bestimmte Pigmente nehmen auch Aufgaben wie Korrosionsschutz oder UV-Absorption im Anstrich wahr. Analog zum Bindemittel lassen sich die Pigmente einteilen in anorganische und organische, natürliche und synthetische Modifikationen.

3.3.1 Erdfarbenpigmente

Erdfarben sind natürliche anorganische Pigmente (Metalloxyde) von erdhafter, gedämpfter Farbigkeit. Sie wurden bereits in vorgeschichtlicher Zeit (Höhlenmalereien) verwendet. Bis in dieses Jahrhundert hinein waren sie oft das einzige in größerer Menge verfügbare Pigment. Regionale Lagerstätten führten zu ortstypischen Farbigkeiten. Sie sind lichtecht und chemikalien- und witterungsbeständig. Beispiele für Erdfarben sind Umbra, Ocker, Terra di Siena, Bolus und Schwedenrot.

Die Rohstoffe für Erdfarben stammen aus natürlichen Lagerstätten. Durch die Aufbereitung und Reinigung der Erden durch Mahlen, Sieben oder Schlämmen wird die Farbe hergestellt. Eine Weiterbehandlung in Form von Erhitzen ist bei bestimmten Sorten üblich, (z.B. gebrannte Umbra, Terra di Siena).

In toxikologischer Hinsicht sind Erdfarben unbedenklich, soweit sie frei von Schwermetallverunreinigungen sind. Ökologisch sind sie positiv zu bewerten, da die Naturstoffe nach einfachen Mahl- und Reinigungsverfahren direkt einsetzbar sind und keine chemischen Eingriffe im Sinne einer stofflichen Umwandlung notwendig sind. Der einzige Nachteil sind die z.T. sehr begrenzten Fundstätten. Daraus resultieren Eingriffe ins Landschaftsbild und die Gefahr von Ressourcenverknappungen bei seltenen Erden. Farbpsychologisch wirken die Erdfarben durch ihre Gedecktheit beruhigend und harmonisch.

3.3.2 Mineralpigmente

Mineralpigmente sind synthetische anorganische Pigmente (Metalloxyde). Zu ihnen gehören Titandioxyd, Chromoxydgrün, Eisenoxydgelb, -rot, -braun, -schwarz, Ultramarinblau, Nickeltitangelb.

Die Erze, aus denen sie gewonnen werden, stammen aus natürlichen Lagerstätten. Natürliche Metalloxyde werden durch einfache chemische Verfahren (z.B. Fällern, Aufschließen o.ä.) von Begleitstoffen befreit. Eisenoxide ändern ihren Farbton beim Erhitzen durch das Entweichen von Kristallwasser, was man sich großtechnisch zu Nutzen macht. Das in großem Maßstab verwendete Ultramarinblau wird durch Schmelzen von Soda, Ton und Schwefel gewonnen.

Toxikologisch sind Mineralpigmente als unbedenklich anzusehen. Sie sind frei von löslichen Schwermetallen. Gegenüber den Erdfarben bieten sie eine Alternative, besonders bei den Bunttönen Blau, Gelb und Grün. Die großtechnisch betriebenen Aufschlussverfahren, z.B. bei Titanerzen, beinhalten ökologisch betrachtet aber ein größeres Umweltrisiko, da mit hochkonzentrierten Mineralsäuren (Schwefelsäure) gearbeitet wird. Üblich sind geschlossene Anlagen, in denen die Säure mehrfach konzentriert werden kann. Auch wenn die berüchtigte „Dünnsäureverklappung“, also das Ablassen der verbrauchten Säure in die Weltmeere heute nicht mehr üblich ist, so steht doch ein hoher Einsatz an Chemikalien und Energie auf der Negativseite. Titandioxyd, wegen seinem Weißgrad, seiner Deckkraft und Witterungsbeständigkeit ein unverzichtbares Weißpigment, sollte aber dennoch möglichst sparsam eingesetzt werden, weil die hohen Ansprüche an Brillanz und Weißgrad eindeutig auf Kosten der Ökobilanz gehen.

3.3.3 Pflanzenfarbpigmente

Pflanzenfarben sind natürliche organische Pigmente und Farbstoffe aus Pflanzen. Sie sind buntfarbig, jedoch von geringer Farbtonbeständigkeit. Beispiele für Pflanzenfarben sind Indigo, Waid, Krapprot, Reseda, Alkanna-Violett und Safran. Rohstoffe für Pflanzenfarben sind Blätter, Blüten, Früchte oder Wurzeln bestimmter Färbepflanzen.

In Teilen der Pflanze liegt in der Regel eine Vorstufe des Pigmentes oder Farbstoffes vor. Diese wird in mehreren Arbeitsgängen aufbereitet, im Falle von Blau aus Färberraidblättern durch Mahlen, Gären und Lufttrocknen nach überlieferten Verfahren.

Toxikologisch sind sie unbedenklich. Pflanzenfarben sind nachwachsende Rohstoffe von hoher Brillanz und Färbekraft. Die Verwendung ist aber eingeschränkt aufgrund der geringen Echtheit, besonders dem Verblässen bei Lichteinfluss. Die Verfügbarkeit, Nachfrage und aktuelle Preissituation sind dabei in einem engen Zusammenhang zu sehen. Zu Bedeutung gelangt sind sie durch die Waldorfpädagogik, wo sie zur lasierenden Farbgestaltung eingesetzt werden. Feldmäßiger Anbau sollte nach kontrolliert-biologischen Methoden ohne Pestizid- und Kunstdüngergaben durchgeführt werden. In den letzten Jahren fasst der Waidanbau v.a. in Thüringen wieder Fuß und belebt dort einen alten Wirtschaftszweig.

3.3.4 Synthesepigmente

Synthesepigmente sind künstliche organische Pigmente und Farbstoffe. Sie sind in fast allen Farbnuancen, besonders sehr reinen Bunttönen und auch mit optischer Effektwirkung (Tagesleuchtfarben etc.) synthetisierbar. Beispiele sind Azo-, Dioxin- und Phthalocyaninpigmente. Die Rohstoffe für Synthesepigmente sind Erdöl, Steinkohle und Teer.

Unter toxikologischen Gesichtspunkten sind sie bedenklich, da Azofarbstoffe mit aromatischem Kern (aromatische Kohlenwasserstoffe) ein karzinogenes Potential besitzen. Die vollsynthetischen Produkte werden aus petrochemischen Grundbausteinen in mehrstufigen Prozessketten hergestellt. Wichtige Ausgangssubstanzen sind die in der Gefahrstoffverordnung als giftig und karzinogen gekennzeichneten Verbindungen Benzol, Phenol und Anilin. Die einzelnen Syntheseschritte führen über Zwischenstufen, und da die Ausbeute im allgemeinen nicht vollständig ist, fällt bei jedem Schritt Sondermüll an, der stofflich uneinheitlich ist und deshalb über thermische Behandlung oder Deponierung entsorgt werden muss. Die Folge ist eine Umweltbelastung durch Schadstoffe, unter anderem mit Dioxinen, und eine Verknappung an Deponieraum. Bei der Synthese von einem Kilogramm Azofarbstoff fällt etwa die zehnfache Menge an Sondermüll an.

Langzeitwirkungen auf Mensch und Umwelt sind bei vielen modernen Synthesepigmenten unbekannt, da laufend neue Substitutionen auf den Markt kommen, die dem Ökosystem und dem menschlichen Organismus vollkommen unbekannt sind. Die Wiedereingliederung in die natürlichen Kreisläufe ist zumindest bei aromatischen und chlorierten Synthesepigmenten nicht

gegeben, da sie im Gegensatz zu Pflanzenfarben biologisch schwer abbaubar und im Gegensatz zu Erd- und Mineralpigmenten nicht mineralisierbar sind.

3.4 Füllstoffe

Füllstoffe sind meist feine Gesteinsmehle, die einem Beschichtungsstoff Körper, Füllkraft und Härte geben. Im Gegensatz zu den Pigmenten sind sie nicht oder nur wenig farbgebend. Beispiele sind Talkum, Kreide oder Quarz. Füllende Fassadenfarben enthalten sehr viele, Lacke und Lasuren dagegen sehr wenige Füllstoffe. Die Gesteinsmehle verhalten sich chemisch und biologisch weitgehend inert. Ökologisch fällt lediglich der Landschafts- und Energieverbrauch bei Abbau und Aufbereitung der Füllstoffe ins Gewicht.

3.5 Additive

Hilfsstoffe oder Additive sind Substanzen, die in kleinen Mengen dem Beschichtungsstoff zugegeben werden, um bestimmte Eigenschaften bezüglich Lagerfähigkeit, Verarbeitung oder Optik zu erreichen. Additive im Sinne der DIN 55945 sind in ihrer chemischen Struktur, Wirkungsweise und ökologischen Relevanz so unterschiedlich, dass sich eine genauere Betrachtung einiger wichtiger Klassen lohnt:

Verdickungsmittel

sind im Lösungsmittel quellbar und steuern die Konsistenz des Anstrichstoffes. Gebräuchlich sind vollsynthetische Typen aus der Klasse der Polyurethane und der Acrylate. Modifizierte Naturstoffe sind die Bentonite (Schichtsilikate) und die Zellulosederivate. Auf regenerierbarer natürlicher Basis und deshalb umweltverträglicher sind Polysaccharide wie Xanthan und Tragant. Xanthan wird nicht nur in Naturfarben und Kosmetika eingesetzt, sondern auch in Lebensmitteln wie z.B. in Joghurt.

Topfkonservierer (Biozide)

Topfkonservierer verhindern den Abbau des Anstrichstoffes während der Lagerung, also im Gebinde, durch Schimmelpilze oder Bakterien. Konservierung ist nur in wässrigen Systemen, also Dispersionsfarben oder Wasserlacken, notwendig. Üblich sind sogenannte Formaldehyd-Depotstoffe, d.h. Verbindungen, die laufend kleine Mengen (krebserregenden!) Formaldehyds abspalten. Aromatische und heterozyklische Chemikalien, z.T. mit Chlor oder Brom halogeniert, sind weitere Standardbiozide. Sie sind gleichzeitig Vertreter wichtiger Umweltgifte und kennzeichnungspflichtig nach der Gefahrstoffverordnung. Trotz ihres niedrigen Anteils in der Gesamt Rezeptur (bei Dispersionsfarbe oder Wasserlack ca. 0,1 bis 0,3 Gewichtsprozent) stellen sie ein toxikologisches und ökologisches Risiko dar. Bedenklich für den menschlichen Organismus ist die Inhalation dieser Biozide, z.B. wenn diese flüchtig sind und an die Raumluft abgegeben werden, oder über Hautkontakt mit dem nassen oder durchgetrockneten Anstrich in die Blutbahnen gelangen und die Gefahr von Anreicherung im Fettgewebe besteht.

Auf die Problematik biozider Wirkstoffe und ihre toxikologische Einschätzung wird im Kapitel „Holzschutzmittel“ weiter eingegangen. Ein anderes wesentliches Problem ist die Entsorgung: ob die Produktreste in das Abwasser (Schädigung der biologischen Klärstufe der Kläranlagen!), auf eine Deponie oder in eine Sondermüllverbrennung gelangen, stets bleiben sie für die Umwelt bedenklich, da sie durch Mikroorganismen nicht abgebaut werden können. Eine Alternative bilden Anstrichsysteme, die ohne Konservierungsstoffe auskommen. So sind Kalk- und Silikatfarben durch ihre hohe Alkalität (pH-Wert über 11) vor Mikroorganismen geschützt. In Naturfarben dagegen werden entweder ätherische Öle wie Thymianöl, Lavendelöl und Eukalyptusöl oder Borsalze wegen ihrer desinfizierenden Wirkung eingesetzt. Beide Stoffklassen sind für Mensch und Umwelt verträglich (z.B. Bor als Spurenelement für Mensch und Pflanze) und rückführbar in ökologische Kreisläufe.

Netzmittel

Netzmittel, auch Dispergiermittel genannt, sind wichtig für die Benetzung und Pigmenteinbindung. Polycarbon-säuren, Phosphorsäureester oder Polyacrylate sind verbreitete synthetische Klassen. Vegetabilischen Ursprungs sind dagegen Sojalecithin, Türkischrotöl (sulfatiertes Ricinusöl) oder Olein, eine pflanzliche Öl-säure. Schellack, ein vielseitiges Additiv in Naturfarben, wird aus den Ausscheidungen einer indischen Blattlaus gewonnen. Netzmittel können aufgrund ihrer chemischen Struktur hautreizend sein. Für die Verwendung von pflanzlichen Produkten spricht ihre schonendere Gewinnung, bessere Abbaubarkeit und eine gute gesundheitliche Verträglichkeit. So ist z.B. Sojalecithin ein Bestandteil der Sojabohne und in vielen Speisezu-bereitungen enthalten.

Trockenstoffe (Sikkative)

Trockenstoffe sind Metallseifen, meist Kobalt-, Barium-, Zirkonium- oder Manganseifen einer Carbon- oder Naphthensäure. Trockenstoffe unterstützen die oxidative Trocknung öliger Lacke und sind deshalb z.B. in Naturöl-lacken unvermeidlich. Durch ihren Schwermetallgehalt stellen sie ein gewisses ökologisches und toxikologi-sches Risiko dar. Bleihaltige Sikkative sind heute nicht mehr tolerierbar.

Weichmacher

Weichmacher sind in den meisten Kunstharzfarben enthalten und haben die Aufgabe, die an sich sehr spröden und rissanfälligen Polymerketten des Kunst-harzes flexibel und dehnbar zu halten. Gebräuchlich sind Fettsäureester (z.B. Phthalsäureester), Sulfon-säureester oder auch Amide und Chlorparaffine. Sogenannte „äußere“ Weichmacher, die nicht in eine Polymerkette eingebunden sind, bergen die Gefahr des Ausschwitzens und Verdampfens in sich. Die Konsequenz ist eine Abgabe in die Raumluft und Anreicherung in Raumtextilien, eingelagerten Nahrungs-mitteln und im menschlichen Organismus. Auch bei geringer akuter Toxizität ist ein ständiger Kontakt mit Weichmachern, deren karzinogene Wirkung im Tierver-such nachgewiesen wurde, als bedenklich anzusehen.

Entschäumer

Entschäumer verhindern das Schäumen meist wässriger Anstrichstoffe beim Herstellen oder Aufrühren. Gebräuchlich sind oberflächenaktive Verbindungen aus der Gruppe der siliciumorganischen Chemie sowie bestimmte Polymere und Alkohole. Eine mehr oder weniger wassergefährdende Wirkung ist allen diesen Stoffen gemein. Auch Lösemittel bzw. ätherische Öle besitzen häufig entlüftende Wirkung und können, soweit sie aus anderen Gründen in der Rezeptur notwendig sind, den Zusatz von speziellen Entschäumern minimie-ren oder überflüssig machen.

Weitere Additive

Weitere Additive können z.B. Hautverhinderungsmittel, Verlaufmittel, Emulgatoren oder Initiatoren sein. Grund-sätzlich kann man sagen: je höher die Anforderung an den Anstrichstoff, desto größer auch die Zahl der darin enthaltenen Additive. Auch die chemische Affinität hat einen Einfluss: je unverträglicher zwei Komponenten sind, z.B. organische Polymere und Wasser, desto mehr Zusatzstoffe sind notwendig, um die Störungs-kräfte auszuschalten. Im Falle Wasserlack wären dies Emulgatoren, Entschäumer, Biozide, Amine und Film-bildenhilfsmittel. Toxikologisch gesehen sind bestimmte Additive nicht unbedenklich. Da sie aber nur sehr niedrig dosiert werden, sind direkte gesundheitliche Auswirkungen nur selten festzustellen.

Von größerer Bedeutung ist dagegen die Anreicherung in den Ökosystemen und in der Nahrungskette. Zahlreiche Additive sind erst wenige Jahre oder wenige Jahrzehnte auf dem Markt. Eine abschließende Ein-schätzung über Folgen für Mensch und Umwelt kann heute noch nicht erfolgen. Weitgehend unbeachtet sind auch die Synergien, die sich aus dem Neben- und Miteinander sehr unterschiedlicher Additive ergeben können.

4. Anstrichstoffsysteme

4.1 Kalkfarben

Kalk wird heute wieder vermehrt als Anstrichstoff verwendet, da er hervorragende feuchtigkeitsaus-gleichende und bakterizide Eigenschaften besitzt. Besonders in Verbindung mit der Lehmbauweise ist der Einsatz von Kalkfarben sinnvoll. Da Kalkhydrat sehr gut wasserlöslich ist, stellt Kalkfarbe den denkbar einfachsten Farbtypus dar, der ohne Additive und Zusatzstoffe auskommt. Darüber hinaus ist Kalk sowohl Pigment als auch Bindemittel. Weitere Eigenschaften sind der Tabelle zu entnehmen.

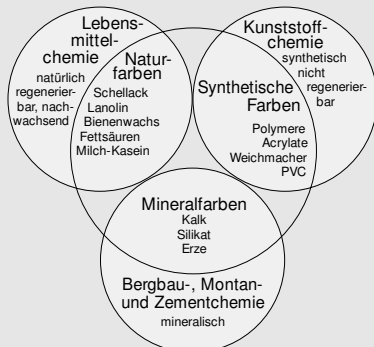
Für Außenanstriche sind auf Kalk basierende Farben heute wegen des sauren Regens nicht mehr zu emp-fehlen, da sie hier sehr wartungsaufwendig sind. Für Innenanstriche bieten Naturfarbenhersteller Kalkkasein-farben in Pulverform zum Selbstanrühren an. Diese sind offenporig und emissionsfrei, also unter baubiologischen und ökologischen Gesichtspunkten empfehlenswert.

Fassadenfarben für mineralische Untergründe in Anlehnung an VOB DIN 18363

	Mineralische Systeme			Kunstharzsysteme	
	Kalkfarbe	Silikatfarbe	Dispersions-Silikatfarbe	Kunststoff-dispersionfarbe	Silikonharz-emulsionsfarbe
Bindemittel	Kalkhydrat	Kaliwasserglas	Kaliwasserglas und/oder Kunststoffdispersion	Kunststoff-dispersion	Kunststoffdispersion mit Silikonharzemulsion
Organische Anteile	keine	keine	max. 5 %	10-25 %	10-20 %
Trocknung/Härtung durch	Carbonisation	Verkieselung	Verkieselung und/oder Filmbildung	Filmbildung	Filmbildung
Filmbildend	nein	nein	teilweise	ja	ja
Wasserdampfdurchlässigkeit	0,02	0,04 - 0,08	0,08 - 0,6	0,6 - 1,5	0,1 - 0,9
Rohstoff des Bindemittels	Kalkstein	Quarz und Pottasche	Quarz und Pottasche/Erdöl	Erdöl	Erdöl
Verfügbarkeit des Rohstoffs	unbegrenzt, weltweit	unbegrenzt, weltweit	unbegrenzt, weltweit /begrenzt	begrenzt, nur noch wenige Jahrzehnte	begrenzt, nur noch wenige Jahrzehnte
Organische Lösemittel im Anstrich	keine	keine	teilweise	häufig	häufig
Ausgasung aus Anstrich (Lösemittel, Restmonomere, Weichmacher, Amine)	keine	keine	teilweise	häufig	häufig
Entschäumer, Biozide, Topfkonservierer notwendig?	keine	keine	teilweise	häufig	häufig
Abbauprodukte des Bindemittels	Gesteinsmehl	Gesteinsmehl	Gesteinsmehl/ org. Spaltprodukte	org. Spaltprodukte z.T. toxisch	org. Spaltprodukte z.T. toxisch
Brennbarkeit / Gasentwicklung im Brandfall	nein	nein	geringe Rauchgasentwicklung, z.T. mit toxischen Gasen	geringe Rauchgasentwicklung, z.T. mit toxischen Gasen	geringe Rauchgasentwicklung, z.T. mit toxischen Gasen
Chemikalien- und Energieeinsatz bei Grundsanierung	gering (abbürsten, säubern)	gering	gering bis hoch je nach Verkieselungsaktivität	hoch, Heißwasserdruck und chem. Abbeizer nötig	hoch, Heißwasserdruck und chem. Abbeizer nötig
Haltbarkeit des Anstrichs im Außenbereich	gering, v.a. in Regionen mit sauren Niederschlägen	sehr hoch, unempfindlich gegen aggressive Atmosphären	mittel bis hoch, je nach Verkieselungsaktivität	gering bis mittel, neigt zu Abplatzung und Versprödungen	mittel, etwas haltbarer als reine Kunststoff-dispersionfarbe
Ökologische und baubiologische Gesamtbewertung	gut	gut	mittelmäßig	schlecht	schlecht

Farbenchemie

Rohstoffbasis und Überschneidungen mit anderen Chemiebranchen



4.2 Silikatfarben

Reine Silikatfarben ohne organischen (Kunststoff-) Anteil werden zweikomponentig in Form von Fixativ (wässrige Wasserglaslösung) und Farbpulver (mit Erd- und Mineralfarbpigmenten getönte Füllstoffkombination) geliefert. Silikatfarben besitzen sehr gute baubiologische Eigenschaften, da sie extrem wasserdampfdurchlässig und frei von organischen Inhaltsstoffen (Lösemittel, Biozide, Weichmacher etc.) sind. Die Denkmalpflege schätzt an ihnen die hervorragende Eignung für alte, häufig kritische Untergründe, da sie im Gegensatz zu Kunstharzsystemen keinen geschlossenen Film auf der Materialoberfläche bilden.

Silikatanstriche sind aufgrund ihrer langen Haltbarkeit äußerst wirtschaftlich, wobei Überarbeitungsintervalle von 20 bis 25 Jahren durchaus realistisch sind. Auch die Anstrichträger, z.B. kalkhaltige Außenputze, profitieren von einem Silikatanstrich durch die Offenporigkeit der Farbe und die Verkieselung, welche die Silikatfarbe mit dem Kalk einget.

Die Tabelle zeigt die wesentlichen Unterschiede zwischen den wässrigen Fassadensystemen. Dispersions-Silikatfarben enthalten im Gegensatz zu den rein anorganischen Silikatfarben maximal 5 Gewichtsprozent organischen Anteil, der im allgemeinen eine Acrylat-Dispersion darstellt. Der Vorteil dieser Produktgattung ist, dass sie einkomponentig geliefert werden, also lagerstabil sind und auf bestimmten kritischen Untergründen anwendungstechnische Vorzüge besitzen. Nachteilig ist, dass der überwiegende Teil der auf dem Markt befindlichen Dispersions-Silikatfarben organisch gebunden, also filmbildend und nur wenig verkieselungsaktiv ist.

4.3 Kunststoffdispersionsfarben

Kunststoffdispersionsfarben sind ebenfalls Element der DIN 18363 und damit häufiger Bestandteil der VOB (Verdingungsordnung für Bauleistungen). Innen und außen stellen sie die gebräuchlichste Gattung der Wandanstriche dar. Wesentliche Unterschiede zu den Mineralfarben werden in der Tabelle dargestellt. Kunststoffdispersionsfarben sind filmbildend und deshalb weniger offenporig, wasserdampf- und kohlendioxid-durchlässig als Silikatfarben. Dies bewirkt ein ungünstiges Raumklima, da der natürliche Wasserdampfaustausch zwischen Innen- und Außenraum unterbunden wird. Sekundäre Effekte können Schimmelbildungen (Belastung der Atemwege und Gefahr von allergischen Reaktionen) bis hin zur völligen Durchfeuchtung der Bausubstanz sein.

Ein weiterer Nachteil der Filmbildung ist, dass sich die von Zeit zu Zeit notwendigen Renovierungsanstriche addieren und nach wenigen Jahrzehnten eine Gesamtschichtdicke erreicht ist, die spannungsbedingt zu Abplatzungen führt. Problematisch ist nun die Entschichtung der Fassade, die entweder durch Heißwasserhochdruck-Strahlverfahren oder durch chemisches Abbeizen erfolgt. Abbeizer sind in aller Regel gesundheitsgefährdende, oft kennzeichnungspflichtige Arbeitsstoffe mit hohem Lösemittelgehalt und z.T. chlorierten Kohlenwasserstoffen. Bei nicht ordnungsgemäßer Entsorgung, also direkter Einleitung des Schwebwassers mit Abbeizerresten und Farblösungen in die Kanalisation liegt ein schweres Umweltvergehen vor. Insgesamt ist der Energie- und Chemikalieneinsatz bei der Sanierung einer filmbildend gestrichenen Fassade sehr hoch. Kunststoffdispersionsfarben emittieren je nach Rezeptierung über Jahre hinweg Lösemittel (falls nicht lösemittelfrei), Weichmacher, Restmonomere und ggf. weitere schwerflüchtige Inhaltsstoffe. In Innenräumen können diese zu Luftbelastungen führen und gesundheitliche Beeinträchtigungen nach sich ziehen. Eine weitere Gruppe der Kunststoffdispersionsfarben sind die Silikonharz-emulsionsfarben, silikonharzmodifizierte, bindemittelreduzierte Kunststoffdispersionsfarben. Die DIN 18363 nennt weder bestimmte Anforderungen, noch Höchst- oder Mindestwerte für qualitätsrelevante Inhaltsstoffe. Wie die Tabelle verdeutlicht, unterscheiden sie sich in ökologischer und baubiologischer Hinsicht nicht von Kunststoffdispersionsfarben und stellen daher eine nicht exakt definierte Version derselben dar.

4.4 Wasserlacke – der Blaue Engel

Das Umweltzeichen Blaue Engel wird vom Bundesumweltamt zusammen mit dem RAL (Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V.) vergeben an Produkte, die „sich im Vergleich zu anderen, demselben Gebrauchszweck dienenden Produkten bei einer ganzheitlichen Betrachtung aller Gesichtspunkte des Umweltschutzes, einschließlich eines sparsamen Rohstoffeinsatzes, durch besondere Umweltfreundlichkeit auszeichnen, ohne dass sich dadurch die Gebrauchstauglichkeit wesentlich verschlechtert oder ihre Sicherheit beeinträchtigt wird“.

Das Umweltzeichen wird im Anstrichsektor nur für die beiden folgenden Produktgruppen vergeben: für Wasserlacke mit maximal 10 Gewichtsprozent organischen Lösemitteln und keinen toxischen Schwermetallen als Inhaltsstoffe, sowie für nicht wasserverdünnbare, jedoch festkörperreiche Lacke (sogenannte high solids) mit maximal 15% Lösemittel.

Die Beschränkung auf die beiden Produktgruppen ist im Hinblick auf die Lösemittelreduzierung zwar löblich, aber doch auch schwer verständlich. Denn im Gegensatz zu seinem ganzheitlichen Anspruch erfasst das Umweltzeichen nur den Aspekt „Lösemittel“, nicht jedoch Faktoren wie Rohstoffbasis, Regenerierbarkeit oder ökologische Stoffbilanz.

„Umweltzeichen, weil schadstoffarm“ mag sich auf das Endprodukt durchaus beziehen, erfasst jedoch nicht die Synthesechemikalien, die zu seiner Erzeugung notwendig waren. Wie in der Ausführung 'Inhaltsstoffe' dargelegt, kann ein Wasserlack mit Umweltzeichen an der Herstellung und Freisetzung von Synthesechemikalien wie Chlorgas, Phenol, Benzol, Anilin, Phosgen und karzinogenen Monomeren ursächlich beteiligt sein. Die Entsorgung über Kompostierung ist aufgrund von Komponenten wie Bioziden, chlorierten und aromatischen Kohlenwasserstoffen nicht möglich, sondern nur über Sondermüllverbrennung und damit über die Freisetzung von Dioxinen und Furanen.

Das Umweltzeichen bietet also kein Instrument, um naturgemäß umweltverträgliche Systeme, z.B. auf Leinöl- oder Kalkbasis, von ihren ökologisch bedenklichen Pendanten Polyurethanlack oder Kunststoffdispersionsfarbe zu unterscheiden

4.5 Naturfarben

Naturfarben setzen sich aus pflanzlichen oder tierischen, regenerierbaren oder auch mineralischen Inhaltsstoffen zusammen. Die einzelnen Rohstoffe werden nicht oder nur sehr gering modifiziert, so dass der natürliche Charakter erhalten bleibt.

Der Grundgedanke, gesundheitsverträgliche, ökologische Farben aus den verfügbaren Naturstoffen zu gewinnen, war zum einen eine Reaktion auf die Holzschutzmittelskandale besonders der 70er und 80er Jahre. Zum anderen wurde durch das aufkommende ökologische Verständnis einiger Pioniere erkannt, dass bewährte Systeme auf der Basis von Kalk, Schellack oder pflanzlichen Ölen zunehmend durch petrochemische Erzeugnisse ersetzt wurden, welche unübersehbare Risiken in bezug auf Rohstoffgewinnung, Entsorgung

und baubiologische Eigenschaften in sich bergen. Demgegenüber steht die pflanzliche Produktion von jährlich einigen Millionen Tonnen Balsamterpentin. Naturharze, Pflanzenöle und (über den Umweg Kuhmilch) Milch-Kasein werden in großen Mengen erzeugt und wieder abgebaut, ohne dass es zu einem Entsorgungsnotstand kommt.

Der Trend zu Naturfarben ging von kleinbetrieblichen, innovativen Strukturen aus. 1986 gründeten einige Naturfarbhersteller die Arbeitsgemeinschaft Naturfarben (AGN) und stellten in Form von Qualitätsrichtlinien strenge Anforderungen an die bisherigen Naturfarben. Petrochemische Inhaltsstoffe werden weder in Form von Lösemitteln noch als sonstige Rezepturbestandteile toleriert. Die Volldeklaration macht in Form einer „gläsernen Rezeptur“ die Rohstoffseite transparent. Allergiker haben somit die Möglichkeit, bekannten Allergenen aus dem Weg zu gehen, was zur Vermeidung eines allergischen Schocks lebenswichtig sein kann.

Beispiel für die Volldeklaration einer Naturfarbe:

Innenwandfarbe eines AGN-Mitglieds, waschbeständig nach DIN 53778, deckend weiß und lösemittelfrei. Universell anwendbar im Innenbereich auf Putz, Papiertapeten, Leichtbauplatten und tragfähigen Altanstrichen.

- [1]: Leitungswasser (L), Titandioxyd (P);
 [2]: Aluminiumsilikat (P), Kieselguhr (P), Zinkweiß (P), Buchenholzzellulose (F), Talkum (F), Plastorit (F), Ricinenstandöl (B), Colophoniumglycerinester (B), Dammar (B), Lackleinöl (B);
 [3]: Bienenwachsseife (W), Schellack (W), Borsalz (W), Borax (W), Türkischrotöl (W), Milchkasein (W).

B Bindemittel
 L Lösemittel
 P Pigment, Füllstoff
 W Wirkstoff, Hilfsstoff, Additiv

Aufschlüsselung der Inhaltsstoffe nach Massengehalt:

- [1] Anteil des Rohstoffes im Produkt > 10 Gewichtsprozent
 [2] 1-10 Gewichtsprozent
 [3] < 1 Gewichtsprozent

Die Volldeklaration zeigt, wie sich tierische (Kasein, Schellack) und pflanzliche, regenerierbare organische Naturstoffe mit mineralischen Naturstoffen zu einem gebrauchsfähigen Ganzen kombinieren lassen.

5. Holzschutz

Die Holzschutzmittelskandale der 70er und 80er Jahre förderten ganz wesentlich den kritischen Umgang der Bevölkerung mit zuvor bedenkenlos konsumierten chemischen Erzeugnissen, wie z.B. PCP- und lindanhaltigen Holzschutzmitteln. Nach und nach setzt sich die Erkenntnis durch, dass vorbeugender Holzschutz nicht automatisch chemischer Holzschutz bedeuten muss. Die DIN 68800 Teil 3 – Vorbeugender chemischer Holzschutz – trägt dieser Entwicklung Rechnung und legt fest, in welcher Gefährdungsklasse (Klasse 0 bis 5

je nach Ausmaß der Bewitterung) chemischer Holzschutz vorzusehen ist und gegen welche Holzschädlinge (Pilze, Insekten) er wirksam sein muss. Die fehlende Notwendigkeit chemischer Holzschutzmaßnahmen in den Gefährdungsklassen 0 und 1 ist von wesentlicher Tragweite, wird dadurch doch fast sämtliches innen verbaute Holz im normalen Wohnklima abgedeckt. Holzschutzmittel beinhalten biozide Wirkstoffe. Die Entwicklung geht hier eindeutig weg von universellen Wirkstoffen, wie es beispielsweise das universelle Insektizid Lindan darstellt, hin zu Substanzen, die gezielt den potentiellen Schädling in seiner Entwicklung hemmen. Aus ökologischer Sicht ist diese Entwicklung zu begrüßen, da der Verbreitung ubiquitärer Umweltgifte entgegengesteuert wird.

Die Wirksamkeit von Holzschutzmitteln wird durch das Institut für Bautechnik, Berlin, geprüft und führt zu einem Prüfzeichen. Im Prüfbescheid sind Anwendungsbereiche, Hinweise zur Durchführung der Holzschutzarbeiten sowie die erforderlichen Einbringmengen an Wirkstoff bzw. Lösung festgelegt.

Vergleichbar ist das RAL-Gütezeichen, vergeben von der Gütegemeinschaft Holzschutzmittel.

Der Industrieverband Bauchemie und Holzschutzmittel e.V. erklärt in seinem Merkblatt für den Umgang mit Holzschutzmitteln die durch ein Gütezeichen gekennzeichneten Produkte bei sachgemäßer Verwendung für Gesundheit und Umwelt als unbedenklich. Grundlage ist eine Beurteilung des Bundesgesundheitsamtes bei der Zulassung biozider Wirkstoffe. Diese Unbedenklichkeitserklärung ist hinsichtlich der Prüfkriterien unter Fachleuten nicht unumstritten. So prüft etwa die Festlegung von Obergrenzen auf humantoxikologisch kaum nachvollziehbaren Zahlenwerten, da die Prüfverfahren im wesentlichen auf Kurzzeit-Fütterungsversuche mit Tieren zurückgreifen. Aus diesen akut toxischen (letalen) Dosen wird eine gerade noch tolerierbare Tagesdosis auf den Menschen projiziert. In kurzer Zeit oral aufgenommene Wirkstoffe können aber beim Versuchstier eine andere Auswirkung haben, als wenn derselbe Stoff durch Inhalation oder Hautadsorption über längere Zeit auf den Organismus einwirkt. Die Gefahr von chronisch-pathogenen Verläufen ist gerade bei ausgasenden Holzschutzmitteln anerkannt hoch. Bekannt sind Nervenschädigungen, Konzentrationsstörungen, Leber- und Hautschäden (Chlorakne!) bis hin zu Krebs.

Auf die Wiedergabe von Grenzwerten, MAK- (maximale Arbeitsplatzkonzentration) oder MIK-Werten (maximale Innenraumluftkonzentration) für verbreitete Holzschutz-Biozide wird bewusst verzichtet. Diese spiegeln nur eine derzeitige Einstufung mit den o.g. Einschränkungen wider und sollten deshalb nicht als absolut und allgemeingültig betrachtet werden. Bedenklich stimmt auch eine z.T. deutlich abweichende Einstufung in den Gefahrstoffverzeichnissen anderer Länder.

Auch die Pyrethroide, synthetische, langlebige Nachahmungen des natürlichen pflanzlichen Giftes Pyrethrum aus der Chrysanthemblüte, galten lange Zeit als „sanftes“ Insektizid und sind in den letzten Jahren massiv in Kritik geraten. Sie sind starke Nervengifte und können zu chronischen Schädigungen bis hin

zum anaphylaktischen Schock (Tod durch spontane allergische Reaktion) führen. Alternative, d.h. toxikologisch unbedenkliche und umweltverträgliche Holzschutzmittel auf mineralischer Basis sind die Borsalze. Die gebräuchlichen Borsalzimpregnierungen enthalten Borsäure und Borax in wässriger Lösung. Diese Wirkstoffe sind natürliche Borverbindungen und kommen in Salzseen in den USA oder der Türkei vor.

Beachtlich ist ihre geringe Toxizität, für Menschen sind sie ein lebenswichtiges Spurenelement und bei oraler Aufnahme etwa so unbedenklich wie Kochsalz (vergleichbare MAK-Werte). Da sie nicht ausgasen oder Spaltgase entwickeln, bleiben sie ohne Auswirkung auf die Raumluft. Borsalze wirken vorbeugend gegen Pilze und Insekten und sind, soweit es sich um unfixierte wasserlösliche Salze handelt, für tragende Holzkonstruktionen im Innenbereich gut geeignet. Nicht anwendbar sind sie im direkt bewitterten Außenbereich (Holzfenster, Verschalungen etc.), auch wenn sie mit Lasuren oder Lacken überstrichen werden. Borsalze haben den Vorteil, die Brennbarkeit von Holz etwas herabzusetzen. Der Einsatz von konventionellen Flammschutzanstrichen auf Basis halogener Polymerer kann dadurch minimiert werden (s. Kapitel Holz und Holzwerkstoffe).

6. Gefahrstoffverordnung

Die Gefahrstoffverordnung vom 10. November 1993 schreibt die Kennzeichnung von gefährlichen Stoffen vor. Im Bereich Farben und Lacke sind besonders folgende Klassen von Bedeutung:

F+

Hochentzündlich

Beispiele: Vinylchlorid, Methan, Ethen, Ethin und Kohlenmonoxyd.

F

Leichtentzündlich

Beispiele: Benzol, Ethanol und Acrylnitril

T+

Sehr giftig

Beispiele: Phosgen und Blausäure.

T

Giftig

Beispiele: Phenol, Benzol, Vinylchlorid, Chlor, Acrylnitril, Kohlenmonoxyd, Zinkchromat, Anilin und Formaldehyd.

C

Ätzend

Beispiele: Salzsäure, Kaliumhydroxyd und Ammoniak.

Xi

Reizend

Beispiele: Acrylate, Triethylamin und Dichlolfuanid.

Xn

Gesundheitsschädlich

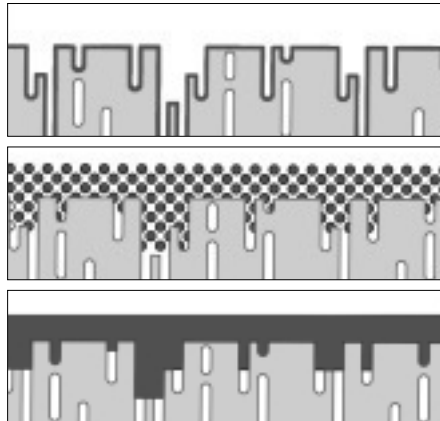
Beispiele: Xylol, Toluol, polychlorierte Biphenyle (PCB), Styrol und Butylglykol.

Die Kennzeichnungspflicht ist in der Regel konzentrationsabhängig, so dass das Fehlen von Gefahrstoffsymbolen auf dem Etikett keinesfalls bedeuten muss, dass das Produkt frei von gefährlichen Stoffen ist. Vorsicht ist besonders beim Totenkopfsymbol geboten, da entsprechende Zubereitungen zu irreversiblen Gesundheitsschädigungen bis hin zu Todesfällen führen können.

7. Auswirkung auf das Raumklima

Die Baubiologie hat sehr früh auf die vielfältigen Wechselbeziehungen zwischen Baustoff, Raumklima und Wohnqualität hingewiesen, die über technisch-abstrakte Zahlenwerte, Grenzwerte und physikalische Kenngrößen hinausgehen.

Ein Beispiel: Überschreitet die Ausgasungsrate eines Holzschutzmittels in einem Kindergarten einen festgelegten Wert um wenige ppm (parts per million), so wird von behördlicher Seite eine Sanierung bzw. Schließung eingeleitet. Liegen die Werte knapp unter diesem Grenzwert, so besteht rein rechtlich kein Handlungsbedarf. Nun ist wenig wahrscheinlich, dass die wenigen ppm, die den Sprung unter den Grenzwert ausmachen, ein wesentlich geringeres toxikologisches Risiko für die Kleinkinder und das Kindergartenpersonal darstellen.



Abbildungen von oben nach unten:

- Bei der **Öl- und Wachsbehandlung** sind die Poren ausgekleidet und nicht verstopft.
- **Diffusionsoffener Anstrich** auf porösem Untergrund.
- Bei der **Versiegelung** sind die Poren gasdicht verstopft.

Die Baubiologie fordert deshalb möglichst naturbelassene, rückstandsreiche Baustoffe. Diese Baustoffe, z.B. Holz oder Leinöl, sind keineswegs steril oder emissionsfrei, sondern geben ständig kleine Dosen an (chemisch analysierbaren) Verbindungen ab, im Fall von Holz z.B. Holzessig oder Terpene. Nun wirken diese Ausgasungen seit Jahrtausenden auf den menschlichen Organismus ein, und eine akute toxische Wirkung ist

damit sehr unwahrscheinlich. MAK-Werte für natürliche Holzmissionen zu bestimmen, wäre mit Sicherheit nicht sinnvoll, obwohl jeder Stoff ab einer gewissen Konzentration gesundheitsschädlich wirkt. MAK-Werte für vollsynthetische, in der belebten Natur bisher unbekannte Verbindungen können ebenfalls nur Richtgrößen, jedoch kein absolutes Maß sein.

Anstriche beeinflussen auch über ihre Porosität das Raumklima: offenporige Anstriche können einen Teil der Luftfeuchtigkeit aufnehmen und an den (in der Regel saugfähigen) Untergrund aus Putz, Stein oder Holz weiterleiten. Fällt die Luftfeuchtigkeit, so wird ein Teil des Porenwassers wieder an die Raumluft abgegeben. Eingelagertes Wasser wirkt auch der elektrostatischen Aufladung entgegen, die sich gerade bei großflächigen Metall- und Kunststoffoberflächen und geringer Luftfeuchte sehr unangenehm bemerkbar machen kann. In Räumen mit fehlerhafter oder unzureichender Wärmedämmung ist ebenso wie in Gewölbend und ähnlichem mit hoher Luftfeuchtigkeit ein besonders offenporiger (Mineral-) Anstrich der einzige Weg, ein erträgliches Wohnklima zu erhalten. Je dichter, also weniger wasserdampfdurchlässig ein filmbildender Anstrich in dieser Raumsituation ist, desto früher und stärker zeigen sich Schäden in Form von Schimmelbildung und Feuchteschäden und in der Folge chronische Atemwegserkrankungen, Allergien und rheumatische Beschwerden. Holz, Kork und offenporige Steinfliesen sind ebenfalls feuchtigkeitsregulierend, solange sie nicht mit undurchlässigen Filmen versiegelt werden. Öle und Wachse erhalten die natürliche Porosität weitgehend.

Naturfarben sind grundsätzlich geeignet für die Innenraumgestaltung, da sie in der Regel sorptionsfähig und diffusionsoffen sind. Für viele Anwendungsbereiche stellen sie eine Alternative zu sehr dichten, filmbildenden Produkten dar. So kann die Schichtdicke einer konventionellen Versiegelung bei ca. 80 µm liegen, während eine Wachsbearbeitung mit weit weniger als 10 µm auskommt. Der Vorteil: Baustoffporen werden nicht verstopft, sondern nur ausgekleidet und bleiben als natürliche Diffusionsbahnen erhalten.

8. Anstrichempfehlungen mit umweltverträglichen Farben und Lacken

Die folgende Zusammenstellung zeigt Alternativen zu konventionellen Anstrichsystemen auf praxisgerechten Untergründen auf.

Im Außenbereich:

Mineralische Fassadenputze der Mörtelgruppen Pl bis PIII (DIN 18550), ohne oder mit nur geringer Wasserabweisung.

- Konventionelle Systeme:
Kunststoffdispersionsfarben,
Silikonharzfarben (DIN 18363).
- Empfehlung:
Reine Silikatfarbe (DIN 18363), alternativ:
verkieselungsaktive Dispersions-Silikatfarbe
(DIN 18363).

Holzfenster und Holzverschalungen im Außenbereich, konstruktive Holzschutzmaßnahmen (Dachüberstand, Wasserablauf, Holzgüteklasse etc.).

- Konventionelle Systeme:
Alkydharzlacke und -lasuren, Acryllacke und -lasuren, Dispersionslackfarben (DIN 55945); Grundierung mit biozidhaltigem Holzschutzgrund.
- Empfehlung:
Diffusionsoffene, pigmentierte Öllasur, alternativ:
Öllack (DIN 55945) aus regenerierbaren pflanzlichen Rohstoffen.

Im Innenbereich:

Holzverschalungen innen, sägerau oder gehobelt.

- Konventionelle Systeme:
Acryllacke und -lasuren, wasserverdünbar.
- Empfehlung:
Diffusionsoffene Öllasur, möglichst wasserverdünbar und lösemittelfrei, alternativ: Lasur auf Basis Milchlakein/Schellack, pigmentiert oder farblos; oder Ölgrundierung und anschließendes Wachsen mit Bienen- oder Carnaubawachs.

Parkettboden, Kork oder offenporige Steinfliesen im Wohnbereich.

- Konventionelle Systeme:
Versiegelungen auf Polyurethan-, Alkyd- oder Acrylharzbasis.
- Empfehlung:
Ölgrund und anschließendes Wachsen mit Carnaubawachs, alternativ: Ölgrund und anschließend farbloser Naturhartharzlack.

Innenputze (Mörtelgruppen nach DIN 18550), Papiertapeten, tragfähige Altanstriche im Wohnbereich.

- Konventionelles System:
Kunststoffdispersionsfarbe (DIN 55945),
wasch- oder scheuerbeständig nach DIN 53778.
- Empfehlung:
Naturharz-Wandfarbe
(waschbeständig nach DIN 53778),
alternativ: Kalkaseinfarbe.

Stark beanspruchte Innenwände im Objektbereich (Krankenhäuser, Schulen etc.).

- Konventionelles System:
Kunststoffdispersionsfarbe (DIN 55945),
scheuerbeständig nach DIN 53778 ('Latexfarbe').
- Empfehlung:
Naturharz-Wandfarbe, scheuerbeständig nach
DIN 53778

Innenwände in Gewölbekellern, Stallungen oder historischen Gebäuden mit hoher Luftfeuchtigkeit, Untergrund Kalkputz.

- Konventionelles System:
Kunststoffdispersionsfarbe, waschbeständig
nach DIN 53778, mit Bioziden pilzwidrig (fungizid)
eingestellt.
- Empfehlung:
Kalkfarbe, alternativ: Silikatfarbe oder verkieselungsaktive Dispersions-Silikatfarben für innen.

9. Durchführung von Malerarbeiten

Grundsätzlich sind beim Verarbeiten von Lacken und Anstrichstoffen allgemeine Sicherheitsvorkehrungen zu treffen. Lösemittelhaltige Produkte sind bei guter Durchlüftung zu verstreichen, eine mobile oder stationäre Absauganlage ist für zahlreiche Anwendungen im gewerblichen Bereich vorgeschrieben. Dies gilt auch für natürliche, regenerierbare Lösemittel, die trotz ihrer guten Umwelt- und Humanverträglichkeit bei hohen Konzentrationen und langer Exposition Schwindelgefühle und Schleimhautreizungen hervorrufen können. Hinweise zur persönlichen Schutzausrüstung geben die Berufsgenossenschaften, Verbraucherverbände sowie die Anstrichstoffhersteller. Besondere Aufmerksamkeit kommt dem Umgang mit kennzeichnungspflichtigen Arbeitsstoffen zu.

Im Heimwerkerbereich ist auf eine kindersichere Lagerung der Farbwaren zu achten. Die Entsorgung von Farbresten oder Leergebinden ist durch Ländergesetze geregelt. Da eine stoffliche Wiederverwertung von Lackresten aus technischen Gründen nicht möglich ist, weil diese weder sortenrein noch abtrennbar von Begleitstoffen sind, sieht der Gesetzgeber deren Entsorgung in Form von Sondermüllverbrennung vor. Naturfarben, die prinzipiell kompostierbar sind, werden in den z.Z. gültigen Abfallschlüsseln noch nicht gesondert aufgeführt. Die schonende Rückführung in den Naturkreislauf durch Kompostierung könnte großtechnisch praktiziert werden, sobald Kriterien wie biologische Abbaubarkeit, Wassergefährdungsklasse oder Grenzwerte für kritische Inhaltsstoffe (z.B. Schwermetalle) festgelegt werden und anhand der Inhaltsstoffe eine Trennung in kompostierbare bzw. ausschließlich thermisch entsorgbare Produkte festgeschrieben wird.

10. Bewertung

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass es für die meisten Anwendungszwecke einen Status quo auf petrochemischer Basis gibt, also eine Kunstharzfarbe im weiteren Sinne, dem eine umweltverträgliche Alternative aus mineralischen oder pflanzlichen Rohstoffen gegenübersteht. Eine naheliegende, jedoch völlig unzureichende Einteilung in „giftige“ und „ungiftige“ Farben wurde vermieden, da sie den ökologischen Anforderungen nicht gerecht wird. Ein wesentliches Kriterium ist dagegen die Verfügbarkeit der Rohstoffe, das Ausmaß der chemischen Stoffumwandlung, die gesundheitliche Verträglichkeit und die Wiedereingliederung in den Naturhaushalt.

Die Erschöpfung der Erdölvorräte ist nur eine Frage der Zeit und weniger von deren Erschließung als vielmehr von der Frage abhängig, wie vernünftig wir mit den verbliebenen Ressourcen haushalten können. Im Bereich Energie wurde eine Wärmeschutzverordnung durchgesetzt, mit dem Ziel, fossile Energieträger zu schonen und weniger CO₂ und andere Schadgase in die Atmosphäre zu entlassen. Der Mechanismus ist bei allen petrochemischen Erzeugnissen derselbe: zum einen werden die Rohstoffvorräte immer knapper, zum anderen verursacht die Verwendung petrochemischer Erzeugnisse zunehmende Umweltprobleme in bezug

auf Klimaveränderung, Anreicherung von Luftschadstoffen und wachsenden Abfallmengen.

Nachwachsende pflanzliche Rohstoffe schonen einerseits die fossilen Energieträger. Andererseits bieten sie der Landwirtschaft eine Perspektive durch eine möglichst regionale Versorgung mit biologisch-dynamisch angebauten Nutzpflanzen. Positiv auf die wirtschaftliche und ökologische Bilanz wirkt sich aus, dass sich aus den Nutzpflanzen nicht nur Lackrohstoffe gewinnen lassen, sondern auch Fasern (Lein), Holz (Kiefern) oder Zitrusfrüchte. Die pflanzlichen Rohstoffe bilden auch insofern eine Alternative zu den fossilen Rohstoffen, da bei letzteren aufgrund ihrer Verknappung eine deutliche Preissteigerung zu erwarten ist.

Die Stoffkreisläufe im Kapitel „Synthetische organische Bindemittel“ zeigen auffallend viele Gefahrstoffe dort, wo die Syntheseschritte unter unnatürlichen Bedingungen geführt werden. Vergleichsweise günstig verlaufen dagegen die Kreisläufe und Stoffumwandlungen bei der Mineralfarberstellung. So wird z.B. beim Erhitzen CO₂ abgespalten, das beim Trocknen wieder von dem chemisch reaktiven Bindemittel aufgenommen wird. Auf dieser „sanften Chemie“ beruhen auch die Naturfarben, die fast vollständig ohne chemische Umwandlungsprozesse auskommen und damit weder störfallträchtig noch über hochtoxische Zwischenstufen hinweg produziert werden müssen. Die ausschließliche und konsequente Verwendung von Naturfarben bietet darüber hinaus die Sicherheit, keine „klassischen“ Wohngifte wie Formaldehyd, aromatische oder chlorierte Kohlenwasserstoffe in die Wohnumgebung einzubringen. Raumluftanalysen bestätigen eine höhere Wohnqualität mit weniger Schadstoffen und geringerem gesundheitlichem Risiko. Viele dieser Techniken haben z.B. im Restauratorenhandwerk überlebt, wo nach wie vor Baudenkmäler mit Leinölfirnis oder Kaseinfarben nach alter Tradition behandelt werden und ein geringer Wartungsaufwand die technische Eignung dieser Methoden und Materialien bestätigt.

Normen

DIN 18363
VOB Verdingungsordnung für Bauleistungen, Teil C:
Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für
Bauleistungen (ATV), 1992.

DIN 55945
Beschichtungsstoffe
(Lacke, Anstrichstoffe und ähnliche Stoffe), 1988.

DIN 68800 Teil 3
Holzschutz, vorbeugender chemischer
Holzschutz, 1990.

Literatur

Adler, Adam; Mackwitz, Hanswerner:
Ökotricks und Bioschwindel, Wien 1991.

Gefahrstoffverordnung, zusammengestellt und
überarbeitet von Vater, Ursula Bde. 1 und 2, Bonn 1994.

Institut für Bautechnik (Hrsg.):
Holzschutzmittelverzeichnis, Berlin 1995.

Leißer Bernhard:
Holzschutzmittel im Einsatz, Wiesbaden/Berlin 1992.

Ders.: Holz natürlich behandeln,
Reihe Sanfte Chemie, Heidelberg/Braunschweig 1994.

Neumüller, Otto-Albrecht:
Römpps Chemie-Lexikon, Stuttgart 1979.

Rose, Wulf-Dietrich:
Wohngifte, Oldenburg/Hunte 1984.

Weissenfeld, Peter:
Holzschutz ohne Gift ?, Staufen bei Freiburg 1988.

Adressen

AGN
Arbeitsgemeinschaft Naturfarben
Im Asemwald 12
70599 Stuttgart

IHG
Interessengemeinschaft der
Holzschutzmittelgeschädigten
Unterstaat 14
51766 Engelskirchen

IBN
Institut für Baubiologie
und Ökologie
Holzham 25
83115 Neubuern

Institut für Baubiologie
Rosenheim GmbH
Heilig-Geist-Straße 54
83022 Rosenheim

Katalyse e.V. -
Institut für angewandte Umweltforschung
Mauritiuswall 24-26
50676 Köln

Verband der Lackindustrie e.V.
Karlstraße 21
60329 Frankfurt a.M.