

# Leitfaden Fenstersanierung



Ökologische und technische Aspekte der Sanierung historischer Fenster

Auftraggeber: Magistratsabteilung 22 (Umweltschutz) der Stadt Wien  
im Rahmen des Programms „ÖkoKauf Wien“

Projektbetreuer: DI Peter Schmiede, MA 34 (Bau- und Gebäudemanagement)

Auftragnehmer: bauXund gmbh

Diese Publikation entspricht den Richtlinien für die Publikation von PDF-Dokumenten  
auf [wien.at](http://wien.at) bezüglich Barrierefreiheit.

## Fenstersanierung und Ökologie

Die Entscheidung über Reparatur oder Austausch von Kastenfenstern ist unter anderem eine ökologische, unter Abwägung teilweise durchaus konkurrierender Kriterien.

Auf der einen Seite steht ein gewichtiges ökologisches Argument, das der möglichen Energieeinsparung: Moderne Fenster dämmen besser. Allerdings: Auch fachgerecht sanierte Kastenfenster dämmen ziemlich gut, haben in manchen Fällen sogar Behaglichkeitsvorteile.

Auf der anderen Seite ist die Reparatur erhaltenswürdiger Bauteile zunächst eine Schonung von Ressourcen, von Materialien und auch von Energie - grauer Energie.

Reparatur bedeutet Vermeidung von Abfall. Bei Kastenfenstern meist sogar die Vermeidung gefährlicher Abfälle: Historische Kastenfenster enthalten Schwermetalle, dürfen nur in geeigneten Anlagen (teuer) entsorgt werden.

Der Werkstoff Holz ist von allen Materialalternativen der mit Abstand ökologischste. Neue Holzfenster sind allerdings teuer.

Reparieren bedeutet bei Kastenfenstern meist auch Schadstoffvermeidung: Im Einklang mit dem Bestand können ohne technische Probleme in den meisten Fällen Produkte entweder auf Basis nachwachsende Rohstoffe (ältere Kastenfenster) oder lösemittelreduzierte Wasserlacke (neuere Kastenfenster) zum Einsatz kommen.

## Zusammenfassung

Dieser Leitfaden beleuchtet die Sanierung historischer Kastenfenster.

Er entstand im Auftrag der Magistratsabteilung 22 der Stadt Wien im Rahmen des Programms „ÖkoKauf Wien“ in Zusammenarbeit mit der Magistratsabteilung 34.

Ausgangspunkt war ein interdisziplinärer Workshop, an dem Ausschreiber, Chemiker, Produkthersteller, Bauphysiker und Sachverständige teilnahmen. Im Rahmen dieses Workshops wurden wesentliche Teile, insbesondere die Empfehlungen dieses Handbuchs, vorweg zur Diskussion gestellt. Eine um Aspekte dieser Diskussion aufgewertete Entwurfsversion des Leitfadens wurde allen Workshopteilnehmern für Korrekturvorschläge bzw. Stellungnahmen übermittelt, das Feedback wurde in der Endversion berücksichtigt<sup>1</sup>).

### Zum Inhalt des Leitfadens:

Nach begrifflichen und historischen Erläuterungen (⇒ S.10ff.) werden zunächst die wichtigsten bauphysikalischen (⇒ S.15ff.), bauchemischen (S.33ff.) und bauökologischen (⇒ S.53ff.) Grundlagen erläutert.

Auf Basis dieser Grundlagen werden im Kapitel „Empfehlungen“ (⇒ S.64ff.) konkrete bauphysikalische, bauökologische und bauchemische Planungs- und Handlungsempfehlungen sowie Entscheidungstools für

- die Sanierungsentscheidung
- die Ausschreibung
- die Tischlerarbeiten
- die Malerarbeiten
- Wartungsarbeiten
- im Rahmen der Fenstersanierung zusätzlich vorgenommene bauphysikalische Verbesserungen

gegeben.

Ein umfangreiches Glossar (⇒ S.79ff.), das Literaturverzeichnis (⇒ S.91f.) und ein Verzeichnis der wichtigsten relevanten Normen (⇒ S.92ff.) sollen den Nachschlagcharakter des Leitfadens gewährleisten.

Eine Musterausschreibung des Wiener Krankenanstaltenverbundes ist als gesondertes Ergänzungs-Dokument zu diesem Leitfaden verfügbar.

### Hinweise:

- Im Text vorkommende Begriffe, welche im Glossar erläutert werden, sind *kursiv* dargestellt.
- Falls Sie dieses Dokument als PDF-Datei am Computer lesen, können Sie durch Drücken von Strg und gleichzeitiges Klicken auf Inhaltsverzeichnis, auf (durch das Symbol ⇒) gekennzeichneten Verweise (Seitenzahlen, Kapitel), auf <sup>Fuß-</sup> oder [Endnoten] zu der jeweiligen Stelle im Dokument (und anschließend zurück) navigieren.

---

<sup>1</sup>) Dies bedeutet naturgemäß aber nicht die vollinhaltliche Übernahme einer divergierenden Meinung in den Leitfaden.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Fenstersanierung und Ökologie</b>	<b>1</b>
<b>Zusammenfassung</b>	<b>2</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>3</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>6</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>7</b>
<b>Beilagendokument</b>	<b>7</b>
<b>Danksagung</b>	<b>8</b>
<b>WICHTIGE BEGRIFFSKLÄRUNG</b>	<b>8</b>
<b>Einleitung</b>	<b>9</b>
<b>I.    Kurze Geschichte des Kastenfensters</b>	<b>10</b>
<b>Material- und Verarbeitungsqualität</b>	<b>11</b>
<b>Historischer Anstrich</b>	<b>12</b>
<b>Ursachen der Zerstörung</b>	<b>12</b>
Materialqualität	13
Nutzerverhalten	14
<b>II.   Bauphysik</b>	<b>15</b>
<b>Anforderungen an den Bauteil Fenster</b>	<b>15</b>
Das Kastenfenster	15
<b>Wärmeschutz</b>	<b>17</b>
(Transmissions-) Wärmeverlust	17
Wärmegewinn (Strahlungswärmegewinn)	17
Luftwechsel / Luftdichtheit	17
Lüftungswärmeverlust	18
<b>Feuchteschutz</b>	<b>18</b>
1. Kapillarer Wassertransport	18
2. Wasserdampftransport infolge Diffusion	19
3. Konvektiver Feuchtetransport	19
Kondensat- und Schimmelpilzbildung im Anschlussbereich	19
<b>Schallschutz</b>	<b>20</b>
Schalltechnische Verbesserungen von Kastenfenstern:	22
<b>Anforderungsniveaus</b>	<b>22</b>
<b>Energetische Modernisierung von Kastenfenstern</b>	<b>25</b>
<b>Befestigung und Lastabtragung</b>	<b>26</b>
<b>Abdichtung</b>	<b>27</b>
Dichtebenen	27
Fugenarten	27
Fugenausbildung	27
<b>Verglasungen</b>	<b>28</b>
<b>Dämmung</b>	<b>30</b>
<b>Gebrauchstauglichkeit</b>	<b>30</b>
<b>Zusammenfassende Empfehlungen Bauphysik</b>	<b>31</b>
Bauphysikalische Empfehlungen zur Sanierung	31

<b>III. Bauchemie</b>	<b>33</b>
<b>Chemikalien in der Fenstersanierung</b>	<b>33</b>
Alkydharze	33
Acrylate	34
Polyurethane	35
PU-Schäume	35
Polyester	36
Silikone	37
Silikonmodifizierte Polymere	38
Korrosionsschutz	38
1. Passiver Korrosionsschutz:	38
2. Aktiver (kathodischer) Korrosionsschutz	39
Korrosionsschutz mit Schwermetallen	39
Minium und Mennige	39
Chromate	39
Alternativen zu schwermetallbasiertem Korrosionsschutz	39
Phosphate	39
Korrosionsschutz mit natürlichen Fetten und Wachsen	39
Holzschutz	40
Präventiver Holzschutz	40
Materialauswahl	40
Konstruktiver Holzschutz	41
Chemischer Holzschutz	41
Abbeizen	43
Leinöl und Leinölderivate	44
Leinöl	46
Halböl	47
Firniss	47
Standöl	48
Ölfarben	48
Standölfarben	48
Linnoxin	48
Fensterkitt	48
Kunststoffe in der Fenstersanierung	50
Polyvinylchlorid	50
EPDM	50
Butylkautschuk	51
Chloropren	51
Zusammenfassende Empfehlungen Bauchemie	51
Beschichtung	51
Dichtungen	52

<b>IV. Bauökologie</b>	<b>53</b>
<b>Ökotoxikologische und bauökologische Bewertungskriterien</b>	<b>53</b>
<b>Flüchtige organische Verbindungen (VOCs)</b>	<b>53</b>
Definition	53
Wirkung auf den Menschen	54
Wirkung auf die Umwelt	54
<b>Gesundheitsgefährdende Stoffe</b>	<b>56</b>
Giftige Stoffe	56
CMR-Stoffe	57
Sensibilisierende Stoffe	58
Endokrin wirksame Stoffe (Pseudohormone)	58
Aromaten	60
Schwermetalle	61
<b>Umweltgefährdende Stoffe</b>	<b>62</b>
HFKWs	62
<b>Ökotoxikologische Bewertung von Chemikalien der Fenstersanierung</b>	<b>64</b>
Alkydharzlacke	64
Acrylate	65
Polyurethanbeschichtungen	65
Polyesterkitte	65
Silikon-Dichtmassen	66
SMP-Dicht- und Klebmassen	66
Acryldichtmassen	66
PU-Montageschäume	67
Korrosionsschutz	67
Abbeizer	67
<b>Ökotoxikologische Bewertung von Artikeln der Fenstersanierung</b>	<b>67</b>
Dichtungen	67
Dämmstoffe und –materialien	68
<b>Zusammenfassende Empfehlungen Bauökologie</b>	<b>69</b>
Beschichtungen	69
Dichtmassen	69
Dichtungen	69
<b>V. Empfehlungen</b>	<b>70</b>
<b>Definition der Sanierungsziele</b>	<b>70</b>
<b>1. Schritt: Schadensanalyse</b>	<b>70</b>
<b>2. Schritt: Schadenskartierung</b>	<b>71</b>
<b>3. Schritt: Ausschreibung und ausschreibungsrelevante Entscheidungen</b>	<b>72</b>
Bieteranforderungen	72
Verglasungswechsel bei thermischen Sanierungen	72
Sonnenschutz	73
<b>Kontrolle</b>	<b>73</b>

<b>4. Schritt: Tischlerarbeiten</b>	<b>74</b>
<b>5. Schritt: Malerarbeiten</b>	<b>75</b>
<b>6. Schritt: Instandhaltungsarbeiten</b>	<b>76</b>
<b>Bauphysikalische Verbesserung</b>	<b>77</b>
Erhöhung des Wärmeschutzes	77
Erhöhung des Schallschutzes	77
<b>VI. Glossar</b>	<b>79</b>
<b>VII. Normenverzeichnis</b>	<b>92</b>
<b>VIII. Literaturverzeichnis</b>	<b>94</b>

---

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Holzarten im Fensterbau	12
Tab. 2:	Bewertete Schalldämmmaße von Fensterverglasungen	21
Tab. 3:	Zulässiger Heizwärmebedarf gem. OIB-Richtlinie Nr. 6	23
Tab. 4:	Zulässiger Heizwärmebedarf in geförderten Sanierungen (15a-Vereinbarung)	23
Tab. 5:	Uw-Werte von Kastenfenstern	25
Tab. 6:	Dichtfunktionen des Kastenfensters	27
Tab. 7:	U- und g-Werte von Fenstern	29
Tab. 8:	Bindemittelsysteme als Fensterkomponenten	33
Tab. 9:	Gebrauchsklassen und Holzschutzmittel gem. ÖNORM B 3802-2	42
Tab. 10:	WHO-Definitionen und Abkürzungen für VOCs	53
Tab. 11:	VOC-Gehalte von Beschichtungssystemen	56
Tab. 12:	Häufige Gifte in Fenstersanierungsprodukten	57
Tab. 13:	Häufige CMR-Stoffe in Fenstersanierungsprodukten	57
Tab. 14:	Sensibilisierende Stoffe in Fenstersanierungsprodukten	58
Tab. 15:	GWP ausgewählter Stoffe	64
Tab. 16:	Entscheidungs-Checkliste Fensterkonstruktion und –material	71
Tab. 17:	Empfehlungen Tischlerarbeiten	74
Tab. 18:	Empfehlungen Malerarbeiten (Ölsystem)	75
Tab. 19:	Empfehlungen Wartungsarbeiten	76
Tab. 20:	Empfehlungen bauphysikalische Verbesserungsmaßnahmen	78

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Konstruktionsprinzip eines Kastenfensters	15
Abb. 2:	Bauphysikalische Anforderungen an die Fensterkonstruktion	16
Abb. 3:	Sättigungsdampfdruck in Zusammenspiel mit Temperatur	20
Abb. 4:	Voraussichtliche Anforderungsentwicklung I <sub>c</sub> -Werte	24
Abb. 5:	Einwirkungen auf den Anschluss von Fenstern	26
Abb. 6:	Polyacrylat	34
Abb. 7:	Urethan-Bindung	35
Abb. 8:	Ester (Beispiel Ethylacetat)	36
Abb. 9:	Polydimethylsiloxan	37
Abb. 10:	Triglycerid	44
Abb. 11:	Reaktionsstart Öltrocknung	44
Abb. 12:	Radikalbildung durch Peroxidzerfall	45
Abb. 13:	Polymerisation bei oxidativer Öltrocknung	45
Abb. 14:	Wirkungsweise von Sikkativen	46
Abb. 15:	Gemeiner Lein, Leinsamen und Flachs	46
Abb. 16:	Leinöl	46
Abb. 17:	Leinölfirnis	47
Abb. 18:	Linnoxin	48
Abb. 19:	Leinölkitt	49
Abb. 20:	Struktur von PVC	50
Abb. 21:	Phthalate	59
Abb. 22:	Benzol	60
Abb. 23:	Formelbeispiel HFKW: 1,1,1,2-Tetrafluorethan (R 134a)	62

## Beilagendokument

„Musterausschreibung Wiener Krankenanstaltenverbund (Sanierungsprojekt Otto Wagner-Spital, C-Gebäude)“

als gesondertes Dokument von den Autoren oder vom Auftraggeber erhältlich

## Danksagung

Da einige der Teilnehmer es vorgezogen haben, nicht persönlich genannt zu werden, sei an dieser Stelle allen Teilnehmern des Workshops, das Ausgangspunkt für diesen Leitfaden war, herzlich gedankt.

Herrn Leopold Stedronsky (Tischlerei Stedronsky) und Herrn Helmut Brunner (Fa. all-color) möchten wir besonders für die wertvollen Praktiker-Infos danken, Herrn TDir. SR Dipl.Ing. Josef Aumayr (Wiener Krankenanstaltenverbund) für die Zurverfügungstellen einer Muster-Ausschreibung (Otto Wagner-Spital).

Diese Musterausschreibung ist als gesondertes Dokument verfügbar.

### **WICHTIGE BEGRIFFSKLÄRUNG**

Unter „Fenstersanierung“ wird in diesem Leitfaden grundsätzlich die weitestgehende Bewahrung des originalen Fensterbestandes eines Gebäudes durch eine Kombination aus Erhaltungs- und Reparaturmaßnahmen, teilweiser Erneuerung von Fensterteilen und erforderlichenfalls auch dem möglichst originaltreuen Nachbau ganzer Fenster verstanden.

Diese Definition steht in bewusstem Gegensatz zum Sprachgebrauch der letzten Jahre, den Komplettaustausch aller Fenster eines Gebäudes oder Gebäudeteils als „Sanierung“ zu bezeichnen. Der technisch erforderliche Nachbau von Einzelkomponenten widerspricht der obigen Definition nicht.

## Einleitung

Das historische Fenster ist in Bedrängnis: In den vergangenen Jahrzehnten als zu aufwändig in Pflege und Reparatur befunden, sind es heute die höheren Anforderungen aus dem Wärmeschutz und daraus abgeleitete Argumente der Energieeinsparung, welche immer lauter werden. Während moderne Fenstersysteme immer zu funktionieren und allen Anforderungen gerecht zu werden scheinen, wird das Kastenfenster als veralteter Bauteil erlebt, der jedenfalls erneuert werden muss.

Dieses Image wird noch dadurch verstärkt, dass das Fenster im Laufe der Zeit zum Objekt des Puschens geworden ist, und dies auch bzw. vor allem durch vermeintlich professionelle Hände. Eine nicht fachgerechte Sanierung ist nicht nur wirkungslos und somit Geldverschwendung, sie fügt dem Fenster nachhaltigen Schaden zu, der oft bereits nach kurzer Zeit zur Unzufriedenheit des Auftraggebers führt. Unsachgemäße Professionistenleistungen werden dann dem Kastenfenster zur Last gelegt, das Sanierungsopfer zum Schuldigen des Sanierungsfehlschlags erklärt. Dadurch hat sich in der Praxis bei Gebäudesanierungen ein unreflektierter Trend zum Fenstertausch etabliert.

Im folgenden Leitfaden soll das historische Fenster in seinem heutigen Wert, eventuellen konstruktiven Schwächen, Möglichkeiten der Erhaltung und auch der Aufwertung beschrieben werden. Dabei wird der Schwerpunkt auf technische Aspekte gelegt. Argumente des Stadtbildes, des Umgangs mit historischem Erbe oder der Denkmalpflege werden hier - wiewohl wesentlich! - nicht weiter erörtert.

Gebäude und deren Bauteile haben eine gewisse Lebensdauer und wenn diese erschöpft ist, dann müssen sie erneuert werden. Dies sollte allerdings genau geprüft und auch Reparaturmöglichkeiten erhoben und nicht in Form einer reflexhaften Gleichung Gebäudesanierung = Fenstertausch unkritisch übernommen werden.

Mit der Frage nach Erhalt oder Austausch alter Fenster rückt jedoch das Wissen und die Kenntnis originärer Konstruktionen wieder mehr und mehr in den Vordergrund.

Die hier gesammelten Erkenntnisse sollen nicht nur dem Sanierungswilligen Orientierung darüber geben, worauf im Sinne einer nachhaltigen Reparatur zu achten ist. Sie sollen auch und vor allem Argumente in einer Diskussion werden, die derzeit leider viel zu oft überhaupt nicht geführt wird.

## I. Kurze Geschichte des Kastenfensters

Fensteröffnung in Gebäuden dienten historisch der Belüftung und waren ursprünglich sehr klein, manchmal mit durchsichtigen Materialien überspannt, (z.B. Schweinsblase, Glasstücken, durchsichtige Steinen) und mit Holzläden oder Brettern verschließbar.

Das Fenster in seiner heutigen Form hat sich aus dem gotischen Steinkreuzfenster entwickelt: Ein fixes Steinkreuz diente als *Rahmen* und *Anschlag* für zwei *Flügel* und *Oberlicht*. Als Materialien wurden Holz für die Fensterflügel und Naturstein für den *Rahmen* sowie Eisen*beschläge* verwendet.

Als Oberflächenbehandlung wurden schon damals *Leinöl*anstriche verwendet, die aus Eisen geschmiedeten *Beschläge* wurden in *Leinöl* getränkt.

Die Verglasung bestand entweder aus *Butzen* (ab dem 13. Jahrhundert) oder aus rautenförmigen Glasprofilen (Bleiverglasung), als Schutz gegen Winddruck dienten die sogenannten *Windeisen*.

Während die Materialien über Jahrhunderte im wesentlichen die gleichen blieben, änderte sich die Technik des Fensters grundlegend: Das Steinkreuz wich ab dem 16. Jahrhundert dem Holzkreuz, ab dem 18. Jahrhundert kamen sogenannte **Winterfenster** dazu: eine zweite fassadenbündige Fensterebene zum verbesserten Wärmeschutz. Ab ca. 1850 werden Fenster mit einem Pfostenstock hergestellt, von da an sprechen wir vom Kastenfenster. (Die bereits vorher existierenden, mit Spangen zusammengehaltenen zweireihigen Fenster bezeichnet man als Doppelfenster.)[1]

Ab dem späten 18. Jahrhundert entwickelt sich das Fenster mit *Überschlag*: Die senkrechte Kreuzsprosse wird ersetzt, die *Anschlagsleiste* für den einen Fensterflügel sitzt nunmehr am anderen Flügel. Damit kann ab nun das Fenster über die gesamte Breite geöffnet werden.

Während das Fenster bisher weitgehend bloßer Fassadenverschluss war, wird es ab dem 19. Jahrhundert als Teil der Architektur und Gestaltungselement eingesetzt. Gleichzeitig tritt es aus der Fassade zurück. Es entsteht jener Fenstertyp, den wir heute mit dem Begriff Kastenfenster verbinden: An den Schauffassaden sind die innere und äußere Fensterebene zurückgesetzt, alle Fenster schlagen ins Gebäudeinnere auf (**Wiener Fenster**). An den Hoffassaden sitzen die Außenfenster fassadenbündig, die Außenflügel schlagen nach außen auf, die inneren in den Raum hinein (**Alt-Wiener Fenster**)[2].

Ab den 60/70er Jahren des vorigen Jahrhunderts entwickelte sich das **Verbundfenster**, dabei "rutschten" die beiden Fensterebenen (Innen- und Außenflügel) auf einige Zentimeter Abstand zusammen, und beide Scheiben bilden nun einen (Dreh-/Kipp-) Flügel. Zur Reinigung können diese beiden Flügel geöffnet werden, in der normalen Bedienung blieben sie jedoch miteinander verbunden. Diese Technologie war bald überholt und wurde durch die noch heute gängigen **Isolierglasfenster** ersetzt, die in großer Vielfalt hergestellt werden.

Bis zum Verbundglasfenster war das einzige Material, aus dem Wohnungsfenster gefertigt werden konnten, Holz. Ab dann wurden weiterhin Holz, aber auch *Aluminium*, Holz/Alu, und vor allem Kunststoff (nahezu ausschließlich PVC) verwendet.

Fenster zu verglasen hat mit den *Butzenscheiben* und *Rauten* seinen Anfang genommen. Im Laufe der Zeit wurde es durch geänderte Verfahren möglich, immer größere Scheiben herzustellen. Die Sprossenteilung war ursprünglich keineswegs gestalterisches, sondern konstruktives Element. Bis zum Barock saßen die Fensterscheiben (ev. durch Bleiprofile miteinander verbunden) direkt in einer Holznut. Dies erforderte bei Reparaturen die komplette Zerlegung des Flügels. Eine wesentliche Erleichterung brachte die Verwendung des *Leinölkitts* mit sich, da nun die Scheibe in einen *Falz* gelegt (im Kittbett) und anschließend eingekittet wurde.

Der Anstrich von Holzfenstern war von jeher ein Gesamtsystem auf Basis *Leinöl* (⇒ S.44ff.): *Leinölfirnis* als *Imprägnierung*, *Ölfarbe* als *Grundierung*, *Standölfarbe* für den *Deckanstrich*. Die Farbgebung reichte von hellen Grautönen über (selten) Rot oder Grün. In der Gründerzeit (ca. 1860-1900) überwogen Brauntöne, ab dem Jugendstil kam dann Weiß dazu, meist in Form von *Blei-*, später *Baryt-*, dann *Titanweiß*.

Die Verwendung farbgebender *Pigmente* ist nicht nur gestalterisch motiviert, sondern als wesentlicher Teil des Holzschutzes sogar unerlässlich, weil nur dadurch ein dauerhafter UV-Schutz gewährleistet werden kann[3].

## Material- und Verarbeitungsqualität

Die Tatsache, dass Fenster aus vergangenen Jahrhunderten heute überhaupt noch existieren, ist ein deutlicher Hinweis auf die Qualität des verarbeiteten Holzes: Es wurde ausschließlich im Winter (wenn es nicht im Saft stand) geschlägertes Holz verwendet, welches teilweise noch über Wasserwege transportiert (*Flößen* oder *Triften*), wodurch lösliche, mikrobiell leicht angreifbare Holzbestandteile ausgeschwemmt wurden.

Danach wurde es überaus lange gelagert (bis zu einigen Jahrzehnten) und anschließend händisch bearbeitet. Dieses händische Bearbeiten war gleichbedeutend mit einer automatischen Qualitätskontrolle, da z.B. zu astreiches oder drehwüchsiges - und somit minderwertiges - Holz mit dem Handhobel gar nicht bearbeitet werden konnte. Für die Herstellung von Fenstern wurde feinjähriges Holz (Anm. schmale Jahresringe) aus höheren Lagen verwendet, überwiegend Kiefer, deren Harzreichtum von Vorteil ist, selten Eiche.

Tab. 1 zeigt verschiedene, auch heute übliche Holzarten, deren Verbreitung und Eignung für den Fensterbau [4]:

Tab. 1: Holzarten im Fensterbau

Holzart	Kurzzeichen DIN 4076	Botanischer Name	Wuchsgebiet	Farbe	Holzart-typische Eigenart	Dimensionsstabilität	Feuchteangleichgeschwindigkeit	Resistenz DIN 68364	Verfügbarkeit	Eignung für Fensterbau
<b>Fichte</b> Rottanne	FI	Picea abies	Europa	gelblich bis rötlich weiß	Harzgallen	gut	groß	4	gut	3
<b>Kiefer</b> Föhre	KI	Pinus sylvestris	Europa	Kern rötlich weiß bis braun-rot, Splint hell	harzhaltig	mittel bis gut	groß	3 - 4	gut	3 - 4
<b>Lärche</b>	LA	Larix decidua u.a.	Mittel-europa	Kern rotbraun, stark dunkelnd, Splint gelblich	harzhaltig, etwas spröde	gut	mittel bis groß	3	gering	2 - 3
<b>Tanne</b> Weißtanne	TA	Abies alba	Mittel-Süd-Europa	weiß bis weiß-grau, im Alter rötlich bis rötlich violett		gut	groß	4	gut - gering	3
<b>Eiche</b> Stieleiche Traubeneiche	EI	Quercus robur Quercus petraea	Europa	Splint grau, Kern graugelb bis hellbraun u. dunkelbraun	Gerbsäure führt bei Eisenkontakt zu Dunkelfärbung	mittel	gering	2	massiv gering	2 - 3

## Historischer Anstrich

Um das Holz vor Witterungseinflüssen zu schützen, wurde es mit einem *Leinöl*anstrich versehen. Dabei wurde das geschliffene Holz mit einem *Firnis* versehen (heiß, warm oder kalt, gestrichen oder getaucht), darauf kommen *Grundierung* (*Ölfarbe* leicht verdünnt), *Deckanstrich* (unverdünnt) und Schlussanstrich (*Ölfarbe* mit *Standöl*zugabe). Zwischen den Schichten wurde geschliffen, um einen besseren Haftverbund herzustellen.

Dieser Öl-anstrich stellte einen ausgesprochen guten Schutz vor Witterungseinflüssen dar und musste - abhängig von Lage und Beanspruchung des Fensters - alle paar Jahre erneuert werden.

## Ursachen der Zerstörung

Neben technisch fehlerhaften Reparaturen, mangelhaften Ausführungen und zerstörendem Nutzerverhalten liegt in der Wahl des falschen Anstrichsystems eine der Hauptursachen von Schäden am Fenster:

Moderne Anstrichsysteme bilden eine deckende Schicht, die nicht ausreichend *diffusionsoffen* ist, und die bei der Verdunstung von Feuchtigkeit flächig abgehoben wird: Der Lack reißt auf und blättert ab.

Wasserbasierte *Kunsthharzlacke* tun das bereits nach kurzer Zeit, da auch keine dauerhafte Haftung auf dem (historischen) öligen Untergrund erzielt werden kann. Lösemittelhaltige *Kunsthharzlacke* (insbesondere Alkydharzlacke, ⇒ S.33f.) haften zwar besser und länger, sind aber ebenfalls *diffusionsdicht*. Hier sind die materialbedingten Schäden häufig sogar größer, da die eingeschlossene Feuchtigkeit länger und effektiver wirksam ist und das darunterliegende Holz vermorscht oder verfault.

Dieses Schadensbild nimmt seinen Ausgang meist am unteren waagrechten Flügelholz, genauer in der *Kittfuge*. Wenn nämlich der *Leinölkitt* von einem *Kunstharzlack* überstrichen wird, wird vor allem an der Oberfläche ein Teil des im Kitt noch enthaltenen noch nicht ausreagierten Öls aus der Kittphase heraus in die Lackphase hineingelöst, was zwangsläufig zur Versprödung des Kitts und zur Rissbildung führt. Durch die Rissbildung kommt es zum Feuchtigkeitseintritt ins Holz und der zerstörerische Kreislauf beginnt.

Die wichtigsten Maßnahmen zur Erhaltung von Fenstern sind die Materialqualität (⇒ S.40) und der konstruktive Holzschutz (⇒ S.40).

### **Materialqualität**

- Es mag sehr unmodern klingen und manche belustigen, aber das völlige Ignorieren des von der Menschheit über Jahrtausende erarbeiteten Know hows über richtige Holz Auswahl, richtiges Schlägern, ausreichend langes Lagern (⇒ S.40) zugunsten schneller chemischer Lösungen ist eine der Hauptursachen für die Anfälligkeit gegenüber Schadorganismen jeglicher Art.
- Beim konstruktiven Holzschutz muss alles daran gesetzt zu werden, um den Kontakt des Holzes mit Wasser (Niederschläge oder Kondensat) zu verhindern bzw. (zeitlich und räumlich) zu minimieren.
- Dazu sind folgende Regeln zu berücksichtigen:
- *Diffusionsoffene* Beschichtungssystem gewährleisten, dass ins Holz eingedrungene Feuchtigkeit jederzeit verdunsten kann. Beim mehrschichtigen System (*Imprägnierung* – Grundierung – Decklack) muss immer von „mager“ zu „fett“ ausgeführt werden.
- Weitere konstruktive Möglichkeiten sollen genutzt werden, um Wassereintritt und –kontakt zu unterbinden.
- Dabei ist insbesondere den Verblechungen verstärktes Augenmerk zu widmen: Es ist dabei besonders auf die richtige Situierung, günstiges Gefälle und ordnungsgemäße Montage (kein Annageln an Holzteile!!!) zu achten).
- Trotzdem eindringendes Wasser muss jederzeit und zwar rasch (ausreichendes Gefälle!) ablaufen können, um den Kontakt mit dem Holz möglichst kurz zu halten.
- Zur Verhinderung eines Wassereintrittes muss immer das gesamte Fenstersystem optimiert werden: Auch schadhafte oder fehlende Putzteile, die den Feuchtigkeitseintritt ins Mauerwerk und in der Folge in alle angrenzenden Bauwerksteile ermöglichen oder begünstigen, müssen instandgesetzt werden (⇒ S.18ff).

## Nutzerverhalten

Es versteht sich von selbst, dass das Unterlassen zerstörender Maßnahmen ebenfalls grundlegend zur Erhaltung von Fenstern beiträgt. Da diese allerdings um sich greifen, seien hier die gängigsten erwähnt und gebrandmarkt:

- das Aushängen von Flügeln
- das Nicht-Verschließen bei Wind und Wetter (insbesondere bei nach außen aufgehenden Flügeln)
- die Abdichtung der Außenflügel (⇒ S.17)
- das Annageln, Andübeln, Anschrauben von Gegenständen an Fensterstöcken (z.B. Satellitenschüsseln, Bleche, Blumentopfhalterungen, Thermometer)
- das Einklemmen von Vorhängen, Sonnenschutzblenden u.v.a.m. zwischen Stock und Flügel
- falsche Anstriche (insbesondere *Kunstharzlacke* auf Leinölsubstanz, ⇒ S.12)
- konsequente Kondenswassererzeugung und dessen Nichtentfernen
- anhaltende Vernachlässigung/Unterlassung von Reparaturen
- Nicht-Erneuerung von kaputten Gläsern
- aggressive Reinigungsmittel/-methoden

## II. Bauphysik

Holz hat gute Dauereigenschaften hinsichtlich seiner Langlebigkeit und auch aufgrund der hohen Qualität moderner Anstrichsysteme. Nachweislich können Kastenfenster aus Holz über einen Zeitraum von einhundert Jahren ihre Funktionsfähigkeit und ihren guten Zustand beibehalten.

### Anforderungen an den Bauteil Fenster

In den folgenden bauphysikalischen Kapiteln und Tabellen, wird das Kastenfenster mit neuen, modernen Konstruktionen verglichen, um eine Abschätzung der unterschiedlichen Werte und Qualitäten treffen zu können:

#### Das Kastenfenster

Das Kastenfenster besteht aus zwei hintereinander angeordneten Einfachfenstern, die über ein *Futter* verbunden sind.

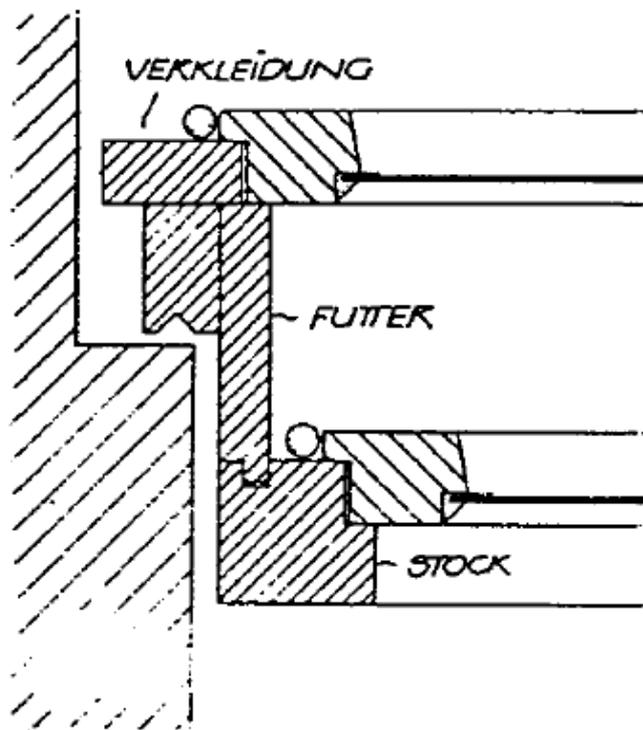


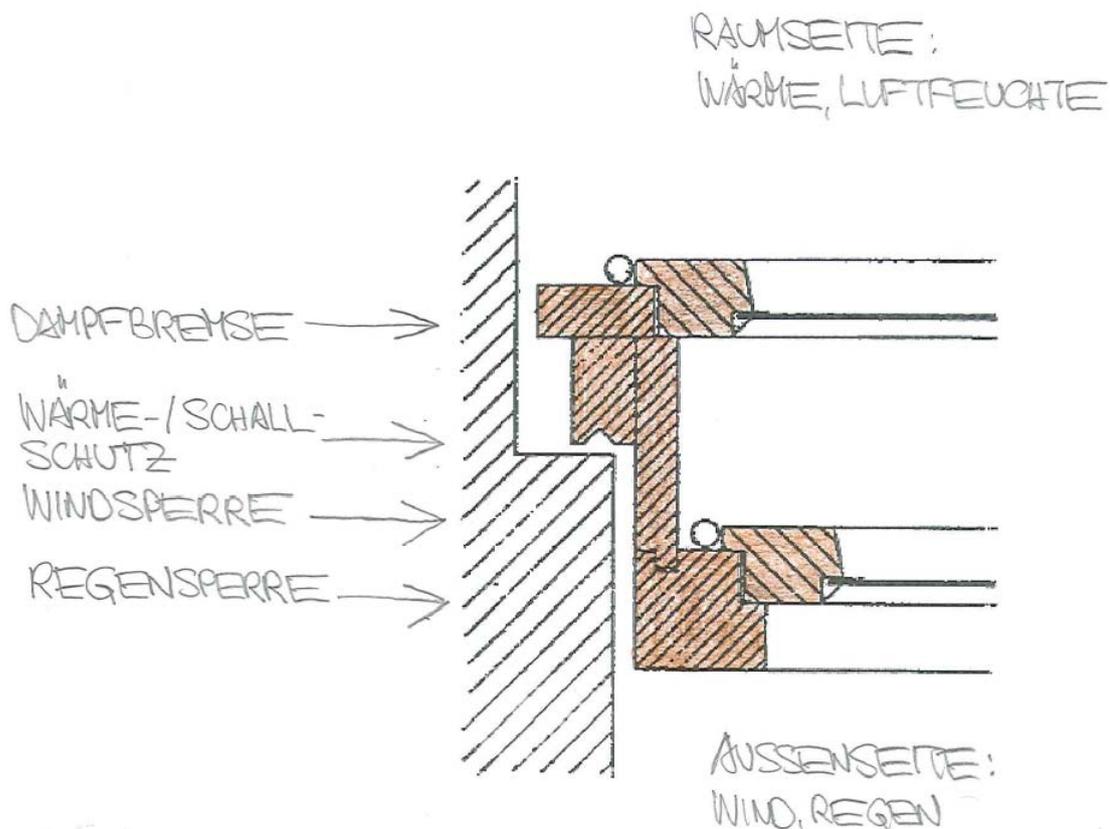
Abb. 1: Konstruktionsprinzip eines Kastenfensters

Der äußere Flügel ist an einem *Blendrahmen* angeschlagen, während der innere Flügel an das *Futter* anschlägt. Beide Flügel sind voneinander unabhängig und besitzen getrennte Verschlussmöglichkeiten.

Das Kastenfenster<sup>2)</sup> besteht aus einem äußeren und einem inneren *Blendrahmen* (*Futterraahmen*) mit dazwischen liegendem Holzgewände.

Besondere Aufmerksamkeit ist bei dieser Konstruktion der Abdichtung des *Kastens* zu widmen (⇒ S.27f.).

- die Aufgaben der **Befestigung** (⇒ S.22)
- die Ausbildung der **Fuge** (⇒ S.27) und
- die Aufgaben der **Dichtung** (⇒ S.27).



**Abb. 2: Bauphysikalische Anforderungen an die Fensterkonstruktion**

Bei der thermischen Bewertung des Fensterbestandes muss das Fenster als Teil der Gebäudehülle und darf nicht als einzelner Bauteil betrachtet werden.

Durch eine Sanierung des Fensterbestandes kommt es zu Veränderungen der Energiebilanz des Gesamtgebäudes (Wärme- und Feuchteschutzes) im Außenbauteil (Außenwand und Fenster).

<sup>2)</sup> Ein in Fachkreisen üblicher Alternativterminus für Kastenfenster ist Doppeltes Blendrahmenfenster.

Ein Fenster soll folgende bauphysikalischen Aufgaben im Rahmen des Gebäudes erfüllen:

1. Wärmeschutz
2. Feuchteschutz
3. Schallschutz
4. Weitere: Belichtung u.a.<sup>3)</sup>

## Wärmeschutz

### (Transmissions-) Wärmeverlust

Der *Transmissionswärmeverlust* eines Gebäudes ist eine Energiemenge, angegeben in kWh. Dieser wird neben den Wärmedämm-Eigenschaften der wärmeübertragenden Außenhülle vom Standort des Gebäudes (geografisch, Höhenlage, Winddisposition ...) und dem Nutzerverhalten seiner Bewohner (Innentemperaturen der verschiedenen Räume wie Bad, Wohnzimmer, Schlafzimmer) bestimmt.

### Wärmegewinn (Strahlungswärmegewinn)

Strahlungswärmegewinn, da durch das Glas nicht nur Wärme verloren geht, sondern auch bei günstiger Sonnenausrichtung Energie eingefangen wird. Quantifiziert wird diese Art der passiven Sonnenenergienutzung durch den Energiedurchlassgrad (*g-Wert*).

Für die i. d. R. vorhandene Einfachverglasung aus Klarglas wird ein *g-Wert* von ca. 0,76 angegeben. Ein Kastenfenster mit seinen zwei Fensterebenen, mit jeweils Einfachverglasung aus Klarglas, liegt bei ca. 0,60. Niedrigere *g-Werte* von ca. 0,40 und darunter werden mit Sonnenschutzgläsern erreicht, Wärmeschutzverglasungen liegen dazwischen.

Um den sommerlichen Wärmeschutz mit Kastenfenstern zu gewährleisten und gleichzeitig den Strahlungswärmegewinn im Winter zu ermöglichen, ist der Einsatz von beweglichen Sonnenschutzrichtungen (⇒ S.73) im Kastenzwischenraum zu empfehlen.

### Luftwechsel / Luftdichtheit

Die in den Altbauten vorhandenen Fenster sind grundsätzlich gut auf die vergangenen freien Lüftungsverhältnisse in diesen Gebäuden abgestimmt. Die alten Kastenfenster sind oft technisch in einem guten Zustand (reparierbar), entsprechen aber hinsichtlich ihrer Luftdichtheit nicht den heutigen Anforderungen der Behaglichkeit und Energieeffizienz.

Die thermische Sanierung von Kastenfenstern, muss mit sichernden Maßnahmen für den *Luftwechsel* der betroffenen Räume/Raumverband (Wohnungen) einhergehen. Ansonsten kann es zu Feuchte verursachter (Bau-)Schäden (Wärmebrücke > Kondensat > Schimmelbefall) führen.

Die Lösungsmöglichkeiten für den hygienischen *Luftwechsel* sind:

---

<sup>3)</sup> In diesem Leitfaden mangels Themenrelevanz nicht gesondert behandelt.

- Sicherstellung einer ausreichenden Fensterlüftung
- Hygrostatgesteuerte Abluft in Nassräumen und Küche
- Kontrollierte Wohnraumlüftung [5]

Bei der Sanierung von Kastenfenstern ist für die Sicherung der notwendigen Frischluftzufuhr bzw. Außenluftzuführung zu sorgen, um den Abtransport der in den Räumen emittierten Feuchte, Schad- und Geruchsstoffe zu gewährleisten.

**Hinweis:**

Wie und bei welchem Baustandard die Deckung des Verbrennungsluftbedarfs für die Wohnraumbeheizung (Einzelöfen, Kombithermen) notwendig sein wird, wird zur Zeit bei einer abteilungsübergreifenden Arbeitsgruppe der Magistratsabteilungen 37, 68, 39 erarbeitet [6]

Der erforderliche *Fugendurchlasskoeffizient* für Gebäude mit Ofen- bzw. Gasheizung beträgt danach 3,6 - 2,6 m<sup>3</sup>/(h-m-daPa). Durchgeführte Untersuchungen an Kastenfenstern ergeben für alte unsanierte Fenster einen durchschnittlichen a-Wert von 2,8 m<sup>3</sup>/(h-m-daPa).

Das bedeutet im Falle einer Fenstersanierung mit Wärmeschutzverglasung und zusätzlichen Dichtungen, ist eine Frischluftversorgung sicherzustellen!

**Lüftungswärmeverlust**

Der *Lüftungswärmeverlust* eines Kastenfensters ist abhängig vom Fugenanteil des Innenflügels, der Dichtigkeit des Außenflügels unter Berücksichtigung der herrschenden Druckdifferenz (abhängig von der Gebäudehöhe) und Orientierung.

Hinweis:

Zur Verringerung der *Lüftungswärmeverluste* eines Altbaues ist die Umstellung auf eine maschinelle Be- und Entlüftung mit oder ohne Lüftungswärmerückgewinnung bei gleichzeitiger Sanierung der Kastenfenster Außentüren am sinnvollsten.

Weiters entspricht diese Entwicklung auch den steigenden Anforderungsniveaus in der thermischen Sanierung von Altbauten (⇒ S.22).

**Feuchteschutz**

Man unterscheidet folgende drei Feuchtetransportmechanismen:

**1. Kapillarer Wassertransport**

Baustoffschichten in Baukonstruktionen können bei Wasserkontakt je nach ihrer *kapillaren* Charakteristik Feuchtigkeit aufnehmen und mehr oder weniger schnell weiterleiten. Diese Eigenschaft beeinflusst den Feuchtigkeitshaushalt eines Außenbauteils sehr wesentlich. Sie wird durch die *Kapillarstruktur* eines Baustoffes bestimmt.

## 2. Wasserdampftransport infolge Diffusion

Die Klimawerte der Luft im Freien und in beheizten Räumen unterscheiden sich im Winter erheblich. In Räumen herrscht aufgrund der dort höheren Lufttemperatur ein höherer Wasserdampf-*Partialdruck* als im Freien. Wasserdampf diffundiert vom Ort des höheren Partialdrucks zum Ort des niedrigeren Partialdrucks. Die Differenz ist die 'Antriebskraft' für die Wasserdampf*diffusion*.

Die Wasserdampfdurchlässigkeit eines Baustoffes wird durch den *Wasserdampf-Diffusionswiderstand* beschrieben. Dieser ist abhängig von der Dicke und Struktur des Materials.

## 3. Konvektiver Feuchtetransport

Beim *konvektiven* Feuchtetransport wird Wasserdampf mit einem Luftstrom transportiert. Der Luftaustausch über die Gebäudehülle wird im Bauwesen üblicherweise durch den sogenannten *Luftwechsel* [n] beschrieben, der bei Fensterlüftung Werte von rd. 0,2 - 10 h<sup>-1</sup> annimmt. Die *Luftwechselzahl* n gibt an, wie oft die Luft in einem Raum stündlich ausgetauscht wird. Die Menge an Wasserdampf, die infolge Lüftung, z.B. über ein geöffnetes Fenster ausgetauscht wird, ist deutlich größer als die durch *Diffusion* transportierte Menge.

## Kondensat- und Schimmelpilzbildung im Anschlussbereich

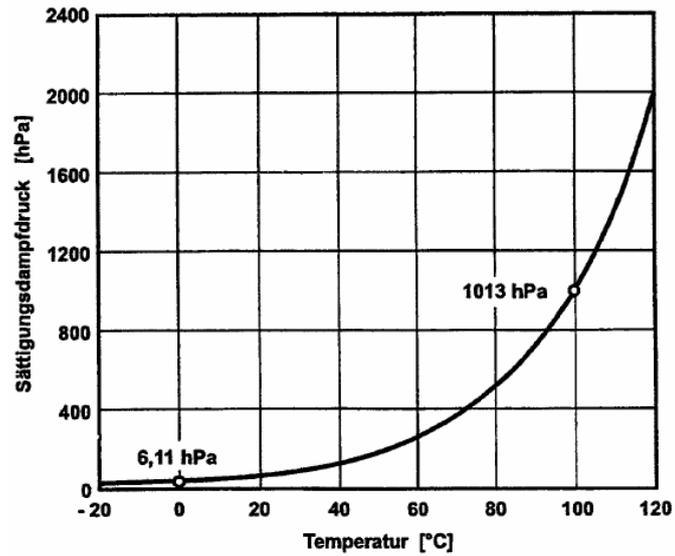
In der Vergangenheit war das Kondensat am Innenflügel der Kastenfenster für viele Nutzer ein wesentlicher Parameter, ob und wie lange gelüftet werden musste.

Durch nachstehende Sanierungsmaßnahmen entfällt dieser gewohnte Parameter oft und es kommt an den Anschlu⇒tellen und *Wärmebrücken* der ungedämmten Außenwand zur Tauwasserbildung und möglichen Schimmelpilzbildung.

Die Lösungsmöglichkeiten einer thermischen Fenstersanierung, welche die Kondensatbildung wesentlich verringern sind:

- die Aufwertung der Einfachverglasung des Innenflügels, z.B.. durch höherwertig beschichtete Einfachverglasungen oder Klebefolien (Lebensdauer beachten!).
- Wechsel der Verglasung des Innenflügels, von Einfachverglasung auf eine Wärmeschutzverglasung.
- Aufkleben von Dichtungen im *Falz* des Innenflügels.
- Einarbeiten von Dichtungen im *Falz* des Innenflügels.
- 

Die Luft kann abhängig von ihrer Temperatur, unterschiedliche Wasserdampf-mengen aufnehmen (Abb. 3) [7]:

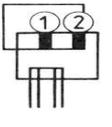
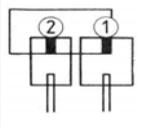
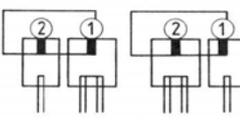
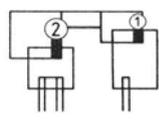


**Abb. 3: Sättigungsdampfdruck in Zusammenspiel mit Temperatur**

### Schallschutz

Im überwiegenden Anteil sind in Altbauten Kastendoppelfenster, mit den prinzipiellen Aufbau und typischen Abständen der beiden Fensterebenen von 75 und 150 mm vorzufinden (Tab.2):

**Tab. 2: Bewertete Schalldämmmaße von Fensterverglasungen**

Spalte	1	2	3	4	5	6	
Zeile		Anforderungen an die Ausführung der Konstruktion verschiedener Fensterarten					
Zeile	$R_{w,R}$ dB	Konstruktionsmerkmale	Einfachfenster <sup>1)</sup> mit Isolierverglasung <sup>2)</sup> 	Verbundfenster <sup>1)</sup> mit 2 Einfachscheiben  mit 1 Einfachscheibe und 1 Isolierglasscheibe 		Kastenfenster <sup>1)</sup> <sup>3)</sup> mit 2 Einfach- bzw. 1 Einfach- und 1 Isolierglasscheibe 	
1	25	Verglasung: Gesamtglasdicken Scheibenzwischenraum $R_{w,R}$ Verglasung Falzdichtung:	$\geq 6$ mm $\geq 8$ mm $\geq 27$ dB nicht erforderlich	$\geq 6$ mm keine — nicht erforderlich	keine keine — nicht erforderlich	- - - nicht erforderlich	
2	30	Verglasung: Gesamtglasdicken Scheibenzwischenraum $R_{w,R}$ Verglasung Falzdichtung:	$\geq 6$ mm $\geq 12$ mm $\geq 30$ dB 1 erforderlich	$\geq 6$ mm $\geq 30$ mm - 1 erforderlich	keine $\geq 30$ mm - 1 erforderlich	- - - nicht erforderlich	
3	32	Verglasung: Gesamtglasdicken Scheibenzwischenraum $R_{w,R}$ Verglasung Falzdichtung:	$\geq 8$ mm $\geq 12$ mm $\geq 32$ dB 1 erforderlich	$\geq 8$ mm $\geq 30$ mm - 1 erforderlich	$\geq 4$ mm + 4/12/4 $\geq 30$ mm - 1 erforderlich	- - - 1 erforderlich	
4	35	Verglasung: Gesamtglasdicken Scheibenzwischenraum $R_{w,R}$ Verglasung Falzdichtung:	$\geq 10$ mm $\geq 16$ mm $\geq 35$ dB 1 erforderlich	$\geq 8$ mm $\geq 40$ mm - 1 erforderlich	$\geq 6$ mm + 4/12/4 $\geq 40$ mm - 1 erforderlich	- - - 1 erforderlich	
5	37	Verglasung: Gesamtglasdicken Scheibenzwischenraum $R_{w,R}$ Verglasung Falzdichtung:	- - $\geq 37$ dB 1 erforderlich	$\geq 10$ mm $\geq 40$ mm - 1 erforderlich	$\geq 6$ mm + 6/12/4 $\geq 40$ mm - 1 erforderlich	$\geq 8$ mm bzw. $\geq 4$ mm + 4/12/4 $\geq 100$ mm - 1 erforderlich	
6	40	Verglasung: Gesamtglasdicken Scheibenzwischenraum $R_{w,R}$ Verglasung Falzdichtung:	- - $\geq 42$ dB 1 + 2 <sup>4)</sup> erforderlich	$\geq 14$ mm $\geq 50$ mm $\geq 42$ dB 1 + 2 <sup>4)</sup> erforderlich	$\geq 8$ mm + 6/12/44) $\geq 50$ mm - 1 + 2 <sup>4)</sup> erforderlich	$\geq 8$ mm bzw. $\geq 6$ mm + 4/12/4 $\geq 100$ mm - 1 + 2 <sup>4)</sup> erforderlich	
7	42	Verglasung: Gesamtglasdicken Scheibenzwischenraum $R_{w,R}$ Verglasung Falzdichtung:	- - $\geq 45$ dB 1 + 2 <sup>4)</sup> erforderlich	$\geq 16$ mm $\geq 50$ mm - 1 + 2 <sup>4)</sup> erforderlich	$\geq 8$ mm + 8/12/44) $\geq 50$ mm - 1 + 2 <sup>4)</sup> erforderlich	$\geq 10$ mm bzw. $\geq 8$ mm + 4/12/4 $\geq 100$ mm - 1 + 2 <sup>4)</sup> erforderlich	
8	45	Verglasung: Gesamtglasdicken Scheibenzwischenraum $R_{w,R}$ Verglasung Falzdichtung:	- - - -	$\geq 18$ mm $\geq 60$ mm - 1 + 2 <sup>4)</sup> erforderlich	$\geq 8$ mm + 8/12/44) $\geq 60$ mm - 1 + 2 <sup>4)</sup> erforderlich	$\geq 12$ mm bzw. $\geq 8$ mm + 6/12/4 $\geq 100$ mm - 1 + 2 <sup>4)</sup> erforderlich	
9	> 48	Allgemein gültige Angaben sind nicht möglich; Nachweis nur über Eignungsprüfungen nach DIN 52 210					
<sup>1)</sup> Sämtliche Flügel müssen bei Holzfenstern mindestens Doppelfalze, bei Metall- und Kunststoff-Fenstern mindestens zwei wirksame Anschläge haben. Erforderliche Falzdichtungen müssen umlaufend, ohne Unterbrechung angebracht sein; sie müssen weichfedernd, dauerelastisch, alterungsbeständig und leicht auswechselbar sein. <sup>2)</sup> Das Isolierglas muß mit einer dauerhaften, im eingebauten Zustand erkennbaren Kennzeichnung versehen sein, aus der das bewertete Schalldämm-Maß $R_{w,R}$ , R und das Herstellwerk zu entnehmen sind. Jeder Lieferung muß eine Werksbescheinigung nach DIN 50 049 beigelegt sein, der ein Zeugnis über eine Prüfung nach DIN 52 210 Teil 3 zugrunde liegt, das nicht älter als 5 Jahre sein darf. <sup>3)</sup> Eine schallabsorbierende Leibung ist sinnvoll, da sie durch Alterung der Falzdichtung entstehende Fugenundichtigkeiten teilweise ausgleichen kann. <sup>4)</sup> Werte gelten nur, wenn keine zusätzlichen Maßnahmen zur Belüftung des Scheibenzwischenraumes getroffen werden.							

Schalltechnisch von Bedeutung sind neben der konstruktiven Gesamtausbildung folgende Parameter:

- *Bauanschlussfuge*
- *Funktionsfugen* (einfacher *Falz*, doppeltes *Falz*, Nut- oder *S-Falz*, dreifacher *Falz*, *Rundfalz*)
- *Rahmenstärke*<sup>4)</sup>)
- Glasdicke

Die Einbaufuge wird durch Alterung sehr häufig undicht und wurde oft während des Baus auch nur unzureichend gestopft. Dadurch kommt es zu einem erhöhten Schalldurchgang. Durch Setzungserscheinungen der Fensterflügel kommt es vor allem bei Innen- wie Außenflügeln zu Undichtigkeiten der *Funktionsfuge* und damit zur Minderung der Schalldämmung.

### Schalltechnische Verbesserungen von Kastenfenstern:

- Auf die Dichtheit des Innenflügels und die erhöhte Undichtheit des Außenflügels hinsichtlich des Wärmeschutzes ist unbedingt zu achten!
- Ersatz der vorhandenen Scheiben durch dickere. Dabei sollen die Scheiben möglichst ungleich dick sein (anzustreben ist ein Verhältnis 1:2, z.B. 3 mm/6 mm)
- Einkleben von Dichtungsbändern in die *Falze* des Innenflügels
- Einarbeitung von Dichtungsbändern in die *Falze* des Innenflügels
- Erzielung einer möglichst hohen Passgenauigkeit und gleichmäßigen Anpressdruck der Innen- und Außenflügel im *Rahmen*
- Ersatz alter abgenutzter Bänder und *Beschläge* durch neue passgenauere (je mehr Schließpunkte desto besser)
- Überprüfung der Einbaufugen auf Funktionstüchtigkeit

Hinweis: [5]

## Anforderungsniveaus

Nachstehend werden die aktuellen und zukünftigen energetischen Anforderungsniveaus für die thermische Sanierung von mehrgeschossigen Wohnbauten erläutert:

Grundsätzlich sind bei Fenstersanierungen die einschlägigen Bestimmungen der Bauordnung des jeweiligen Bundeslandes einzuhalten. Die Bundesländer haben sich auf die in der OIB-Richtlinie Nr. 6[8]<sup>5)</sup> angeführten energetischen Mindestanforderungen verständigt, die OIB-Richtlinie wird nach einem jeweils individuellen Fahrplan von den einzelnen Bundesländern im Rahmen ihrer Bauordnungen verordnet.

---

<sup>4)</sup> sprachlich korrekt eigentlich Rahmendicke...

<sup>5)</sup> OIB-Richtlinien dienen der Harmonisierung der Bauordnungen der Länder. Die OIB-Richtlinie 6 definiert Mindestanforderungen für den Neubau und die Sanierung von Gebäuden. Dies geschieht durch einen Satz von Kennwerten, Berechnungsverfahren und Formeln. Die Bezeichnungen „26er-“, bzw. „19er-Linie“ beziehen sich auf den Multiplikationsfaktor bei der Ermittlung des zulässigen Heizwärmebedarfs des Gebäudes“.

Es gibt in dieser Richtlinie einen Stufenplan mit Mindestanforderungen bezüglich des Heizwärmebedarfs für Neubauten und Sanierungen. Der Heizwärmebedarf für Neubauten muss den in Tab. 3 genannten Maximalwerten genügen:

**Tab. 3: Zulässiger Heizwärmebedarf gem. OIB-Richtlinie Nr. 6**

ab 1. 1.2010	Zulässiger Heizwärmebedarf			
	$HWB_{BGF, WG, max, Ref}$	höchstens	[kWh/m <sup>2</sup> a]	höchstens
	<b>Neubauten (Wohnbau)</b>		<b>Neubauten (Nicht-Wohngebäude)</b>	
bis 31.12.2009	$26 * (1 + 2,0/l_c)$	78	$9,0 * (1 + 2,0/l_c)$	27
ab 1. 1.2010	$19 * (1+2,5/l_c)$	66,5	$6,5 * (1+2,5/l_c)$	22,75
	<b>Sanierungen (Wohnbau)</b>		<b>Sanierungen (Nicht-Wohngebäude)</b>	
bis 31.12.2009	$34,0 * (1 + 2,0/l_c)$	102	$11,0 * (1 + 2,0/l_c)$	33
ab 1. 1.2010	$25,0 * (1+2,5/l_c)$	87,5	$8,5 * (1+2,5/l_c)$	30

$HWB_{BGF, WG, san, max, Ref}$  maximal zulässiger jährlicher Heizwärmebedarf pro m<sup>2</sup> konditionierter Grundfläche

Begleitend zu diesen Anforderungen bestehen jene der 15a-Vereinbarung [9], in der u.a. energetische Mindestanforderungen für Energie- und Wohnbauförderungen sowie für öffentliche Gebäude festgelegt sind, und zwar sowohl für Neubauten als auch für Sanierungen.

Das Niveau dieser Anforderungen liegt in einem bestimmten, nicht allzu großen Abstand zu den bautechnischen Mindestanforderungen.

**Tab. 4: Zulässiger Heizwärmebedarf in geförderten Sanierungen (15a-Vereinbarung)**

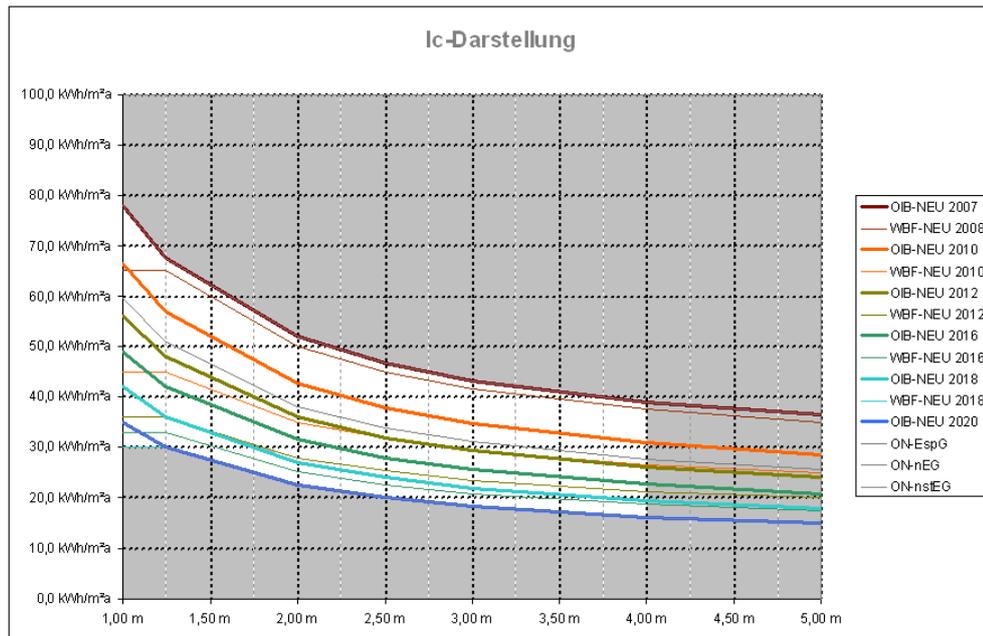
bis 31.12.2009	$26 * (1 + 2,0/l_c)$	78	$9,0 * (1 + 2,0/l_c)$	27
ab 1. 1.2010	$19 * (1+2,5/l_c)$	66,5	$6,5 * (1+2,5/l_c)$	22,75

A/V-Verhältnis                      Oberfläche/Volumen-Verhältnis

Derzeit wird die OIB-Richtlinie Nr.6 überarbeitet, geplanter Zeithorizont der Anforderungen wird etwa 2020 sein.

Praktisch alle Wohnbauförderungen beziehen sich auf die OIB-Richtlinie, diese werden daher angepasst werden, sobald die neue Fassung akkordiert sein wird.

Abb. 4 [10] zeigt eine von DI Dr. Pöhn (MA 34) zusammengefasste voraussichtliche Entwicklung der Anforderungen aus OIB-Richtlinie und Wohnbauförderungen an den Heizwärmebedarf in der nächsten Zukunft:



**Abb. 4: Voraussichtliche Anforderungsentwicklung I<sub>c</sub>-Werte**

Für die zukünftige Entwicklung – insbesondere bis zum Jahr 2020 – ergibt sich die Notwendigkeit der Erstellung eines nationalen Plans zur Erreichung der Ziele aus der geplanten Novelle[11] der EU-GEEG-Richtlinie[12].

Geplant ist nach dem bisherigen Entwurf dieser Novelle, dass ab dem Jahr 2020 im Neubau nur mehr „Fast-Null-Energie-Gebäude“ errichtet werden dürfen. Die Frage, was ein „Fast-Null-Energie-Gebäude“ ist, wird im Richtlinienentwurf nur qualitativ beschrieben, die quantitative Beschreibung hat durch die Mitgliedsstaaten zu erfolgen.

Vorstellbar wäre beispielsweise eine Entwicklung der Anforderung für dieses „Fast-Null-Energie-Gebäude“ bis zum Jahr 2020 auf das Niedrigstenergieniveau gemäß ÖNORM B 8110.

Dies hieße, dass bautechnische Vorschriften ab dem Jahr 2020 für ein typisches Wiener Mehrfamiliengebäude ca. 20 kWh/m<sup>2</sup>a<sup>6</sup>) zu unterschreiten haben werden. Für luftbeheizbare Niedrigstenergiegebäude (vulgo „Passivhäuser“) oder noch bessere Bauweisen müssten dann in Analogie zur jetzigen Praxis durch Wohnbauförderung zusätzliche Anreizsysteme geschaffen werden.

Seit den letzten Verhandlungen zur oben zitierten 15a-Vereinbarung ist klar, dass diese Vorschriften in Zukunft auch Vorschriften für öffentliche Gebäude – also etwa auch jene der MA 34 – enthalten werden und zwar in der Form, dass die jeweiligen Wohnbauförderungs-Anforderungen mit jenen Anforderungen ident sein werden, die an öffentliche Gebäude angewandt werden müssen.

<sup>6</sup>) Anm. nach den dann gültigen Ermittlungsvorschriften – diese werden ab der nächsten Normenfassung 2012 um einiges strenger ausfallen als bisherr

Im GEEG-Richtlinienentwurf heißt es, dass jenes Niveau, das im nationalen Plan bis 2020 festzulegen ist, für öffentliche Gebäude bereits ab dem 1. Jänner 2018 gelten muss. Daraus kann indirekt abgeleitet werden, dass hinkünftig die Anforderungen für öffentliche Gebäude mit jenen der Wohnbauförderung ident sein bzw. jenen der OIB-Anforderungen um zwei Jahre vorausseilen werden.

## Energetische Modernisierung von Kastenfenstern

Kastenfenster haben prinzipiell einen guten Schall- und Wärmeschutz und sind meist mit relativ geringem Aufwand nachrüstbar.

In den meisten Fällen ist eine Sanierung auch aus bauphysikalischer Sicht sinnvoll und somit einem Komplettaustausch vorzuziehen (Bei denkmalgeschützten Gebäuden kommt ein Austausch der Kastenfenster meist ohnehin nicht in Frage.): Wird nicht gleichzeitig mit dem Austausch der Fenster die Wärmedämmung der Fassade verbessert (Wärmedämmverbundsystem), kommt es nach dem Komplettaustausch (Einbau von Einfachfenstern mit Wärmeschutzverglasung) oft zu ärgerlichen Wärmebrücken im Bereich der Fensterlaibungen. Dieses Problem lässt sich mit einer fachgerechten Modernisierung der bestehenden Kastenfenster verhindern.

Kastenfenster lassen sich mittels eines Austauschs der Verglasung des Innenflügels und dem Einfräsen von Lippenprofilen (Dichtungslippen) so modernisieren, dass sie mit neuen Fensterkonstruktionen vergleichbare U-Werte aufweisen und damit auch mit den zukünftigen Niedrigenergie- und Niedrigstenergiehausanforderungen mithalten können (Tab. 5):

Tab. 5: U<sub>w</sub>-Werte von Kastenfenstern

Fenstertyp	U <sub>w</sub> -Wert <sup>7)</sup> [W/m <sup>2</sup> K] ca.
<b>Unsaniert:</b>	
Einfachfenster mit Einfachverglasung	4,6
Kastendoppelfenster (Bestand vor Sanierung)	<b>2,5</b>
<b>Einfache energetische Sanierung:</b>	
Einfachfenster mit Isolierverglasung (U <sub>g</sub> =1,4)	2,1
Kastendoppelfenster (nach Modernisierung)	<b>1,5</b>
<b>Hochwertige energetische Sanierung:</b>	
Einfachfenster mit Wärmeschutzverglasung (U <sub>g</sub> =1,0)	1,3
Kastendoppelfenster (nach Modernisierung)	<b>1,2<sup>8</sup></b>

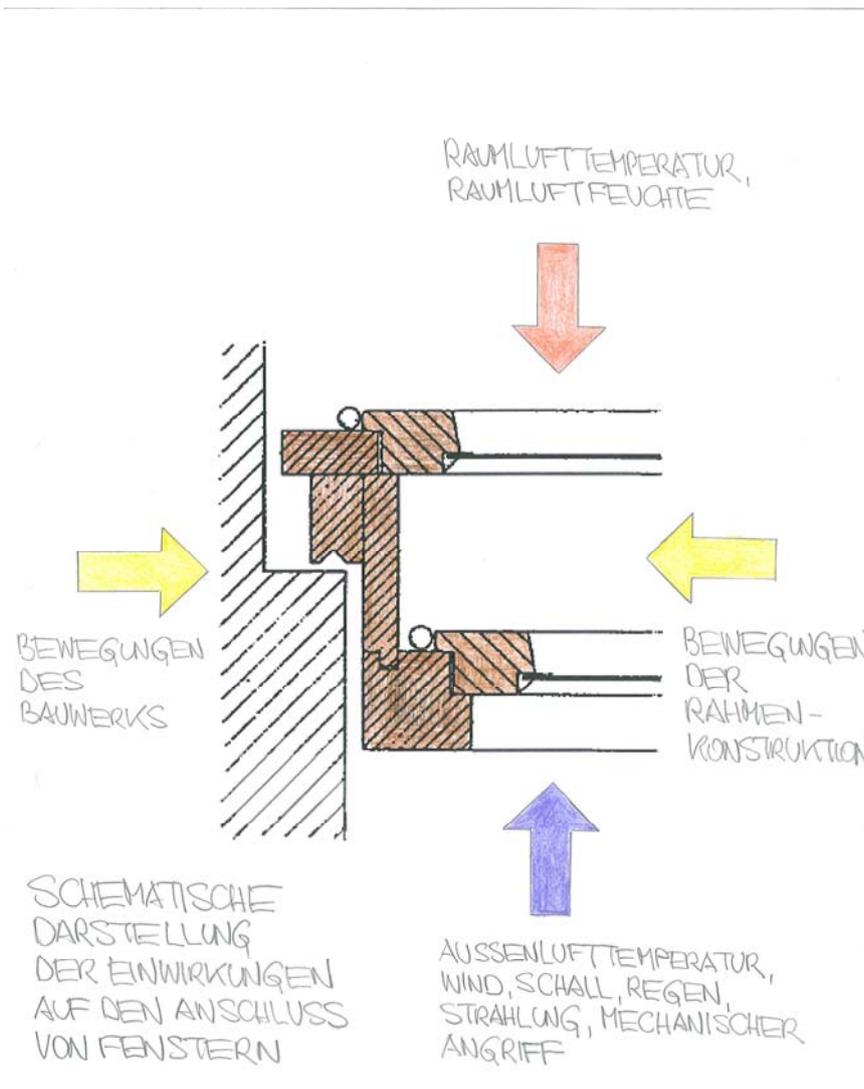
<sup>7)</sup> Das „w“ im U<sub>w</sub> –Wert steht dabei für das englische Wort „window“. Der U<sub>w</sub>-Wert von Fenstern bezeichnet den U-Wert der Gesamtkonstruktion (Glas + Rahmen).

<sup>8)</sup> Kastendoppelfenster mit Vakuumverglasung und gedämmten Kastenzwischenraum. N.B. Damit ist sogar Passivhausqualität möglich!

## Befestigung und Lastabtragung

Durch eine Kastenfenstersanierung werden üblicherweise die Befestigungen in der Außenwand nicht angegriffen. Bei einer Sanierung des Innenflügels mit einer Zweischeiben-Wärmeschutzverglasung ist auf die neue Verteilung der Lastabtragung am Fensterinnenflügel und im Speziellen der Befestigungsmittel am Fensterstock zu achten.

Abb. 5 zeigt die wichtigsten Einflüsse auf ein Kastenfenster:



**Abb. 5: Einwirkungen auf den Anschluss von Fenstern**

Die Lastabtragung bestehender Kastenfenster kann durch die großflächige Befestigung des Einputzens und Einmauerns, eine einwandfreie Übertragung aller auftretenden Kräfte am *Fensterkastenrahmen* in das Bauwerk gewährleistet. Es treten üblicherweise keine Verformungen auf, welche die die Funktion des Fensters beeinträchtigen würden.

## Abdichtung

Die wesentlichste Grundlage für die Funktionstauglichkeit einer Kastenfensterkonstruktion ist die Dichtigkeit des Innenflügels und die im Vergleich zum Innenflügel erhöhte Undichtheit des Außenflügels.

## Dichtebenen

Die Aufgaben im Fugenbereich liegen zum einen im Primärbereich "Dichten" und zum zweiten im Sekundärbereich "Dämmen". Dabei haben der Innen- und Außenflügel folgende Aufgaben zu erfüllen (Tab. 6):

Tab. 6: Dichtfunktionen des Kastenfensters

Aufgabe	Innenflügel	Außenflügel
Winddichtigkeit	●	●
Luftdichtheit	●	
Schlagregendichtigkeit		●
Schalldichtigkeit	●	●

Gerade bei der Altbausanierung sind die Fensteranschlüsse in ihrer vorhandenen Konstruktion eingehend zu dokumentieren und zu analysieren, um notwendigen Handlungsbedarf für die Instandsetzung einwandfrei be- und ausschreiben zu können.

## Fugenarten

Im Zuge einer thermischen Fenstersanierung werden zwei wesentliche Fugenarten unterschieden:

### **Bauanschlussfuge (Einbaufuge)**

Ist die Fuge zwischen *Stockrahmen* und dem Baukörper.

Die *Bauanschlussfuge* wird bei einer Beschichtungsüberarbeitung oder Sanierung der Innen- bzw. Außenflügel grundsätzlich nicht bearbeitet.

### **Konstruktionsfugen**

Sind die verschiedensten Fugen im Bereich des *Stockrahmens* und der Fensterflügel.

## Fugenausbildung

*Bauanschlussfuge:*

Durch das Einputzen und Einmauern ist das Kastenfenster mit seiner Kastenkonstruktion zumeist oben, links und rechts, auch nach langer Nutzungsdauer noch voll funktionstauglich.

Die Problemstelle ist sehr oft der untere Anschluss. Durch das etwaige Entfernen von Wandnischenverkleidungen ist die **Bauanschlussfuge** freigelegt und erfüllt ohne weiterer Maßnahmen nicht mehr die Anforderungen hinsichtlich Luft- und Dampfdichtheit. Eine sehr einfache und effiziente Lösung stellt hier das Verputzen dieser Flächen dar.

Ausbildung der **Bauanschlussfuge** gem. Ö-Norm B 5320.

### **Konstruktionsfuge**

Bei diesen Fugen ist eine möglichst hohe Passgenauigkeit und bei beweglichen Teilen auf einen gleichmäßigen Anpressdruck zu achten.

### **Innenflügel**

Der **Falz** des Innenflügels sollte mit einer umlaufenden Lippendichtung zu versehen werden. Wo dies aufgrund konstruktiver Gegebenheiten nicht möglich ist, sind individuelle Lösungsmöglichkeiten zu suchen.

Es gilt die Regel, dass eine gut schließende Dichtung besser ist als zwei nicht optimal schließende Dichtungen.

### **Außenflügel**

Erzielung einer möglichst hohen Passgenauigkeit und gleichmäßigen Anpressdruck der Außenflügel im **Rahmen**.

Bei der etwaigen Verwendung von PU-Schäumen ist besonders darauf zu achten, dass beschnitten PU-Schäume als nicht mehr luft- und dampfdicht zu werten sind! Eine sehr einfache und effiziente Lösung stellt hier das Verputzen dieser Flächen dar.

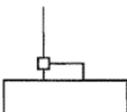
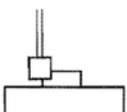
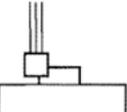
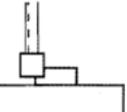
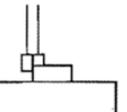
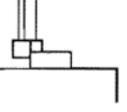
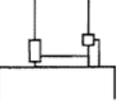
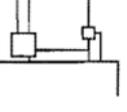
## **Verglasungen**

Durch Maßnahmen, die die Verglasung des Fensters betreffen, kann eine thermische Verbesserung am Fenster erzielt werden. Diese sollten allerdings gründlich erwogen werden, da dadurch das System des Kastenfensters verändert wird. Außerdem sind sie mit einem Verlust historischer Substanz verbunden. Nachstehende Liste stellt eine qualitativ ansteigende Reihung (nach bauphysikalischen und technische Kriterien) dar:

- 2 mal Einfachgläser unbeschichtet, entsprechend dem historischen Bestand
- Glaskombination aus beschichteten Einfachgläsern („k-plus-Glas“) mit bestehender Einfachverglasung außen
- Kombination aus 2 mal beschichteten Einfachgläsern (Beschichtungen dem Glaszwischenraum zugewandt)
- Kombinationen aus Wärmeschutzglas im Innenbereich und Einfachverglasungen im Außenbereich
- Verwendung von Vakuumdämmgläsern im Innenflügel (Neubau-Technologie der Zukunft, verbesserte Wärmedämmung)

Tab. 7 zeigt die von verschiedenen Verglasungssystemen erreichbaren U- und g-Werte:<sup>9)</sup>

Tab. 7: U- und g-Werte von Fenstern

innen	Skizze	außen	Bezeichnung	Scheiben- abstand [cm]	k [W/m <sup>2</sup> K]				g
					Rahmenmaterial				
					Hoiz	Kunststoff Mehrkammer Einkammer k=2,0 k=2,5		Metall Gedämmt k=3,5	
	EINZELFENSTER: 1 Scheibe (EV)	-	4,6	-	-	-	5,9	0,75	
	ISOLIERGLASFENSTER: 2 Scheiben (2-IV)	0,6 1,2 1,6	2,7 2,5 2,4	2,8 2,6 2,5	3,1 2,9 2,8	3,3 3,1 3,0	4,0 3,8 3,7	0,65	
	ISOLIERGLASFENSTER: 3 Scheiben (3-IV)	2 x 1,2	1,9	2,0	2,1	2,4	3,1	0,60	
	ISOLIERGLASFENSTER: 2 Scheiben metallbedampft, Gasfüllung (2-IV <sub>IR</sub> )	1,2	1,4- 1,7	1,5 - 1,8	-	2,0 - 2,3	-	0,60	
	VERBUNDFENSTER: 2Scheiben (DV, Verbund)	2 - 4	2,3	2,5	2,6	2,9	3,7	0,65	
	VERBUNDFENSTER: 3 Scheiben (EV + 2-IV, Verbund)	1,2+2,4	1,7	1,9	2,0	2,3	-	0,60	
	KASTENFENSTER: 2 Scheiben (DV, Kasten)	ca.20	2,2	-	-	-	-	0,65	
	KASTENFENSTER: 3 Scheiben (EV + 2-IV, Kasten)	1,2+ca.20	1,6	-	-	-	-	0,50	

[13]

<sup>9)</sup> k-Wert ist die alte Bezeichnung des U-Wertes, beide Werte sind identisch..

## Dämmung

Grundsätzlich ist eine zusätzliche Dämmung des Kastenfensters, im Kastenzwischenraum nur im Zuge von ganzheitlichen Maßnahmen, wie z.B. einer vollflächigen Innendämmung der Außenwand, sinnvoll.

Durch Innendämmung der Außenwand entsteht zwar deutlich höhere Energieeffizienz als ohne Dämmung der Außenwände, aber jedenfalls eine deutlich geringere als bei Außendämmung.

Zusammen mit „Passivhauskomponenten“ sind Werte für den Heizwärmebedarf zwischen 40 und 60 kWh/(m<sup>2</sup>a) erreichbar (Faktor 4!).

Der Passivhausstandard kann mit Innendämmung der Außenwände in aller Regel nicht erreicht werden; es verbleiben zu hohe Wärmebrückenverluste.

Die gesonderte Dämmung des Kastenzwischenraumes ist nur unter Berücksichtigung folgender Kriterien mangelfrei herstellbar:

- Schlagregenschutz
- Dämmung von wärmebrückenreduzierten Details
- Problemstellen evtl. beheizen

Zur Planung, Produktwahl und Dimensionierung der Innendämmung wird die Beiziehung eines Bauphysikers dringend empfohlen!

## Gebrauchstauglichkeit

Unter Gebrauchstauglichkeit versteht man die volle Funktionstauglichkeit der Fensterkonstruktion bezüglich Feuchte-, Wärme- und Schallschutz über einen Nutzungszeitraum von 20 Jahren.

Je höher der Sanierungsbedarf an historischen Kastenfenstern ist, desto weniger erfüllen diese die Anforderungen der Gebrauchstauglichkeit in den Bereichen Bedienung, Feuchte-, Wärme-, Schall- und Brandschutz im Vergleich zu heutigen Fenstersystemen.

Hinsichtlich des Feuchte-, Wärme- und Schallschutz können die alten Kastenfenster durch eine umfassende Fenstersanierung problemlos auf den heutigen Niedrigenergiestandard saniert werden.

Die Bedienung ist und bleibt der wesentlichste Unterschied zwischen Kastenfenstern der Gründerzeit und Fenstern der Gegenwart, denn bei Kastenfenstern gibt es keine Kippstellung und keine Einhandbedienung. Wie schwerwiegend diese „Nachteile“ beurteilt werden unterliegt wohl sehr dem persönlichen Empfinden. Zur Kippstellung sei allerdings erwähnt, dass diese oftmals zum falschen Lüften verleitet (richtig Lüften bedeutet: mehrmals täglich stoßlüften!).

Ein gravierender Nachteil in der pflege ergibt sich bei nach außen aufschlagenden Außenflügeln. Diese sind (ohne halsbrecherische Fensterklettereien) nur mittels Teleskopstangen zu reinigen. Den Nutzern dieses Fenstertyps sei jedoch die verbesserte Winddichtheit ein Trost: Bei Wind werden die Fenster „angedrückt“ und dadurch fugendichter für Wind, Schall und Staub.

Dem Argument der erschwerten Reinigung der Fenster durch die Sprossenteilung sei entgegengehalten, dass sprossenlose, größere Fensterflächen subjektiv schneller verschmutzt wirken und deshalb öfter gereinigt werden. Es steht also das häufigere Fensterputzen dem mühsameren, aber selteneren gegenüber.

## Zusammenfassende Empfehlungen Bauphysik

Eine Sanierung von Fenstern hat meistens nicht nur die Erneuerung des Anstrichs zum Ziel, sondern auch, bzw. vor allem, eine bauphysikalische Aufwertung, meist eine Verbesserung der Wärmedämmeigenschaften. Eine solche „Abdichtung“ von Gebäuden kann allerdings schwerwiegende Folgen für das Gebäude selbst und dessen Bewohner haben. Diese Auswirkungen müssen im Vorfeld mitbedacht werden und gegebenenfalls in die Planung einfließen.

Als geringster, aber auf jeden Fall notwendiger Eingriff in die Benutzergewohnheiten muss das **verstärkte Lüften** genannt werden: der durch undichte Fenster erfolgte unkontrollierte Luftaustausch reicht zwar keineswegs dafür aus, die in Räumen lebenden/arbeitenden Menschen ausreichend mit Frischluft zu versorgen, für den Abtransport „überschüssiger“ Luftfeuchte allerdings schon.

Während also der gesundheitliche Aspekt einer nicht ausreichenden Belüftung visuell unbemerkt bleibt, wird auf den fehlenden Abtransport der Raumlufftfeuchtigkeit durch beschlagene Scheiben deutlich hingewiesen (gut sanierte Kastenfenster beschlagen bei erhöhter Luftfeuchte an der Innenseite der Innenflügel! Beschlägt die Innenseite der Außenflügel, sind entweder die Innenflügel zu undicht oder die Außenflügel zu dicht.

Anforderungen an die Fensterebenen: Die Außenflügel müssen Schlagregen und starken Wind abhalten, müssen allerdings weniger dicht als die Innenflügel sein. – Der **Kasten** (also der Zwischenraum zwischen den Fensterebenen) muss kalt sein! Die Innenflügel müssen dichter als die Außenflügel sein. Sollen die Flügel abgedichtet werden, so betrifft dies IMMER die Innenflügel. Nach außen hin muss das Fenstersystem dampffoffener werden!

Undichte Fenster sind meist in den Fassaden von Althäusern die energetischen Schwachstellen. Sie sind die kältesten Punkte an der Außenhaut, kommt es zur Tauwasserbildung, dann hier. Werden die Fenster nun verbessert, verlagern sich diese Schwachstellen nun auf andere Punkte und bleiben (vorerst) eventuell unbemerkt.

Eine verstärkte Dichtheit der Fenster kann Überlegungen bez. der Frischluftzufuhr von **Heizgeräten** nach sich ziehen.

## Bauphysikalische Empfehlungen zur Sanierung

- Jedenfalls muss die Anschlussfuge unter Verwendung dauerelastischer Dichtungen sachgerecht ausgeführt werden (Einbau nach **RAL** oder **ÖNORM**). Als Alternative zum Schäumen der Fugen bieten sich Zöpfe aus Hanf, Schafwolle oder anderen Materialien an. Wichtig ist immer ein sorgsamer Einbau, denn nach dem Anputzen des Fensterrahmens und dem Einbau der Fensterbänke sieht man die Baufehler nicht mehr.

- Verbesserung der Abdichtung des Innenflügels durch umlaufende eingefräste Lippendichtung  
Die dauerhafteste (und auch teuerste) Lösung ist das Einfräsen von Lippenprofilen (Dichtungslippen). Richtwert: 5-10 €/lfm Dichtung. Bitte notwendige Zuluftöffnungen für Verbrennungsheizungen (auch Gasthermen!) beachten.
- Zu dicht schließende neue Fenster im Altbau begünstigen Schimmelpilzbildung.
- Kastenfenster kann man ebenfalls vollständig abdichten und mit einer kontrollierten Lüftungsmöglichkeit versehen.
- Die Außenflügel sollen nach der Modernisierung luftdurchlässig sein.

### III. Bauchemie

#### Chemikalien in der Fenstersanierung

Tab. 8 zeigt, welche Stoffe üblicherweise für welche chemischen Fensterkomponenten zum Einsatz kommen:

Tab. 8: Bindemittelsysteme als Fensterkomponenten

	Imprägnierung / Grundierung Holz	Deckbeschichtung Holz	Dichtmassen	Spachtelmassen	Beschichtungen Beschläge
Acrylate	Ⓜ	Ⓜ	Ⓜ	(Ⓜ)	Ⓜ
Alkydharze	ⓂⓇ	ⓂⓇ			ⓂⓇ
Polyester				ⓂⓇ	
Polyurethane	Ⓜ	Ⓜ	Ⓜ(Ⓡ)	Ⓡ	ⓂⓇ
Silikone			Ⓜ(Ⓡ)		
Silanmodifizierte Polymere			ⓂⓇ		
Trocknende Öle	ⒶⓇ	ⒶⓇ	ⒶⓇ	Ⓐ(Ⓡ)	Ⓐ(Ⓡ)

- Ⓐ Einsatz im Bestand
- Ⓜ Einsatz in neuen Fenstersystemen
- Ⓡ Einsatz bei Fenstersanierungen
- ( ) seltener oder technisch unsinniger Einsatz

#### Alkydharze

Alkydharzsysteme werden bei Fenstersanierungen traditionell als Beschichtungen eingesetzt, und zwar sowohl bei neuen Fenstersystemen, bei Neuanstrichen als auch bei Sanierungen. V

Chemisch gesehen sind Alkydharze mit (natürlichen oder synthetischen) Fettsäuren modifizierte Polyesterharze (⇔ S.36).

Natürliche Fettsäuren werden dabei als Triglyceride (Dreifachester des Glycerins) eingesetzt und mittels Umesterungsreaktionen eingebaut.

In Abhängigkeit vom Ölgehalt unterscheidet man kurz- (<40% Öl), mittel- (40 - 60% Öl) und langkettige (>60% Öl) Alkydharze, nach dem Trocknungsverhalten lufttrocknende, wärmehärtende und nichttrocknende Alkydharze, für Malerprodukten werden ausschließlich lufttrocknende Harze verwendet.

Der Name ist ein aus den englischen Bestandteilen alcohol und acid (Säure) gebildetes Kunstwort.

### Technische Eigenschaften

Alkydharzlacke – vor allem langkettige - kommen von allen modernen synthetischen Bindemitteln den chemischen Eigenschaften ölbasierter Farben am nächsten, enthalten auch einen Anteil natürlicher Öle.

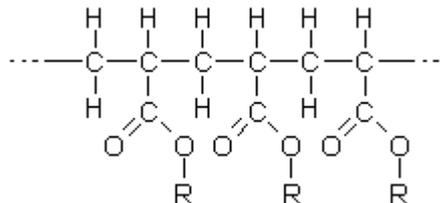
Bei Sanierungen historischer, mit *Leinöl* grundierter und mit *leinölbasierten* Farben beschichteter Systeme sind sie zur Zeit das technisch mit dem Altsystem noch am ehesten verträglichste Kunstharz-System, vor allem auch, weil sie in *diffusionsoffener* Qualität herstellbar sind. Allerdings weisen gerade alkydharzbeschichtete Fenster – auch originalbeschichtete – häufig massive Feuchtigkeitsschäden auf, die in der Regel mit den falschen Diffusionseigenschaften des Beschichtungssystems erklärbar sind.

Im Vergleich zu den *Standölfarben* weisen Alkydharzfarben deutlich bessere Verlaufseigenschaften auf und ermöglichen Oberflächen ohne die bei *Standölfarben* unvermeidbaren Pinselstriche sowie das bei letzteren übliche *Kreiden*.

## Acrylate

Acrylsysteme als Bindemittel kommen bei Fensterbeschichtungen überwiegend als Beschichtungen und elastische Dichtmassen, selten auch als Feinspachtelmassen (letztere meist im Metallbereich) zur Anwendung.

Acrylsäure (vom Lateinischen acer scharf) ist der Trivialname der Acrylsäure, Acrylfarben sind chemisch *Polymere*, entweder der Acrylsäure (Polyacrylsäure), meist aber von Acrylsäureestern (Polyacrylate).



**Abb. 6: Polyacrylat**

### Technische Eigenschaften

Acrylsysteme sind das meistverwendete System bei Wasserlacken. Die anfänglichen Probleme der Lacke mit *Blockneigung* sind bei modernen Produkten meist behoben. Im Vergleich zu Polyurethanlacken weisen sie eine weniger harte, allerdings auch deutlich weniger spröde Oberfläche auf. Acryl-Urethan-Copolymere sind eine Kombination bzw. ein Kompromiss zwischen den Eigenschaften von Polyurethanlacken (härte, eher spröde Oberfläche) und denen reiner Acrylsysteme (weichere, aber flexiblere Oberfläche).<sup>10)</sup>

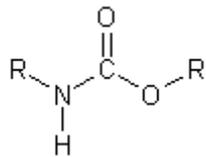
<sup>10)</sup> Diese Darstellung ist eine gewisse Vereinfachung. Es ist natürlich auch möglich, durch Beeinflussung der Molekülgrößen jedes der angeführten Bindemittelsysteme Eigenschaften in die eine oder andere Richtung zu beeinflussen.

Bei neuen Fenstern können Acrylbeschichtungen oder Acryl-Urethan-Copolymere (zum Teil als „PU-verstärktes Acryl“ bezeichnet) durchaus empfohlen werden, auch bei der Sanierung moderner (nicht ölbasierter) Fenster können sie akzeptiert werden.

Bei Sanierungen ölgetränkter und –altbeschichteter Holzfenster ist von Wasserlacken aber ausdrücklich abzuraten: Es ist davon auszugehen, dass die längerfristige Haftung auf dem Untergrund nicht gewährleistet werden kann, Acryllacke blättern erfahrungsgemäß nach einiger Zeit ab, die Deckbeschichtung weist überdies häufig diffusionsbremsende Eigenschaften auf, was eine Gefährdung des Systems Holz durch Feuchtigkeitsstau und möglichen Pilzbefall verursacht

## **Polyurethane**

Polyurethane sind formal durch die Urethan-Gruppe verknüpfte Polymere (genauer: Polyadditive), N.B. keine Polymere des Urethans!



**Abb. 7: Urethan-Bindung**

Sie werden aus mehrwertigen Alkoholen und Diisocyanaten hergestellt, die Vernetzung erfolgt bei einkomponentigen Produkten mit Luftfeuchtigkeit, bei zweikomponentige Produkte verwenden zusätzliche Vernetzer (*Polyole*) und haben üblicherweise einen höheren Gehalt an Monomeren (gesundheitsschädlichen Isocyanaten).

## **PU-Schäume**

Bei der Herstellung von Hart- und Weichschäumen aus Polyurethan wird während der Reaktion ein zugemischter, bei Reaktionsbedingungen flüchtiger, nichtreaktiver Stoff aus einem nichtgasförmigen Aggregatzustand (meist als Flüssigkeit) verdampft. Dieser Stoff verbleibt entweder - bei ausreichend hoher Molekülgröße - mehr oder weniger dauerhaft in den durch diesen Verdampfungsvorgang gebildeten Zellen (Zellgas), oder er wird - bei niedrigerer Molekülgröße – nach einer gewissen Zeit infolge *Diffusion* durch die Umgebungsluft ersetzt.

Als Zellgas des ersten Typs und zusätzlich als Treibgas (für PU-Schäume, die in Druckgaspackungen angewendet werden) waren jahrzehntelang die praktisch unbrennbaren, für den Menschen völlig unschädlichen *FCKW*, später *HFCKW* im Einsatz.

Bei modernen PU-Schäumen werden *HFCKW*, *Kohlenwasserstoffe* und Kohlendioxid sowie Gemische dieser Stoffe als Treibmittel eingesetzt.

### Technische Eigenschaften - Beschichtungen

Polyurethansysteme liefern hochwertige, mechanisch und chemisch sehr widerstandsfähige Beschichtungen ohne Blockneigung, die tendenziell aber etwas spröder sind als etwa reine Acrylsysteme, was die Wahrscheinlichkeit von Rissbildung bei mechanischer Beanspruchung (z.B. Hagelschlag) erhöht.

Während sie bei Neubeschichtungen wie bei der Sanierung moderner (nicht ölbasierter) Fenstersysteme durchaus akzeptabel sind, ist bei Sanierung hydrophober Systeme vor PU-Beschichtungen jedenfalls abzuraten, weil hier die Gefahr des Abblätterns wie bei anderen Wasserlacken besteht.

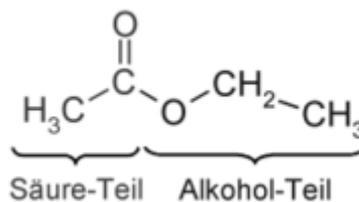
### Technische Eigenschaften - Schäume

Siehe die Ausführungen zu Bauanschlussfugen (⇒ S.27f.)

## Polyester

Ester stellt man generell durch Reaktion einer Säure mit einem Alkohol her, bei dieser Reaktion wird Wasser abgespalten.

Der entstehende Ester besteht somit aus einer Säure- und einer Alkohol-Komponente. Der in Abb. 8 dargestellte Essigsäureethylester (meist Ethylacetat genannt) wird etwa aus Essigsäure und Ethanol hergestellt:



**Abb. 8: Ester (Beispiel Ethylacetat)**

Polyester werden entweder aus zweiwertigen Alkoholen (enthalten zwei Alkoholgruppen) mit Dicarbonsäuren (enthalten zwei Carboxylgruppen) oder aber aus Hydroxycarbonsäuren (enthalten an einem Molekülende eine Alkohol-, am anderen eine Carboxylgruppe) durch **Polykondensation** (Verknüpfung einer langen Molekülkette unter Wasserabspaltung) hergestellt.

Werden auch oder ausschließlich höherwertige Alkohole (z.B. der dreiwertige Alkohol Glycerin) eingesetzt, entstehen keine lineare Ketten, sondern dreidimensional vernetzte Moleküle.

Ungesättigte Polyesterharze (sogenannte UP-Harze), wie sie etwa bei zweikomponentigen Polyesterspachteln und -kitten eingesetzt werden, enthalten Doppelbindungen in der Säurekomponente, die dann durch eine Folgereaktion mit Styrol (in der Härterkomponente enthalten) nachpolymerisiert werden, um noch stabilere **Duroplaste** zu erzielen.

### Technische Eigenschaften

Für kleinere Ausbesserungen bei Holzarbeiten sind Polyesterspachteln zur Zeit ohne relevante Alternativen.

Größere Ausbesserungen sind jedenfalls auch aus technischen Gründen abzulehnen, weil solcherart Fremdkörper im Holz entstehen, die ein grundlegend anderes Diffusionsverhalten aufweisen und die aufgrund ihres völlig von Holz verschiedenen Verhaltens gegenüber Feuchtigkeit und Temperatur vom Holz abreißen können.

## Silikone

Silikone, chemisch exakter Poly(organo)siloxane, ist eine Bezeichnung für eine Gruppe synthetischer Polymere, bei denen Siliciumatome über Sauerstoffatome verknüpft sind.

Die dann noch „freien Bindungsplätze“ (insgesamt gibt es vier) am Siliciumatom sind durch *Kohlenwasserstoff*- (meist Methyl-)gruppen „belegt“.

Werden jeweils zwei der Silicium-„Bindungsplätze“ durch solche Sauerstoffbrücken verbunden, entstehen Molekülketten (Beispiel Abb. 9), wenn auch nur bei einem Teil der Siliciumatome mehr „Plätze“ zur „Verknüpfung“ verwendet werden, dreidimensionale Molekülnetze.

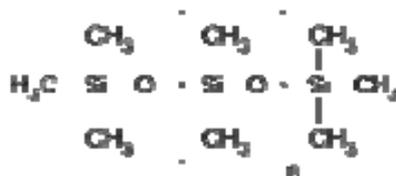


Abb. 9: Polydimethylsiloxan

### Technische Eigenschaften

Silikone werden als elastische Dichtmassen verwendet. In modernen Holzfenstern ersetzen sie den Fensterkitt.

Sie sind in vielen Farbtönen verfügbar, sind im Gegensatz zu Acryl- und SMP-Dichtmassen aber nicht überstreichbar. Viele Silikone enthalten *Biozide*, vor allem *Fungizide*.

Da diese infolge Auswaschung und/oder Verdunstung nur begrenzte Wirksamkeit aufweisen und auch *Extender* (eine *Weichmacherart*) je nach Exposition aus der Matrix migrieren können, müssen Silikone, für deren Wirksamkeit das Biozid essentiell ist (z.B. Sanitärsilikon) oder die besonders exponiert sind, nach einer gewissen Zeit häufig wieder erneuert werden („*Wartungsfuge*“).

Als Ersatz von *Fensterkitt* bei Sanierungen älterer (ölbeschichteter) Fenster sind Silikone jedenfalls ungeeignet, da die Haftung auf dem (hydrophoben) Untergrund nicht erzielt bzw. gewährleistet werden kann.

Silikone härten durch Reaktion mit der Luftfeuchtigkeit aus, wobei sie niedermolekulare flüchtige Stoffe durch sogenannte Kondensationsreaktionen freisetzen. Je nach dem pH dieses Reaktivsystems unterscheidet man sauer, alkalisch oder neutral vernetzende Silikone, nach den dabei freigesetzten Stoffen z.B. essig- (auch acetat-)vernetzende (sauer), oxim-, alkoxy- oder benzamidvernetzende (neutral) oder aminvernetzende (alkalisch).

Silikone sind dauerelastisch, existieren sowohl in transparenter als auch eingefärbter Form, haften aber auf vielen Untergründen schlecht.

## **Silikonmodifizierte Polymere**

Silikonmodifizierte Polymere (abgekürzt) *SMP*, häufig „MS Hybrid“ oder auch „MS Polymer“ genannt, bestehen aus einer polymeren Matrix, die mit Bausteinen mit endständigen Silikongruppen modifiziert wurde.

Hierbei handelt es sich um eine neue, sehr rasch an Bedeutung gewinnende Art von Dichtmassen bzw. Klebstoffen. Die Vernetzung funktioniert wie bei Silikonen durch die Reaktion mit Luftfeuchtigkeit. Silanvernetzende Polymere sind meistens zähelastisch mit einer hohen Klebkraft. Mitunter werden sie auch Hybridklebstoffe genannt, weil Polymere und Silane ein Hybrid ergeben. Die Silan-Bausteine können durch chemische Reaktion mit benachbarten Polymermolekülen Brücken schlagen und sich so dreidimensional vernetzen. Bei der Vernetzung werden niedermolekulare Substanzen, in der Regel Alkohole wie Methanol oder Ethanol freigesetzt.

### **Technische Eigenschaften**

SMPs haben eine Vielzahl attraktiver Eigenschaften, weshalb sie trotz ihres vergleichsweise hohen Preises immer häufiger eingesetzt werden: Sie haften auf praktisch allen Untergründen, existieren sowohl in transparenter als auch in eingefärbter Form, behalten ihre dauerelastischen Eigenschaften und ihre Klebkraft in der Regel erheblich länger als andere Materialalternativen und sie sind auch überstreichbar.

## **Korrosionsschutz**

Obwohl grundsätzlich praktisch immer der Zustand der Holzbestandteile von Fenstern den Sanierungsbedarf begründet, spielt natürlich auch die vorhandene Korrosion von *Beschlägen* sowie die Frage des nachhaltigen weiteren Korrosionsschutzes dieser Teile eine wichtige Rolle.

Man unterscheidet grundsätzlich zwei verschiedene Arten von Korrosionsschutz:

### **1. Passiver Korrosionsschutz:**

Bezeichnet alle Strategien, die darauf abzielen, den Kontakt der Metalloberfläche mit Luftsauerstoff und Wasser mithilfe einer nichtreaktiven Schutzschicht zu unterbinden.

Zum passiven Korrosionsschutz zählen insbesondere alle nichtreaktiven Beschichtungen, auch jene mit edleren Metallen (z.B. Verchromen, Vergolden, Versilbern).

Als Konversionsschicht bezeichnet man eine zum Zweck des passiven Korrosionsschutzes durch chemische Prozesse an der Metalloberfläche (z.B. durch Galvanisieren oder Eloxieren) erzeugte Schutzschicht.

## 2. Aktiver (kathodischer) Korrosionsschutz

Beim aktiven Korrosionsschutz werden gezielt unedlere Schichten auf die zu schützende Metalloberfläche aufgebracht. Die Schutzwirkung besteht hier somit darin, dass diese Schicht, als Schutz- oder Opferanode bezeichnet, vor der zu schützenden Metalloberfläche oxidiert wird.

Das wichtigste aktive Korrosionsschutzverfahren ist das Verzinken.

## Korrosionsschutz mit Schwermetallen

### Minium und Mennige

Minium ist der Name eines rotbraunen Minerals, das im Wesentlichen aus vierwertigem Bleioxid besteht. Mennige bezeichnet ein Mineral, das aus einem Gemisch zwei- und vierwertiger Bleioxide besteht. Beide Minerale wurden bis in die jüngere Vergangenheit, mit *Leinöl* verrieben, als Korrosionsschutz für Eisenflächen etwa bei Fenster*beschlägen* verwendet.

Die Korrosionsschutzwirkung beider Minerale besteht in einer Passivierung: Durch Reaktion des Blei(IV)oxids mit dem durch die Oxidation des Eisens gebildeten Eisen(II) entsteht (bei Anwesenheit von Wasser) ein Gemisch aus Blei(II)hydroxid und Eisen(III)hydroxid, zwei schwerlöslichen Verbindungen, die eine stabile passive Schutzschicht auf der Metallfläche bilden.

### Chromate

Unter Chromatieren versteht man eine meist galvanisch erzeugte Chromatschicht auf einem Werkstück, es gehört zu den Passivierungstechniken. Der Begriff ist insofern etwas verwirrend, als man damit zum Teil auch chromatfreie chromhaltige (aus metallischem oder dreiwertigem Chrom) Passivierungsschichten mit bezeichnet.

Vor allem Zinkchromat wurde und wird bis heute als Korrosionsschutz*pigment* meist in *Grundierungen* z.B. auf Alkydharzbasis eingesetzt.

## Alternativen zu schwermetallbasiertem Korrosionsschutz

### Phosphate

Beim Phosphatieren wird eine sogenannte Konversionsschicht aus fest haftenden schwerlöslichen Metallphosphaten durch Reaktion mit wässrigen Phosphatlösungen gebildet, es gehört somit zu den Passivierungstechniken.

Zum Einsatz kommen dabei Eisen-, Zink- oder Manganphosphate, die eigentliche Phosphatschicht wird durch Reaktion des Phosphats mit dem Metall (in der Regel Eisen) des Werkstoffs.

### Korrosionsschutz mit natürlichen Fetten und Wachsen

Eine besondere Form des passiven Korrosionsschutzes stellen Produkte auf Basis meist natürlicher Fette, Wachse und Öle dar. Sie werden zum Unterschied zu anderen Systemen, in denen der Korrosionsschutz im Zuge der Grundierung erfolgt, über der obersten Beschichtung aufgebracht.

### Technische Eigenschaften

Hauptproblem bei diesen Produkten ist die Überstreichbarkeit, allerdings gibt es auch hier bereits Endbeschichtungs-Produkte, die feste, nichtölige bzw. nichtfettende Oberflächen versprechen. Die Erzielung solcher Oberflächen muss bei Fenstersanierungen als Grundbedingung formuliert werden, da ansonsten davon ausgegangen werden muss, dass die öligen/fettigen Oberflächen durch Nutzer abgereinigt werden.

Vorteile sind die hydrophobierende (wasserabweisende) Wirkung und – je nach Viskosität und Oberflächenaktivität des Produkts und seiner Bestandteile – die „Kriechfunktion“, also das Eindringen und Benetzen des Werkstoffs auch an wenig zugänglichen Stellen.

## **Holzschutz**

Unter dem Begriff Holzschutz werden alle Maßnahmen zusammengefasst, die einer Wertminderung oder Zerstörung von Holz, Holzwerkstoffen oder Holzkonstruktionen vor Schädigungen durch Witterung, Insekten oder Mikroorganismen entgegenwirken und damit eine lange Gebrauchsdauer sicherstellen. Man unterscheidet zwischen präventivem (vorbeugendem) und bekämpfendem Holzschutz.

### Präventiver Holzschutz

#### Materialauswahl

Für die Auswahl von Hölzern für (neue) Fenster gelten eine Reihe von Kriterien, deren wichtigste sind

- (Minimal-) Dichte
- (Maximal-) Abstand von Jahresringen
- Wuchsqualität (Vermeidung von Drehwuchs, Astlöchern und *Splintholz*)
- Schädlingsresistenz (Dauerhaftigkeitsklasse gem. ÖNORM EN 335-1)
- Witterungsbeständigkeit (Wasseraufnahme)

Da bei Fenstersanierungen (ausgenommen für Ausbesserungen) keine Materialauswahl getroffen wird, soll an dieser Stelle nicht näher auf diese Kriterien eingegangen werden.

Die einzige Wahl, die hier zwingend ist, besteht darin, ausschließlich mit Hölzern der gleichen Art wie im Bestand und mit möglichst angenähertem Alter (zumindest jahrelang gelagertem Holz) auszubessern.

#### Material historischer Hölzer

Wie bereits auf S.11 aufgeführt, waren die Hölzer von Fenstern, die teilweise Jahrhunderte alt sind, strengen Qualitätskriterien unterworfen, besonders entscheidend waren dabei die Winterschlägerung und die meist jahrelange Lagerung/Trocknung.

Der Hauptvorteil der Winterschlägerung war und ist entgegen der landläufigen Meinung („Weniger Nährstoffgehalt im Winterholz“ stimmt nicht.) das weitgehende Fehlen von Schädlingen: Das frisch geschlägerte, noch feuchte und somit hoch schädlingsempfindliche Holz wird deshalb nicht von Schadorganismen befallen, weil diese unter Winterbedingungen inaktiv sind.

Betrachtet man historische Fenster, dann kommt noch ein sehr einfaches, aber trotzdem schlagendes Argument hinzu: das der Selektion: Fenster aus ungeeignete Materialien wären seit langem ausgetauscht worden bzw. wurden sie es zutreffendenfalls in der Vergangenheit auch. Jene Fenster, die jetzt noch existieren und oft jahrhundertlang Maß und Funktionalität bewahrt haben, müssen einfach ein optimiertes System aus Material, Beschichtung und Einbau darstellen, sonst hätten sie gar nicht bis heute „überlebt“.

### **Konstruktiver Holzschutz**

Konstruktiver Holzschutz versucht in erster Linie, den Einfluss der Witterung zu reduzieren und den Kontakt mit Wasser (Niederschläge, Kondensat) zeitlich und räumlich zu minimieren. Entsprechende Hinweise können dem Kapitel „Bauphysik“ entnommen werden, insbesondere unter „Feuchteschutz“ (S.18ff.).

### **Chemischer Holzschutz**

Chemische Holzschutzmittel unterteilt man nach ihrem Zweck in Präventiv- und Kurativprodukte, erstere dienen der Verhinderung des Schädlingsbefalls, die zweiten deren Bekämpfung im Befallsfall.

Nach ihren Zielorganismen unterscheidet man *Fungizide* (gegen Pilze, z.B. Porenschwamm, Hausschwamm oder Schimmel) und *Insektizide* (gegen Insekten, z.B. Hausbock oder Nagekäfer, deren Larven im Volksmund „Holzwurm“ genannt werden). Kurativprodukte gibt es nur gegen Insekten, pilzbefallenes Holz muss mechanisch zur Gänze entfernt werden.

Nach ihrem Phasenzustand unterscheidet man in organischen Lösungsmitteln, in wässrigen Systemen gelöste sowie in wässrigen Systemen emulgierte Stoffe, chemisch in organische und anorganische Wirkstoffe.

In Österreich führt die ARGE Holzschutz, in der die Hersteller und ihre Interessensvertretungen vertreten sind, das österreichische Holzschutzmittelverzeichnis[14]. Dieses listet Produkte, die im Hinblick auf ihre Wirksamkeit geprüft wurden und ordnet sie den einzelnen den Gebrauchsklassen gem. ÖNORM B3802 Teil 2 (Tab.9) zu.



Viele wirken etwa stark *sensibilisierend*, eine Reihe von Stoffen sind als *CMR*- (z.B. die bis vor kurzem als harmlos geltenden Borsalze) oder *PBT-Stoffe* (z.B. TBTO<sup>12</sup>, ein *Pseudohormon*) verboten oder massiven Beschränkungen unterworfen.

### Holzschutzmittel bei Fenstersanierungen? Vorgaben in Normen

Im Innenbereich von Gebäuden ist – auch im Einklang mit der sonst übervorsichtigen Tab. 9 -alles klar: Der Einsatz von Bioziden auf der Innenseite ist (bei neuen Fenstern wie bei Sanierungen) außer in seltenen Ausnahmefällen, die bei Kastenfenstern mit Sicherheit auszuschließen sind (über 20% Luftfeuchtigkeit, Gefahr durch Insekten), völlig unnötig und daher zu unterlassen

Im (bewitterten) Außenbereich ist die Situation bei neuen Fenstern ebenfalls klar, die Werkvertragsnorm für Holzbeschichtungen ÖNORM B 2230-1 schreibt vor, „*witterungs- und feuchtigkeitsausgesetzte Holzbauteile unbedingt mit einem Holzschutzmittel gemäß ÖNORM B 3802-2 zu imprägnieren*“.

Diese Regelung umfasst aber nicht automatisch Erneuerungsbeschichtungen, im entsprechenden Folgeparagrafen heißt es einschränkend lediglich:

*„Bei einer Erneuerungsbeschichtung sind als Vorbehandlung jeweils jene Arbeitsgänge auszuführen, die dem Zustand der vorhandenen Beschichtung und der vereinbarten Qualität der Erneuerungsbeschichtung entsprechen.“*

Anders formuliert: Es ist Vereinbarungssache zwischen Auftraggeber und -nehmer, ob bei Sanierungen auch mit Fungiziden oder Insektiziden imprägniert bzw. grundiert werden soll oder nicht.

Den gleichen Grundsatz verfolgt die ÖNORM B 3802-2 (Vorbeugender chemischer Holzschutz): In der Vorbemerkung wird dem Ausschreiber die Anwendung chemischer Holzschutzmaßnahmen ausdrücklich freigestellt. Und in der ÖNORM EN 927-2 (⇒ VII. Normenverzeichnis S.92) werden einschlägige Prüfungen (Bläue-, Schimmelbeständigkeit) ausdrücklich als freiwillige Prüfungen angeführt.

### **Abbeizen**

Es gibt grundsätzlich zwei Arten von Abbeizern: lösemittelbasierte und alkalische.

Lösemittelbasierte waren bis in die jüngere Vergangenheit überwiegend auf der Basis chlorierter Kohlenwasserstoffe (CKW), vor allem von Methylenchlorid.

Modernere lösemittelbasierte Produkte bestehen aus Gemischen diverser flüchtiger Lösungsmittel (z.B. Aceton, Butylacetat, DMSO (Dimethylsulfoxid), NMP (n-Methylpyrrolidon)).

Bei Fenstersanierungen werden überwiegend alkalische Abbeizer verwendet. Sie haben einen sehr hohen pH-Wert (über 12). Durch die starke Lauge werden Säurereste aus dem Molekül teilweise abgespalten (verseift), die entstehende Seife ermöglicht das Ablösen der Lackschicht vom Untergrund.

---

<sup>12)</sup> Tributylzinnoxidverbindungen

Starke Laugen können das Holz angreifen (durch Quellen der *Cellulose*, Herauslösen von *Lignin*bestandteilen), weshalb vom Abbeizen bei Fenstersanierungen dringend abzuraten ist.

### Leinöl und Leinölderivate

Beschichtungssysteme auf Basis natürlicher trocknender Öle enthalten einen variablen Anteil von Triestern des Glycerins (Triglyceriden) mit ungesättigten Fettsäureresten und einen kleinen Anteil von Trocknungsbeschleunigern (*Sikkativen*):

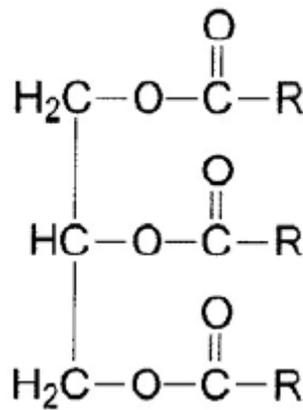


Abb. 10: Triglycerid

Bei Oxidation dieser ungesättigten Fettsäurereste mit Luftsauerstoff entstehen zunächst Peroxide, aus isolierten Doppelbindungen Hydroperoxide, aus konjugierten (benachbarten) Doppelbindungen cyclische (ringförmige) Peroxide:

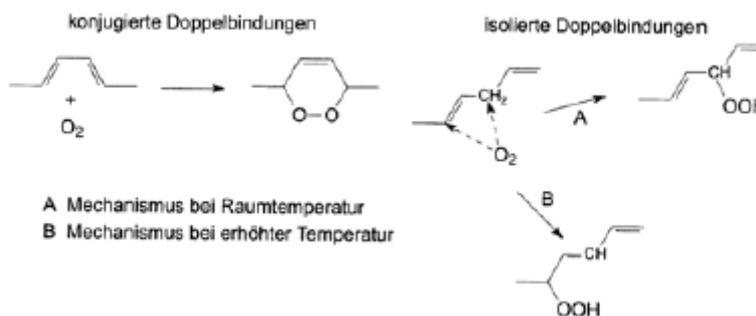
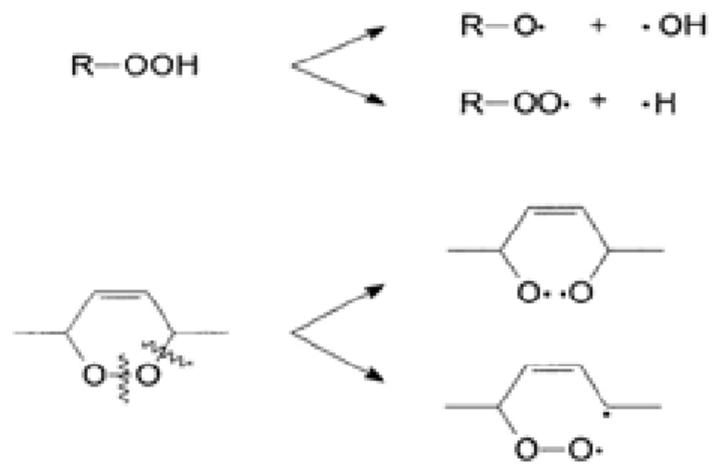


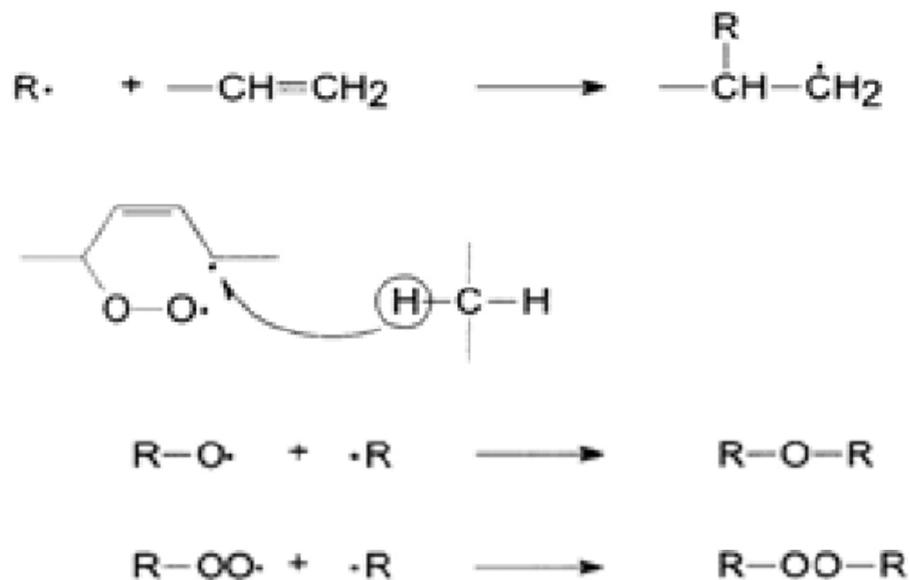
Abb. 11: Reaktionsstart Öltrocknung

Die so gebildeten Verbindungen haben wie fast alle organischen Peroxide die Fähigkeit, sich durch Teilabspaltung in hochreaktive *Radikale* umzuwandeln:



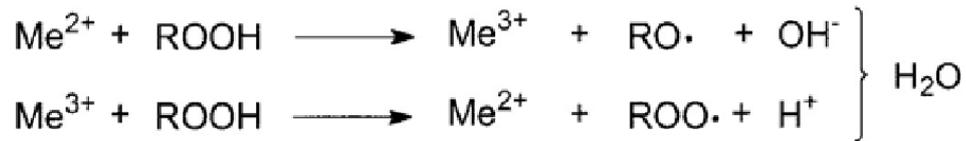
**Abb. 12: Radikalbildung durch Peroxidzerfall**

Diese *Radikale* lösen dann die eigentliche *Polymerisations*reaktion aus:



**Abb. 13: Polymerisation bei oxidativer Öltrocknung**

Der Prozess des Peroxidzerfalls, also die Bildung der *Radikale*, wird mit Hilfe von Metallseifen beschleunigt:



**Abb. 14: Wirkungsweise von Sikkativen**

### Leinöl

Das in unseren Breiten verbreitetste trocknende Öl wird durch Kalt- oder Warmverpressung von Leinsamen, dem Samen der Flachspflanze (Gemeiner Lein, *Linum usitatissimum*) gewonnen. Neben dem Leinöl kann aus der Flachspflanze auch die Flachsfaser gewonnen werden:



**Abb. 15: Gemeiner Lein, Leinsamen und Flachs**

Durch seinen ausgesprochen hohen Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren ist Leinöl einerseits ein ausgesprochen hochwertiges Nahrungsmittel, andererseits ein wertvoller chemischer Rohstoff, der außer als Bindemittel für Beschichtungen vor allem für die Herstellung von Linoleum verwendet wird. Seine Farbe variiert von Hell- bis Dunkelgelb:



**Abb. 16: Leinöl**

## Halböl

Das in der Vergangenheit zur *Grundierung* verwendete sogenannte Halböl bestand je zur Hälfte aus *Leinöl* und aus *Terpentin*, welches deswegen beigefügt wurde, um ein noch tieferes Eindringen des Leinöls ins Holz zu erzielen.

In moderneren lösemittelhaltigen Imprägnierungen auf Leinölbasis werden entweder *Testbenzine* (Erdölestillate) oder (bei Naturfarbenanbietern) Citruschalenterpentine als Lösungsmittel eingesetzt.

## Firnis

Der Begriff „Firniss“ wurde und wird in verschiedenen Bedeutungen verwendet:

Man bezeichnet damit einerseits einen transparenten Schutzanstrich auf Gemälden (insbesondere Ölgemälden), in der Vergangenheit teilweise sogar jeden transparenten Überzug (z.B. Schellackpolituren).

Im Bedeutungszusammenhang dieses Leitfadens wird darunter ein aus einem natürlichen trocknenden Öl – bei uns überwiegend aus Leinöl - gewonnenes Anstrichmittel verstanden.

Leinölfirnis besteht aus gekochtem Leinöl, welchem Trocknungsstoffe (*Sikkative*) zugesetzt wurden, ist somit im Gegensatz zum noch unoxidierten Leinöl bereits teiloxidiert. Durch die Vorbehandlung hat es eine dunklere, bräunliche Farbe:



**Abb. 17: Leinölfirnis**

Es wird einerseits (kalt oder vorgewärmt) direkt zur *Imprägnierung* verwendet andererseits ist es (gemeinsam mit Harzen, *Pigmenten*, Füllstoffen und Lösungs-/ *Filmbildehilfsmitteln*) wesentlicher Bestandteil und Bindemittel von *Ölfarben*, Naturfarben, *Naturharzlacken*, *Standölfarben*, Parkett- und Möbelölen.

## Standöl

Leinöl und Leinölfirnis verfügen über eine geringe Viskosität. Dies ist bei Imprägnierungen von Vorteil, da damit auch ohne Lösungsmittelzusatz ein Eindringen ins Holz gewährleistet ist. Bei Deckbeschichtungen ist zur Verarbeitbarkeit aber eine erheblich höhere Viskosität notwendig.

Die dafür erforderlichen höheren Molekülgrößen erzielt man entweder durch Erhitzen auf 260 bis 300°C unter Luftausschluss oder auf 100 bis 150°C unter Luftzufuhr, das solcherart voroxidierte Leinöl bezeichnet man als Standöl. (In der Vergangenheit erzielte man die Viskositätserhöhung durch längeres Stehenlassen von Leinöl, daher der Name.)

## Ölfarben

Die bei Fensterbeschichtungen verwendeten Ölfarben bestehen im wesentlichen aus Leinölfirnis, Pigmenten, Füllstoffen und Trocknungsbeschleunigern (Sikkativen).

Ölfarben werden bei Fensterbeschichtungen und –sanierungen zur Grundierung verwendet.

## Standölfarben

Standölfarben sind Ölfarben, denen ein gewisser Anteil (etwa 5 – 10%) Standöl zugesetzt wurde. Sie werden bei Fensterbeschichtungen als Decklacke verwendet.

## Linouxin

Als Linouxin (auch Linouxyn oder Linoxid) bezeichnet man das im wesentlichen fertigoxydierte/polymerisierte Endprodukt der oxidativen *Polymerisation* von *Leinöl*, eine feste, elastische, kautschukähnliche Masse:



**Abb. 18: Linouxin**

## Fensterkitt

Der als *Fensterkitt* seit Beginn des 18. Jahrhunderts eingesetzte *Leinölkitt* wird aus ca. 85% Schlämmkreide (Calciumcarbonat) und etwa 15% *Leinölfirnis* hergestellt:



**Abb. 19: Leinölkitt**

### Technische Eigenschaften von Ölsystemen

Der große Vorteil des Ölanstrichs liegt in seiner *Diffusionsoffenheit* (⇒ S.17f.): er bildet keine sperrende Schicht, sodass ins Holz eindringende Feuchtigkeit (und es dringt IMMER Feuchtigkeit ins Holz ein!) nach außen abdunsten kann. Diese Tatsache ist von großer Wichtigkeit, sowohl für die Haltbarkeit des Anstrichs selber, als auch für die des darunterliegenden Holzes.

Außerdem hat der Anstrich die Eigenschaft, flächig abzuwittern (*Kreiden*). Dieser vordergründige Nachteil verwandelt sich im Zuge der Neubeschichtung in einen Vorteil, da keine holzabtragenden (Schleifen) oder –beanspruchenden Techniken zur Entfernung von Altbeschichtungen erforderlich sind:

Es reicht, vor dem Neuanstrich die Oberfläche zur besseren Haftung lediglich aufzurauen (z.B. händisch mit Schleifpapier). (Nach Aussagen von Ausführungspraktikern reicht sogar eine „chemische Reinigung“: Abwischen mit Spiritus und ein Schuss Salmiak.)

Dieses Anstrichsystem hat sich über die Jahrhunderte bewährt und stellt auch heute noch den besten dauerhaften Oberflächenschutz historischer Fenster(teile) dar.

Ölanstriche haben aber im Vergleich zu modernen Systemen auch einige Nachteile:

Sie vergilben mit der Zeit (vor allem auf der weniger lichtexponierten Innenseite).

Das oben als Sanierungsvorteil angeführte Kreiden ist natürlich als technischer Nachteil gegenüber dauerhaften Beschichtungen anzusehen.

Sie haben sehr lange Trocknungsdauer (bis zu 14 Tage).

Sie weisen schlechtere Verlaufseigenschaften als moderne Kunstharzlacke auf, die Oberflächen weisen typischerweise immer Pinselspuren auf, die bei historischen Fenstern häufig sogar gewünschtes Gestaltungsmerkmal sind.

Ev. Fremdanstriche (Sanierungssünden der Vergangenheit) müssen vor einer *Neuimprägnierung*/beschichtung restlos entfernt werden.

Beschichtungen auf Ölbasis erfordern jedenfalls eine Menge technisches Know how und einschlägige Erfahrung des Verarbeiters.

## Kunststoffe in der Fenstersanierung

Wichtigste bzw. fast einzige relevante Kunststoff-Komponente bei Fenstersanierungen sind die vor allem bei energetischen Sanierungen nachträglich eingebauten, angeklebten oder eingefrästen **Dichtungen**. (Dichtungen bezeichnen im Gegensatz zu den **Dichtmassen** dauerelastisch-feste Erzeugnisse, welche nicht notwendigerweise auf dem Untergrund haften müssen, Profildichtungen sind dem Fensterprofil angepasste Dichtungen.)

Meistverwendete Materialien bei Fensterdichtungen sind Weich-PVC, synthetische Kautschuke (z.B. EPDM, Butylkautschuk, Chloropren) sowie Silikone (⇒ S. 37). Als Moosgummi werden geschäumte Dichtungen aus Polyurethan (⇒ S. 35) bezeichnet.

## Polyvinylchlorid

PVC ist das Polymer von Vinylchlorid und der mit Abstand wichtigste chlororganische Kunststoff:

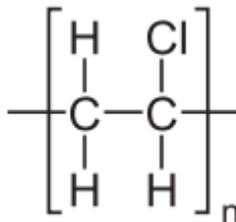


Abb. 20: Struktur von PVC

Da PVC sehr instabil ist und sich bereits bei den verarbeitungstypischen Temperaturen zersetzen würde (Abspaltung von Chlorwasserstoff), müssen diesem Stoff Stabilisatoren (meist seifenartige Verbindungen, in der Vergangenheit Cadmium-, bis heute Blei- und Organozinn(⇒ S. 59)verbindungen, wegen der zunehmenden Kritik an Schwermetallen (⇒ S. 61) in letzter Zeit vermehrt Calcium/Zink-Verbindungen) zugesetzt werden.

Aus Anwendungssicht gibt es zwei verschiedene Arten von PVC: **PVC-U** (**U** steht für **un**plasticized) bezeichnet sogenanntes **Hart-PVC**, welches keine Weichmacher enthält.

**PVC-P** (**p**lasticized) oder **Weich-PVC** – dieses Material wird auch für Dichtungen eingesetzt - besteht bis zu 40% aus Weichmachern, bis heute wichtigste dabei verwendete Stoffgruppe sind Phthalate (⇒ S. 59).

## EPDM

EPDM ist die Kurzbezeichnung für das *terpolymere* (aus drei *Monomer*-Bausteinen zusammengesetzte) *Elastomer* Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk. (Das **M** steht dabei für ein gesättigtes Polymergerüst, Kautschuke aus ungesättigten Polymeren enthalten am Ende der Abkürzung ein **R**.)

## Butylkautschuk

exakter Isobuten-Isopren-Kautschuk, ist ein Kunststoff aus der Gruppe der Elastomere. Er ist ein Copolymerisat aus Isobuten und Isopren. Das offizielle Kurzzeichen ist IIR.

## Chloropren

im deutschen Sprachraum häufig als Neopren (ein DuPont-Markennamen) bezeichnet, genauer Polychloropren oder Chlorbutadien-Kautschuk, ist ein Polymerisat auf Basis 2-Chlor-1,3-butadien (Chloropren) und Spezialkautschuk.

## Zusammenfassende Empfehlungen Bauchemie

### Beschichtung

Bei der Sanierung von Kastenfenstern ist zwischen zwei verschiedenen Ausgangssituationen zu unterscheiden:

- Fenstern, welche original mit Ölfarben beschichtet wurden (in diesem Leitfaden meist mit „historische Fenster“ bezeichnet)
- Fenstern, welche bereits original mit Kunstharzlacken beschichtet wurden

Da die Erfindung und Entwicklung kunstharzbasierter Systeme in und nach den Zwanzigerjahren des vorigen Jahrhunderts erfolgte, andererseits Beschichtungen auf Ölbasis bis in die Fünfzigerjahre üblich waren, muss bei Fenstern aus dieser Periode zunächst das Originalsystem zweifelsfrei festgestellt werden:

Ein flächiges Abblättern der Beschichtung ist zunächst ohne zusätzliches Prüferfordernis ein eindeutiger Hinweis auf ein in der Vergangenheit falsch saniertes Fenster mit Original-Ölbeschichtung, zählt also zum Typ „historische Fenster“.

Bei allen anderen Fenstern liefert eine Geruchsprobe nach Erhitzen mit einem Föhn Klarheit: Bei Ölsystemen entsteht ein typischer Geruch nach erhitztem bzw. verbranntem Öl ähnlich dem Abgasgeruch von Biodieselfahrzeugen, bei Original-Kunstharzsystemen fehlt dieser Geruch [17].

Für Fenster der zweiten Gruppe kann bei der Sanierung sowohl auf ölbasierte Systeme als auch auf moderne wasserbasierte Kunstharz-Beschichtungen auf Acryl-, Polyurethan- (einkomponentig) oder Copolymerbasis zurückgegriffen werden, ausschlaggebend wird hier der richtige Aspekt im Ensemble sein. Auch hier muss allerdings angemerkt werden, dass ein Ölsystem technische Vorteile hat und viele der ursprünglich kunstharz- (meist alkydharz-) beschichteten Fehler Qualitätsmängel aufweisen, die bereits durch die Originalbeschichtung verursacht wurden.

**Bei allen „historischen“ (original ölimprägnierten) Fenstern ist aber jedenfalls einem fachgerecht aufgebrauchten Ölsystem der Vorzug zu geben:**

Dieses Beschichtungssystem entspricht sowohl chemisch als auch physikalisch dem Bestand und ist mit diesem somit jedenfalls kompatibel.

Es hat sich historisch bewährt, jahrhundertealte Fenster zeugen von der technischen Funktionalität dieses Anstrichsystems. Und insbesondere gewährleistet dieses System durch die Kombination aus größtmöglicher Hydrophobierung der Matrix (Ölimprägnierung), Diffusionsoffenheit und korrekter Diffusionsrichtung (nach außen, erzielt durch eine Zusatzbeschichtung innen) den größtmöglichen Schutz vor feuchtigkeitsbedingten Schäden (Pilzbefall).

Auch Haftungsprobleme sind durch die Identität der Bindemittelsysteme von Imprägnierungen und Beschichtungen (Grundierung, Decklack) ausgeschlossen.

Bei „Sanierungen“ der Vergangenheit kunstharzüberschichtete original ölimprägnierte Fenster stellen einen häufigen Sanierungsfall der Gegenwart dar. Die Kunstharzbeschichtung wirkt dabei meist als Diffusionssperre oder -bremse und ist vor der Neubeschichtung jedenfalls zur Gänze zu entfernen.

## **Dichtungen**

Es dürfen keine weichmacherhaltigen Dichtungen (insbesondere aus Weich-PVC) eingebaut werden. Weichmacher können aus der Dichtung in die Beschichtung migrieren, die Folge ist ein Klebrigwerden, im schlimmsten Fall ein Ablösen der Beschichtung vom Untergrund.

## IV. Bauökologie

### Ökotoxikologische und bauökologische Bewertungskriterien

#### Flüchtige organische Verbindungen (VOCs)

##### Definition

Der Begriff **VOC (Volatile Organic Compounds)** hat den früher verwendeten Begriff „Lösungsmittel“ weitgehend abgelöst und umfasst eine Vielzahl von in Beschichtungen enthaltenen Hilfsstoffen, nicht nur Lösungsmittel.

Die Weltgesundheitsorganisation definiert sie etwa als jene organischen Stoffe, die bei normalem Atmosphärendruck einen Siedebereich von etwa 50-100°C bis 240-260 °C aufweisen (Tab. 10), darunter liegen die leichtflüchtigen, darüber die „halb-“, besser schwerflüchtigen organischen Verbindungen[18]:

Tab. 10: WHO-Definitionen und Abkürzungen für VOCs

Kategorie	Abkürzung	Siedebereich in °C
Very volatile (gaseous) organic compounds	VVOC	< 0 bis Bereich 50 - 100
Volatile organic compounds	VOC	Bereich 50 - 100 bis Bereich 240 - 260
Seinivolatile organic compounds	SVOC	Bereich 240 - 260 bis Bereich 380 - 400
Organic compounds associated with particulate matter or particulate organic matter	POM	> 380

Analytiker definieren VOCs nach den „Markerstoffen“, die beim Austreiben von Stoffen aus einer Säule, in der sie bei der Probenahme gesammelt wurden, den Beginn und das Ende des jeweiligen Stoffspektrums anzeigen (VOCs zwischen n-Hexan C<sub>6</sub>H<sub>14</sub> und n-Hexadekan C<sub>16</sub>H<sub>34</sub>, SVOCs darüber bis Eiko C<sub>22</sub>H<sub>46</sub>, VVOCs darunter.

Die gebräuchlichste Definition ist jene der VOC-Anlagenrichtlinie der EU [19], in der sie als „organische Verbindungen“ definiert werden, „die bei 293,15 K (20° C) einen Dampfdruck von 0,01 kPa oder mehr haben oder unter den jeweiligen Verwendungsbedingungen eine entsprechende Flüchtigkeit aufweisen“.

Die sogenannte Decopaint-Richtlinie der EU [20], die in einem Zweistufenplan den VOC-Gehalt von Beschichtungen begrenzt, modifizierte diese Definition dahingehend, dass sie Reaktivkomponenten (etwa die atemwegstoxischen Isocyanate in PU-Systemen!) von dieser Definition einfach ausnahm.<sup>13)</sup>

### Wirkung auf den Menschen

Im Vorwort des sogenannten AgBB-Schemas[21], einem in Deutschland für die Zulassung bestimmter Bauprodukte verbindlichen Bewertungsverfahren für die Emissionen aus Bauprodukten in die Innenraumluft, wird über die Langzeiteffekte flüchtiger organischer Verbindungen eine Fülle von Literatur (z.B. [22] [23] [24]) zitiert und zusammenfassend resümiert:

*„Die Wirkungen von flüchtigen organischen Verbindungen können von Geruchsempfindungen und Reizwirkungen auf die Schleimhäute von Augen, Nase und Rachen über akute systemische Wirkungen bis hin zu Langzeitwirkungen reichen. Hierzu zählen auch Wirkungen auf das Nervensystem, allergisierende oder allergieverstärkende Eigenschaften und insbesondere eine kanzerogene, mutagene oder reproduktionstoxische Potenz.“*

Aus einer Fülle arbeitshygienischer Untersuchungen sind insbesondere die Wirkungen von Lösungsmitteln auf das zentrale Nervensystem belegt, die sich vor allem bei langjähriger Exposition in Symptomen wie Tremor (Zittern), Retardation (geistige Verlangsamung), Intelligenzminderung und Sensitivitätsstörungen manifestieren kann.

### Wirkung auf die Umwelt

#### Bildung bodennahen Ozons

Die wichtigste und unmittelbarste Wirkung von **VOC** ist der sogenannte Sommersmog (auch Los Angeles-Smog oder L.A.-Smog genannt) bzw. das sogenannte „bodennahe **Ozon**“<sup>14)</sup>: in manchen Regionen (vor allem im Abluftbereich von Ballungsgebieten oder Industrieanlagen häufigen) gesundheitsschädliche Konzentrationen sogenannter **Photooxidantien** in der Atmosphäre, und zwar im Hochsommer.

Erforderlich sind dabei drei „Beteiligte“: neben den **VOCs** Stickoxide und Sonnenlicht.

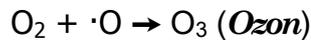
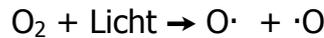
Der Mechanismus kann vereinfacht so dargestellt werden:

---

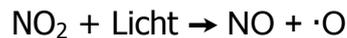
<sup>13)</sup> Diese auf den ersten Blick schwerverständliche Definition, die den Produktanwender völlig außer Betracht lässt, ist damit erklärbar, dass die Decopaint-Richtlinie ausschließlich den Schutz der Umwelt, nicht aber den Schutz des Menschen (Arbeitnehmers) zum Ziel hat.

<sup>14)</sup> Dieses gesundheitsbedrohende **Sommerozon** muss klar vom überlebenswichtigen **stratosphärischen Ozon** unterschieden werden, ⇒ S. 62ff.

Hochenergetisches Sonnenlicht hat im Sommer (durch „Zerschlagung der O<sub>2</sub>-Sauerstoffmoleküle in einzelne O-*Radikale*) die Fähigkeit, einen kleinen Anteil des Luftsauerstoffs in *Ozon* umzuwandeln:



Licht kann aber auch Stickstoffdioxid, das vor allem den Emissionen des Verkehrs entstammt, spalten:

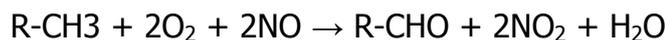


Das entstehende Stickstoffmonoxid baut das entstandene *Ozon* wieder ab, womit das Entstehen zu hoher *Ozon*werte an sich verhindert wird:



Organische Stoffe haben aber nun in einem komplizierten Reaktionsmechanismus die Fähigkeit, sich durch Reaktion mit *Ozon* zu *Radikalen* umzuwandeln, um anschließend das Stickstoffmonoxid wieder zum Dioxid zu oxidieren.

Die Summenformel dieser Reaktionen ist



D.h. es entstehen einerseits stark reizende, teilweise giftige Aldehyde (R-CHO) und es ist andererseits weniger Stickstoffmonoxid vorhanden, der *Ozon* abbauen könnte. Zudem entstehen neben dem *Ozon* eine Vielzahl von hochoxidierenden, aggressiven Reaktionsprodukten aus Reaktionen der *VOC* mit dem *Ozon*, welche man als **Photooxidantien** bezeichnet.

### Treibhauswirksamkeit

Eine nicht zu unterschätzende Wirkung von VOC-Emissionen in die Umwelt stellt auch ihre Treibhauswirksamkeit dar. Der hohe *GWP* des *Kohlenwasserstoffs* Methan (*GWP*<sub>100</sub> = 24) ist bekannt, ein Gemisch organischer Stoffe, wie sie aus Lacken, Klebstoffen etc. verdunsten, hat ein *GWP*<sub>100</sub> von etwa 6 [25], ist also immerhin sechsmal treibhauswirksamer als Kohlendioxid!

### VOCs in Produkten zur Fenstersanierung

Die Produktart mit dem höchsten VOC-Anteilen sind naturgemäß lösemittelbasierte Abbeizer sowie die von Herstellern empfohlenen Verdünner v.a. für Imprägnierungen und Grundierungen bei Alkydharzen und Ölfarben.

Beim Vergleich von Beschichtungssysteme sind es vor allem Alkydharze (Grundierungen und Decklacke), die wesentlich mehr VOC enthalten als alle anderen Systeme: Während Ölfarben, Acryl- und PU-Beschichtungssysteme, dann sind vor allem Alkydharzlacke die Gruppe mit den höchsten VOC-Anteilen (Tab. 11).

Tab. 11: VOC-Gehalte von Beschichtungssystemen

Beschichtungssystem	übliche VOC-Gehalte
Acryl	5 – 10%
Alkyd	25 – 40 <sup>15)</sup>
Öl	3 – 5%
Polyurethan	3 – 15%

### Gesundheitsgefährdende Stoffe

Bei gesundheitsgefährdenden Eigenschaften wird prinzipiell zwischen akuter und chronischer Toxizität unterschieden. Akute Toxizität ist das, was man gemeinhin „Giftigkeit“ nennt, also die sofort oder zumindest rasch einsetzenden Wirkungen.

Demgegenüber stehen die chronischen Wirkungen, bei denen Erkrankungen oft Jahrzehnte nach der (oft ebensolangen geringgradigen) Exposition auftreten.

Bei der akuten Toxizität besteht eine klare Dosis-Wirkungsbeziehung: Die gesundheitlichen Effekte hängen davon ab, in welcher Konzentration bzw. Menge ein Schadstoff vorliegt bzw. aufgenommen wird.

Diese Korrelation gibt es bei chronischer Toxizität nicht: Selbst kleine Schadstoffmengen können Erkrankungen verursachen, umgekehrt sind die gesundheitlichen Effekte zum Unterschied von akut toxischen Wirkungen auch nicht automatisch zwingend, wie jeder weiß, der einen neunzigjährigen gesunden Raucher kennt.

### Giftige Stoffe

Akut giftige Stoffe sind heute nur mehr sehr selten in so hohen Konzentrationen in Bauprodukten vorhanden, dass das Produkt als giftig eingestuft werden muss. Das gilt auch für die Produkte, die bei Fenstersanierungen eingesetzt werden.

### Gifte in Produkten zur Fenstersanierung

Tab. 12 zeigt einige Gifte, welche als relevante Bestandteile von potenziellen Fenstersanierungsprodukten vorkommen können (aber nicht müssen):

---

<sup>15)</sup> Verdünner (z.B. Testbenzine, natürliche Terpengemische) beim Imprägnieren/ Grundieren üblich

Tab. 12: Häufige Gifte in Fenstersanierungsprodukten

Stoff	Einstufung	Produktart
Cyfluthrin	sehr giftig	Holzschutzmittel-Wirkstoff
TDI (Toluidendiisocyanat)	sehr giftig	PU-Beschichtungen, PU-Schäume, PU-Klebstoffe
MDI (2-Methyl-4-isothiazolin-3-on)	giftig	PU-Beschichtungen, PU-Schäume, PU-Klebstoffe
DEHP (Bis(2-ethylhexyl)phthalat)	giftig	Dichtmassen (Acryl, SMP)
DBP (Dibutylphthalat)	giftig	Dichtmassen, Klebstoffe
Formaldehyd	giftig	Topfkonservierer

### CMR-Stoffe

oder KMR-Stoffe ist die Sammelbezeichnung für carcinogene (krebserregende), mutagene (erbgutschädigende) und reproduktionstoxische (frucht- und fruchtbarkeitsschädigende) Stoffe.

### CMR-Stoffe in Produkten zur Fenstersanierung

Tab. 13 zeigt einige der in Chemikalien zur Fenstersanierung in relevanten (sicherheitsdatenpflichtigen) Konzentrationen potenziell vorkommenden CMR-Stoffe:

Tab. 13: Häufige CMR-Stoffe in Fenstersanierungsprodukten

Stoff	CMR-Kategorie	Produktart
NMP (N-Methyl-pyrrolidon)	Repr.Cat.2	Wasserlacke, lösemittelbasierte Abbeizer
Borsalze	Repr.Cat.2	Wirkstoff in wässrigen Holzschutzmitteln
n-Hexan	Repr.Cat.3	Lösungsmittel in div. Produkten
MDI (4,4'-Methylen-diphenyldiisocyanat)	Carc.Cat.3	PU-Lacke, PU-Montageschäume
Dibutylphthalat	Repr.Cat.2	Holz Kittlösungen, Dichtstoffe
2-Butanonoxim	Carc.Cat.3	oximvernetzende Silikone
Methylenchlorid (Dichlormethan)	Carc.Cat.2	lösemittelbasierte Abbeizer
Formaldehyd	Carc.Cat.3	Topfkonservierer in Dispersionen
DEHP (Bis(2-ethylhexyl)phthalat)	Muta.Cat.2., Repr.Cat.2	Acryl-, SMP-Dichtstoffe
N,N-Dimethylacetamid	Repr.Cat.3	Grundierungen, Alkydharzlacke
Tebuconazol (1-(4-Chlorphenyl)-4,4-dimethyl-3-(1,2,4-triazol-1-ylmethyl)-pentan-3-ol)	Repr.Cat.3	Wirkstoff in lösemittelhaltigen Holzschutz-Grundierungen

## Sensibilisierende Stoffe

Unter Sensibilisierung versteht man die Eigenschaft eines Stoffes oder Produktes (eines **Allergens**), Allergien, also Überreaktionen des Immunsystems (exzessive Antikörperbildung) auszulösen. Nach dem Aufnahmeweg unterscheidet man im Zusammenhang mit Chemikalien Kontakt- und Inhalationsallergene.<sup>16)</sup>

Allergene sind Antigene, Stoffe, an die sich Antikörper binden können.

**Pseudoallergene** lösen zwar ähnliche (vor allem Reiz-) Reaktionen aus, bei denen das Immunsystem aber nicht beteiligt ist.

Chemikalienüberempfindlichkeit (insbesondere MCS Multiple Chemikalien-sensitivität) ist eine chronische Erkrankung mit allergieähnlichen Reaktionen auf viele v.a. flüchtige Substanzen, aber ebenfalls keine Allergie.

## Allergene in Produkten zur Fenstersanierung

Tab. 14 zeigt die wichtigsten in Produkten zur Fenstersanierung (potenziell) vorkommenden Allergene:

Tab. 14: Sensibilisierende Stoffe in Fenstersanierungsprodukten

Stoff	Art	Produktart
<b><u>Isocyanate:</u></b>	I, K	PU-Beschichtungen, PU-Kleber, PU-Montageschäume
MDI (4,4'-Methyldiphenyldiisocyanat)		
TDI (2,4-Toluyldiisocyanat)		
TDI (Hexamethylen-1,6-diisocyanat)		
<b><u>Isothiazolinone:</u></b>	I, K	Topfkonservierer in Dispersionssystemen
BIT (1,2-Benzisothiazol-3(2H)-on)		
CIT (5-Chlor-2-methyl-2H-isothiazol-3-on)		
4,5-Dichlor-2-N-octyl-3(2H)-isothiazolon		
MIT (2-Methyl-2H-isothiazol-3-on)		
2-Butanonoxim		PU-Beschichtungen, PU-Kleber, oximvernetzende Silikone, Alkydharzgrundierungen, -decklacke, Spachtelkitt, Holzschutzgrundierungen

## Endokrin wirksame Stoffe (Pseudohormone)

Unter Pseudohormonen versteht man Stoffe, welche von menschlichen oder tierischen Organismen (meist aufgrund strukturell ähnlicher Bestandteile des Moleküls) irrtümlich für körpereigene Hormone (meist von endokrinen Drüsen abgegebenen Botenstoffen, welche Wirkungen in anderen Organen auslösen) gehalten werden und die entsprechenden Wirkungen auslösen.

Es gibt zunehmend Hinweise auf endokrine Wirksamkeit von Massenchemikalien (Weichmachern, Tensiden, Flammschutzmitteln etc.), unser Wissen darüber steht aber trotzdem erst in den Anfängen.

<sup>16)</sup> Es gibt noch andere Allergene (z.B. Lebensmittelallergene oder Insektenstich-Allergene), die aber nicht in Zusammenhang mit Chemikalien stehen.

Pseudohormone sind sowohl eine humantoxikologische als auch eine ökotoxikologische Gefahr: Da sie wie echte Hormone bereits in winzigsten Konzentrationen wirksam sind, können sie vor allem in Innenräumen Gesundheit und Fortpflanzungsfähigkeit der Nutzer gefährden. Und aus dem gleichen Grund stellen sie eine Bedrohung von Gewässerorganismen dar, da selbst Kläranlagen diese Stoffe oft nicht unter die Wirksamkeitsschwelle abbauen können.

### Pseudohormone in Produkten zur Fenstersanierung

Die wichtigsten Stoffe mit Verdacht auf endokrine Wirkungen, die potenziell in Produkten zur Fenstersanierung vorkommen können, sind

- Phthalate
- Zinnorganische Verbindungen
- APEOs
- bromierte Flammschutzmittel

#### Phthalate

sind Ester der Phthalsäure:

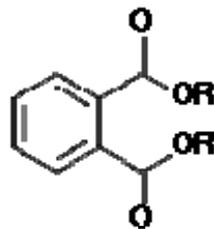


Abb. 21: Phthalate

Der Löwenanteil dieser Stoffgruppe wird als *Weichmacher* für Kunststoffe (v.a. PVC) verwendet. Die wichtigsten Vertreter der Phthalate sind DEHP (Diethylhexylphthalat, auch DOP Dioctylphthalat benannt), DBP (Dibutylphthalat), DIBP (Diisobutylphthalat) und Diisononylphthalat (DINP).

In Bauprodukten sind sie (in enormen Mengen) Bestandteile von Produkten aus Weich-PVC (v.a. Belägen). Bei Fenstersanierungen findet man sie vor allem in elastischen Dichtmassen, insbesondere Acryl- und SMP-Dichtmassen, wo sie als sog. *Extender* (eine besondere Art von *Weichmachern*) verwendet werden.

#### Zinnorganische Verbindungen

Zinn kann als organische Verbindung ein bis vier organische Reste (Alkylgruppen) enthalten, toxikologisch gefährlich sind vor allem Trialkylzinnverbindungen.

Zinnorganische Verbindungen werden heute noch verbreitet als Stabilisatoren in PVC und als Katalysatoren bei der Herstellung von (essigvernetzenden) Silikonen und Polyurethanen verwendet.

Die in der Vergangenheit durchaus übliche Verwendung als Biozid in Holzschutzmitteln (auch bei Fenstern und deren Sanierung!) sowie in Silikonen ist heute überwiegend Geschichte.

### Flammschutzmittel

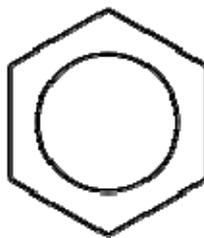
Das mengenmäßig zur Zeit wichtigste Flammschutzmittel ist HBCD (Hexabromcyclododecan), das vor allem in Dämmstoffen aus Polystyrol (EPS, XPS) in erheblichen Anteilen (ca. 2 Massen%) eingesetzt wird.

### APEOs

Alkylphenoethoxylate sind eine Stoffgruppe, die in der Vergangenheit massiv als nichtionische Tenside (z.B. auch in Dispersionen) verwendet wurde. Aufgrund ihrer *hormonartigen* Wirkung (v.a. des Abbauprodukts Nonylphenol) sind sie besonders für Gewässerorganismen hoch gefährlich. Das Wissen um die Gefährlichkeit ist der Grund, warum die Industrie aus diesen Stoffen großteils ausgestiegen sind und APEOs heute kaum mehr verwendet werden.

### Aromaten

Als Aromaten bezeichnet man bestimmte ringförmige *Kohlenwasserstoffe* mit sogenannten konjugierten Doppelbindungen, welche im Ringzustand in einem besonderen, wenig reaktiven Zustand vorliegen. Der einfachste und bekannteste Aromat ist krebserzeugende Benzol:



**Abb. 22: Benzol**

Die relative Reaktionsträgheit aromatischer Ringsysteme bei vielen Stoffen dieser Stoffgruppe in Organismen im Zuge „irrtümlicher“ oder „falsch programmierter“ oxidativer „Entgiftungsreaktionen“ zur Entstehung hochreaktiver Zwischenprodukte, welche insbesondere die Entstehung von Krebs und Schädigungen des Erbguts nach sich ziehen können.

Dies ist der Grund dafür, warum viele Vertreter dieser Stoffgruppe *carcinogene* oder *mutagene* Eigenschaften aufweisen. (⇒ S.56)

### Aromaten in Produkten zur Fenstersanierung

- Aromaten kommen vor allem in zwei Produktgruppen in erheblichen Anteilen vor: in Alkydharzfarben (⇒ S.33f.) und –grundierungen (v.a. Xylole, Toluol)
- in zweikomponentigen Polyester-Kitten (Styrol als Vernetzungskomponente, ⇒ S.36)

## Schwermetalle

Der häufig verwendete Begriff „Schwermetalle“ ist in Wirklichkeit überhaupt nicht eindeutig, da er auf ziemlich viele verschiedene, teils widersprüchliche Arten definiert ist und somit je nach Definition unterschiedliche Stoffe bezeichnet: etwa alle Metalle mit einer Dichte über 5 g/cm<sup>3</sup>, alle Metalle mit Ordnungszahlen höher als Eisen etc.

Da der Begriff heute kaum mehr im technischen, sondern meist nur in ökologischen oder toxikologischen Zusammenhängen erwähnt wird, hat es sich eingebürgert, damit definierte Listen von Metallen und Metallverbindungen mit einem bestimmten ökotoxikologischen Gefahrenpotenzial zu bezeichnen. Die meisten dieser Listen beinhalten nicht nur Metalle, sondern auch Halbmetalle (Halbleiter) wie z.B. Arsen, Antimon oder Selen.

Die EU definiert in einer Entscheidung Schwermetalle etwa als „jede Verbindung von Antimon, Arsen, Kadmium, Chrom(VI), Kupfer, Blei, Quecksilber, Nickel, Selen, Tellur, Thallium und Zinn, einschließlich dieser Metalle in metallischer Form, insofern sie als gefährliche Stoffe eingestuft sind.“ [26]

Die wesentlichen gemeinsamen „gefährlichen“ Eigenschaften aller dieser Elemente sind

- Nichtabbaubarkeit (chemische Elemente können nicht „abgebaut“ werden) und somit *Persistenz*
- toxikologische Relevanz (zum Teil akute, meist chronische Giftigkeit, vor allem *Karzinogenität, Mutagenität, reproduktionstoxische* Eigenschaften (⇒ S.57f.)
- *Bioakkumulierbarkeit*

Die *Bioakkumulierbarkeit* (Anreicherung in der Nahrungskette) wird bei manchen Schwermetallen durch die Umwandlung in metallorganische Verbindungen durch bestimmte Mikroorganismen noch drastisch erhöht.

## Schwermetalle in Produkten zur Fenstersanierung

In der Vergangenheit wurden bei Erstbeschichtungen und Sanierungen von Kastenfenstern eine Anzahl und auch erhebliche Mengen von schwermetallhaltigen Produkten eingesetzt:

### *Blei*

Mengenmäßig wichtigste Verbindung bei den Farbpigmenten war bis Anfang des vorigen Jahrhunderts *Bleiweiß*, *Minium* und *Mennige* (⇒ S.39f.) waren die meistverwendeten Korrosionsschutzpigmente zur Beschichtung von Beschlägen, sie werden vereinzelt auch noch heute eingesetzt.

In erheblich geringeren Konzentrationen, aber doch relevant, war die bis vor nicht langer Zeit übliche Verwendung von Schwermetallseifen als *Sikkative* in *Firnissen*, *Öl-* und *Alkydharzfarben*, meistverwendeter Stoff war hier Bleioktoat.

### *Chromate*

kommen oder kamen als Pigmente (insbesondere Korrosionsschutzpigmente, ⇒ S.) vor, allerdings in vermutlich weit geringerem Ausmaß als Bleipigmente.

### Cadmium

wurde (v.a. in Form von Sulfiden und Seleniden) ab dem 19. Jahrhundert als Pigment im gelben bis roten Farbspektrum verwendet. Für einen relevanten Einsatz in Fenstern gibt es keine Hinweise, v.a. auch deswegen, weil dies unübliche Farben für Fenster waren.

Der aus der Praxis der Vergangenheit resultierende mögliche bzw. sogar wahrscheinliche Gehalt an Schwermetallen (v.a. Blei) ist der Grund dafür, dass mechanisches Bearbeiten (insbesondere Schleifen) historischer Fenster entweder zur Gänze vermieden werden oder aber nur unter schärfsten Sicherheitsvorkehrungen (Atemschutz, Absaugung) durchgeführt werden soll. Thermische Verfahren (z.B. Abziehen mit Heißluftföhn) sind im Hinblick auf Schwermetalle dagegen unbedenklich, weil diese nicht verdunsten. (⇒ S.75).

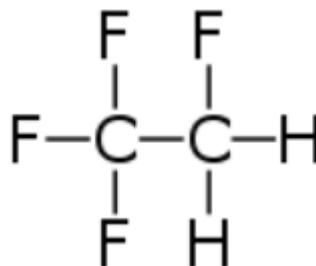
Aus dem gleichen Grund ist auch der fachgerechten Entsorgung beschichteter Hölzer die entsprechende Aufmerksamkeit zu widmen, diese Hölzer dürfen nur in dafür geeigneten Verbrennungsanlagen entsorgt werden.

Aus modernen Produkten (sowohl für neue Fenster als auch für Sanierungsprodukte auf Ölbasis) sind Schwermetalle de facto verschwunden, *Bleiweiß* wurde wegen seiner Giftigkeit zunächst durch *Barytweiß*, dieses wiederum von *Titanweiß* verdrängt. Als schwermetallfreie Alternative zum Korrosionsschutz bietet sich Zinkphosphat an, anstelle von Schwermetall-Seifen werden Seifen anderer Metalle (z.B. Cobalt, Zirkonium) verwendet. Bei Sanierungen historischer Fenster wird allerdings aus Traditionsgründen noch immer häufig auf *Mennige* zurückgegriffen, was aus ökologischer und arbeitshygienischer Sicht jedenfalls entschieden abzulehnen ist.

## Umweltgefährdende Stoffe

### HFKWs

HFKW ist die Kurzbezeichnung für teilhalogenierter Fluorkohlenwasserstoff, also einen Stoff, die aus den Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff und Fluor besteht:



**Abb. 23: Formelbeispiel HFKW: 1,1,1,2-Tetrafluorethan (R 134a)**

HFKWs sind nach deren weltweitem Verbot durch das Montreal-Protokoll die Nachfolger der ozonschichtzerstörenden FCKWs und HFCKWs (voll- und teilhalogenierter Fluorchlorkohlenwasserstoffe), wie diese werden sie überwiegend als Kälte- und Treibmittel verwendet.

Durch den Umstieg auf HFKWs erhoffte sich die chemische Industrie zwei ökologisch fatale Eigenschaften auszumerzen:

Mit der Elimination des Chlors (Abkürzung C), welches für die ozonzerstörenden Eigenschaften der Vorgängerstoffe verantwortlich ist, sollte verhindert werden, dass wie bei den FCKW von der kosmischen Strahlung in der Atmosphäre Chlorradikale aus dem Molekül „herausgeschossene“ werden, welche die Ozonzerstörung bewirken. Und die verbliebenen Wasserstoffatome im Molekül machen die Stoffe reaktiver in der Umwelt und somit leichter abbaubar, das langsame Aufsteigen von völlig inerten Stoffen (Beispiel FCKW) in die Stratosphäre sollte damit verhindert werden.

Die Erwartung, dass diese neue Stoffgeneration keine Gefährdung der Ozonschicht mehr bedeutete, erfüllte sich zwar. Trotzdem wurde aber lediglich der Teufel mit dem Beelzebub ausgetrieben: HFKW weisen ebenso wie ihre Vorgänger teilweise extrem hohe Treibhauswirksamkeit auf:

Treibhauswirksamkeit ist die Eigenschaft von in der Atmosphäre vorkommenden Stoffen, einen Teil des einfallenden Sonnenlichtspektrums in Wärmestrahlung umzuwandeln. Dieser Effekt hat sich über Millionen Jahre mit sehr komplexen Zusammenhängen zu dem stabilisiert, was wir als Erdtemperaturen erleben, und wir und alle sonstigen Erdbewohner haben uns genau an diese Temperaturen über extrem lange Zeiträume langsam angepasst.

Mit dem völlig ungebremsten, quasi „explosionsartigen“ Verbrennen fossiler Energieträger, die vor geologischen Zeiträumen aus der Biosphäre entfernt wurde, in einer Millisekunde der Erdgeschichte haben wir es geschafft, dieses System aus dem Gleichgewicht zu bringen: Der Anteil an CO<sub>2</sub>, des (gemeinsam mit Wasserdampf) wichtigsten Treibhausgases in der Atmosphäre, hat mittlerweile so stark zugenommen, dass ein nachweislicher Anstieg der Durchschnittstemperaturen auf der Erde die Folge ist. Und das Schlimme ist: Der weltweite Ausstoß an Kohlendioxid und anderen anthropogenen Treibhausgasen kann, wenn nicht radikalster Kurswechsel vorgenommen wird, sich selber verstärken: durch eine Zunahme an Waldbränden infolge höherer Temperatur und Trockenheit, durch die Verringerung der Albedo, der Eigenschaft, Sonnenlicht zu reflektieren, infolge des Abschmelzens der Polkappen.

Und erhöhte Temperatur in der Atmosphäre bedeutet besonders im Sommer mehr Energie in der Atmosphäre, Energie, die sich in den letzten Jahren verstärkt und immer häufiger in Form von tropischen Taifunen, Hurrikanen und Orkanen bereits auch in unseren Breiten bemerkbar macht.

HFKW haben, wie die folgende Tab. 15 zeigt, extrem hohes Treibhauspotenzial. Der hier angezeigte *GWP*-Wert (Global Warming Potential) zeigt an, um wieviel mal treibhauswirksamer ein Stoff als der Vergleichswert Kohlendioxid ist.

Tab. 15: GWP ausgewählter Stoffe

Kennung	Name	Formel	GWP <sub>100</sub>
R 23	Trifluormethan	CHF <sub>3</sub>	14.800
R 32	Difluormethan	CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	675
R 125	Pentafluorethan	CF <sub>3</sub> CHF <sub>2</sub>	3.500
R 134a	1,1,1,2-Tetrafluorethan	CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> F	1.430
R 143a	1,1,1-Trifluorethan	CF <sub>3</sub> CH <sub>3</sub>	4.470
R 152a	1,1-Difluorethan	CHF <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	140
R 161	Fluorethan	CH <sub>2</sub> FCH <sub>3</sub>	3300
R 218	Octafluorpropan	CF <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	7000

### HFKWs in Produkten zur Fenstersanierung

HFKW können Bestandteil von Montageschäumen sein. Zwar gibt es in Österreich mittlerweile ein prinzipielles Verbot solcher Produkte [33], es existieren allerdings Ausnahmegenehmigungen durch Landeshauptleute, und manche Hersteller sind sich nicht bewusst, dass in Österreich andere, strengere Regeln gelten als in Nachbarländern.

Differenzierter ist die Situation bei XPS- und PU-Hartschaumdämmelementen: Hier sind in Österreich Produkte ab einer Dicke über 8 cm dann erlaubt, wenn sie mit einem HFKW geschäumt wurden, das ein GWP<sub>100</sub> von weniger als 300 besitzt.

## Ökotoxikologische Bewertung von Chemikalien der Fenstersanierung

Unter „Chemikalien“ werden hier im Gegensatz zu „Artikeln“ (früher „Fertigwaren“) jene Produkte verstanden, die chemikalienrechtlich als „Stoffe“ oder „Gemische“ (Anm. früher „Zubereitungen“) gelten[.27]

### Alkydharzlacke

Aus ökologischer Sicht sind Alkydharze, deren Säurekomponente teilweise natürlichen Ölen entstammt die natürlichen Öle enthalten, in Bezug auf ihre Ökobilanz deutlich besser zu bewerten als die in modernen Lacken praktisch ausschließlich verwendeten ausschließlich petrochemisch erzeugten Rohstoffe (Polyurethan, Acryl etc.).

Dieser unbestreitbare Pluspunkt wird aber mehr als aufgewogen durch die in Alkydharzsystemen fast durchgängigen sehr hohen *VOC*-Gehalte, die in der Regel zwischen 30 und 80% liegen. Häufig sogar erhebliche Gehalte an *Aromaten* (⇒ S.60).

Bei der ökologischen Bewertung des Einsatzes von Alkydharzlacken ist entscheidend, in welchem System sie zum Einsatz kommen: Bei industriellen Fertigungen, in Spritzkammern ohne direkten Kontakt zum Verarbeiter können sie unter der Voraussetzung effizienter Lösungsmittelrückgewinnungssysteme ökologisch akzeptabel sein.

Da diese Voraussetzung bei Fenstersanierungen aber nicht gegeben ist, wo manuell, zum Teil direkt auf Baustellen, beschichtet werden muss, sind sie in diesem Zusammenhang jedenfalls abzulehnen, solange sie nicht mit erheblich (um eine Dimension!) geringeren Lösungsmittelgehalten formuliert werden können.<sup>17)</sup>

## Acrylate

Die Komponenten von Acryllacken (und Acryl-Copolymersystemen) stammen ausschließlich aus petrochemischen Rohstoffen, damit sind sie ökologisch den auf natürlichen trocknenden Ölen basierenden System weit, aber auch den Alkydharzlacken noch rohstoffmäßig unterlegen.

Andererseits gibt es heute bereits eine Vielzahl von acrylbasierten Produkten mit sehr geringen Lösungsmittelgehalten (**VOC**-Gehalt unter 5%), was besonders bei manuellen Streichvorgängen oder Arbeiten auf der Baustelle als entscheidendes ökologisches Positivkriterium angesehen werden kann.

Ein Augenmerk muss dabei aber dem als Bindemittel eingesetzten Rohstoff gewidmet werden: Polyacrylate enthalten teilweise **Phthalate** als **Weichmacher/Extender**. Diese unter dem Verdacht möglicher **endokriner** Wirkung (⇒ S.58) stehenden Stoffe müssen unter allen Umständen vermieden werden.

## Polyurethanbeschichtungen

Polyurethan basiert auf rein petrochemischen Rohstoffen. Die Monomere (Isocyanate) werden mit Hilfe von Phosgen, einer hochgiftigen chlororganischen Verbindung hergestellt und sind selber toxikologisch ausgesprochen kritisch zu bewerten (Atemwegstoxizität, hohes **Sensibilisierungspotenzial**, ).

Abzulehnen sind außer bei speziellen technischen Anforderungen zweikomponentige Produkte mit hohem Monomeranteil im Ausgangsprodukt (Härterkomponente), einkomponentige Produkte mit geringem Monomergehalt können hingegen akzeptiert werden.

Bei Polyurethanweich- (PU-Montageschäume und -dichtmassen) und -hartschäumen (PUR-Hartschaumplatten) ist die Art des Zellgases/Treibmittels von entscheidender Bedeutung für die ökologische Bewertung: HFKW-haltige Systeme sind aufgrund der extremen Treibhausrelevanz kategorisch abzulehnen.

## Polyesterkitte

Polyesterspachteln sind nicht nur aufgrund ihrer petrochemischen Rohstoffe, sondern vor allem auch wegen des zur Vernetzung erforderlichen Styrols sehr ungünstig zu bewerten: Styrol kann sich in fetthaltigen Körperorganen anreichern, wirkt fruchtschädigend, der im Organismus durch Abbau entstehende Stoff Styroloxid ist erwiesenermaßen krebserregend. Überdies ist Styrol **ototoxisch** (gehörschädigend).

---

<sup>17)</sup> Es gibt mittlerweile vereinzelt Alkydharzlacke am Markt, welche VOC-Gehalte deutlich unter 10% aufweisen, allerdings noch nicht im Segment Fensterbeschichtung bzw. -sanierung.

Das bedeutet, dass der Einsatz von Polyesterspachteln jedenfalls zu minimieren, auf kleine Ausbesserungen zu beschränken ist. Großvolumige Reparaturen sind ebenso wie großflächige Verspachtelungen strikt abzulehnen.

### Silikon-Dichtmassen

Silikone basieren ausschließlich auf petrochemischen Rohstoffen, die Bausteine sind überdies Produkte der Chlorchemie, ihre Ökobilanz ist somit ungünstig.

Für den Einsatz von Bioziden gilt der auch an anderer Stelle genannte Grundsatz, dass dieser grundsätzlich auf das unerlässliche Minimum reduziert werden soll (⇒ S.42).

Unterschiedlich zu bewerten sind die verschiedenen Reaktionsmechanismen. Beim gebräuchlichsten Reaktivsystem für neutral vernetzende Silikone wird n-Butanonoxim, ein stark gesundheitsschädlicher, sensibilisierender Stoff mit Verdacht auf krebserzeugende Wirkung freigesetzt. Die für Neutralsysteme verfügbaren Alternativen der Alkoxyvernetzer (dabei werden Alkohole - Ethanol oder Methanol) oder Benzamidvernetzer sind jedenfalls deutlich harmloser und daher bei Verfügbarkeit jedenfalls zu bevorzugen.

Die bei sauer vernetzenden Silikonen freigesetzte Essigsäure sollte wegen ihrer ätzenden Wirkung natürlich nicht eingeatmet werden, ist ansonsten aber als wenig bedenklich zu bewerten.

Alkalisch vernetzende Silikone sind im Bau- bzw. Tischlerbereich unüblich, die freigesetzten Amine häufig toxikologisch bedenklich.

### SMP-Dicht- und Klebmassen

Wie Silikone basieren SMPs auf petrochemischen Rohstoffen und sind Produkte der Chlorchemie, ihre Ökobilanz ist somit eher ungünstig.

Da üblicherweise ausschließlich alkoxyvernetzende Systeme eingesetzt werden, bei denen Alkohole (Ethanol oder Methanol) freigesetzt werden, sind SMPs toxikologisch als ebenso harmlos wie alkoxyvernetzende Silikone zu bewerten.

Ähnlich wie bei Acrylaten (⇒ S.34) werden als *Weichmacher/Extender* teilweise *Phthalate* verwendet, die wegen ihrer nachgewiesenen oder zu vermutenden *Pseudohormonwirkung* extrem kritisch zu bewerten sind (⇒ S.59).

Für den Einsatz von *Bioziden* gilt der auch an anderer Stelle (⇒ S.42) genannte Grundsatz, dass dieser grundsätzlich auf das unerlässliche Minimum reduziert werden soll.

### Acryldichtmassen

Entscheidendes Kriterium bei Acryldichtmassen ist die Art des *Extenders*: Phthalate (⇒ S.59) sind wegen des Verdachts auf hormonähnliche Wirkungen (⇒ S.58) aus Vorsorgegründen jedenfalls abzulehnen, alle anderen Produkte sind toxikologisch als unbedenklich zu bewerten.

## PU-Montageschäume

### Korrosionsschutz

Schwermetallbasierter Korrosionsschutz ist in jedem Fall abzulehnen, phosphatbasierter Korrosionsschutz stellt eine verfügbare und auch technisch geeignete Alternative dar. (⇒ S.39ff.)

Aus ökologischer Sicht am besten zu bewerten sind naturgemäß Öle und Wachse als Korrosionsschutzbeschichtungen (⇒ S.), allerdings fehlen hier bei Fenstersanierungen bislang noch Erfahrungen.

### Abbeizer

Abbeizer auf Lösungsmittelbasis sind ökologisch jedenfalls abzulehnen, Produkte, welche einen der CMR-Stoffe Methylenchlorid oder NMP (⇒ S. 57) enthalten, sind aus toxikologischer Sicht auszuschließen.

Alkalische Abbeizer sind unbeschadet der technischen Argumente, die gegen ihren Einsatz sprechen, ökologisch weniger bedenklich zu bewerten, allerdings sind hier wegen ihrer ätzenden Eigenschaften Arbeitsschutzmaßnahmen (Haut-, Augenschutz) streng zu beachten.

## Ökotoxikologische Bewertung von Artikeln der Fenstersanierung

Unter „Artikel“ wird hier das verstanden, was chemikalienrechtlich seit kurzem mit „Erzeugnis“ (früher als „Fertigware“) [27] bezeichnet wird.

### Dichtungen

Alle in Frage kommenden Materialien sind petrochemischen Ursprungs, hier besteht somit keine Möglichkeit der ökologischen Differenzierung.

Silikone basieren, wie auch an anderer Stelle (QQQ) angemerkt, auf Ausgangsprodukten der Chlorchemie, was bauökologisch negativ zu Buche steht.

Eindeutig ist aber in jedem Fall die bauökologische Ablehnung von Dichtungen aus Weich-PVC. Dagegen sprechen bei Fenstersanierungen nicht nur technische Gründe (⇒ S.50), sondern eine Vielzahl ökologischer und auch toxikologischer Argumente:

PVC enthält als einziger relevanter Kunststoff organisch gebundenes Chlor, es stellt die mit Abstand wichtigste noch verbliebene „Chlorsenke“, also den Entsorgungspfad für das bei der Produktion des Grundstoffs Natronlauge zwangsweise anfallenden hochtoxischen Chlors dar. In Europa wird Chlor noch immer überwiegend mit dem Amalgam-Verfahren (Quecksilberelektroden und -emissionen), teilweise mit dem Asbestverfahren produziert. Das *Monomer* Vinylchlorid (häufig mit VCM Vinylchloridmonomer abgekürzt) ist nicht nur für eine Vielzahl von Organen giftig und krebserregend, sondern überdies leicht entflammbar und explosiv. Erschwerend kommt sowohl bei Chlor als auch bei VCM die Tatsache dazu, dass beide dieser extremst gefährlichen Stoffe zwischen den jeweiligen Produktionsstätten oft über weite Strecken transportiert werden, was eine eminente Dauergefährdung von Mensch und Umwelt darstellt.

Bei der Verbrennung von PVC entsteht Chlorwasserstoff, ein extrem ätzendes saures Gas (Die wässrige Lösung ist Salzsäure.). Das bedingt neben der für PVC typischen extremen Rauchentwicklung die erhebliche Gefahr, die von diesem an sich schwer entflammbaren Stoff im Brandfall für Mensch und Materialien (Metalle) ausgeht, als Nebenreaktion entstehen überdies die in winzigsten Konzentrationen toxikologisch bedenklichen „Dioxine“<sup>18)</sup>).

Als chlororganischer Stoff gibt es keine ökologisch akzeptable Entsorgung von PVC, als Ergebnis von Verbrennungsprozessen steht immer ein Salz, das aufgrund der immer auch enthaltenen Schwermetalle den praktisch gefährlichsten Abfall repräsentiert, den unser Wirtschaftssystem produziert und der heutzutage ausschließlich in Untertagedeponien in aufgelassenen Salzstöcken deponiert werden darf, um ihn möglichst von der Ökosphäre zu isolieren.

Das von den vielen von der Chlorlobby finanzierten Instituten öffentlichkeitswirksam propagierte „Recycling“ von PVC (das im offensichtlichen Widerspruch zur offensichtlichen ökonomischen Notwendigkeit steht, ständig anfallendes Chlor über Produkte zu entsorgen) findet bei manchen Produktgruppen im unteren einstelligen Prozentbereich statt.

Der Grund dafür liegt darin, dass PVC im Gegensatz zur Mehrzahl der Materialalternativen überwiegend keinen homogenen Stoff, sondern einen jeweils spezifischen Mix aus Kunststoffmatrix, Weichmachern, Stabilisatoren etc. darstellt. Altkunststoffe sind überdies mit Cadmium und Blei kontaminiert, was jedenfalls ein ökologisches Ausschlusskriterium für Recycling darstellt, da Stoffflüsse, in denen Schwermetalle dissipiert werden, abgelehnt werden müssen.[28]

Aus toxikologischer Sicht ist vor allem bei Weich-PVC die Tatsache der noch immer überwiegenden Weichmachung mit Phthalaten, welche zumindest unter Verdacht auf endokrine Wirkung stehen, sehr kritisch zu sehen und solche Produkte sind daher abzulehnen (⇒ S.59f.).

## **Dämmstoffe und –materialien**

Bei allen hartschaumbasierten Dämmmaterialien (Polystyrol- oder Polyurethanbasis) ist HFKW-Freiheit ökologische Grundvoraussetzung.

Hartschaumbasierte Dämmstoffe dürfen wegen ihres Gehalts an Flammschutzmittel ausschließlich so eingebaut werden, dass ein Kontakt mit der Innenraumluft bzw. eine Diffusion von Inhaltsstoffen in Innenräume ausgeschlossen ist.

---

<sup>18)</sup> genauer polychlorierte Dibenzodioxine und Dibenzofurane

# Zusammenfassende Empfehlungen Bauökologie

## Beschichtungen

Für die Sanierung von „modernen“ Kastenfenstern (⇒ S.51) sind moderne wasserbasierte Kunstharzbeschichtungen mit moderaten Lösungsmittelgehalten (max. 5 -6% *VOC*-, max. 1-2% *SVOC*-Gehalt, ⇒ S.53ff.) bauökologisch akzeptabel, zweikomponentige Beschichtungen (Polyurethan, Epoxide) sind wegen der Gefährlichkeit von Komponenten abzulehnen und für diesen Anwendungszweck auch technisch unnötig.

Bei „historischen“ Kastenfenstern (⇒ S.51) ist einer Beschichtung mit modernen schwermetallfreien Ölsystemen (Imprägnierung mit Firnis, Grundierung Ölfarben, Deckbeschichtung mit Standölfarbe, ⇒ S.44ff.) der Vorzug zu geben. Dafür sprechen nicht nur technische Gründe, sondern vor allem die Ökobilanz dieser überwiegend aus biogenen Rohstoffen zusammengesetzten Produkte und weiters die Tatsache, dass mit diesen Produkten technisch akzeptable Ergebnisse mit nachgewiesener Nachhaltigkeit erzielt werden können.

Wegen des bei historischen Fenstern anzunehmenden Bleigehalts sowohl des Holz- (⇒ S.61f.) als auch des Beschlägebeschichtungssystems (⇒ S.39f.) ist ein Abschleifen alter Beschichtungen entweder zu unterlassen oder aber unter strengster Beachtung von Vorsichtsmaßnahmen (Atenschutz) auszuführen.

Auf einen Zusatz von Bläueschutz kann nach Ansicht der Autoren nach Befragung von Praktikern unter Voraussetzung der Einhaltung der Wartungsempfehlungen (⇒ S.76f.) bei historischen Fenstern verzichtet werden<sup>19)</sup>, der oftmals behauptete normenmäßige Zwang zum Bläueschutz ist bei Fenstersanierungen nicht gegeben (⇒ S.43f.).

## Dichtmassen

Bei historischen Fenster ist der traditionelle *Fensterkitt* auf *Leinölbasis* (⇒ S.48) jedenfalls zu bevorzugen, bei original kunstharzbasierten Fenstern kann für den Fall einer Sanierung mit einem modernen Kunstharzsystem auch auf Alternativen wie etwa SMP-Dichtmassen (⇒ S.38f.) zurückgegriffen werden.

PU-Montageschäume müssen jedenfalls frei von HFKW sein (⇒ S.62f.). Als ökologisch vorteilhaftere Alternativen bieten sich natürliche Materialien wie x an (⇒ S.31).

## Dichtungen

Dichtungen aus Weich-PVC sind nicht nur aus technischen (⇒ S.52), sondern auch aus ökologischen und toxikologischen Überlegungen (⇒ S.67f.) strikt abzulehnen.

---

<sup>19)</sup> Dieser Punkt ist naturgemäß nicht unumstritten. Von Befürwortern einer Filmkonservierung mit Bläueschutz wird angeführt, dass die Resistenz von historischen Fenstern gegen Bläuebefall zum Teil auf das schwermetallhaltige Pigment zurückzuführen sei und dass ein Pilzbefall besonders nach Hagelschlag zu befürchten sei.

## V. Empfehlungen

### Definition der Sanierungsziele

Mögliche Teilziele einer Sanierung können sein:

- reine Bauteilerhaltung (Fenster im allgemeinen gehören „überholt“)
- Ästhetik (Denkmalschutz, Architektur, Erzielung eines einheitlichen Erscheinungsbildes etc.)
- Energieeinsparung (ev. als Teil einer thermischen Gebäudesanierung)
- Sanierung von Bauschäden (ev. Erfüllung behördlicher Sanierungsaufträge)
- Erhöhung der Behaglichkeit („Es zieht!“)
- Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit

Der Entscheidungsträger sollte sich vor Beginn einer Sanierung ziemlich klar über die Gewichtung der angeführten Teilziele sein, weil Ausmaß und Strategie der Sanierung stark davon abhängen: Bei einer Sanierung im denkmalgeschützten Bereich wird der ästhetische Aspekt vor-, der energetische nachrangig und Bestandserhaltung somit oberstes Ziel sein, muss im Rahmen einer Gebäudesanierung ein bestimmter *U-Wert* des Bauteils Fenster erreicht werden, sind eventuell auch invasivere Eingriffe in den Bestand (z.B. Austausch der Verglasung) erforderlich.

### 1. Schritt: Schadensanalyse

Zunächst wird von einem Sachverständigen-Team, das idealerweise aus einem Fenstertischler und/oder einem Sachverständigen für Bautischlerarbeiten, einem Sachverständigen für Bauphysik, im denkmalgeschützten Bestand zusätzlich einem Sachverständigen für Denkmalschutz sowie einer Person besteht, die Kosten und Finanzierbarkeit abschätzen kann (z.B. aus der Beschaffung), für *jedes* Fenster (nicht nur Stichproben!) die folgende Checkliste (Tab. 16) ausgefüllt.

Die Auswahl der bewertenden Experten hängt von den o.a. Teilzielen der Sanierung ab. Jedenfalls sollte die nachgewiesene Erfahrung mit einschlägigen Sanierungen eine Muss-Voraussetzung sein, Mitglieder des Bewertungsteams sollten keine Nutznießer der späteren Vergaben sein.

Tab. 16: Entscheidungs-Checkliste Fensterkonstruktion und –material

Ausschlusskriterium	Anmerkungen	Fenstertischler	Bauphysik	Denkmalschutz	Beschaffung	...
Standfestigkeit nicht gegeben		<input type="checkbox"/>				
Dichtigkeit nicht erzielbar		<input type="checkbox"/>				
hoher <i>Verwindungsgrad</i> von Stock und Flügel		<input type="checkbox"/>				
<i>Gang- und Schließbarkeit</i> nicht herstellbar		<input type="checkbox"/>				
Funktionstauglichkeit der <i>Beschläge</i> nicht herstellbar		<input type="checkbox"/>				
Zustand der <i>Kittfalze</i> unsanierbar		<input type="checkbox"/>				
<i>Falzdichtigkeit</i> aller <i>Anschläge</i> nicht erreichbar		<input type="checkbox"/>				
Pilzbefall		<input type="checkbox"/>				
<b>Gesamtbeurteilung Sanierbarkeit</b>		<input type="checkbox"/>				

Klickt einer der Experten ein einziges Ausschlusskriterium an, so ist automatisch seine Gesamtbeurteilung (unterste Zeile) für dieses Fenster negativ.

Ist für die überwiegende Mehrzahl der beurteilten Fenster die Beurteilung negativ, so ist ein Komplettaustausch der Sanierung vorzuziehen, außer es sprechen massive andere Schutzwürdigkeiten (beispielweise Denkmalschutz, Ensembleschutz) für eine Sanierung.

## 2. Schritt: Schadenskartierung

Ist die Gesamtentscheidung für eine Sanierung gefallen, ist zunächst eine Schadenskartierung als Grundlage für die Ausschreibung zu erstellen.

Eine Schadenskartierung stellt eine Beschreibung des Ist-Zustands aller Fensterkonstruktionen, insbesondere aller Mängel und sonstiger sanierungsrelevanten Informationen und eine Beschreibung der durchzuführenden Sanierungsarbeiten dar.

Diese Schadenskartierung sollte jedenfalls von einer fachkundigen Person mit ausreichender Sanierungserfahrung vorgenommen werden, verfügt der Ausschreiber nicht über die Fachkenntnis bzw. Erfahrung, dann sollte diese Leistung vergeben werden. Der damit betraute Fachkundige soll jedenfalls kein Nutznießer des Ausschreibungsverfahrens (egal ob Ausführer, Produkthersteller oder -lieferant) sein.

Die Schadenskartierung ist die Grundlage für die Definition von Art und Ausmaß aller Sanierungsmaßnahmen und stellt demnach, falls die Fenstersanierung im Rahmen einer energetischen Gebäudesanierung erfolgt, neben einem thermischen Gebäudesanierungskonzept die wichtigste Grundlage für die Ausschreibung dar.

### **3. Schritt: Ausschreibung und ausschreibungsrelevante Entscheidungen**

#### **Bieteranforderungen**

Es ist angesichts der Komplexität der einschlägigen Tischler- und Beschichtungsarbeiten dringend zu empfehlen, dass Anbieter ihre Erfahrungen mit einschlägigen Sanierungen überprüfbar dokumentieren müssen, sanierte Objekte sollten auch stichprobenartig überprüft werden (z.B. Besichtigung oder Befragung der Objekteigentümer).

Wichtig: Tischler- und Malerkompetenz können, müssen aber nicht in einem Unternehmen zusammenfallen. Eine Betrauung mehrerer spezialisierter Unternehmen kann durchaus sinnvoll sein, allerdings sollte es aus der Sicht des Ausschreibenden einen für alle Arbeiten Hauptverantwortlichen geben, der ggfs. Teilleistungen an Subunternehmer weitergibt. Dies ermöglicht es, bei späteren Gewährleistungsfragen einen einzigen Verantwortlichen als Gegenüber zu haben.

#### **Verglasungswechsel bei thermischen Sanierungen**

Der nachträgliche Einbau von Isolier- und Wärmeschutzverglasungen stellt ein Know how dar, über das auch Tischler mit langjähriger Erfahrung mit Kastenfenstern nicht unbedingt verfügen müssen. Auch hier kann es sinnvoll sein, spezialisierte Firmen als Subunternehmer beizuziehen.

Im Falle einer thermischen Sanierung des Innenflügels mit einer Zweischeiben Wärmeschutzverglasung sind die Befestigungsmittel für die Zusatzlasten zu planen und dimensionieren. Dies kann zum Beispiel durch Montage eines zusätzlichen *Fensterbandes* erfolgen.

Beim Austausch des Glases der Innenflügel gegen eine Wärmeschutzverglasung (⇒ S.28) muss auf den erforderlichen Glaseinstand geachtet werden. In manchen Fällen kann auch nachgefräst werden. Oft reichen die ursprünglich sehr schlanken Holzprofile trotz zusätzlicher Glashalteleisten nicht aus und die Flügel müssen gänzlich neuhergestellt werden.

Wird der Innenflügel ausgetauscht und der Außenflügel belassen, so sollte der neue Flügel eine Zweischeiben Wärmeschutzverglasung (edelgasgefüllt) aufweisen und mit Dichtlippen versehen sein.

Die Möglichkeit, alle Flügel durch neue zu ersetzen, stellt eine so große Veränderung am Fenster dar, dass sie einer Erneuerung gleichkommt und im vorliegenden Sanierungsleitfaden deshalb nicht behandelt wird. Bauphysikalisch ist auf jeden Fall vom Fachmann die Sinnhaftigkeit zu prüfen, da in den meisten Fällen dadurch das Fenster eine bessere Wärmedämmung als die angrenzende Außenwand erreicht.

### **Sonnenschutz**

Die Montage eines beweglichen Sonnenschutzes im Kastenzwischenraum ist hinsichtlich der Tragfähigkeit des *Kastens* üblicherweise bedenkenlos möglich.

Eine außen liegende Montage der Sonnenschutzeinrichtungen ist in den bestehenden *Fensterrahmen* nicht möglich.

### **Kontrolle**

Es ist wegen der anspruchsvollen Tätigkeiten, die eine Fenstersanierung bedeutet, dringend zu raten, dass die entsprechenden Arbeiten auch regelmäßig stichprobenartig von einer fachkundigen Person kontrolliert werden. Diese Aufgabe könnte unter Umständen zum Beispiel von der Person wahrgenommen werden, welche die Schadenskartierung erstellt hat.

Um die Kontrollierbarkeit des korrekten Schichtaufbaus sicherzustellen, hat es sich bewährt, von der beauftragten Malerfirma unterschiedliche Farben/*Pigmentierung* für jede der aufgetragenen Schichten zu fordern, so kann mit Hilfe eines sogenannten Kerbschnitts einfach überprüft werden, ob alle geforderten Beschichtungsvorgänge auch tatsächlich ausgeführt wurden.

## 4. Schritt: Tischlerarbeiten

Tab. 17: Empfehlungen Tischlerarbeiten

Arbeitsschritt	Empfehlungen
<b>Aushängen der Flügel</b>	
<b>Entfernen von versprödetem und offensichtlich falsch altbeschichtetem Fensterkitt</b>	
<b>Ausglasen</b>	Möglichst zerstörungsfrei arbeiten, damit die Scheiben nach der Sanierung wieder eingesetzt werden können!
	Nachhaltige, aber zerstörungsfrei abnehmbare Beschriftung, um das entnommene Glas wieder ins richtige Fenster einsetzen zu können. Bei Gläsern, welche überkopf wieder eingebaut werden <sup>20</sup> ), zusätzlich Beschriftung der Position.
	Fensterkitt vor dem Entfernen anwärmen (Lampe, Föhn), falls der Kitt zu hart ist, ist Glasbruch leider häufig nicht zu vermeiden.
<b>Entfernen aller Beschläge, welche korrodiert (hinterrostet) sind.</b>	Beschriftung aller wiederverwendbaren Beschläge
<b>Überprüfung der Funktionalität von Wetterschenkeln und Metallverbindern, ggfs. Entfernen</b>	
<b>Erneuerung von schadhaften oder fehlenden Holzteilen:</b>	Für Ausbesserungen ist ausschließlich das gleiche Holz wie beim Bestand zu verwenden.
	Es sollte nach Möglichkeit ähnlich alt oder aber zumindest ausreichend lange gelagert sein.
	Die Einzelteile nicht mehr reparaturfähiger Fenster sollten als Materiallieferanten dienen, nicht nur aus ökologischen Gründen, sondern auch weil sie jedenfalls mit dem Bestand technisch kompatibel sind.
<b>Scharfe Kanten brechen</b>	(An scharfen Kanten ist die Erzielung nachhaltiger Schichtdicken in der Regel nicht möglich.)
<b>Ausbessern von Fehlstellen</b>	Große Fehlstellen ausschließlich tischlermäßig mit Holz ausbessern!
	Außen keinesfalls stückeln, entsprechend geschädigte Profile müssen zur Gänze ausgetauscht werden.
	Kleine Fehlstellen im Innenbereich können mit Polyesterkitt ausgefüllt werden. Für ausreichende Lüftung sorgen (Styrol)!
	Keinen chemischen Holzersatz (Polyurethan), keinen Polyesterkitt außer bei Kleinstreparaturen!

<sup>20</sup>) Überkopfneueinbau wird im Denkmalschutz bei alten (mind. 100jährigen), dünnen Gläsern deshalb praktiziert, um das Fließen des Glases (Glas ist physikochemisch eine extrem langsam fließende Flüssigkeit!) auszugleichen bzw. eigentlich umzukehren.

## 5. Schritt: Malerarbeiten

Bei den Empfehlungen zu den Malerarbeiten ist zwischen alten, im Original mit einem Ölfarbensystem beschichteten und neueren, bereits mit Kunstharzlacken originalbeschichteten Kastenfenstern zu unterscheiden. Erstere werden in der Folge mit „Ölsystem“, zweitere mit „Kunstharzsystem“ bezeichnet. N.B. Mit Kunstharzlacken (meist technisch unrichtig) überschichtete ölimprägnierte Hölzer fallen in die erste Kategorie!

Die in Tab. 18 angeführten Empfehlungen geben den in der Praxis überwiegenden Fall der Sanierung mit Ölfarben wieder, für den Fall einer Sanierung original kunstharzbeschichteter Kastenfenster mit modernen Kunstharzbeschichtungen wird auf die Technischen Merkblätter dieser Produkte verwiesen.

Tab. 18: Empfehlungen Malerarbeiten (Ölsystem)

Arbeitsschritt	Empfehlungen
<b>Entfernung alter, systemfremder Schichten</b>	Muss mechanisch-thermisch erfolgen: Anwärmen der Schichten durch Heißluftföhn und abziehen, nach Möglichkeit nicht abbrennen. (Alte Ölfarbschichten brauchen in der Regel nicht entfernt zu werden, da sie ausreichend Haftung mit dem Untergrund aufweisen und diffusionsoffen sind.)
	Keine Verwendung von Schleifgeräten, da in alten Ölfarben schwermetallhaltige Sikkative und Pigmente (z.B. Bleiweiß) enthalten sein können, die keinesfalls eingeatmet werden dürfen!
	Schleifen führt auch zur Zerstörung der historischen Oberflächenstruktur.
	Chemisches Abbeizen ist jedenfalls zu unterlassen! (Mittel auf Lösungsmittelbasis sind zum Entfernen alter, ausgehärteter Ölschichten weitgehend ungeeignet, starke Laugen zerstören das Holz.)
<b>Imprägnierung</b>	Bei alten Hölzern nach Möglichkeit keinen Bläueschutz einsetzen!
	Als Imprägnierung ausschließlich Leinölfirnis, ev. vorgewärmt (Wasserbad, max. 50°C) verwenden, nach Möglichkeit nicht oder nur wenig verdünnen!!
	Firnis so lange auftragen, bis er „stehen bleibt“ (das Holz gesättigt ist), den Überstand dann entfernen, da ansonsten eine klebrige, schwer zu entfernende Schicht (Linnoxin) entsteht.
	Die Kittfuge muss zur Gewährleistung der Haftung mit dem Leinölkitt jedenfalls gut gereinigt und imprägniert werden!
	Die Imprägnierung muss an allen Stellen - auch im Kittfalz und unter den abmontierten Verbindern - aufgetragen werden.
<b>Einglasen</b>	Leinölkitt verwenden!
	Das Glas unbedingt immer in ein Kittbett einlegen, niemals direkt auf das Holz legen und darüberkitten! (Wird diese Regel missachtet, so dringt an der Materialgrenze ablaufendes Kondensat direkt ins ungeschützte (unverkittete) Holz ein.)
	Bei Neuverglasung: Bevor diese erfolgt, müssen die Glasfalze komplett von Lack befreit sein.

Tab. 18: Empfehlungen Malerarbeiten (Ölsystem)

Arbeitsschritt	Empfehlungen
	Abweichungen von den Ö-Normvorgaben bei der Mindestglasfalzhöhe, der Neigung der freien Dichtstoffase und der Dichtstoffgruppe sind in gewissem Maße vertretbar. Allerdings sollte die Neigung der freien Dichtstoffe gegenüber dem Glasfalzgrund nicht weniger als 30 Grad betragen.
<b>Grundieren</b>	Grundierung mit Ölfarbe
	Die Kittfase frühestens nach 14 Tagen überstreichen, da der Leinölkitt sonst rissig wird.
	Über der Kittfase muss mind. 2 mm ins Glas gestrichen werden.
<b>Verkitten</b>	Ausschließlich kleine Fehlstellen mit PE-Kitt ausbessern, größere sind jedenfalls tischlerisch auszubessern
<b>Beschläge sanieren</b>	Keinesfalls schwermetallbasierte Rostschutzpigmente einsetzen!
<b>Schlussanstrich</b>	mit Standölfarbe
	ev. einen zusätzlichen Vertreiberpinsel verwenden
	auf der Innenseite einen Anstrich mehr aufbringen

## 6. Schritt: Instandhaltungsarbeiten

Als Instandhaltung bezeichnet man die Pflege und die Wartung eines Bauteils, die zum Erhalt dessen Funktion, Schutz und Aussehen notwendig ist. Sie umfasst Wartungs- und Pflegemaßnahmen.

N.B. tischlermäßige Ausbesserungen und Neubeschichtungen sind keine Instandhaltungs-, sondern Sanierungsmaßnahmen.

Die Funktionstüchtigkeit des Fensters hängt in hohem Maße von der guten Wartung und Instandhaltung ab. Durch einfache Pflege- und Wartungsmaßnahmen ist es möglich, das historische Fenster über Jahrzehnte zu erhalten, ohne dass aufwändige Reparaturmaßnahmen erforderlich sind.

Hauptaugenmerk bei der Wartung gilt den Holzoberflächen und den Beschlägen:

Tab. 19: Empfehlungen Wartungsarbeiten

Arbeitsschritt	Empfehlungen
<b>Überprüfen der Gängigkeit und Bedienbarkeit der Beschläge,</b>	Bei Mängeln Beschlagteile nachstellen, ölen und fetten. Die regelmäßige Wartung der Beschläge ist für die Instandhaltung der Fenster unumgänglich. Sie sollten hin und wieder nachgestellt werden, um die vollständige Funktionstüchtigkeit des Fensters zu gewährleisten. Die Beschlagteile behandelt man einzeln mit nichtharzenden Fetten, um sie leicht gängig zu halten. Die Beschläge sollten einmal jährlich umfassend gewartet und bewegliche Teile nachgefettet werden.
<b>Überprüfen des Dichtschlusses zwischen Flügel und Blendrahmen</b>	Bei Bedarf Flügel nachstellen und einrichten, Dichtungsecken schließen.

Tab. 19: Empfehlungen Wartungsarbeiten

Arbeitsschritt	Empfehlungen
Überprüfen und Beseitigen kleiner Mängel an der Verglasung (abgerissene Dichtungsfase u.ä.)	
Prüfen der Eckverbindungen	Bei geöffneten Stoßfugen ausleimen (Spezialverfahren).
Kontrolle der Holzfeuchte in den unteren Eckbereichen	B.ei hoher Feuchte Maßnahmen zur Austrocknung des Holzes einleiten und Ursache der Durchfeuchtung suchen
Überprüfen der Entwässerungseinrichtung	Bei Bedarf verbessern.
Kontrolle der Oberflächenbeschaffenheit des Anstrichs	ggf. Instandsetzung/Ausbessern Durch regelmäßige Pflege kann man den Zeitpunkt eines erforderlichen Überholungsanstrichs hinauszögern. Hierbei spielt auch die sorgfältige Beseitigung vorhandener Altanstriche und die Wahl eines geeigneten Anstrichsystems eine entscheidende Rolle. Alle drei Jahre sollten die Anstriche auf Fehlstellen und Oberflächenbeschädigungen überprüft und geringfügige Schadensstellen direkt überarbeitet werden.

Alle zwölf Jahre sollten die Fenster von einem Fachmann überprüft werden, nach diesem Intervall ist bei Bedarf eine Erneuerung der Deckbeschichtung auszuführen.

## Bauphysikalische Verbesserung

### Erhöhung des Wärmeschutzes

Kastenfenster besitzen durch ihren doppelten Aufbau eine relativ geringe Wärmeleitfähigkeit, die mit den Werten einer Wärmeschutzverglasung vergleichbar ist.

Den Hauptwärmedurchgang bilden zum einen die meist sehr dünnen Scheiben und zum anderen die undichten Stellen sowohl zwischen Wand und Rahmen wie auch zwischen Rahmen und Flügel.

### Erhöhung des Schallschutzes

Durch die beiden sehr weit auseinander liegenden Scheiben besitzen das Kastenfenster hervorragende Schallschutzeigenschaften. Besonders tiefe Töne, wie Verkehrslärm, werden weitaus besser absorbiert, als bei modernen handelsüblichen Einfach- und Verbundfenstern.

Schwachstellen für den Schallschutz sind wieder die dünnen Scheiben sowie die Fugen im und um das Bauteil.

Eine Verbesserung des Schallschutzes historischer Kastenfenster kann durch zwei wesentliche Maßnahmen erzielt werden:

- Abdichtung der Fugen sowohl im Anschlussbereich an das Mauerwerk als auch im Öffnungsbereich zwischen Flügel und Rahmen
- Einsatz dickerer und vor allem unterschiedlich dicker Glasscheiben.

Tab. 20: Empfehlungen bauphysikalische Verbesserungsmaßnahmen

Arbeitsschritt	Empfehlungen
<b>Lösungsmöglichkeiten einer thermischen Fenstersanierung, welche die Kondensatbildung wesentlich verringern:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufwertung der Einfachverglasung des Innenflügels, z.B.. durch höherwertig beschichtete Einfachverglasungen oder Klebefolien (Lebensdauer beachten!)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wechsel der Verglasung des Innenflügels, von Einfachverglasung auf eine Wärmeschutzverglasung</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufkleben von Dichtungen im Falz des Innenflügels</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einarbeiten von Dichtungen im Falz des Innenflügels</li> </ul>
<b>Lösungs-möglichkeiten für den hygienischen Luftwechsel:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sicherstellung einer ausreichenden Fensterlüftung</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hygrostatgesteuerte Abluft in Nassräumen und Küche</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kontrollierte Wohnraumlüftung [5]</li> </ul>
<b>Schalltechnische Verbesserungen von Kastenfenstern:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auf die Dichtheit des Innenflügels und die erhöhte Undichtheit des Außenflügels hinsichtlich des Wärmeschutzes ist unbedingt zu achten!</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ersatz der vorhandenen Scheiben durch dickere. Dabei sollen die Scheiben möglichst ungleich dick sein (anzustreben ist ein Verhältnis 1:2, zB. 3 mm / 6 mm)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einkleben von Dichtungsbändern in die Falze des Innenflügels</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einarbeitung von Dichtungsbändern in die Falze des Innenflügels</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erzielung einer möglichst hohen Passgenauigkeit und gleichmäßigen Anpressdruck der Innen- und Außenflügel im Rahmen</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ersatz alter abgenutzter Bänder und Beschläge durch neue passgenauere (je mehr Schließpunkte desto besser)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überprüfung der Einbaufugen auf Funktionstüchtigkeit</li> </ul>

## VI. Glossar

### Abbeizen

das Entfernen einer Altbeschichtung mit Hilfe chemischer Hilfsmittel (Abbeizer oder Abbeizmittel). Letztere sind entweder auf Lösungsmittelbasis (oder aber starke Alkalien, welche das Holz teilweise quellen (*Cellulose*) und anlösen (*Lignin*) sowie bestimmte ältere Beschichtungen (auf Ölbasis, Alkydharzfarben) teilweise *verseifen*, was ihre Entfernung erleichtert.

### Absanden

Darunter versteht man das Abblättern bzw. die leicht mechanische Entfernbarekeit einer Beschichtung infolge Verwitterung.

### Acrylharzfarben

Wässrige Farbsysteme, welche Acrylharze als Bindemittel enthalten, in der Regel wasserverdünnbar. ⇒ S.34f.

### Algizide

Wirkstoffe gegen Algenbewuchs

### Alkydharzfarben

Farbsysteme, welche Alkydharze als Bindemittel enthalten, meist stark lösungsmittelhaltig. ⇒ S.33f.

### Allergen

Ein Stoff mit *Antigen*-Eigenschaften, der Allergien auszulösen kann (⇒ S.58). Siehe auch *Sensibilisierung*

### Anschlag

Äußerer Teil eines Fensterrahmens, in dem ein oder mehrere Flügelrahmen angeschlagen (Anschlagarten).

### Antigen

Ein Stoff mit einer chemischen Struktur, an die sich Antikörper binden können.

### Aromaten

genauer aromatische *Kohlenwasserstoffe*, sind durch eine besondere, chemisch sehr stabile Ringstruktur gekennzeichnet. Diese Ringstruktur wird bei vielen Vertretern dieser Stoffgruppe in Stoffwechselprozessen im *Rahmen* von „Entgiftungsstrategien“ von Organismen häufig in hochreaktive Verbindungen umgewandelt, die zu Zellentartungen (Krebsentstehung) und reaktiven Zerstörungen der Chromosomen (Erbgutschädigung) führen. ⇒ S.59.

### **Barytweiß**

Ein vor allem in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts häufig eingesetztes Weißpigment, mineralogisch Baryt bzw. Schwerspat, chemisch Bariumsulfat ( $\text{BaSO}_4$ ).

### **Bauanschlussfuge**

Darunter versteht man generell die Fuge zwischen zwei Bauteilen.

Beim Fenstereinbau ist an der Innenseite ein dauerhaft luftdichter und dauerelastischer Fensteranschluss herzustellen. An der Außenseite muss ein diffusionsoffener, winddichter, schlagenregendichter und witterungsbeständiger Fensteranschluss ausgeführt werden.

Zwischen den beiden Dichtungsebenen wird ein geeigneter Dämmstoff eingebracht.

### **Beschläge**

alle metallischen Bestandteile des Fensters

### **Bioakkumulation**

bezeichnet strenggenommen die Anreicherung eines Stoffes in einem Organismus aus dem ihn umgebenden Medium. Der Bioakkumulationsfaktor gibt an, um wieviel höher die Konzentration der jeweiligen Substanz im Organismus als im Umgebungsmedium ist. Über die Nahrungskette multiplizieren sich die Bioakkumulationsfaktoren, Organismen am Ende der Nahrungskette (z.B. der Mensch) sind somit durch bioakkumulative Schadstoffe hoch gefährdet.

### **Biozide**

Sammelbegriff für alle Wirkstoffe, die in irgendeiner Form lebendige Organismen abtöten sollen, insbesondere *Fungizide* (gegen Pilze, Schimmel, *Bläue*), *Algizide* (gegen Algen), *Bakterizide* (gegen Bakterien), *Insektizide* (gegen Insekten), *Herbizide* (Wurzelschutz), Desinfektions- und Konservierungsmittel.

### **Bläue**

Eine bestimmte durch Pilze beim Eindringen von Nässe ins Holz im Außenbereich verursachte Holzverfärbung.

### **Bleiweiß**

ein basisches Bleicarbonat, chemisch  $2 \text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$ . Ein in der Vergangenheit häufig eingesetztes, giftiges Weißpigment. Wurde in Österreich mit der Cadmiumverordnung[29] verboten. Wegen seiner Giftigkeit ab der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts zuerst durch *Barytweiß*, ab der 2. Hälfte durch *Titanweiß* ersetzt.

### **Blendrahmen**

Ein mit dem Mauerwerk festverbundener Rahmen, an dem ein oder mehrere Flügelrahmen beweglich angebracht sind. ⇨ S.15

### Blockneigung

Darunter wird im Fensterbereich die Eigenschaft bestimmter Anstriche verstanden, dass beim Öffnen eines länger geschlossenen Fensters die Beschichtung einer der beiden aneinandergesprenten Flächen vom Untergrund abreißt und an der gegenüberliegenden Fläche anstatt auf dem ursprünglichen Untergrund haftet.

### Butzen

Butzenscheiben sind kreisförmige Glasscheiben mit etwa 15 cm Durchmesser. Sie werden aus durch Blasen und anschließend kreisförmiges Schleudern scheibenförmigem geformtem Glas herausgeschnitten.

### carcinogen

krebserregend

### Cellulose

oder Zellulose ist neben *Lignin* der wichtigste Bestandteil von Holz. Es ist der Hauptbestandteil pflanzlicher Zellwände, chemisch ein Polysaccharid (aus Zuckerbestandteilen – hier Glucose/Traubenzucker - aufgebautes kettenförmiges Molekül) und der Hauptbestandteil pflanzlicher Zellwände. Im Holz entspricht es der Faserkomponente, welche ihm (ähnlich dem Bewehrungsstahl in Stahlbeton) Zugfestigkeit und Biegsamkeit verleiht.

Cellulose ist mikrobiell abbaubar (v.a. durch die sog. Braunfäulepilze), wird durch Säuren gespalten, Laugen führen zunächst zum Quellen (Verdicken und Schrumpfen) der Faser.

### Chromat

eine Verbindung (genauer ein Salz) des sechswertigen Chroms. (Chrom tritt außer als Metall in drei-, vier- und sechswertiger Form auf.) Praktisch alle Chromate bzw. Chrom(VI)-Verbindungen haben stark *carcinogene* und/oder *mutagene* Eigenschaften, einige wirken besonders stark *sensibilisierend*.

### CKW

früher nur für leichtflüchtige chlorierte *Kohlenwasserstoffe*, heute für alle flüchtigen chlororganischen Stoffe gebräuchlicher Begriff.

### CMR-Stoffe

Stoffe mit *carcinogenen*, *mutagenen* oder *reproduktionstoxischen* Eigenschaften

### Copolymer

aus zwei *Monomer*bestandteilen aufgebautes *Polymer*.

### Deckschicht

der oberste, schichtbildende Anstrich eines Beschichtungssystems

### **Decopaint-Richtlinie**

Die EU-Richtlinie 2004/42, mit der die **VOC**-Gehalte von Beschichtungen begrenzt werden [20], in Österreich umgesetzt mit der Lösungsmittel-Verordnung 2005 [30]. Diese in weiten Bereichen nicht besonders ambitionierte Richtlinie ersetzte die zum Teil deutlich fortschrittlichere österreichische Lösungsmittel-Verordnung 1995.

### **Dichtmassen, elastische**

auch RTV- (**R**oom **T**emperature **V**ulcanizing raumtemperaturvernetzende) Dichtmassen genannt, während der Anwendung zähflüssige, durch Reaktion mit Feuchtigkeit aushärtende dauerelastische Stoffe, die zu Abdichtungszwecken angewendet werden.

### **Dichtung**

Dichtungen bezeichnen im Gegensatz zu den **Dichtmassen** dauerelastisch-feste Erzeugnisse, welche nicht notwendigerweise auf dem Untergrund haften müssen, Profildichtungen sind dem Fensterprofil angepasste Dichtungen.

### **Diffusion**

Diffusion (lat.: diffundere „ausgießen, verstreuen, ausbreiten“) ist ein physikalischer Prozess, der zu einer gleichmäßigen Verteilung von Teilchen und somit zur vollständigen Durchmischung zweier Stoffe führt.

Die Diffusion bei einer bestimmten konstanten Temperatur erfolgt ohne weitere Energiezufuhr und ist in diesem Sinne passiv. Theoretisch ist Diffusion ein unendlich lange dauernder Vorgang. ⇒ S.19

### **diffusionsdicht**

Nach DIN und OE-Norm werden alle Materialien mit einem **sd-Wert** größer als 1500 m als diffusionsdicht bezeichnet.

### **diffusionsoffen**

Nach DIN und ÖNORM werden alle Materialien mit einem **sd-Wert** kleiner als 0,5 m als diffusionsoffen bezeichnet.

### **Diffusionswiderstandszahl ( $\mu$ -Wert)**

Die Fähigkeit von Baustoffen, für Wasserdampf durchlässig zu sein, wird durch die Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl  $\mu$  beschrieben. Je niedriger der Wert, desto weniger wird der Wasserdampf auf dem Weg von der warmen zur kalten Seite gebremst. Für offenporige Konstruktionen ist ein niedriger  $\mu$ -Wert vorteilhaft, da die Entfeuchtung ungehindert und schnell ablaufen kann.

### **Duroplaste**

Kunststoffe, die nach ihrer Aushärtung nicht mehr verformt werden können

### **Elastomere**

Kunststoffe, die sich bei Zug- und Druckbelastung elastisch verformen, dann aber wieder ihre ursprüngliche, unverformte Gestalt annehmen

### Endokrine Wirkungen

*Hormone* werden im Körper überwiegend von den in sogenannten endokrinen Drüsen (z.B. Nebennieren, Schilddrüse) produziert. Als endokrine Wirkung wird daher eine hormonelle Wirkung bezeichnet, unabhängig davon, ob sie von einem *Hormon* oder einem *Pseudohormon* verursacht wird.

### Extender

eine bestimmte Art von Weichmachern, sog. Sekundärweichmacher, wenig polare Stoffe, oft in Kombination mit anderen Weichmachern eingesetzt.

### Falz

Rechtwinklige Ausnehmung am Flügel zur Aufnahme der Glasscheibe oder am Rahmen zur Abdichtung zwischen Flügel und Rahmen.

### FCKW

Fluorchlor*kohlenwasserstoffe*. *Kohlenwasserstoffe*, bei denen alle Wasserstoffatome des Moleküls entweder mit Fluor oder mit Chlor ausgetauscht sind. Wurden früher als Kältemittel (z.B. in Kühlschränken), Treibmittel und als Zellgas in Hartschaum-Dämmstoffen verwendet. Wegen ihrer Fähigkeit, die atmosphärische *Ozonschicht* zu zerstören, sind sie heute verboten. [31]

### Fensterkitt

andere Bezeichnung für *Leinölkitt*

### Fensterkasten

Je ein Flügel auf der Innenseite nach innen öffnend und der Außenseite, nach außen (innen) öffnend: Es ergibt sich ein geschlossener „Kasten“ aus beiden Glasflächen und dem Rahmen.

### Fensterrahmen

Der Fensterrahmen ist eine separate, mit dem Bauwerk fest verbundene Konstruktion. Der Blockrahmen oder Zargenrahmen wird in die Fensteröffnung eingesetzt, während der Blendrahmen der Außenfassade vorgeblendet wird. An dem Fensterrahmen sind die Flügelrahmen entweder beweglich angebracht oder die Verglasung wird direkt in den Rahmen eingebaut.

### Filmbildehilfsmittel

auch Koaleszenzhilfsmittel, organische Lösemittel, in der Regel mit guter Wassermischbarkeit, die man Dispersionen in kleinen Mengen zusetzt, um die Mindestfilmbildungstemperatur zu senken und somit die Verfilmung zu erleichtern bzw. zu ermöglichen.

### Filmkonservierung

im Gegensatz zur Topfkonservierung die biozide Ausrüstung einer Beschichtung

### Firn

durch Erhitzen eingedicktes trocknendes Öl, ⇒ S.47

### Fischöl

Industrielles *Fischöl* wird überwiegend aus dem Fett von Fischabfällen gewonnen und anschließend durch Raffination und Vakuumdestillation gereinigt.

### Flößen

Transport von zusammengebundenen schwimmenden Baumstämmen auf Wasserstraßen, bis zu Beginn, gelegentlich (z.B. in Kanada) bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts übliche Form des Holztransports.

### Fugendurchlasskoeffizient (a-Wert)

Die Fugendurchlässigkeit gibt die Dichtigkeit eines Fensters an. Bei der Fugendurchlässigkeit handelt es sich um Undichtigkeiten von Fenstern in den Fugen zwischen Flügel- und Blendrahmen.

Der Fugendurchlasskoeffizient (a-Wert) gibt an, wieviel Luft (m<sup>3</sup>) pro Meter Fugenlänge bei der Druckdifferenz von 1kp/m<sup>2</sup> pro Stunde hindurchgeht. Je kleiner der a-Wert ist, desto dichter schließt das Fenster, umso geringer ist der Wärmeverlust und desto besser der Schallschutz.

### Fungizide

Wirkstoffe gegen Pilze aller Art, z.B. gegen Schimmel- und *Bläue*pilze.

### g-Wert (Gesamtenergiedurchlassgrad)

Der Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert) ist ein Maß für den Energiedurchlass durch transparente Bauteile. Der g-Wert ist die Summe aus der direkten Transmission durch solare Strahlung und der Wärmeabgabe nach innen durch Strahlung und Konvektion. ⇒ S.17

### Glasfalz

Der Glasfalz dient zur Aufnahme der Glasscheibe.

### Glasleiste

Die Glasleiste ist das Halteteil für die Glasscheibe. Sie ist Bestandteil des Fensterflügels. Bei Glasschäden kann sie entfernt werden, um das Glas zu ersetzen.

### Grundierungen

Grundierungen sollen das Holz benetzen. Sie dienen der Haftvermittlung zwischen Holz und Folgeanstrichen. Grundierungen können farblos oder *pigmentiert* sein.

### GWP

Global Warming Potential, die Treibhauswirksamkeit eines Stoffes im Vergleich zu Kohlendioxid. Häufig wird als Index noch der Bezugszeitraum angegeben, auf den diese Größe berechnet wird: *GWP*<sub>100</sub> bedeutet also, um wievielfach treibhauswirksamer ein Stoff im Zeitraum von 100 Jahren verglichen mit Kohlendioxid ist.

### Halböl

Je zur Hälfte aus *Leinölfirnis* und *Terpentin* bestehende, vor allem in der Vergangenheit eingesetzte *Grundierung*.

### Halogene

bezeichnet man die in der VII. Hauptgruppe des Periodensystems der Elemente stehenden, chemisch sehr reaktiven Stoffe Fluor, Chlor, Brom, Jod (und Astat).

### Halogenorganische Verbindungen

enthalten *Halogene* in (stabilen) organochemischen (sogenannten kovalenten) Bindungen (im Gegensatz zu salzartigen Bindungen wie etwa im Kochsalz NaCl).

### HFCKW

teil*halogenierte* (Das **H** steht für Rest-Wasserstoffatome im Molekül.) Fluorchlor*kohlenwasserstoffe* (siehe auch *FCKW*), wie ihre voll*halogenierten* Verwandten wegen ihrer schädlichen Wirkung auf die stratosphärische *Ozonschicht* heute verboten [32].

### HFKW

teil*halogenierte* (Das **H** steht auch hier für Rest-Wasserstoffatome im Molekül.) Fluorkohlenwasserstoffe (N.B. ohne **C** wie Chlor...!) Gefährden zwar nicht mehr die *Ozonschicht*, haben aber extrem hohe Treibhauswirksamkeit (*GWP-Werte* zwischen ca. 300 und ca. 3000!). In Österreich sind HFKW für einige Anwendungen verboten oder eingeschränkt [33]

### Hormone

Botenstoffe in Organismen, in geringsten Konzentrationen wirksam, entfalten ihre Wirkung in einem anderen Organ. Im menschlichen und tierischen Organismus meist von *endokrinen* Drüsen gebildet.

### Imprägnierungen

Imprägnierungen sind dünnflüssige Anstriche, oft mit Wirkstoffen ausgerüstet. Sie sollen tief in Ritzen und Risse eindringen und die Holzoberfläche gut benetzen.

### Insektizide

Wirkstoffe zum Abtöten von Insekten

### Kapillarität

Die Kapillarität hängt eng mit Adhäsion, Kohäsion und Oberflächenspannung zusammen. Eine benetzende Flüssigkeit wird in einer Kapillare nach oben gezogen. Ursache ist die Oberflächenspannung. Die nötige Energie kommt aus der Wechselwirkung der Flüssigkeit mit der Kapillarwand. ⇒ S.18

### Kasten

siehe *Fensterkasten*

### Kernholz

abgestorbene *lignifizierte* innere Holzzone im Baum, meist dunkler gefärbt als *Splintholz*, enthält keine lebenden Zellen mehr, nicht saftführend

### Kohlenwasserstoff

eine Stoff, dessen Molekül ausschließlich aus den Elementen Kohlenstoff (chemisches Symbol C) und Wasserstoff (H) besteht

### Koniferen

Nadelhölzer

### Konvektion

Konvektion wird durch Strömung hervorgerufen, die Teilchen befördert. Ursache für die transportierende Strömung können unterschiedliche Kräfte sein, wie z.B. die Schwerkraft oder Kräfte, die von Druck-, Dichte-, Temperatur- oder Konzentrationsunterschiede herrühren. Man unterscheidet dabei freie (natürliche) und erzwungene Konvektion. ⇨ S.19

### Kreiden

Darunter versteht man das Abfärben von Anstrichen als Folge von Verwitterung.

### Kunsthharzlacke

Sammelbezeichnung für alle *Lacke* auf Basis chemisch-synthetischer Harze (z.B. *Alkyd-, Acrylat-, Polyurethanharze* etc.)

### Lacke

Lack ist ein Sammelbegriff für verschiedene schichtbildende Anstrichstoffe. Man bezeichnet damit heutzutage in der Regel deckende (ausgenommen Klarlacke) Anstrichsysteme, als Gegensatz zu *Lasuren*.

### Lanolin

oder Wollwachs ist das bei der Wäsche von Schafwolle rückgewonnene Sekret aus den Talgdrüsen von Schafen.

### Lasuren

*Lasuren* sind teiltransparente Holzanstrichstoffe. Die Holzstruktur ist auch nach zwei- bis dreimaligem Auftrag noch gut erkennbar.

### Lignin

phenolische Makromoleküle, welche im Zuge der sogenannten Verholzung (Lignifizierung) in Zellwände eingelagert werden, etwa 20-30% Anteil im Holz. Lignin ist dunkel gefärbt, gibt dem Holz als „Füllstoff“ seine Druckfestigkeit und schützt es vor Wasser.

### Lüftungswärmeverlust

Bei der konventionellen Lüftung durch Fenster oder Türen wird in der kalten Jahreszeit neben der verbrauchten Luft auch die in der Luft enthaltene Wärme abgegeben und stellt somit einen Verlust dar. ´

### Luftwechsel

Die *Luftwechselzahl*  $n$  (Einheit  $h^{-1}$ ) gibt an, wie oft die Luft in einem Raum stündlich ausgetauscht wird.

### Mennige

Ein in der Vergangenheit eingesetztes Korrosionsschutz*pigment*, ein Gemisch aus zwei- und vierwertigen Bleioxiden. ⇒ S.39

### Minium

Ein in der Vergangenheit eingesetztes Korrosionsschutz*pigment*, chemisch Blei(IV)oxid. ⇒ S.39

### Monomer

Einzelbaustein eines *Polymers*

### mutagen

erbgutschädigend

### Naturharze

Sammelbezeichnung für alle natürlichen Harze, welche überwiegend (z.B. Dammar, Kolophonium) aus *Koniferen* gewonnen werden.

### Ölfarben

Die als Grundierung eingesetzten *pigmentierten* Farben auf Basis natürlicher trocknender Öle, in unseren Breiten überwiegend auf Basis Leinöl ⇒ S.44ff.

### ototoxisch

das Gehör schädigend

### Ozon

Die chemisch hochreaktive, für den Menschen giftige, in der Stratosphäre aber überlebenswichtige Molekülform des Sauerstoffs, gekennzeichnet durch drei Atome im Molekül. ⇒ S.62f.

### PBT-Stoffe

Sammelbegriff für besonders gefährliche Stoffe, die gleichzeitig *persistente*, *bioakkumulierende* und *toxische* Eigenschaften aufweisen.

### Persistenz

Darunter versteht man die weitgehende Indifferenz bestimmter Stoffe gegen biologische, chemische und physikalische Prozesse und das daraus resultierende Verbleiben in der Ökosphäre über sehr lange Zeiträume.

### Phthalate

Ester der Phthalsäure, häufig als *Weichmacher* (z.B. in PVC, aber auch in Bindemitteln wie Acrylaten) eingesetzte Stoffgruppe, von denen einige erwiesenermaßen *endokrine* Eigenschaften aufweisen (⇒ S.58), viele unter Verdacht auf solche Wirkungen stehen.

### Pigmente

Die Pigmente sind der farbgebende, ggfs. korrosionshemmende Teil eines Anstrichsystems. Lasuren enthalten 5 bis 8% Pigmente, Deckfarben etwa 15 - 20%. Es gibt organische und anorganische Pigmente, bei den ersteren auch natürliche Pigmente, bei den zweiten auch solche aus natürlich vorkommenden Mineralien (Beispiel Waschblau).

### Polykondensation

Die Bildung langer Molekülketten aus Einzelbausteinen (Monomeren) durch Reaktionen, bei denen kleinere Moleküle (z.B. Wasser, Kohlendioxid) freigesetzt werden.

### Polymerisation

Die Bildung langer Molekülketten (*Polymere*) durch Verkettung von Einzelbausteinen (*Monomeren*), welche reaktionsfähige Doppelbindungen enthalten. *Copolymere* sind Ketten aus zwei, *Terpolymere* aus drei verschiedenen Monomeren.

### Polyurethanfarben

Ein- oder zweikomponentige Beschichtungen, deren Bindemittel Polyurethanharze sind. ⇒ S.35ff.

### Pseudohormone

Stoffe, die wegen ihrer strukturellen Ähnlichkeit von Organismen fälschlicherweise für Hormone gehalten werden ⇒ S.58.

### Radikal

Eine chemisch hochreaktive, sehr instabile Zustandsform eines Stoffes.

### RAL

Der Einbau nach RAL stellt eine mögliche Alternative zum Einbau gemäß ÖNORM dar. Gemeint ist damit ein Einbau im Einklang mit der einschlägigen RAL-Richtlinie [34]

### reproduktionstoxisch

Sammelbegriff für Stoffe, welche fruchtschädigende oder fruchtbarkeitsschädigende Eigenschaften aufweise

### Riegel (Kämpfer)

Querteil zur Unterteilung des Blendrahmens in der Höhe. Der Riegel ist mit dem Blendrahmen fest verbunden.

### sd-Wert

Den sd-Wert bekommt man, wenn man den Wert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl ( $\mu$ ) mit der Schichtdicke in Metern multipliziert.

Als Diffusionswiderstand einer Schicht gibt man die Luftschichtdicke in Metern an, die der Diffusion (Austausch von Wasserdampf- und Luftmolekülen) denselben Widerstand entgegensetzen würde wie die betreffende Schicht.

Je niedriger der Wert, desto weniger wird der Wasserdampf auf dem Weg von der warmen zur kalten Seite gebremst.

### Sensibilisierung

Die Fähigkeit eines Stoffe bzw. Stoffgemisches, Allergien auszulösen. Diese Allergie muss nicht oder nicht nur notwendigerweise gegen das Allergen selber bestehen, sie kann auch ganz andere Auslöser (z.B. Tierhaare, Nahrungsmittel) betreffen.

### Sikkative

Stoffe, die den Trocknungsprozess trocknender Öle beschleunigen, meist Metallseifen. ⇒ S.46.

### SMP

Abkürzung für **Silikonmodifizierte Polymere**, einer für Dicht- und Klebstoffe zunehmend eingesetzten Stoffgruppe, deren herausragendsten technischen Eigenschaften Dauerelastizität, Überstreichbarkeit und die Verträglichkeit mit einer Vielzahl von Untergründen sind.

### Splintholz

äußere Zone des Baumes, enthält auch lebende Zellen, saftführend, meist heller als das **Kernholz**

### Standöl

Teiloxidertes **Leinöl**, Zusatz von **Standölfarben**, ⇒ S. 48.

### Standölfarben

Deckbeschichtung eines Öllfarbensystems, eine **Ölfarbe**, der etwa 5-10% **Standöl** zugesetzt wird. ⇒ S. 48

### Strahlungswärmeverlust/gewinn

#### **Wärmeverlust**

Wärmemenge, die von der konditionierten Zone an die äußere Umgebung durch Wärmeübertragung oder Lüftung abgegeben wird.

#### **Wärmegegewinn**

Wärmemenge, die innerhalb der konditionierten Zone durch Sonneneinstrahlung entsteht oder in diese eintritt und von den Wärmequellen des Heizsystems unabhängig ist. (Strahlungs)wärmeverlust/gewinn ⇒ S.17

### SVOC

**Semivolatile organic compounds**, schwerflüchtige organische Stoffe mit einem Siedepunkt zwischen 250°C und etwa 400°C. SVOC verdunsten sehr langsam, können somit zum Unterschied zu leichtflüchtigen Verbindungen, welche rasch verdunsten und hauptsächlich den Anwender gefährden, für lange Zeit die Innenraumluft belasten und so die Gesundheit der Nutzer gefährden. (⇒ S.53ff.)

### Terpentin

Aus *Koniferen* (Nadelhölzern) gewonnenes Lösungsmittel, in der Vergangenheit in Österreich vor allem aus Schwarzkiefern im Raum Wiener Neustadt. Hoher Gehalt an sogenannten Terpenen, meist duftenden nichtaromatischen ringförmigen *Kohlenwasserstoffen*, von denen einige (z.B.  $\delta$ -Caren,  $\alpha$ - und  $\beta$ -Pinen, Limonene) beträchtliche sensibilisierende Eigenschaften aufweisen.

### Terpentinersatz

eine andere Bezeichnung für *Testbenzine*

### Terpolymer

aus drei *Monomer*bestandteilen aufgebautes *Polymer*.

### Testbenzin

Eine bestimmte Erdölfraktion, häufiger Bestandteil lösungsmittelhaltiger Beschichtungen. Das Wort „Test“ stammt daher, dass zur korrekten Zuordnung der Flammpunkt und der Siedepunkt getestet wurde.

### Thermoplaste

Kunststoffe, die sich in einem bestimmten Temperaturbereich verformen lassen. Dieser Vorgang ist reversibel, das heißt er kann auch wiederholt werden.

### Titanweiß

Das heute meist- bzw. fast ausschließlich eingesetzte Weißpigment, mineralologisch Rutil, chemisch Titandioxid ( $\text{TiO}_2$ ).

### Topfkonservierer

Konservierungsmittel (siehe auch *Biozide*), welche wässrigen Systemen (z.B. Dispersionsfarben und -lacken, Dispersionsklebstoffen) zur Erhöhung bzw. Gewährleistung der Haltbarkeit zugegeben werden. Das früher gebräuchlichste System waren Formaldehyd bzw. Formaldehydabspalter, heute kommen überwiegend Stoffe aus der Gruppe der Isothiazolinone in sehr kleinen Konzentrationen zum Einsatz. Isothiazolinone haben stark sensibilisierende Eigenschaften.

### Transmissionswärmeverlust

Bei Gebäuden bezeichnet man mit Transmissionswärmeverlust die Wärmemenge, die ein Gebäude durch seine wärmeübertragende Umfassungsfläche (Hüllfläche) bei einer Temperaturdifferenz innen/außen an seine Umgebung abgibt, wenn jeder Flächenteil der Hüllfläche luftdicht (winddicht) ist.

### Triften

im Gegensatz zum *Flößen* Transport von losen schwimmenden Baumstämmen bzw. Scheit- oder Schnittholz auf Wasserstraßen.

### U-Wert

Der **Wärmedurchgangskoeffizient**  $U$  (auch **Wärmedämmwert**, **U-Wert**, früher **k-Wert**) ist ein Maß für den Wärmestromdurchgang durch eine ein- oder mehrlagige Materialschicht, wenn auf beiden Seiten verschiedene Temperaturen anliegen. Er gibt die Energiemenge (in Joule = Wattsekunden) an, die in einer Sekunde durch eine Fläche von  $1 \text{ m}^2$  fließt, wenn sich die beidseitig anliegenden Lufttemperaturen stationär um  $1 \text{ K}$  unterscheiden.

### Verseifen

das Aufspalten einer Esterbindung meist durch Einwirkung starker Laugen, Reaktionsprodukte sind Seife (Fettsäuresalz) und der abgespaltene Alkohol.

### VOC

Volatile organic compounds, flüchtige organische Stoffe mit einem Siedepunkt zwischen  $50$  und  $250^\circ\text{C}$ . ( $\Rightarrow$  S.53ff.)

### VVOC

Very volatile organic compounds, leichtflüchtige organische Stoffe mit einem Siedepunkt unter  $50^\circ\text{C}$ . Das bekannteste VVOC ist Formaldehyd. ( $\Rightarrow$  S.53ff.)

### Wasserdampf-Diffusionswiderstand

Die Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl (auch -faktor, Symbol  $\mu$ ) eines Baustoffs ist ein dimensionsloser Materialkennwert. Sie gibt an, um welchen Faktor das betreffende Material gegenüber Wasserdampf dichter ist als eine gleich dicke, ruhende Luftschicht. Je größer die  $\mu$ -Zahl, desto dampfdichter ist ein Baustoff.

### Weichmacher

Weichmacher (Weichmachungsmittel) sind Stoffe, die spröden Harzen und filmbildenden Beschichtungen zugesetzt werden, um diese geschmeidiger und elastischer im Gebrauch oder der weiteren Verarbeitung zu machen.

### Windeisen

In gleichen Abständen in die Fensterleibung gotischer Kirchen an der Innenseite der Fenster eingemauerte Rund- oder Flacheisen, die große Fensterflächen gegen Winddruck stabilisieren sollten.

### Zinkweiß

auch Chinesisch-, Schnee- oder Ewigweiß, eine Bezeichnung für das Weißpigment Zinkoxid. Weniger gut deckend als das historische Bleiweiß oder das moderne Titanweiß, daher oft mit diesen gemischt eingesetzt. Als umweltgefährlich (Gefährdung aquatischer Organismen) eingestuft.

## VII. Normenverzeichnis

Nummer		Teil	Titel	Untertitel
ÖN	B 5300	-	Fenster	Allgemeine Anforderungen
ÖN	B 5305	-	Fenster	Instandhaltung
	Beiblatt	-	Fenster - Instandhaltung	Beurteilungsformblatt
ÖN	B 5307	-	Bewegliche Abschlüsse von Fenstern	Benennungen und Definitionen
ÖN	B 5308	-	Fenster	Benennungen und Definitionen
ÖN	B 5310	-	Fenster	Einbaumaße
ÖN	B 5312	-	Holzfenster	Konstruktionsregeln
ÖN	B 5315	-1	Holzfenster; Profile f. Dreh-, Kipp- u. Drehkippfenster	Allgemeines
ÖN	B 5315	-2	Holzfenster; Profile f. Dreh-, Kipp- u. Drehkippfenster	Einfachfenster
ÖN	B 5315	-3	Holzfenster; Profile f. Dreh-, Kipp- u. Drehkippfenster	Verbundfenster
ÖN	B 5315	-4	Holzfenster; Profile f. Dreh-, Kipp- u. Drehkippfenster	Kastenfenster
ÖN	B 5320	-	Wandanschluß von Fenstern u. Außentüren	Planung und Ausführung
ÖN	B 5328	-	Fenster und Türen	Terminologie sowie Lage - und Richtungsbezeichnung
ÖN	B 5338	-	Einbruchhemmende Fenster, Türen u. zusätzliche Abschlüsse	Allgemeine Festlegungen
ÖN	B 4014	-1	Belastungsannahmen im Bauwesen	Statische Windwirkung
ÖN	B 4014	-2	Belastungsannahmen im Bauwesen	Dynamische Windwirkungen
ÖN	B 3804	-	Holzschutz im Hochbau - Gebäude, errichtet aus vorgefertigten Holzbauteilen	Vorraussetzungen für die Reduktion von chemischen Holzschutzmaßnahmen
ÖN	B 3803	-	Holzschutz im Hochbau - Beschichtungen auf maßhaltigen Außenbauteilen aus Holz durch Holz verarbeitende Betriebe	Mindestanforderungen und Prüfungen
ÖN	B 3802	-1	Holzschutz im Hochbau	Baulicher Schutz des Holzes
ÖN	B 3802	-2	Holzschutz im Hochbau	Chemischer Schutz des Holzes
ÖN	B 3802	-3	Holzschutz im Hochbau	Bekämpfungsmaßnahmen gegen Pilz- u. Insektenbefall
ÖN	B 3801		Holzschutz im Hochbau	Grundlagen und Begriffsbestimmungen
ÖN	B 3738	-	Flachglas im Bauwesen - Isolierglas	Anforderungen
ÖN	B 3725	-	Glas im Bauwesen - Glaskanten	Begriffsbestimmungen für Formen u. Ausführungsarten

Nummer		Teil	Titel	Untertitel
ÖN	B 3724	-	Abdichten von Verglasungen mit Dichtstoffen	Verglasungssysteme
ÖN	B 3723	-	Abdichten von Verglasungen mit Dichtstoffen	Anforderungen und Prüfungen
ÖN	B 3722	-	Abdichten von Verglasungen mit Dichtstoffen - Anforderungen an Glasflaze	Begriffbestimmungen, Abmessungen
ÖN	B 3716	-1	Glas im Bauwesen - Konstruktiver Glasbau	Grundlagen
ÖN	B 3716	-2	Glas im Bauwesen - Konstruktiver Glasbau	Linienförmig gelagerte Verglasungen
ÖN	B 3716	-3	Glas im Bauwesen - Konstruktiver Glasbau	Absturzsichernde Verglasungen
ÖN	B 3714	-1	Flachglas im Bauwesen - Isolierglas	Begriffe
ÖN	B 3710	-	Flachglas im Bauwesen	Benennung mit Definition für Glasarten u. Glaserzeugnisse
ÖN	B 3012	-1	Kennwerte von Holzarten	-
ÖN	B 2230	-1	Malerarbeiten - Werkvertragsnorm	Beschichtungen auf Holz
ÖN	B 2227	-	Glaserarbeiten	Werkvertragsnorm
ÖN	B 2217	-	Tischlerarbeiten	Werkvertragsnorm
ÖN	EN 350	-1	Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten	Grundsätze für die Prüfung und Klassifikation der natürlichen Dauerhaftigkeit von Holz
ÖN	EN 350	-2	Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten	Leitfaden für die natürlichen Dauerhaftigkeit und Tränkbarkeit von ausgewählten Holzarten von besonderer Bedeutung in Europa
ÖN	EN 335	-1	Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten – Natürliche Dauerhaftigkeit von Vollholz	Grundsätze für die Prüfung und Klassifikation der natürlichen Dauerhaftigkeit von Vollholz
ÖN	EN 335	-2	Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten - Definition der Gebrauchsklassen	Anwendung bei Vollholz
ON	EN 152	-1	Prüfverfahren für Holzschutzmittel	Laboratoriumsverfahren zur Bestimmung der vorbeugenden Wirksamkeit einer Schutzbehandlung von verarbeitetem Holz gegen Bläuepilze
ÖN	B 8110	-6	Wärmeschutz im Hochbau	Grundlagen und Nachweisverfahren - Heizwärmebedarf und Kühlbedarf

## VIII. Literaturverzeichnis

---

- [1] Owczakowitz, Christa: Die Geschichte des Fensters vom Altertum bis heute, Diplomarbeit Technische Universität Wien, Wien 2000
- [2] Träxler, Wolfgang: „Bauerhaltung und Sanierung“, unveröffentlichtes Ausbildungsskriptum“, HTL Krems, Kolleg Restaurierung und Ortsbildpflege, WS 1990 – SS 1992
- [3] Grill Gerhard: Trends bei Holzbeschichtungen, in: „Holzforschung und Holzverwertung“ 2/01 (S.29-31), Holzforschung Austria, Wien 2001
- [4] Fenster - Grundlagen, Konstruktionen, Details. Informationsbroschüre H368 des Informationsdienstes Holz, [www.infoholz.de](http://www.infoholz.de)
- [5] Institut Retzl, Edtstadler Th., TAS-SV GmbH: Studie zur Erstellung eines Fördermodells für den Lärmschutz an den Landesstraßen in Wien, im Auftrag der Wiener Umweltschutzabteilung - MA 22 Entwurf vom 16.11.2008
- [6] Allg. sine 2009, Aktenvermerk der Magistratsabteilungen 37,39 und 68 vom 28.4.2009 der Stadt Wien
- [7] Prof. S. Müller, Universität Karlsruhe, Vorlesungsskriptum
- [8] OIB-Richtlinie Nr. 6 „Energieeinsparung und Wärmeschutz“, Österreichisches Institut für Bautechnik, Wien (2007), [http://www.oib.or.at/RL6\\_250407.pdf](http://www.oib.or.at/RL6_250407.pdf)
- [9] Vereinbarung gemäß Art. 15a. B-VG zwischen dem Bund und den Ländern über Maßnahmen im Gebäudesektor zum Zweck der Reduktion des Ausstoßes an Treibhausgasen, BGBl. Nr. II 251/2009
- [10] Pöhn, Christian, Magistrat der Stadt Wien, Magistratsabteilung 34, Diagramm persönlich zur Verfügung gestellt (2009)
- [11] Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung) KOM/2008/0780 endg./2 - COD 2008/0223, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52008PC0780R%2801%29:DE:HTML>
- [12] Richtlinie 2002/91/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, Abl. L1/65 vom 4.1.2003
- [13] Energieberater-Handbuch, Joanneum Research, Graz 1994
- [14] ARGE Holzschutzmittel: Österreichisches Holzschutzmittel-Verzeichnis, 36. Auflage, Wien 2009
- [15] Bundesgesetz, mit dem ein Biozid-Produkte-Gesetz erlassen wird sowie das Lebensmittelgesetz 1975 und das Chemikaliengesetz 1996 geändert werden, BGBl I Nr. 105/2000
- [16] [15] §4 Abs.6
- [17] Helmut Brunner, Verkaufsleiter Fa. all-color, persönliche Mitteilung
- [18] WHO: Indoor Air Quality: organic pollutants. Euro Reports and Studies No. 111. Copenhagen: World Health Organisation, Regional Office for Europe, 1989
- [19] Richtlinie 1999/13/EG des Rates vom 11. März 1999 über die Begrenzung von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen, die bei bestimmten Tätigkeiten und in bestimmten Anlagen bei der Verwendung organischer Lösungsmittel entstehen (ABl. L 85 vom 29.3.1999, S. 1)
- [20] Richtlinie 2004/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. April 2004 über die Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen aufgrund der Verwendung organischer Lösemittel in bestimmten Farben und Lacken und in Produkten der Fahrzeugreparaturlackierung sowie zur Änderung der Richtlinie 1999/13/EG
- [21] Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten: Vorgehensweise bei der gesundheitlichen Bewertung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC und SVOC) aus Bauprodukten, Stand 1. März 2008
- [22] ECA (European Collaborative Action "Indoor Air Quality and its Impact on Man"): Evaluation of VOC Emissions from Building Products – Solid Flooring Materials. Report No. 18, EUR 17334 EN, European Commission, Joint Research Centre, Environment Institute (1997)

- 
- [23] Maroni, M., Seifert, B. und Lindvall, T. (1995) Eds: Indoor Air Quality, a Comprehensive Reference Book; Air Quality Monographs – Vol 3; Elsevier Amsterdam.
- [24] WHO Air Quality Guidelines. 2nd edition, Regional Office for Europe, Genf (2000)
- [25] Torvanger, A., Would including more source species enhance the cost-effectiveness of climate policy?, CICERO Policy Note No. 2004:02, Center for International Climate and Environmental Research, Oslo
- [26] 2000/532/EG: Entscheidung der Kommission vom 3. Mai 2000 zur Ersetzung der Entscheidung 94/3/EG über ein Abfallverzeichnis gemäß Artikel 1 Buchstabe a) der Richtlinie 75/442/EWG des Rates über Abfälle und der Entscheidung 94/904/EG des Rates über ein Verzeichnis gefährlicher Abfälle im Sinne von Artikel 1 Absatz 4 der Richtlinie 91/689/EWG über gefährliche Abfälle, ABl. Nr. L 226 vom 6.9.2000 S. 3
- [27] Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006, ABl. Nr. L 353 vom 16.12.2008 S.1
- [28] Belazzi, T., Leutgeb F.: PVC 2008: Fakten, Trends, Bewertung, Studie im Auftrag des „ÖkoKauf Wien“ Programms der Stadt Wien und des Wiener Krankenanstaltenverbundes, Wien 2008, <http://www.wien.gv.at/umweltschutz/oekokauf/pdf/chlororganisch.pdf>
- [29] Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie über Verbote und Beschränkungen von Cadmium und seinen Verbindungen sowie von Bleiweiß (Cadmiumverordnung) , BGBl. 311/1993, S.7021
- [30] Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen durch Beschränkungen des Inverkehrsetzens und der Verwendung organischer Lösungsmittel in bestimmten Farben und Lacken (Lösungsmittelverordnung 2005 – LMV 2005), BGBl. II Nr.398/2005
- [31] Verordnung (EG) Nr. 2037/2000 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. Juni 2000 über Stoffe, die zum Abbau der Ozonschicht führen, ABl. L244 vom 29.9.2000, S.1
- [32] Verordnung des Bundesministers für Umwelt über ein Verbot bestimmter teilhalogener Kohlenwasserstoffe (HFCKW-Verordnung), BGBl.251/750 S.8582
- [33] Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Verbote und Beschränkungen teilfluorierter und vollfluorierter Kohlenwasserstoffe sowie von Schwefelhexafluorid (HFKW-FKW-SF6-V), BGBl. II Nr. 447/2002, zuletzt geändert durch BGBl. II Nr. 139/2007
- [34] Bundesinnungsverband des Glaserhandwerks, Bundesverband Holz-Kunststoff BHKH, Verband Fenster Fassade e.V., RAL-Gütegemeinschaft, Institut für Fenstertechnik e.V. (Herausgeber): Technische Richtlinie 20. Leitfaden zur Montage von Fenstern und Haustüren mit Anwendungsbeispielen (4. Auflage, Januar 2007) ISBN 978-3-8786-4834-5

