



# GESUNDHEITSVERTRÄGLICHE & NACHHALTIGE BODENBELÄGE

Auswahl elastischer Bodenbeläge  
für den Gesundheitssektor in Europa



## DANKSAGUNGEN

Autor: Dr. Rye Senjen

Besonderer Dank gilt: Mary Taylor (UK),  
Anja Leetz (HCWH Europe, Belgien),  
Barbara Bauer (IBO, Österreichisches Institut  
für Baubiologie und Bauökologie),  
Rachel Billod-Mulalic (C2DS - Comité pour le  
développement durable en santé, Frankreich)

Copyright zu Bildern:

Artigo Spa, fotolia.com@Tyler Olson,  
V. V. Koholzer, nora systems GmbH, Upofloor Oy

Design und Layout: prinzdesign Berlin, DE

Druck: Z.B.! Kunstdruck, Köln, DE

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier mit  
Farben auf Pflanzenbasis (EN 71/3).

Veröffentlicht im September 2012

# GESUNDHEITSVERTRÄGLICHE, NACHHALTIGE BODENBELÄGE

Auswahl elastischer Bodenbeläge für den  
Gesundheitssektor in Europa

## Inhalt

Zusammenfassung .....	2
Einführung .....	4
Das Spektrum an Überlegungen .....	5
Auswahl elastischer Bodenbeläge für den Gesundheitsbereich .....	7
Abwägen von Entscheidungskriterien .....	7
Nachhaltigkeit: geringe Umweltbelastung und Toxizität .....	8
Die Bedeutung von Umweltzertifizierungen .....	9
Hauptkriterien: Nachhaltigkeit und Hygiene, Wirtschaftlichkeit und lange Lebensdauer, Komfort und Sicherheit .....	13
Kriterium 1 – Nachhaltigkeit und Hygiene .....	15
Kriterium 2 –Wirtschaftlichkeit und lange Lebensdauer .....	15
Kriterium 3 – Komfort und Sicherheit .....	17
Die Optionen: PVC, Linoleum oder Kautschuk? .....	18
PVC .....	18
Linoleum .....	26
Kautschukbelag .....	29
Welcher Belag ist der richtige? .....	33
Anhang 1: Maßgebliche EU-Gesetzgebung .....	36
Anhang 2: Europäische Kennzeichnungsprogramme zu Innenraumemissionen .....	37
Anhang 3: Zusammenfassung der natureplus RL1201-Kriterien für Linoleum-Bodenbeläge .....	40
Anhang 4: „Blauer Engel“-Kriterien für Bodenbeläge .....	41
Referenzen .....	42

## Zusammenfassung

Im Gesundheitsbereich wird immer stärker versucht, negative Einflüsse auf die Umwelt zu verringern, sicherere Umgebungen zu schaffen und die Kosten zu reduzieren. Die Auswahl des elastischen Bodenbelags – also eines Belags, der zu einem gewissen Grad „nachgibt“ – ist von großer Bedeutung für das Wohlbefinden, die Sicherheit und die Gesundheit von Patienten und Personal. Die Kosten für den Boden sowie die Oberflächeneigenschaften, die Beständigkeit und das allgemeine Erscheinungsbild sind wichtige Kriterien. Mindestens ebenso wichtig sind jedoch auch Auswirkungen auf die Luftqualität im Gebäude und die Minimierung gefährlicher chemischer Verbindungen in den Belägen, u. a. bei Herstellung und Verlegung.

---

*Entscheidungsträger im Gesundheitsbereich sollten auf ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen Verlegungs- und Reinigungskosten sowie geringer Umweltbelastung und Toxizität achten.*

---

Der ideale elastische Bodenbelag ist während seiner gesamten Nutzungsdauer nicht toxisch; er ist praktisch (hygienisch und leicht zu reinigen), robust, sicher, trittschalldämmend, visuell ansprechend und wirtschaftlich. Ein solches ideales Material existiert derzeit zwar noch nicht, es gibt jedoch eine Reihe von Möglichkeiten, die diesem Ideal sehr nahe kommen und die deutlich weniger chemische Gefahrenstoffe

enthalten. Dennoch sollten Hersteller von Bodenbelägen weiterhin in Forschung und Entwicklung investieren, um auf lange Sicht noch nachhaltigere Materialien herstellen zu können.

In Europa stehen im Bereich elastischer Bodenbeläge PVC, Linoleum und Kautschuk zur Wahl. Bei der Auswahl des Materials sollte letztendlich die Bodequalität sowie die gesamte Umweltbelastung berücksichtigt werden. Letzteres Kriterium kann vor allem mithilfe von Umweltzertifizierungssystemen erfüllt werden.

Bezieht man die Kosten über die gesamte Nutzungsdauer sowie die Umweltbelastung als wichtige Entscheidungskriterien ein, sollte PVC vermieden werden. Bei seiner Herstellung und Entsorgung werden unvermeidlich toxische Verbindungen freigesetzt, insbesondere Dioxine. Phthalate, eine Gruppe flüchtiger Verbindungen mit toxischen Eigenschaften, werden dem PVC als Weichmacher zugesetzt. Sie werden über die gesamte Lebensdauer des Belags freigesetzt. PVC ist relativ kostengünstig zu verlegen, jedoch machen die bei der Nutzung auftretenden Kosten diesen scheinbaren Kostenvorteil schnell zunichte. PVC erfordert umfangreiche Pflegemaßnahmen, was zu erheblichen logistischen Problemen bei der Reinigung führen kann. Das Material bietet einen geringeren Gehkomfort, dämmt Trittschall schlechter und ist weniger langlebig als andere Lösungen.

Weder Linoleum noch Kautschuk enthalten Chlor (das für die Dioxine bei der PVC-Herstellung und -Entsorgung verantwortlich ist). Außerdem sind sowohl Linoleum als auch Kautschuk in der Regel frei von Weichmachern. Linoleum ist für viele Bereiche geeignet, sollte allerdings aufgrund seiner Fähigkeit,

Flüssigkeiten zu absorbieren, nicht in Behandlungsräumen oder OPs eingesetzt werden. Die Pflege sowie Reinigung erfordern ggf. besondere Aufmerksamkeit.

Sofern das Linoleum unbeschichtet ist, kann aufgrund von Oxidation die Luftqualität beeinträchtigt werden. Auch die Produktqualität und die Reparaturfähigkeit können echte Herausforderungen darstellen. Dennoch gibt es einige Linoleumbeläge mit Ökolabel. Sofern möglich, sollte ein zertifizierter Belag gewählt werden, wenn die Entscheidung auf Linoleum fällt.

In Bezug auf Kautschuk-Bodenbeläge ist eine sorgfältige Auswahl wichtig. Kautschuk aus recycelten Reifen sollte vermieden werden. Stattdessen sollten hochwertige Beläge mit entsprechendem Ökolabel gewählt werden. Wie gering oder hoch die Toxizität von Kautschuk-Bodenbelägen ausfällt, hängt stark von der Herstellungsmethode und von den verwendeten Inhaltsstoffen ab.

Bei entsprechender Umweltzertifizierung und adäquater Oberflächenqualität bietet Kautschuk die Kombination von niedrigen Pflegekosten, guter Rutschfestigkeit, guten akustischen Eigenschaften und hohem Komfort. Bei der Reinigung von Kautschukböden sind keine Grundreinigungen, kein Wachsen und keine aggressiven Chemikalien erforderlich, sodass Patienten und Pflegekräfte keinen derartigen Belastungen ausgesetzt sind. Kautschuk-Bodenbeläge mit Umweltzertifizierung sind weitgehend fleckbeständig. Sie verfügen über eine matte Oberfläche, sind äußerst emissionsarm und darüber hinaus recycelbar.

# Einführung

Bodenbeläge stellen eine wichtige Komponente aller Einrichtungen des Gesundheitswesens dar – vor allem von Krankenhäusern. Eine gut durchdachte Auswahl des Belagmaterials (und aller dazugehörigen Komponenten) kann über Jahre hinweg einen entscheidenden Beitrag zur Gesundheit und Sicherheit von Arbeitskräften und Patienten leisten. Im Gesundheitssektor werden am häufigsten elastische Bodenbeläge verwendet, also Beläge, die zu einem gewissen Grad „nachgeben“, die maßbeständig und außerdem resistent gegen Flecken und Wasser sind. Leicht elastische Böden bleiben besser in Form, eignen sich besser für eine starke Nutzung und vermitteln ein angenehmeres Steh- und Gehgefühl. Dies wiederum verringert Ermüdungsercheinungen und andere Gesundheitsprobleme beim medizinischen Personal.

Dieser Bericht hat das Ziel, die Auswahl an elastischen Bodenbelägen in Europa genauer zu untersuchen und über die potenziellen chemischen Gefahren zu informieren, die von den unterschiedlichen Materialien ausgehen. Dabei werden auch die jüngsten Entwicklungen zur Produktverbesserung in diesem Bereich berücksichtigt. Darüber hinaus geht dieser Bericht auch auf andere Kriterien im Zusammenhang mit der Auswahl des Bodenbelags ein, um sachkundige Entscheidungen zum Einsatz dieser Beläge im Gesundheitssektor zu ermöglichen. Zunächst einmal ist festzustellen, dass das perfekte „ökologische und nachhaltige“ Material für elastische Bodenbeläge nicht existiert. Unbestreitbar müssen die Hersteller von Belagmaterialien verstärkt in Forschung und Entwicklung investieren, um noch nachhaltigere Materialien produzieren zu können.

Dennoch geht von einigen der derzeit verfügbaren Lösungen, die auf nachhaltigere Materialien zurückgreifen, eine geringere chemische Gefahr aus als von anderen Belägen. Letztlich hängt die Entscheidung für einen bestimmten Bodenbelag in erster Linie von den gestellten Kriterien ab, die speziell im Gesundheitssektor zu beachten sind.

Der Bericht richtet sich an Entscheidungsträger im Gesundheitswesen sowie an medizinisches Personal, an Mitarbeiter der Einkaufsabteilung, an Facility Manager, Architekten, Techniker und Verleger. Er soll Unterstützung bei der Auswahl des passenden und nachhaltigsten elastischen Bodenbelags bieten, der auf die Anforderungen im Gesundheitssektor abgestimmt ist.

## DAS SPEKTRUM AN ÜBERLEGUNGEN

Auch wenn die unmittelbaren Kosten für einen neuen Bodenbelag eindeutig eine Hauptüberlegung darstellen, haben in den letzten Jahren ökologische Konzepte für mehr Nachhaltigkeit an Bedeutung gewonnen. Diese Konzepte werden bei den technischen Spezifikationen mit einbezogen und sind zu Schlüsselfaktoren bei der Entscheidungsfindung geworden. Sie helfen bei der Auswahl des richtigen Bodenbelags in Einrichtungen des Gesundheitswesens. Der Begriff Nachhaltigkeit bezieht sich häufig darauf, welche CO<sub>2</sub>-Bilanz ein Material aufweist. Dabei wird oft ein anderer entscheidender Aspekt der Nachhaltigkeit vernachlässigt: toxische und gefährliche chemische Verbindungen, die in den Bodenbelägen selbst oder in damit verbundnen Materialien enthalten sind, oder die zur Verlegung verwendet werden.

Die Möglichkeit gefährlicher chemischer Emissionen sowie deren Auswirkungen auf die Luftqualität in

Gebäuden stellen ein wichtiges Anliegen dar und sollten als Hauptfaktor in die Entscheidung für einen Bodenbelag einbezogen werden. Kosten, Oberflächeneigenschaften (leichte Reinigung und Desinfektion) und Langlebigkeit sowie das allgemeine Erscheinungsbild des Bodens sind ebenfalls Hauptkriterien für eine Entscheidung. Die Nachhaltigkeitskriterien konzentrieren sich zum Teil auf gefährliche Chemikalien, die im Material selbst enthalten sind. Die Methode der Verlegung und damit zusammenhängende Verbindungen (Klebstoffe usw.) können allerdings ebenfalls Auswirkungen auf die endgültige Gesamtqualität haben.

Außerdem sollten die Produktionsspezifikationen jeder Kategorie von Belagmaterial recherchiert werden. Die Qualitätsstandards der Belagmaterialien können je nach Hersteller erheblich variieren. Darüber hinaus können Unterschiede zwischen den Beschichtungen bei einem ansonsten gleichen Belagmaterial zu sehr unterschiedlichen Eigenschaften führen, auch bezüglich chemischer Emissionen.

Des Weiteren können auch Überlegungen zu den Umweltbelastungen durch die Entsorgung des Bodens die Wahl des Bodenbelags beeinflussen, da einige Materialien bei der Entsorgung größere Schwierigkeiten verursachen und mehr Gefahren in sich bergen.

Ökolabels können für die Entscheidungsfindung äußerst hilfreich sein, da dann die Gewissheit besteht, dass eine Reihe von Kriterien überprüft wurden – zum Beispiel, ob bei der Herstellung erlaubte oder nicht erlaubte Chemikalien verwendet wurden und in welchem Ausmaß Emissionen in der Innenraumluft entstehen. Hinsichtlich der Auswahl des Labels ist jedoch zu beachten, dass die Kriterien jedes Labels sowie der

Umfang der Anforderungen genau überprüft werden sollten. Darüber hinaus ist es auch von Bedeutung, wie streng diese Anforderungen umgesetzt werden.

Die in Europa am häufigsten verwendeten Produkte sind Linoleum, PVC (auch als Polyvinylchlorid oder Vinyl bezeichnet) und Kautschuk. PVC ist in Frankreich, Großbritannien, Belgien, Finnland, Schweden sowie in großen Teilen Südeuropas weit verbreitet. Linoleum erfreut sich in Deutschland, in Österreich, in der Schweiz, in den Niederlanden und in Dänemark großer Beliebtheit, wobei hier auch immer häufiger auf Kautschuk zurückgegriffen wird. Einige in den USA häufig verwendeten Materialien, zum Beispiel Vinyl Composition Tiles (VCT), werden in Europa nicht eingesetzt. Auch synthetische thermoplastische Polyolefine sind hier auf dem Markt nicht erhältlich.

PVC ist zurzeit das gängigste Material für elastische Bodenbeläge im Gesundheitssektor. Allerdings kommen in letzter Zeit zunehmend Bedenken hinsichtlich der Umweltbelastung durch PVC-Produkte auf. Auch Linoleum und Kautschuk sind nicht unbedingt gänzlich unbedenklich. Sie stellen als Bodenbeläge aber eine hervorragende Option dar, wenn sie über eine adäquate Umweltzertifizierung verfügen.





### SCHADSTOFFE INNERHALB VON GEBÄUDEN

Elastische Bodenbeläge können eine Hauptursache für Luftverunreinigungen im Gebäude sein, zum Beispiel durch bestimmte organische Chemikalien <sup>(1)</sup>. Luftverunreinigungen in Gebäuden können Mitverursacher diverser Gesundheitsprobleme und Erkrankungen sein, darunter Krebs, chronische und akute Lungenerkrankungen, Entzündungen der oberen Atemwege, Allergien und Asthma, Infektionskrankheiten, Atemwegsinfektionen und Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Zu den weniger schwerwiegenden Auswirkungen auf die Gesundheit zählen allgemeines Unwohlsein, Störungen des Geruchsempfindens und sensorische Reizungen sowie das Sick-Building-Syndrom (SBS). Flüchtige organische Verbindungen (VOCs), schwerflüchtige organische Verbindungen (SVOCs) und partikuläre organische Substanz (POM) bereiten hinsichtlich potenzieller Gesundheitsbeeinträchtigungen die größten Sorgen. VOCs enthalten aliphatische Kohlenwasserstoffe, aromatische Kohlenwasserstoffe, Chlorkohlenwasserstoffe, Aldehyde (darunter Formaldehyd), Terpene, Alkohole, Ester und Ketone <sup>(1)</sup>.

### FLAMMSCHUTZMITTEL

Aufgrund der hohen Entflammbarkeit von PVC-Belägen und sonstigen synthetischen Materialien für Bodenbeläge werden halogenierte Flammschutzmittel zugesetzt, um Brandschutznormen einzuhalten. Allerdings sind halogenierte Flammschutzmittel wie polybromierte Diphenylether (PBDEs) und Chlorparaffine schwer abbaubar und toxisch. Sie wurden in Tierversuchen mit Immunsuppression, Fertilitätsproblemen, neurologischen Entwicklungsstörungen sowie verschiedenen Krebsarten in Verbindung gebracht <sup>(2)</sup>. Im Brandfall setzen bromierte und chlorierte Flammschutzmittel toxische halogenierte Dioxine und Furane frei, die nicht nur die Umwelt verschmutzen, sondern auch für Feuerwehrleute und im brennenden Gebäude eingeschlossene Personen äußerst gefährlich sind, denn Dioxine und Furane erhöhen die Freisetzung von Kohlenmonoxid und Cyanwasserstoff <sup>(3)</sup>.

Hersteller von Flammschutzmitteln wurden jüngst in Untersuchungen beschuldigt, Beweise zu verfälschen, deren Effizienz in übertreibender Weise darzustellen und damit einen inflationären Gebrauch ihres Produkts zu fördern <sup>(4)</sup>. Darüber hinaus sollen sie über vorgeschobene Scheinorganisationen die Nachfrage nach ihren Produkten angekurbelt und Normungsgremien unterwandert haben, um die Verwendung ihrer Produkte auszuweiten.

Auch bei Alternativen zu bromierten und chlorierten Flammschutzmitteln, wie zum Beispiel Antimontrioxid, ist Vorsicht geboten. Antimontrioxid gilt ebenfalls als krebserregend <sup>(2)</sup>.



# Auswahl elastischer Bodenbeläge für den Gesundheitsbereich

## ABWÄGEN VON ENTSCHEIDUNGSKRITERIEN

Bodenbeläge gehören zu den großflächigsten sichtbaren Bestandteilen von Einrichtungen des Gesundheitswesens. Man findet sie buchstäblich überall. Daher kann es ernsthafte Auswirkungen auf Personal, Patienten und Besucher haben, wenn eine „falsche Wahl“ getroffen wurde. Schließlich handelt es sich bei der Auswahl des Bodenbelags um eine Entscheidung mit langer Reichweite, die nicht einfach wieder rückgängig gemacht werden kann.

Allgemein sind die Verminderung des Infektionsrisikos sowie Rutschfestigkeit, Fleckenbeständigkeit, ästhetische und visuelle Aspekte, Trittschalldämmung, Reinigung und Pflege, Umweltbelastungen und Kosten (Anschaffungskosten und über die gesamte Lebensdauer anfallende Kosten) wichtige Punkte bei der Auswahl des Bodenbelags. Bei Budgetüberlegungen muss über die reinen Anschaffungskosten hinaus berücksichtigt werden, welche laufenden Reinigungskosten anfallen und wo möglicherweise versteckte Kosten verborgen sind. Darüber hinaus werden vermehrt Umwelt- und Nachhaltigkeitsaspekte einbezogen, vor allem hinsichtlich der Toxizität, die auf kurze und lange Sicht von dem Material ausgeht.

Die Anforderungen an den Bodenbelag hängen von der Nutzung des jeweiligen Raums ab, was dazu führt, dass unterschiedliche Kriterien bei der Auswahl des Materials zum Tragen kommen. Die Bereiche im Krankenhaus können in folgende Kategorien unterteilt werden: Patientenzimmer, OPs, Notaufnahme, Schwesternzimmer, Wartezimmer, Lobbys, Flure, Treppen und Treppenhäuser. Hauptpunkte, die in Bereichen der Patientenpflege bedacht werden müssen, sind Infektionsschutz, Trittschalldämmung, Komfort, Ästhetik, einfache Reinigung, geringe chemische Emissionen und Beständigkeit. In öffentlichen Bereichen ist eine Atmosphäre erwünscht, die nicht an ein Krankenhaus erinnert; weitere Kriterien sind hier eine gute Trittschalldämmung und der Einsatz von emissionsarmen Reinigungsmitteln<sup>(5)</sup>.

In einer US-Untersuchung, an der über 700 Entscheider und Nutzer von elastischen Bodenbelägen für Krankenhäuser teilnahmen, wurden mehrheit-

lich Reinigungsfähigkeit, Ästhetik, Beständigkeit und Anschaffungskosten als die wichtigsten Auswahlkriterien für einen Bodenbelag genannt<sup>(6)</sup>.

Einzelne Gruppen setzten im Rahmen dieser Befragung allerdings leicht unterschiedliche Prioritäten. Architekten und Raumgestalter interessierten sich beispielsweise in erster Linie für die Ästhetik und die Nachhaltigkeit (d. h. den Energieverbrauch, die Auswirkungen auf die Gesundheit sowie den Anteil an Recyclingmaterial), während Facility Manager den größten Wert auf die Reinigungsfähigkeit (vor allem hinsichtlich des Infektionsschutzes und der Hygiene) legten. Verleger waren vor allem an den Anschaffungskosten und den Lebenszykluskosten interessiert.

## DIE REACH-VERORDNUNG DER EU

2006 verabschiedete die EU die Verordnung zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe, auch bekannt als REACH (EG/1907/2006)<sup>(7)</sup>. REACH benennt eine Reihe von Chemikalienkategorien:

- krebserzeugende, erbgutverändernde oder fortpflanzungsgefährdende Chemikalien (CMR-Stoffe)
- persistente, bioakkumulative und toxische Chemikalien (PBTs)
- sehr persistente und sehr bioakkumulative Chemikalien (vPvBs)
- und Chemikalien mit „anderen schädlichen Wirkungen“, wie Chemikalien mit endokrin wirksamem Potenzial.

Dioxine, Quecksilber und bestimmte Flammschutzmittel können als Beispiele für PBTs genannt werden. Sie haben toxische und unerwünschte physikalische Eigenschaften. Persistente Chemikalien werden in der Umwelt nur langsam abgebaut und können daher weltweit große Entfernungen zurücklegen, so dass sie an von ihrem ursprünglichen Herstellungsort weit entfernte Orte gelangen können. Bioakkumulative Chemikalien können sich im Fettgewebe ablagern – bis hin zu einer potenziell toxischen Anreicherung. Auf diese Weise gelangen sie in die Nahrungskette, werden von Menschen aufgenommen und von Generation zu Generation weitergegeben.

# Nachhaltigkeit: geringe Umweltbelastung und Toxizität

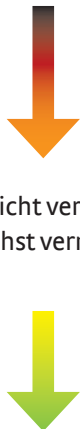
Zum Gesamtkonzept der Nachhaltigkeit gehört auch eine Bewertung der Eigenschaften über die gesamte Nutzungsdauer des Produkts. In Bezug auf Bodenbeläge geht es insbesondere um die insgesamt durch Herstellung, Verwendung und Entsorgung verursachten Umweltbelastungen. Hierbei wird auch die Verwendung toxischer Chemikalien betrachtet. In einer idealen Welt würden Produkte aus nachhaltig angebauten Pflanzenressourcen oder aus nicht toxischen, recycelten Materialien hergestellt. Darüber hinaus wären sie wiederverwendbar, recycelbar oder kompostierbar. Rohstoffe würden ohne Einsatz von gentechnisch veränderten Organismen (GVOs) und Pestiziden angebaut, die krebserzeugende, erbgutverändernde oder fortpflanzungsgefährdende Giftstoffe oder Chemikalien mit endokrin wirksamem Potenzial enthalten. Die Treibhausgasemissionen wären während der gesamten Nutzungsdauer so niedrig wie eben möglich, und auch der Wasser- und Energieverbrauch würden auf ein Minimum reduziert. Auch wenn dieses ideale Szenario in Bezug auf Materialien für Bodenbeläge in der Realität nicht existiert,

lassen sich jedoch Aspekte wie die Verwendung toxischer Chemikalien praktisch angehen.

Obwohl es unbestreitbar wichtig ist, so weit wie möglich nachhaltige Materialien für Bodenbeläge einzusetzen, ist es vielleicht von noch größerer Bedeutung, Materialien zu eliminieren, die gefährliche Chemikalien enthalten, freisetzen oder erzeugen (siehe Tabelle 1).

Zu diesen Chemikalien zählen langlebige organische Schadstoffe (Persistent Organic Pollutants oder POPs, in die Stockholmer Konvention aufgenommene Substanzen wie unter anderem Dioxine), Chemikalien, die persistent, bioakkumulativ und toxisch sind (PBTs) oder die sehr persistent und sehr bioakkumulativ sind (vPvBs). Außerdem sollten auf jeden Fall alle Materialien mit Bestandteilen vermieden werden, von denen eine Gefährdung bekannt ist oder vermutet wird. Dazu zählen krebserzeugende, erbgutverändernde oder fortpflanzungsgefährdende Giftstoffe (CMR-Stoffe), die Entwicklung beeinträchtigende Giftstoffe, Chemikalien mit endokrin wirksamem Potenzial und

Tabelle 1: Priorisierung von Chemikalien basierend auf Persistenz, Bioakkumulation, Auswirkungen auf die Gesundheit sowie der Einschätzung der Wissenschaft.

	Besonders hohes Risiko	Langlebige organische Schadstoffe (POPs) und sonstige persistente, bioakkumulative und toxische Chemikalien (PBTs)	Mit höchster Priorität zu vermeiden	
	Hohes Risiko	Bekanntermaßen oder möglicherweise krebserzeugende, erbgutverändernde oder fortpflanzungsgefährdende Giftstoffe, die Entwicklung beeinträchtigende Giftstoffe oder Chemikalien mit endokrin wirksamem Potenzial		
	Mittleres Risiko	Erhebliches Risiko für die oben genannten Gefahren (allerdings ohne tatsächliche Gewissheit), bekanntermaßen oder möglicherweise neurotoxische Substanzen, Inhalationsallergene oder Substanzen, die beim Menschen oder in der Umwelt zu dauerhaften Beeinträchtigungen		Mit Vorsicht verwenden. Möglichst vermeiden
	Vorsicht	Mittleres Risiko für die oben genannten gesundheitlichen Auswirkungen oder vorläufige Hinweise auf ein höheres Risiko, für das allerdings keine adäquaten Testdaten vorliegen bzw. das keine akute Gesundheitsgefahr für Menschen nahelegt		Bevorzugt verwenden
	Geringes Risiko	Tests ergaben ein geringes Risiko für die oben genannten Auswirkungen		

Vgl. Lent et al. (2)

andere Substanzen, die flüchtige organische Verbindungen oder schwerflüchtige organische Verbindungen (VOCs oder SVOCs) in bestimmten Konzentrationen freisetzen.

Bodenbeläge können eine Vielzahl von Chemikalien abgeben, die sich dann in der Luft im Krankenhaus wiederfinden. Formaldehyd, ein VOC, ist beispielsweise bekanntermaßen ein Humankarzinogen <sup>(8)</sup>. Das Lösemittel Benzol wird mit einem erhöhten Leukämie-Risiko in Verbindung gebracht, Toluol mit Lungenkrebs und sowohl Benzol als auch Toluol und Xylol mit einem erhöhten Risiko für Non-Hodgkin-Lymphome <sup>(9)</sup>. Die gesetzlichen Grenzwerte berücksichtigen selten das Zusammenwirken verschiedener VOCs, die bereits in geringen Mengen zum Sick-Building-Syndrom und anderen Gesundheitsproblemen beitragen können <sup>(1)</sup>.

VOCs werden tendenziell in den ersten Stunden oder Tagen nach der Verlegung eines Produkts am stärksten freigesetzt, SVOCs dagegen werden vom Produkt langsamer und über einen längeren Zeitraum hinweg freigesetzt. Zu den SVOCs zählen Phthalate



und halogenierte Flammschutzmittel, die sich an Staubpartikel anlagern können, und so möglicherweise von Patienten und medizinischem Personal eingeatmet werden. Phthalate stehen im Verdacht, das Hormonsystem zu beeinträchtigen <sup>(10)</sup>. Es gibt zunehmend Belege für durch Phthalate ausgelöste Atemwegsprobleme wie Rhinitis und Asthma bei Erwachsenen <sup>(11)</sup> und Kindern <sup>(12)</sup> sowie Hinweise auf eine Beteiligung an Adipositas und Insulinresistenz bei Erwachsenen <sup>(13)</sup>. Halogenierte Flammschutzmittel wurden mit Schilddrüsenstörungen, mit Fertilitätsproblemen und neurologischen Entwicklungsstörungen sowie mit Immunsuppression in Verbindung gebracht; in Tierversuchen ergaben sich in manchen Fällen auch Anhaltspunkte für eine krebserzeugende Wirkung <sup>(14)</sup>.

Es ist ratsam, soweit wie möglich Produkte zu wählen, deren Inhaltsstoffe ein niedriges Risiko aufweisen.

## Die Bedeutung von Umweltzertifizierungen

Sinn und Zweck von Umweltzertifizierungen ist es, mithilfe einer Reihe von standardisierten Tests die Umweltverträglichkeit eines Produkts zu bewerten. Die gewonnenen Erkenntnisse werden für die Verbraucher deutlich sichtbar kommuniziert – in der Regel über eine Kennzeichnung, sofern das Produkt den Standards entspricht. Die Tests umfassen üblicherweise Untersuchungen zur Toxizität, möglichst über die gesamte Lebensdauer des Produkts hinweg. Es ist wichtig, dass hierbei eine unabhängige Zertifizierung erfolgt, die hohe Anforderungen an die wissenschaftliche Genauigkeit und die Transparenz erfüllt. Umweltkennzeichnungen unterscheiden sich allerdings sehr stark voneinander. Ihnen liegen mitunter unterschiedliche Tests und sehr unterschiedliche Maßstäbe zugrunde. Die Verfahren unterliegen einer freiwilligen Kontrolle und weniger gesetzlichen Erfordernissen.

Gängige Umweltkennzeichnungen in Europa sind

unter anderem das auch als „Euroblume“ bekannte Europäische Umweltzeichen, das Nordische Umweltzeichen mit dem Schwanenlogo sowie Umweltzeichen in einzelnen Ländern, z. B. der Blaue Engel in Deutschland und das Österreichische Umweltzeichen (siehe Anhang 2). Außerdem gibt es in Europa eine Reihe von Zertifizierungen für Bauprodukte – u. a. auch für elastische Bodenbeläge, die miteinander im Wettbewerb stehen. Einige davon wurden von der Industrie ins Leben gerufen. Andere werden von zahlreichen, unterschiedlichen Interessengruppen getragen, zum Beispiel von Umweltorganisationen, Gewerkschaften, Kirchen und häufig auch von Regierungen. Leider gibt es derzeit keine europaweit einheitliche Kennzeichnung für elastische Bodenbeläge, da die vorhandenen Zertifizierungen für die Märkte in einzelnen Ländern entwickelt wurden. Allerdings finden einige Zertifizierungen auf europäischer Ebene eine breitere Akzeptanz.

## DER BLAUE ENGEL

Der Blaue Engel wurde im Jahr 1978 von der deutschen Regierung ins Leben gerufen. Diesem Umweltzeichen liegen sehr strenge Kriterien zugrunde. Produkte und Dienstleistungen erhalten eine Zertifizierung unter Umwelt- und Verbraucherschutzaspekten, wenn sie die hohen Standards an die Gebrauchstauglichkeit sowie an den Gesundheits- bzw. Arbeitsschutz erfüllen. Hersteller können einen Antrag auf Zertifizierung stellen und ihre Produkte auf freiwilliger Basis mit dem von der deutschen Regierung unterstützten Umweltzeichen kennzeichnen. Etwa 11.700 Produkte und Dienstleistungen in 120 Produktkategorien sind mit dem Blauen Engel gekennzeichnet.

Bei Bedarf können die Kriterien alle 3 oder 4 Jahre aktualisiert werden. Das Umweltbundesamt übernimmt die technische Vorbereitung, die vor einer vom RAL, dem Deutschen Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung, organisierten Expertenanhörung erfolgt. Zu den wichtigsten Kriterien zählen der wirtschaftliche Umgang mit Rohstoffen bei der Produktion und Verwendung, eine lange Nutzungsdauer sowie eine nachhaltige Entsorgung. Die Standards sind öffentlich einsehbar.

Der Blaue Engel wird von der RAL GmbH vergeben, einer 100-prozentigen Tochter von RAL. Die Standards für elastische Bodenbeläge finden sich in RAL-UZ 120 (in Anhang 4 sind die entsprechenden Kriterien zusammengefasst). Seit 2012 erfolgte eine Harmonisierung der Anforderungen an Bodenbeläge, die für eine Kennzeichnung mit dem Blauen Engel bzw. dem Österreichischen Umweltzeichen zu erfüllen sind. Mittlerweile stimmen die Anforderungen der beiden Kennzeichnungen miteinander überein.

Der Blaue Engel und das Österreichische Umweltzeichen gehören zu den Systemen mit den europaweit strengsten Anforderungen. Wir empfehlen ihre Kriterien als ein guter Ansatz zur Bewertung der Umweltverträglichkeit von Bodenbelägen.

Darüber hinaus gibt es bestimmte Gemeinsamkeiten zwischen den Modellen.

Der Anhang 2 enthält eine Übersicht über die wichtigsten Umweltzertifizierungen für Bodenbeläge in Europa. In manchen Ländern, zum Beispiel in Belgien und Großbritannien, gibt es keine bestimmten Kennzeichnungen für Baumaterialien wie Bodenbeläge. Dort werden Kennzeichnungen aus anderen Ländern genutzt.

Die Zertifizierungen sollten mindestens die Schadstoffemission sowie die Nachhaltigkeit des Produkts bewerten. Bei der Auswahl eines Zertifizierungsmodells ist es wichtig, auf folgende Punkte zu achten:

- Art und Weise der Probenentnahme und der Vorbereitung der Proben.
- Verwendete Abläufe bei der Analyse. Diese bestimmen, wie zuverlässig und aussagefähig die Messungen sind. Sie sollten ein spezifisches Modell zur Qualitätssicherung umfassen.
- Sowohl Messung von VOCs als auch von SVOCs.
- Zusätzliche Kriterien, die bei einem Modell für die Zertifizierung erforderlich sind. Beispielsweise kann festgelegt werden, dass bestimmte Chemikalien aufgrund des von ihnen ausgehenden Risikos nicht bei der Produktion verwendet werden dürfen. Typische Substanzen sind hier Nitrosamine, Weichmacher (Phthalate) und Halogene, da diese bei ihrer Produktion oder Wiederverwertung toxische Substanzen freisetzen können und bei Bränden gefährliche Zersetzungsprodukte wie Salzsäure oder Dioxine bilden.
- Das Modell sollte die maximale Arbeitsplatzkonzentration im Hinblick auf krebserregende, mutagene, fruchtschädigende und fortpflanzungsgefährdende Giftstoffe klar benennen<sup>(15)</sup>.

Darüber hinaus sollte immer bedacht werden, dass im Rahmen von Zertifizierungsmodellen lediglich Proben und nicht etwa verlegte Produkte geprüft werden. Das Verhalten der Materialien vor Ort kann davon abhängen, wie viel Zeit seit ihrer Verlegung vergangen ist, wie sich die Oberflächen bei verschie-





denen Belastungen verhalten, wie das Zusammenspiel zwischen Bodenbelag und der jeweiligen Umgebung aussieht usw.

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal in Bezug auf Zertifizierungsmodelle sind die jeweiligen SVOC- und VOC-Anforderungen. Die Anforderungen des Blauen Engels (Deutschland) sowie des Österreichischen Umweltzeichens gehören hierbei zu den strengsten. Sie decken viele der oben genannten Anforderungen ab. Andere europäische Kennzeichnungen legen weniger strenge Emissionsanforderungen zugrunde und schließen die Verwendung toxischer Substanzen, wie halogener organischer Verbindungen, nicht strikt aus. Hier sind das deutsche AgBB-Bewertungsschema oder das französische Kennzeichnungssystem (Klasse A+) zu nennen <sup>(15)</sup>.

Alle Produkte sollten mindestens die EU- oder landesweiten gesetzlichen Mindestanforderungen erfüllen (ganz gleich ob obligatorisch oder nicht). Leider variieren die Anforderungen von Land zu Land. In Deutschland müssen beispielsweise alle Produkte im Rahmen der AgBB-Zertifizierung eine entsprechende Prüfung für die Kennzeichnung mit dem sog. Ü-Zeichen bestehen, damit sie für den

deutschen Markt zugelassen werden. In anderen europäischen Ländern gibt es noch keine solchen Rahmenregelungen. Lediglich in Frankreich wurde ein Kennzeichnungssystem eingeführt, das die Klassifizierung aller Bauprodukte anhand von Emissionsklassen erfordert. Seit Beginn des Jahres 2013 müssen alle Produkte dieses System durchlaufen, die auf dem französischen Markt verkauft werden. Auch die Emissionsgrenzen unterscheiden sich je nach Land. Eine Schwachstelle der deutschen Zertifizierungsanforderungen ist der relativ hohe zulässige Formaldehydwert. In Frankreich werden die Formaldehydgrenzwerte deutlich strenger gehandhabt.

Die Bedingungen für die Durchführung von Tests sind ebenfalls von großer Bedeutung. Dies gilt insbesondere in Bezug auf die VOCs und SVOCs, die von PVC freigesetzt werden. In einer Reihe von Tests an sechs PVC-Materialien und vier Klebstoffen ergaben sich vor Ort deutlich höhere Emissionswerte als unter Laborbedingungen. Alarmierend ist dabei, dass einige der getesteten Materialien mit dem finnischen M1-Umweltkennzeichen ausgezeichnet wurden <sup>(16)</sup>.



Komfort und Sicherheit

Nachhaltigkeit und Hygiene

Wirtschaftlichkeit und lange Lebensdauer





## Hauptkriterien: Nachhaltigkeit und Hygiene, Wirtschaftlichkeit und lange Lebensdauer, Komfort und Sicherheit

Wir haben die Hauptkriterien in drei Kategorien eingeteilt, da sie tendenziell miteinander zusammenhängen. Das erste Kriterium, Nachhaltigkeit und Hygiene, ist hierbei die wichtigste Überlegung, denn jedes Material, das toxisch ist und eine hohe Umweltbelastung mit sich bringt, sollte kategorisch ausgeschlossen werden. Das zweite Kriterium, Wirtschaftlichkeit und lange Lebensdauer, ist traditionell das wichtigste Entscheidungskriterium, da die meisten Gebäudemanager robuste, kostengünstige Bodenbeläge bevorzugen. Dabei ist jedoch zu beachten, dass nicht nur die Anschaffungs- und Verlegungskosten, sondern die über die gesamte Lebensdauer anfallenden Kosten berücksichtigt werden müssen (Verlegung, Reinigung, Langlebigkeit des Materials, Reparaturfähigkeit). Das dritte Kriterium, die Komfort und Sicherheit (d. h. ein rutschfestes Material mit hohem Gehkomfort und guten akustischen Eigenschaften), hängt zu einem bestimmten Grad von der Art der jeweiligen Umgebung in einer Gesundheitseinrichtung ab.

### **GREENWASHING: IST DIESER BODEN WIRKLICH ÖKOLOGISCH?**

Greenwashing, d. h. das irreführende Anpreisen von Materialien als „umweltfreundlich“, ist eine gängige Taktik. Beispielsweise werden manche Materialien als „umweltfreundlich“ verkauft, weil sie aus natürlichen und nicht aus synthetischen Rohmaterialien bestehen. Nicht erwähnt wird hierbei (zum Beispiel), ob toxische Chemikalien bei der Verarbeitung der natürlichen Rohmaterialien verwendet wurden, was letztlich zum gleichen Ausstoß schädlicher und toxischer Chemikalien führt wie bei „herkömmlichen“ Bodenbelägen. Ein weiteres Argument, das bei angeblich umweltfreundlichen Produkten angeführt wird, ist die Verwendung recycelter Materialien. Bei dieser Aussage wird jedoch gern verschwiegen, dass sich diese recycelten Materialien aufgrund ihrer toxischen Bestandteile nicht für die Verwendung in Gebäuden eignen.

Ein deutlicher Anhaltspunkt für Greenwashing ist die Verwendung unspezifischer Bezeichnungen wie „naturbelassen“, „naturverträglich“, „umweltfreundlich“ oder „nicht toxisch“ sowie das Fehlen nachprüfbarer Belege wie einer Umweltzertifizierung. Ein anderer Trick ist die Hervorhebung einer geringfügigen Produktverbesserung ohne jeden Nachweis, dass die neue Alternative sicherer oder das Produkt insgesamt nachhaltiger ist.

### KRITERIUM 1 – NACHHALTIGKEIT UND HYGIENE

Das Kriterium Nummer eins im Gesundheitssektor ist die Möglichkeit, den Boden stets sauber und in einem hygienisch einwandfreien Zustand zu halten. Wir bezeichnen dies hier als „Nachhaltigkeit und Hygiene“. Gemeint ist, dass die Hygiene während der gesamten Lebensdauer des Bodenbelags effizient aufrechterhalten werden kann – bei einer gleichzeitig möglichst geringen Umweltbelastung.

#### REINIGUNGSFÄHIGKEIT

Hygiene ist im Gesundheitsbereich außerordentlich wichtig. Daher müssen dort eingesetzte Bodenbeläge einfach und effektiv zu reinigen sein. Wie häufig und wie intensiv geputzt werden muss, hängt von der jeweiligen Nutzung des Raumes ab. In punkto Reinigungsfähigkeit sollte auch bedacht werden, dass Patienten und Personal möglichst selten scharfen oder toxischen Chemikalien ausgesetzt werden sollten.

#### OBERFLÄCHENEIGENSCHAFTEN

Viele elastische Bodenbeläge verfügen herkömmlicherweise über Polymerbeschichtungen (Polyurethan oder Acryl), die die tägliche Reinigung und Pflege erleichtern sollen. Meist werden diese Beschichtungen direkt während des Herstellungsprozesses aufgetragen und nicht nach der Verlegung in regelmäßigen Abständen bei der Reinigung, da diese Option kostspieliger ist. Diese Beschichtungen

werden zwar als „lebenslang einpflegefrei“ vermarktet, jedoch hat sich gezeigt, dass sie sehr wohl gelegentlich repariert werden müssen und darüber hinaus mit besonderem Pflegeaufwand zu reinigen sind. Bei der Reinigung kann es zu weiteren chemischen Emissionen durch die Reinigungsmittel und erhöhten Wasserbedarf kommen, was Probleme bei der sicheren Entsorgung des chemisch belasteten Abwassers aufwerfen kann.

Böden, die ohne Beschichtung auskommen (ganz gleich, ob diese während der Herstellung oder im Rahmen der Reinigung aufgetragen wird), sind aus Gründen der einfacheren Reinigung zu bevorzugen. Zudem sollte die Möglichkeit der Verwendung ökologisch vertretbarer Reinigungsmittel gegeben sein. Zusätzliche Schutzmaßnahmen, wie scharfe chemische Reiniger, Beschichtungen bzw. andere Produkte zur Reinigung des Bodens, die zur Schadstoffemission im Gebäude beitragen könnten, sollten nicht erforderlich sein. Idealerweise sollten sich Flecken leicht entfernen lassen.

### KRITERIUM 2 – WIRTSCHAFTLICHKEIT UND LANGE LEBENSDAUER

Wir verwenden statt dem Begriff „Lebenszykluskosten“ die Bezeichnung „Wirtschaftlichkeit und lange Lebensdauer“, da diese vier wichtige Aspekte in Bezug auf die Kosten beinhaltet: Anschaffungskosten, lange Nutzungsdauer, Pflegekosten und Aspekte bei der Verlegung.



## KOSTEN

Die Anschaffungskosten stehen bei der Auswahl eines elastischen Bodenbelags häufig im Vordergrund. Allerdings müssen auch die Pflegekosten sowie versteckte Kosten, wie gesundheitliche Auswirkungen auf Personal und Patienten, berücksichtigt werden. Analysen der Lebenszykluskosten für elastische Bodenbeläge haben ergeben, dass die Pflegekosten über die gesamte Lebensdauer bei niedrigen Anschaffungskosten für das Material in der Tat sehr hoch sein können, <sup>(17,18)</sup>, selbst ohne Berücksichtigung der versteckten Kosten.

## LANGLEBIGKEIT

Die meisten Bodenbeläge in Gesundheitseinrichtungen sind starken Belastungen ausgesetzt, weshalb Langlebigkeit von essenzieller Bedeutung ist. Austauscharbeiten sollten nur sehr selten erfolgen, damit die Krankenpflege nicht beeinträchtigt wird. Ein Bodenbelag sollte nach 15 bis 20 Jahren immer noch ästhetisch ansprechend aussehen. Manche

Arten von elastischen Bodenbelägen, zum Beispiel aus Linoleum oder Kautschuk, können bis zu 30 Jahre oder sogar noch länger halten. Manche hochwertigen Kautschukböden können sogar über 30 bis 40 Jahre hinweg genutzt werden. Theoretisch sollte diese Langlebigkeit positive Auswirkungen auf die Gesamtkosten haben. Allerdings werden in der Praxis nur wenige Böden über einen so langen Zeitraum hinweg genutzt.

## REINIGUNG

Die Reinigung kann erhebliche Kosten verursachen, die zu den Lebenszykluskosten für den Bodenbelag hinzukommen <sup>(17)</sup>. Die Reinigung kann nicht nur zeitaufwendig sein, sondern sie muss eventuell auch zu ungünstigen Zeiten erfolgen, damit für Patienten und Personal keine Beeinträchtigung durch schädliche Gerüche entsteht. Alternativ dazu müssen ganze Bereiche für längere Zeiträume geschlossen werden. Ggf. müssen Bodenbeläge auch häufiger repariert





werden als ursprünglich geplant, was wiederum zu zusätzlichen Kosten und Unannehmlichkeiten führt.

### VERLEGUNG

Die korrekte Verlegung eines Bodens ist ein Vorgang, der vorab die Auswahl eines geeigneten Materials erfordert. Darüber hinaus sollte die Verlegung durch erfahrene Fachkräfte erfolgen, es müssen die richtigen Klebstoffe verwendet werden, die Eigenschaften des Untergrunds müssen bekannt sein und es muss ausreichend Zeit für eine ordnungsgemäße Verlegung eingeplant werden. Probleme bei der Verlegung, wie zum Beispiel Blasenbildung, Festkleben, Rissbildung, Verfärbungen, Verziehen, Abdrücke sowie eine schlechte Qualität der Schweißnähte<sup>(6)</sup>, können bei allen Arten von Bodenbelägen auftreten. Daher ist die Auswahl des Verlegers sowie aller verwendeten Materialien für den Gesamterfolg des Projekts entscheidend.

Eine weitere mögliche Quelle für toxische Emissionen sind die Klebstoffe. Im Rahmen dieses Berichts wird nicht näher auf Klebstoffe eingegangen. Wir weisen lediglich darauf hin, dass emissionsarme, wasserbasierte Spachtelmasse und Dispersionsklebstoff verwendet werden sollten (wie im Rahmen der Zertifizierung mit dem Blauen Engel unter RAL-UZ 113 zu Bodenbelagsklebstoffen spezifiziert).

### KRITERIUM 3 – KOMFORT UND SICHERHEIT

Das abschließende Kriterium bezieht sich auf ergonomische und ästhetische Aspekte, die bei der Auswahl eines Materials für einen Bodenbelag zu berücksichtigen sind.

#### ERSCHEINUNGSBILD UND ÄSTHETIK

Ein angenehmes Erscheinungsbild, das für eine „wohnliche“ Atmosphäre sorgt, gewinnt bei der Auswahl von Bodenbelägen für Gesundheitseinrichtungen immer mehr an Bedeutung. Grund hierfür ist, dass sich ein für Krankenhäuser typisches steriles Aussehen negativ auf die Gesundheit der Patienten auswirken kann. Abgesehen von einer guten Fleckbeständigkeit können in Gesundheitseinrichtungen eine attraktive Farbauswahl sowie in manchen

Fällen auch die Möglichkeit, Beschriftungen und Wegweiser direkt in den Bodenbelag zu integrieren, von Bedeutung sein.

#### KOMFORT UND TRITTSCHALLDÄMMUNG

Idealerweise sollte der Bodenbelag matt sein und nicht spiegeln, da glänzende Bodenbeläge bei älteren Menschen die Angst vor einem Sturz und Verletzungen auslösen können. Der Bodenbelag sollte zumindest einen gewissen dämmenden Effekt haben und Geräusche gut absorbieren. Die ergonomischen Eigenschaften eines Bodens sind vor allem für das medizinische Personal wichtig, da die Mitarbeiter häufig über längere Zeiträume hinweg stehen müssen. Auch die geräuschabsorbierenden Eigenschaften sind von Bedeutung, da hohe Geräuschpegel zu Stress beitragen können.

#### IN EUROPA VERFÜGBARE ELASTISCHE BODENBELÄGE

In Europa beschränkt sich die Auswahl an elastischen Bodenbelägen für Gesundheitseinrichtungen im Wesentlichen auf PVC, Linoleum und Kautschuk. Das in den USA zeitweise verbreitete Material Polyolefin ist auf dem europäischen Markt kaum erhältlich, weshalb auf seine Eigenschaften in diesem Rahmen nicht eingegangen werden soll.

#### SICHERHEIT

Bodenbeläge in Gesundheitseinrichtungen müssen rutschfest sein und zu einem gewissen Grad auch bei Stürzen kraftabbauend wirken, insbesondere in geriatrischen Abteilungen. Reinigungsmethoden sollten Risiken für Rückenverletzungen und andere Verletzungen so weit wie möglich ausschließen.



## DIOXINE

Dioxine sind ein unerwünschtes, aber unvermeidbares Nebenprodukt, das über den gesamten Lebenszyklus von PVC hinweg eine Rolle spielt: bei der Produktion, bei der Entsorgung und beim Recycling.

Dioxine sind PBT-Chemikalien: Sie sind sehr toxische, potente Karzinogene und gelten als fortpflanzungsgefährdende/die Entwicklung beeinträchtigende Giftstoffe sowie als Chemikalien mit endokrin wirksamem Potenzial <sup>(21)</sup>. Die kurzzeitige Exposition mit hohen Dioxindosen kann zu Hautschäden und einer veränderten Leberfunktion führen. Eine langfristige Dioxinexposition wurde mit verschiedenen Krebsarten sowie mit Beeinträchtigungen des Immunsystems, des Nervensystems, des Hormonsystems und der Fortpflanzungsfunktion in Verbindung gebracht. Dioxine werden in der Stockholmer Konvention zu den langlebigen organischen Schadstoffen (POPs) gezählt, auf deren Verwendung weltweit schrittweise verzichtet werden sollte. Viele Regierungen auf der ganzen Welt überwachen die Dioxinmengen in der Bevölkerung und in der Umwelt. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf durch Dioxine kontaminierte Nahrungsmittel <sup>(21)</sup>.

## Die Optionen: PVC, Linoleum oder Kautschuk

### PVC

Polyvinylchlorid (PVC, gelegentlich auch als Vinyl bezeichnet) war im Jahr 2010 der am dritthäufigsten produzierte Kunststoff. Die weltweite PVC-Produktion belief sich im Jahr 2009 auf 32 Millionen Tonnen. Bis zum Jahr 2020 wird ein Anstieg auf 55 Millionen Tonnen erwartet <sup>(19)</sup>.

PVC-Bodenbeläge sind seit den 1950er Jahren auf dem Markt erhältlich. Sie werden hauptsächlich in Form von Bahnen oder Fliesen angeboten. PVC-Fliesen werden in Europa allerdings nicht eingesetzt. Zur Herstellung von PVC-Bodenbelägen wird PVC-Granulat zusammen mit einer Reihe von Zusätzen erhitzt: Flammenschutzmittel, Weichmacher für mehr Flexibilität, Farbpigmente, UV-Stabilisatoren wie zinkorganischen Verbindungen zum Schutz vor Hitze und Licht sowie mineralische Füllstoffe zur Verbesserung der allgemeinen Materialeigenschaften sowie zur Kostensenkung.

---

### *Bereiche, in denen PVC-Bodenbeläge häufig zu finden sind:*

*Flure, Treppen und Treppenhäuser, OPs, Wartezimmer, Patientenzimmer, Lobbys, Schwesternstützpunkte*

---

### PRODUKTION

PVC-Granulat besteht meist aus Vinylchloridpolymeren, die unter Einsatz hoher Temperaturen aus Ethylen (gewonnen aus Mineralöl und Erdgas) und Chlor hergestellt werden. Zum Herbeiführen der chemischen Reaktion sind zahlreiche weitere Chemikalien erforderlich, darunter verschiedene Lösungsmittel, Emulgatoren, Antioxidationsmittel, Tenside, Bindemittel, Initiatoren und Zusatzstoffe.

Für PVC werden 40 % des weltweit produzierten Chlors aufgewendet. Chlor ist ein Nebenprodukt



der Herstellung von Natriumhydroxid (Ätznatron), der wichtigsten starken Base, die in der chemischen Industrie und bei der Papierherstellung verwendet wird. Es gibt die Ansicht, dass Notwendigkeit zum Verbrauch des anfallenden Chlors eine treibende Kraft für die Verwendung und weltweite Verbreitung von PVC ist <sup>(20)</sup>. PVC ist eine Hauptquelle für Dioxine, die bei Produktion und Entsorgung persistente Umweltschadstoffe darstellen.

Darüber müssen PVC Weichmacher wie Phthalate hinzugefügt werden, um es flexibler zu machen. Zur Erzeugung anderer erwünschter Eigenschaften ist der Zusatz einer ganzen Reihe weiterer Chemikalien erforderlich. Einige der toxischen Metalle, die früher im Rahmen der Herstellung von PVC als Wärmestabilisatoren verwendet wurden, entfielen in den letzten Jahren zunehmend aus dem Produktionsprozess.

## KRITERIUM 1 – NACHHALTIGKEIT UND HYGIENE

### TOXIZITÄT UND UMWELTBELASTUNG

Eine ganze Reihe von Toxizitätsproblemen, die PVC-Bodenbeläge im Laufe ihrer Lebensdauer verursachen, machen PVC zu einem der am wenigsten geeigneten Materialien für Bodenbeläge in Krankenhäusern. Zu diesen Problemen zählen die Dioxinbildung während Herstellung und Entsorgung, die Verwendung von Phthalaten, Luftverunreinigungen in Gebäuden sowie Schwierigkeiten bei der Entsorgung und beim Recycling.

### PVC-PRODUKTION SETZT ÖFFENTLICHKEIT UND ARBEITER TOXISCHEN SUBSTANZEN AUS

Die PVC-Produktion birgt Gefahren für Arbeiter in der Herstellung, da diese mit Chemikalien wie Phthalaten <sup>(20)</sup> und Zwischenprodukten in Berührung kommen können. Bestimmte Chemikalien, die bei der PVC-Produktion freigesetzt werden, tragen zur weltweiten Umweltverschmutzung bei, da sie extrem persistent und bioakkumulativ sind <sup>(20)</sup>.

In diesem Kontext sind zwei Zwischenprodukte bei der Produktion von PVC ebenfalls besorgniserregend: Ethylendichlorid (EDC) und Vinylchloridmonomer

(VCM). EDC wird als mögliches Humankarzinogen eingestuft und VCM ist ein bekanntes Humankarzinogen, das als ein Auslöser für Angiosarkome der Leber betrachtet wird <sup>(22)</sup>. Es sind nicht nur Arbeiter in der Industrie gefährdet, sondern auch Menschen, die in der Nähe von PVC-Produktionsanlagen leben <sup>(23)</sup>.

### WÄRMESTABILISATOREN

Stabilisatoren werden PVC zugesetzt, um es vor Schäden durch Hitze und Licht zu bewahren. In der Vergangenheit wurden Blei, Cadmium und Zink als Stabilisatoren eingesetzt, Cadmium wird heute allerdings nicht mehr verwendet und auch auf Blei wird immer häufiger verzichtet. Als Ersatz werden Butylzinn und epoxidiertes Sojaöl genutzt <sup>(23)</sup>.

### DURCH PHTHALATE VERURSACHTE PROBLEME

Weichmacher sind die Hauptbestandteile, die den PVC-Bodenbelag funktionstüchtig machen. Sie machen zwischen 10 und 60 % des Endprodukts aus. Phthalate waren und sind die gängigsten Weichmacher. Allerdings sind Weichmacher nicht vollständig an das Material gebunden und gelangen unvermeidbar in die Umwelt, wo sie über die Atemluft oder durch Verschlucken aufgenommen werden können. Phthalate finden sich mittlerweile weltweit überall in der Umwelt – auch in Tieren und Menschen. Jüngste Studien haben gezeigt, dass die Aufnahme von Phthalaten durch Menschen in eindeutigem Zusammenhang mit Umweltfaktoren, wie Baumaterialien, steht – insbesondere mit PVC-Bodenbelägen <sup>(24)</sup>. Hinzu kommt, dass die Böden im Laufe der Zeit härter werden, sobald die Phthalate entweichen. Dies wiederum führt zu zusätzlichem Unterhaltskosten.

Die schädlichen Auswirkungen sind weitreichend und hinlänglich bekannt <sup>(24)</sup>, auch wenn die Kunststoffbranche diese einhellig abstreitet <sup>(22)</sup>. In Tierversuchen konnte bei jungen Ratten eine Beeinträchtigung der Geschlechtsentwicklung nachgewiesen werden. Darüber hinaus wurde gezeigt, dass Phthalate Leberkrebs verursachen können. Beim Menschen scheinen sie das männliche Fortpflanzungssystem zu beeinträchtigen <sup>(24)</sup>. Des Weiteren wurde gezeigt,

### BIO-WEICHMACHER?

Die PVC-Industrie hat jüngst begonnen, als Alternative zu Phthalaten eine neue Generation sogenannter Bio-Weichmacher einzuführen. Diese basieren auf natürlichen Materialien (Zuckerrohr, hydrogeniertem Rizinusöl, Zitronensäure, Sojaöl), die mithilfe eines chemischen Verfahrens in Weichmacher umgewandelt werden. Die Eliminierung von Phthalaten ist ein Schritt in die richtige Richtung, auch wenn dadurch lediglich ein Teilaspekt der toxischen Substanzen im Zusammenhang mit PVC gelöst wird.

Praktische Erfahrungen zu Bodenbelägen mit diesem neuen Bio-Weichmacher wurden bis dato nicht berichtet.

dass Phthalate ein Risiko in Bezug auf allergische Erkrankungen darstellen <sup>(25)</sup>.

Gängige Weichmacher in PVC-Bodenbelägen wie DEHP (Diethylhexylphthalat) und BBP (Benzylbutylphthalat) werden seit Kurzem ersetzt durch DIDP (Diisodecylphthalat) und DINP (Diisononylphthalat). Damit wird auf Bedenken hinsichtlich ihrer Toxizität eingegangen <sup>(23)</sup>.

DINP wurden in Tierversuchen mit möglicherweise schädlichen Auswirkungen auf die Entwicklung in Verbindung gebracht. Darüber hinaus gibt es gut dokumentierte Hinweise auf antiandrogene Effekte, einhergehend mit Symptomen wie Hodenretention sowie Fehlentwicklungen des reproduktiven Gewebes <sup>(26)</sup>.

Erfahrungen mit anderen neuen Generationen von phthalathaltigem PVC (DINP oder DIDP) deuten auf eine gesteigerte Reaktivität mit Klebstoffen sowie auf ein verstärktes Zusammenziehen an Fugenabdichtungen hin. Letzteres birgt aufgrund eines möglichen Bakterienbefalls hygienische Risiken <sup>(27)</sup>. Die Praktikabilität dieser neuartigen PVC-Böden muss noch unter Beweis gestellt werden. Diese neuartigen Böden verfügen zudem über werkseitig aufgetragene Polyurethan-Beschichtungen, die sich je nach ihrer Dicke schnell abnutzen können.

Trotz zahlreicher Probleme mit toxischen Chemikalien erhält die Industrie nach wie vor den Standpunkt aufrecht, dass PVC „nachhaltige Eigenschaften“ aufweise <sup>(28)</sup>.

### DAS QUECKSILBERPROBLEM IST LANGSAM AUF DEM RÜCKZUG

Chlor, eine der wichtigsten im Rahmen der PVC-Produktion eingesetzten Substanzen, kann mithilfe eines Amalgamverfahrens erzeugt werden. Dieses Verfahren ist eine bedeutende Ursache für Umweltbelastungen durch Quecksilber. Quecksilber ist ein Nervengift und ein die Entwicklung beeinträchtigender Giftstoff, der neben anderen negativen Auswirkungen auf die Gesundheit u. a. auch die neurologische Entwicklung von Kindern schädigen kann. Die PVC-Branche hat auf dieses Problem reagiert und PVC-Hersteller aufgerufen, auf ein quecksilberfreies, energieeffizienteres Verfahren umzusteigen. Im Jahr 2010 wurde bereits bei der Hälfte der europäischen Produktion kein Quecksilber



mehr eingesetzt. Ziel ist es, Amalgamverfahren bis zum Jahr 2020 vollständig durch andere Verfahren zu ersetzen. Neben den eigenen Bemühungen der Branche wird der komplette Verzicht auf das Amalgamverfahren auch durch die REACH-Verordnung forciert <sup>(21)</sup>.

#### **VERWENDUNG ANDERER SCHWERMETALLE GEHT ZURÜCK**

Die Verwendung von Stabilisatoren auf Cadmiumbasis wurde im Rahmen des freiwilligen, auf 10 Jahre angelegten Ausstiegsplans der Branche bereits weitgehend abgestellt. Mit Stand von 2011 wurde auch bereits die Verwendung von Stabilisatoren auf Bleibasis reduziert. Diese wurden zu 76 % durch Stabilisatoren auf Calciumbasis ersetzt <sup>(29)</sup>. Auch wenn der Verzicht auf Cadmium und auch der langsamer voranschreitende Verzicht auf Blei lobenswert ist, kann recyceltes PVC und bereits vor Ort vorhandenes PVC nach wie vor diese Metalle enthalten – noch auf viele Jahre hinaus <sup>(30)</sup>. Wenn neue Bodenbeläge verlegt werden, müssen Überlegungen zur Entsorgung der alten schwermetall-

haltigen PVC-Bodenbeläge angestellt werden.

#### **ENTSORGUNG VON GIFTMÜLL**

Die Entsorgung von PVC auf Deponien hatte sich in der Vergangenheit als vorherrschendes Verfahren durchgesetzt. PVC-Produkte sind allerdings sehr schlecht biologisch abbaubar. Es kann in etwa 1000 Jahre dauern, bis auf Deponien gelagertes PVC abgebaut ist <sup>(30)</sup>. Ein erhebliches Problem hierbei sind jedoch die Zusatzstoffe, und insbesondere die Weichmacher, die austreten und Grundwasser und Boden kontaminieren können <sup>(30)</sup>. In vielen EU-Ländern wurde die Deponierung als Entsorgungsmethode für Bodenbelagmaterialien mittlerweile eingeschränkt oder verboten. Auch die Müllverbrennung als Alternative ist problematisch, da diese zu erhöhten Dioxin- und Halogenemissionen führen kann <sup>(30)</sup>.

#### **IST DAS RECYCELN VON PVC EINE GUTE IDEE?**

Das Recycling von PVC-Materialien (Baumaterialien, Rohren, Kabeln, Autoteilen usw.) fand früher in



## DIE GRENZEN DER LEBENSZYKLUSBETRACHTUNG

Die Lebenszyklusbetrachtung (LCA = Life cycle assessment) ist eine Methode zur Identifikation der Umweltbelastung, die über die gesamte Lebensdauer von einem Produkt ausgeht. Die Methode stützt sich in erster Linie auf bekannte Daten und Voraussetzungen, d. h. sie vergleicht die Auswirkungen auf Grundlage gut erforschter und quantifizierter Materialflüsse. Sie weist ernsthafte Schwächen bei der Analyse toxischer Gefahren auf, vor allem, wenn zu diesen keine Daten bzw. keine gesicherten Daten vorliegen. Das LCA ist nicht für Materialien geeignet, die noch nicht ausreichend quantifiziert wurden, die durch Nutzungsmuster beeinflusst werden oder die Obergrenzen oder Verbote unterliegen. Das LCA ist keine umfassende Methode, und sie ist auch nicht unvoreingenommen. Einige Wissenschaftler behaupten, dass das LCA bestimmte Materialien mit erheblichen negativen Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit inhärent zu positiv bewertet, insbesondere PBT-Chemikalien <sup>(31)</sup>. So wurde zum Beispiel im Rahmen einer vergleichenden Studie zu PVC und Linoleum das PVC als umweltverträglicher bewertet. Maßgeblich dafür war ein überproportional starke Wichtung des Anbauverfahrens, mit dem das für die Herstellung von Linoleum benötigte Leinöl gewonnen wird. Es birgt ein gewisses Potenzial der Eutrophierung sowie der landwirtschaftliche Belastung mit überschüssigen Nährstoffen. Die möglichen Auswirkungen beider Materialien auf die Gesundheit wurden nur unvollständig oder überhaupt nicht aufgeführt <sup>(32)</sup>.

Das LCA hat ihre Grenzen und kann keine endgültigen Antworten geben, wenn man sich zwischen PVC und anderen Materialien entscheiden möchte.



Europa nur in sehr geringem Umfang statt (< 3 %). Die Branche reagierte darauf, indem sie im Jahr 2000 die Vinyl2010 ins Leben rief, eine Organisation zur Verbesserung und Überwachung der PVC-Entsorgung. 2011 konstatierte Vinyl2010, dass die recycelte Menge von 40.000 Tonnen PVC-Abfällen im Jahr 1999 auf eine recycelte Menge von 260.000 Tonnen im Jahr 2010 angestiegen ist – also in bedeutendem Umfang <sup>(29)</sup>. Bei genauerer Betrachtung der jährlichen Zahlen fällt allerdings auf, dass trotz eines bedeutenden Anstiegs beim Recycling von PVC der Anteil von PVC-Bodenbeläge daran insgesamt nur sehr klein war. Diese machten im Jahr 2010 lediglich 1 % des recycelten PVCs aus.

Auch wenn das Recyceln von Abfällen prinzipiell eine vernünftige Idee ist, bleiben eine Reihe von Problemen. PVC enthält, wie oben bereits beschrieben, eine ganze Reihe von Zusatzstoffen. Je nach Recycling-Methode können diese freigesetzt werden und in der Umwelt toxisch wirken. Eine andere Möglichkeit wäre es, diese zu entfernen und verantwortungsvoll zu entsorgen. Wenn das Material beim Recyceln erhitzt wird, können flüchtige und toxische Verbindungen in die Luft entweichen. Beim Recyceln von PVC werden ggf. auch diverse Hilfsreagenzien (Reinigungs- und Ausflockungsmittel) verwendet, die die Umwelt verschmutzen können <sup>(33)</sup>.

Eine Schlüsselproblematik beim Recycling ist, dass die toxischen Zusatzstoffe anschließend in den neuen Produkten enthalten sind. Aus diesem Grund lässt der Blaue Engel keine recycelten Inhaltsstoffe in Materialien zu.

### KRITERIUM 2 – WIRTSCHAFTLICHKEIT UND LANGE LEBENSDAUER

Ein wichtiger Faktor im Hinblick auf die Gesamtkosten sind die Kosten für die Reinigung eines Bodens. PVC erfordert eine aufwendige Pflege, die sich aus Grundreinigung und Nachbeschichten zusammensetzt. Dies ist zeitraubend und kostspielig. Darüber hinaus muss der zu reinigende Bereich ggf. abgesperrt werden und die Reinigung muss in der Nacht erfolgen, damit Patienten und Personal nicht durch die schädlichen Gerüche der zur Reinigung verwendeten

Chemikalien beeinträchtigt werden <sup>(6)</sup>.

Um die tägliche Reinigung im Rahmen zu halten, ist höherwertiges PVC mit Polyurethan beschichtet, allerdings muss diese Beschichtung immer wieder nach einigen Jahren erneuert werden. Auch dies ist kostspielig, da möglicherweise ganze Stationen zum Zweck der Bodenenerneuerung geschlossen werden müssen. Alternativ dazu können auch teure nicht-permanente Beschichtungen aufgetragen werden, die in der Regel eine relativ kostspielige Reinigungsmethode erfordern.

Zweifellos sind die günstigeren Anschaffungskosten für PVC für viele Gesundheitseinrichtungen zunächst sehr attraktiv. Gerade bei Bodenbelägen ist jedoch langfristige Betrachtung notwendig. Obwohl Vinyl üblicherweise die günstigste Option für Bodenbeläge darstellt, können die Reinigungskosten die Kosten des verlegten Bodenbelages um das 9- bis 15-Fache übersteigen <sup>(17)</sup>. Darüber hinaus kann die Einführung neuer Arten von Weichmachern und Beschichtungen zu einer geringeren Lebensdauer und zu unerwarteten Reparaturfällen führen <sup>(27)</sup>.

### KRITERIUM 3 – KOMFORT UND SICHERHEIT

Während PVC-Bodenbeläge zwar ein attraktives Erscheinungsbild haben, können sie laut sein und einen mangelnden Gehkomfort bieten und müssen, wie oben erwähnt, häufig gereinigt und beschichtet werden, wenn die Beschichtungen abgenutzt sind <sup>(5)</sup>.

### FAZIT ZU PVC

Unserer Ansicht nach sollten keine PVC-Bodenbeläge verwendet werden. Sie sind mit zahlreichen Nachteilen verbunden. Abgesehen von den günstigen Anschaffungskosten bieten sie darüber hinaus keine Vorteile. Kein PVC-Bodenbelag könnte je mit dem Blauen Engel ausgezeichnet werden, da es unmöglich ist, Chlor, Dioxine sowie zahlreiche andere toxische Substanzen zu eliminieren, die bei seiner Herstellung verwendet werden.





## Fallstudie 1:

# Universitätsklinikum Antwerpen, Belgien

### **PVC WIRD DURCH BODENBELÄGE AUS KAUTSCHUK ERSETZT.**

Das 1979 gegründete Universitätsklinikum Antwerpen (Universitair Ziekenhuis Antwerp, UZA) ist eine moderne Klinik mit einer breiten Palette an Einrichtungen. Das Universitätsklinikum verfügt über 573 Betten. Jährlich werden dort etwa 26.200 Patienten stationär und fast 30.000 Patienten ambulant behandelt. Jedes Jahr werden circa 17.000 Operationen durchgeführt. Im Jahr 1996 wurde die Entscheidung gefällt, die alten PVC-Bodenbeläge Schritt für Schritt auszutauschen. Nachdem eine Reihe verschiedener elastischer Bodenbeläge getestet wurde, fiel die Wahl auf einen hochwertigen Bodenbelag aus Kautschuk. Der Kautschuk-Bodenbelag ist mittlerweile überall in der Klinik verlegt – in OPs, Patientenzimmern, Notaufnahmen, MRT- und Röntgenzimmern, Laboren und Korridoren sowie in der Verwaltung.

### **HYGIENISCHE BODENBELÄGE, FUGENLOSE VERLEGUNG**

Die neuen Bodenbeläge enthalten keine Weichmacher. Dies sorgt nicht nur für eine geringere Umweltbelastung, sondern auch dafür, dass die Bodenbeläge maßhaltig blieben, sodass keine Verfugung notwendig ist. Laut dem technischen Direktor der Klinik können die Böden dadurch effizienter desinfiziert werden. Diese Aussage wird durch Tests bestätigt, die regelmäßig im Auftrag der Klinik von Hygiene-Spezialisten durchgeführt werden. Kautschuk-Bodenbeläge sind außerdem fleckresistent und widerstandsfähig gegenüber oberflächendesinfektionsmitteln, Lösungsmitteln, verdünnten Säuren sowie Natriumhydroxid. Auch jodhaltige Substanzen können mühelos entfernt werden. Ein weiterer Vorteil einer unverfugten Verlegung ist das einheitliche Erscheinungsbild des Bodens.

### **KEINE BESCHICHTUNG ERFORDERLICH, EINFACH UND KOSTENGÜNSTIG ZU REINIGEN**

Im Gegensatz zu anderen elastischen Bodenbelägen erfordern Kautschuk-Beläge keine zusätzliche Beschichtung oder Lackierung. Daher ist auch kein Verschleiß und keine hartnäckige Verschmutzung oder Verfärbung zu befürchten, ebenso wenig wie Ablättern oder Zerkratzen der Beschichtung.

### **IDEALE TRITTSCHALLDÄMMUNG**

Ein weiterer, in der Klinik entscheidender Aspekt ist die hervorragende Absorption von Schrittgeräuschen. Dank der Kautschuk-Bodenbeläge herrscht selbst in Bereichen mit starkem Publikumsverkehr eine ruhige Atmosphäre. Neben den akustischen Vorteilen sind auch die ergonomischen Eigenschaften von Kautschuk-Bodenbelägen für Patienten und Personal von Vorteil. Dank seiner erstklassigen Elastizität ist der Kautschukboden komfortabler für Mitarbeiter, die lange auf den Beinen sind. Auch für Patienten, die beim Gehen und Stehen Schwierigkeiten haben, ist er besser geeignet.

### TIPPS FÜR DIE ANSCHAFFUNG GESUNDHEITS- VERTRÄGLICHER ELASTISCHER BODENBELÄGE

Bei der Anschaffung elastischer Bodenbeläge – ganz gleich, ob für Renovierungen oder zur Neuverlegung – ist es wichtig, genaue Vorstellungen vom gewünschten Material zu entwickeln. Hier einige Tipps sowie Fragen, die gestellt werden sollten:

- Finden Sie unter Berücksichtigung der Umweltauswirkungen sowie anderer Faktoren (Kosten, beabsichtigte Nutzung etc.) heraus, welcher Bodenbelag sich am besten eignet.
- Identifizieren Sie Ihre Anforderungen und legen Sie diese im Rahmen genauer technischer Spezifikationen fest. Hierbei sollten Sie nach Möglichkeit auch Umweltfaktoren einbeziehen (mit Bedingungen, die für eine Eignung erforderlich sind).
- Legen Sie die Bedingungen anhand von Standards für eine Umweltzertifizierung fest.
- Fordern Sie von allen Lieferanten „Best Practice“-Prozesse.
- Beziehen Sie Parameter hinsichtlich der Umweltverträglichkeit in die Bewertung mit ein, zum Beispiel die Verwendung von Rohmaterialien, nachhaltige Produktionsmethoden, Energieeffizienz, Entsorgung, Wiederverwertbarkeit, Verwendung toxischer Chemikalien usw.
- Legen Sie anhand Ihrer Spezifikationen bestimmte Auswahlkriterien fest.
- Legen Sie bei der Auftragsausführung relevante und zusätzliche Bedingungen hinsichtlich der Umweltverträglichkeit vertraglich fest.

Einen hilfreichen Leitfaden bietet die Broschüre „Umweltfreundliche Beschaffung! Ein Handbuch für ein umweltfreundliches öffentliches Beschaffungswesen“ der Europäischen Kommission <sup>(34)</sup>.

## Linoleum

Linoleum wurde im Jahr 1855 entwickelt und war bis in die 1960er Jahre der Bodenbelag der Wahl für Bereiche mit starker Nutzung. Später wurde es weitgehend durch PVC verdrängt, allerdings erlebt Linoleum in letzter Zeit wieder ein Comeback. Es wird größtenteils aus erneuerbaren Rohstoffen hergestellt und ist biologisch abbaubar.

In Wohnungen wurde Linoleum traditionell in Küchen verwendet. Ansonsten war Linoleum in Bereichen mit sehr starkem Personenverkehr ein beliebtes Material und wurde zum Beispiel für Bushaltestellen, Flughäfen, Schulen, Krankenhäuser und Kunstgalerien eingesetzt. Es ist kaum anfällig für tiefe Kratzer, bietet gute Schall-dämmungseigenschaften und ist äußerst robust.

Es sind auch Linoleum-Materialien mit entsprechender Umweltzertifizierung erhältlich (weitere Informationen finden Sie in Anhang 3). Es sollte in jedem Fall ein hochwertiges Produkt angeschafft werden.

### PRODUKTION

Traditionell wurde Linoleum aus getrockneten, gemahlene Leinsamen und Kalk hergestellt, vermischt mit pflanzlichem Material (Kiefernharz, Holzmehl, Korkmehl) und Pigmenten. Die Leinsamen werden mittlerweile üblicherweise durch Tallöl ersetzt, ein Nebenprodukt der Zellstoff- und Papierherstellung. Herkömmliche Linoleumböden verfügen über eine Trägerschicht aus Jutegewebe. Diese muss bei der Verlegung mit Klebstoff aufgebracht werden. Idealerweise sollte auch der Klebstoff eine Umweltzertifizierung besitzen, um Probleme mit der Luftqualität zu vermeiden.

### KRITERIUM 1 – NACHHALTIGKEIT UND HYGIENE

#### TOXIZITÄT UND UMWELTBELASTUNG

Ein Hauptnachteil von Linoleum ist, dass darauf keine scharfen Chemikalien angewandt werden dürfen. Ein positiver Aspekt daran ist, dass so mildere Reinigungsmittel verwendet werden, allerdings erschwert dies auch eine strenge Durchsetzung der Hygienevorschriften <sup>(6)</sup>. Linoleum bietet noch

weitere ökologische Vorteile. Es ist antistatisch und weist Staub sowie kleine Partikel ab und ist somit hypoallergen. Darüber hinaus besteht es aus erneuerbaren Rohstoffen, ist zu 100 % biologisch abbaubar und während seiner Herstellung und Lebensdauer werden keinerlei PBTs verwendet oder freigesetzt <sup>(6)</sup>. Leinsamen, der zur Herstellung von Linoleum verwendet wird, ist ein erneuerbarer Rohstoff. Allerdings ist darauf zu achten, wie der Lein angebaut wird. Dabei ist zu berücksichtigen, ob dieser mit Pestiziden oder Herbiziden behandelt wurde und wenn ja, mit welchen. Gängige Herbizide sind der PBT-Stoff Trifluralin (ein gewässergefährdender, karzinogener Stoff mit endokrin wirksamem Potenzial), das Fungizid Mancozeb (ein karzinogener Stoff mit endokrin wirksamem Potenzial), Bromoxynil (ein die Entwicklung beeinträchtigender Giftstoff) und das Insektizid Trichlorfon (ein Nervengift). Idealerweise wurde ohne den Einsatz toxischer Chemikalien angebaute Leinsamen verwendet. Eine andere Frage ist, wie realistisch diese Anforderung angesichts des relativ hohen Preises von Bio-Leinsamen ist (der hauptsächlich als Lebensmittel genutzt wird). Unseres Wissens ist kein solches Produkt verfügbar.

Die Verwendung von Tallöl oder Flüssigharz (einem Nebenprodukt der Zellstoffproduktion, bei der hauptsächlich Nadelhölzer verarbeitet werden) anstelle von Leinsamen kann ebenfalls dazu führen, dass eine Reihe von potenziell gefährlichen Chemikalien in der Produktionskette gelangt, zum Beispiel die in der Zellstoffindustrie eingesetzten Chemikalien Benzol (das nach und nach durch n-b n-Butan ersetzt wird), Acetaldehyd und Formaldehyd <sup>(2)</sup>. Auch hier sollten die Bäume selbst idealerweise nachhaltig und ohne Einsatz toxischer Pestizide usw. produziert worden sein. Auch die Staubbildung kann bei der Herstellung ein Problem darstellen und ohne entsprechende Vorsichtsmaßnahmen bei den Arbeitern Reizungen der Bronchien und der Haut hervorrufen <sup>(2)</sup>. Da Linoleum von Natur aus brandbeständig ist, ist kein Zusatz von Flammschutzmitteln erforderlich.

#### PROBLEME MIT DER LUFTQUALITÄT IN GEBÄUDEN

Aufgrund der bei der Verlegung verwendeten Klebstoffe kann es zu Problemen mit der Luftqualität im Gebäude kommen. Das Linoleum selbst kann ebenfalls einen

unangenehmen Geruch verströmen, der auf den Oxidationsprozess des Leinsamens zurückzuführen ist. Bei diesem Prozess werden Aldehyde freigesetzt.

Diese sind zwar zum Teil für die antibakteriellen, fungiziden Eigenschaften des Bodens verantwortlich, haben aber auch nachteilige Auswirkungen auf das Wohlbefinden und die Gesundheit, die von Unbehagen aufgrund unangenehmer Gerüche bis hin zu Kopfschmerzen, Husten und Ausschlägen reichen können <sup>(35)</sup>.

Zur Lösung dieses Geruchsproblems kann Linoleum mit UV-gehärtetem Polyurethan oder Polyacrylat beschichtet werden. Diese Behandlung verbessert die Widerstandsfähigkeit und verringert die Reinigung, geht aber mit eigenen Toxizitätsproblemen einher. In jüngster Zeit verwenden die Hersteller vermehrt geruchsärmere Leinsamenarten <sup>(2)</sup>.

#### NACHHALTIGKEIT

Achtzig Prozent des Linoleums wird aus erneuerbaren Rohstoffen oder recyceltem Industriematerial (Holzmehl, Tallöl) hergestellt. Die Erneuerbarkeit der Ressourcen ist ein wichtiger Punkt, es ist allerdings ebenso von Bedeutung, wie diese Erneuerbarkeit erzielt wird. So sind zum Beispiel die verwendeten landwirtschaftlichen/forstwirtschaftlichen Produktionsmethoden zu bedenken, ebenso wie die Gesamtauswirkungen der Produktion auf die Umwelt sowie auf Menschen und Tiere.

In Studien zur Ökobilanz von Linoleum wird häufig die Eutrophierung von Gewässern (verursacht durch Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft) als bedeutendste Negativauswirkung der Linoleumproduktion genannt. Nachhaltige Methoden in der Landwirtschaft können dieses Problem ebenso lösen wie die oben erwähnten Probleme mit der Toxizität von Pestiziden <sup>(36)</sup>.

Möglichkeiten zur Entsorgung von Linoleum sind die Verbrennung, die Deponierung oder Recycling. Die gängigste Entsorgungsmethode ist hierbei die Deponierung, denn Linoleum zerfällt in größtenteils unschädliche Substanzen (abhängig von den verwendeten Klebstoffen). Es ist auch möglich, Linoleum zu kompostieren. Auf diese Methode wird jedoch nur

---

## *Bereiche, in denen Linoleum häufig zu finden ist:*

### *Flure, Wartezimmer, Patientenzimmer, Lobbys, Schwesternstützpunkte.*

Für Behandlungsräume oder OPs wird Linoleum aufgrund seiner Empfindlichkeit gegen Wasser nicht empfohlen (es kann bei der Reinigung nicht geflutet werden). Ebenso ist es anfällig für Verfärbungen durch Jod <sup>(6)</sup>.

---

#### FAZIT ZU LINOLEUM

Linoleum kann in vielen Bereichen eine attraktive Option sein, vor allem, da die Anschaffungskosten recht niedrig sind. Bei bestimmten Bedingungen ist es allerdings ungeeignet, zum Beispiel, wenn ein erhöhter Infektionsschutz gegeben sein muss. Auch die Bereiche Produktqualität und Reparaturfähigkeit können erhebliche Herausforderungen darstellen <sup>(6)</sup>. Eine Reihe von Linoleum-Bodenbelägen wurde mit dem Blauen Engel oder dem natureplus-Umweltgütesiegel ausgezeichnet (siehe Anhänge 3 und 4). Letzteres Siegel erfordert einen sehr hohen Prozentsatz an natürlichen Inhaltsstoffen.



selten zurückgegriffen, da hierzu erst der Klebstoff entfernt werden muss (was auch beim Recyclen der Fall ist).

#### KRITERIUM 2 – WIRTSCHAFTLICHKEIT UND LANGE LEBENSDAUER

##### KOSTEN, LANGLEBIGKEIT UND REINIGUNG

Linoleum ist günstiger als andere elastische Bodenbeläge <sup>(6)</sup>, die Reinigung kann aber mitunter kostenintensiv sein. Beim Vergleich der Lebenszykluskosten von PVC, Kautschuk und Linoleum lässt sich zusammenfassend feststellen, dass die Anschaffungskosten für Linoleum eher niedrig sind. Die Lebenszykluskosten für Linoleum sind im Vergleich jedoch höher, was vor allem auf die Notwendigkeit regelmäßiger Polyurethan- (PU) oder Acrylbeschichtungen zurückzuführen ist. Diese Beschichtungen können entweder mithilfe eines UV-gehärteten oder eines wasserbasierten Oberflächenschutzes erfolgen. Beschichtungen auf Wasserbasis müssen mindestens ein- bis zweimal im Jahr aufgefrischt werden, was zusätzliche Kosten verursacht. UV-gehärtete PU-Beschichtungen können bei direkter Belastung (z. B. durch Bettenrollen oder Rollwägen) Risse bekommen und sie können sich bei intensiver Begehung oder intensiver Reinigung abnutzen <sup>(18)</sup>. Darüber hinaus können Schweißnähte mit der Zeit aufbrechen, sodass eine Reparatur erforderlich wird. Beschädigte PU-Beschichtungen werden mit reaktiven PU-Beschichtungen aus zwei Komponenten repariert, die nicht die gleichen Eigenschaften aufweisen, wie die ursprüngliche, UV-gehärtete Beschichtung. Oder sie werden einfach mit einer temporären Polymer-Schutzschicht ausgebessert, die eine jährliche Auffrischung und eine teure Reinigung erfordert.

##### VERLEGUNG

Die größten Probleme bei der Verlegung von Linoleum sind Blasenbildung, Zusammenziehen und Verfärbungen. Linoleum ist für zeitkritische Renovierungsprojekte ggf. ebenfalls nicht geeignet, da es für 72 Stunden nach der Verlegung nicht stark belastet werden darf <sup>(6)</sup>.



### KRITERIUM 3 – KOMFORT UND SICHERHEIT

Linoleum bietet ein natürliches, farbenfrohes Aussehen, eine relativ gute Trittschalldämmung sowie einen recht hohen Gehkomfort. Die Möglichkeit zur Verwendung verschiedener Muster und Designs bietet in bestimmten Umgebungen einen weiteren Vorteil, zum Beispiel in pädiatrischen Bereichen.

## Kautschuk-Bodenbeläge

Neben Linoleumböden sind Kautschuk-Bodenbeläge die verbreitetste Alternative zu PVC-Bodenbelägen<sup>(6)</sup>. Bis Anfang des 20. Jahrhunderts wurden Kautschukböden in erster Linie aus natürlichem Kautschuk hergestellt, bis Lieferschwierigkeiten zur Entwicklung von Synthetikautschuk führten. Der erste und nach wie vor gängigste Synthetikautschuk ist Styrol-Butadien-Kautschuk (SBR). Heute werden noch weitere Varianten angeboten, zum Beispiel Butadien-Kautschuk, Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (EPDM), Nitril-Butadien-Kautschuk (NBR, auch bekannt als Nitrilkautschuk), Polychloropren (auch bekannt als Neopren), synthetisches Polyisopren, Silikon-Kautschuk und Ethylenvinylacetat (EVA)<sup>(2)</sup>.

Auch Bodenbeläge aus natürlichem Kautschuk haben ihren Weg zurück in den Markt gefunden. Naturkautschuk wird aus dem Milchsaft des Kautschukbaums (*Hevea brasiliensis*) gewonnen und wird idealerweise durch mineralische Rohstoffe aus natürlichen Vorkommen ergänzt. Zum Färben werden umweltverträgliche und nachhaltig produzierte Pigmente eingesetzt. Einige Hersteller verwenden eine Mischung aus synthetischem und natürlichem Kautschuk für ihre Kautschuk-Bodenbeläge, z. B. 1/3 natürlichen Kautschuk und 2/3 SBR sowie natürlich vorkommende Mineralien, die in Deutschland im Tagebau abgebaut werden<sup>(35)</sup>.

Kautschuk-Bodenbeläge sind strapazierfähig und relativ brandfest. Sie eignen sich für Bereiche mit starkem Durchgangsverkehr und können so behandelt werden, dass sie rutschfest sind. Auch die Reinigung ist bei qualitativ hochwertigen Kautschuk-Bodenbelägen vergleichsweise unkompliziert, da diese nicht beschichtet werden müssen. Diese Böden besitzen

gute akustische Eigenschaften (geräuscharm) und bieten dank der natürlichen Elastizität des Kautschuks einen hohen Gehkomfort.

---

### *Bereiche, in denen Kautschuk-Bodenbeläge häufig zu finden sind:*

*Flure, Treppen und Treppenhäuser, OPs, Schwesternstützpunkte, Patientenzimmer.*

---

Je nach Qualität des Kautschuk-Bodenbelags können Probleme mit der Luftqualität im Gebäude entstehen. Daher ist es äußerst wichtig, einen Kautschuk-Boden mit einer entsprechenden Umweltzertifizierung zu wählen. Wenn der Boden beispielsweise recycelten Kautschuk enthält, kann die Luftqualität zu einem ernststen Problem werden (siehe Fallstudie 2 weiter unten).

### PRODUKTION

Synthetikautschuk wird aus Erdöl oder aus Erdöl-Nebenprodukten hergestellt. Ähnlich wie beim PVC sind zahlreiche zusätzliche Chemikalien als Zwischenprodukte und Zusatzstoffe erforderlich, darunter Katalysatoren, Polymerisationsbeschleuniger und -verzögerer, Lösungsmittel, Antioxidationsmittel, Tenside, Bindemittel, Initiatoren und Modifikatoren.

Es sind zwar möglicherweise auch vollständig aus natürlichem Kautschuk hergestellte Bodenbeläge verfügbar, diese Produkte werden allerdings offenbar nicht im Gesundheitssektor eingesetzt<sup>(2)</sup>.

### KRITERIUM 1 – NACHHALTIGKEIT UND HYGIENE

Bei der Produktion von Bodenbelägen aus Synthetikautschuk sind keine Weichmacher erforderlich und es werden keine Dioxine freigesetzt. Allerdings kommen bei der Produktion des Synthetikautschuks selbst, vor allem bei SBR-Bodenbelägen, möglicherweise erhebliche Mengen anderer PBTs zum Einsatz, darunter Blei, Quecksilber und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe.



Auch Flammschutzmittel können als Zusatzstoffe in SBR-Bodenbelägen und sonstigen Kautschuk-Bodenbelägen enthalten sein. Kautschuk-Bodenbeläge können darüber hinaus PBTs enthalten, die als gewässergefährdende, karzinogene Stoffe mit endokrin wirksamem Potenzial bekannt sind. Der Endbenutzer ist möglicherweise Flammschutzmitteln und Styrolrückständen ausgesetzt. Beim Styrol handelt es sich um einen Stoff, der wahrscheinlich auch als Nervengift sowie als karzinogener Stoff mit endokrin

wirksamem Potenzial wirkt. Je nach Qualität der Kautschuk-Bodenbeläge kann die Luftqualität im Gebäude zu einem Problem werden.

SBR wird aus Styrol hergestellt (möglicherweise krebserregend) sowie aus 1,3-Butadien (erwiesenermaßen krebserregend). Wie weiter oben erläutert, werden viele zusätzliche Chemikalien als Zwischenprodukte und Zusatzstoffe benötigt.

Auch Quecksilber kann ein ernstes Problem bei Kautschuk-Bodenbelägen darstellen. Je nach Herstellungsverfahren wird es als Katalysator eingesetzt. SBR-Fabriken können abertausend hochgiftige Chemikalien in die Luft freisetzen. Für Arbeiter und umliegende Anwohner kann dies ein erhöhtes Risiko für Leukämie sowie Herzerkrankungen bedeuten. Mögliche freigesetzte Chemikalien sind Blei, Quecksilber, Acrylnitril, Ethylbenzol, Benzol sowie weitere Giftstoffe <sup>(11)</sup>.

Wie viele giftige Nebenprodukte freigesetzt werden, hängt stark von den Produktionsanlagen der Hersteller dieser Böden ab. Ein weiterer wichtiger Faktor ist, in wie weit die Hersteller der Rohmaterialien in der Lage sind, hochwertige Produkte herzustellen. Wie immer bieten auch hier Umweltzertifizierungen eine Hilfestellung, bei welchem Kautschuk-Bodenbelag die wenigsten toxischen Nebenprodukte beteiligt sind und welcher Bodenbelag die wenigsten toxischen Materialien enthält. Der Blaue Engel ist hier bei den meisten Aspekten sehr zuverlässig. Allerdings haben einige deutsche Kommunen sowie deren wissenschaftliche Berater darauf hingewiesen, dass die zulässigen Styrol-Emissionen mit den Kriterien der deutschen Kommission Innenraumlufthygiene (IRK) übereinstimmen sollten. Diese sehen bedeutend niedrigere Werte vor <sup>(28)</sup>. Idealerweise sollten die Hersteller auch die erzielten Ergebnisse entsprechend Richtlinien zur Innenraumluftqualität angeben, zum Beispiel hinsichtlich der deutschen IRK-Kriterien <sup>(37)</sup>.

Besondere Vorsicht gilt bei Kautschuk-Bodenbelägen, die recycelte Materialien beinhalten. Diese bestehen größtenteils aus Reifen und können erhebliche Mengen toxischer Materialien enthalten. Aus diesem

Gründe sind sie für Innenräume ungeeignet.

## ENTSORGUNG

Die Entsorgung von Kautschuk-Bodenbelägen (und insbesondere von SBR-Bodenbelägen) kann problematisch sein. Die meisten Kautschuk-Bodenbeläge werden auf Deponien oder in Müllverbrennungsanlagen entsorgt. Aktuell liegen keine Studien zu potenziell freigesetzten toxischen Chemikalien vor, angesichts der Inhaltsstoffe von SBR-Kautschuk ist jedoch eine Reihe problematischer Chemikalien zu erwarten <sup>(2)</sup>.

Einige Hersteller von Bodenbelägen betreiben eine systematische Wiederverwertung, indem sie Fabrikabfälle wie abgeschnittene Kanten, Schleifstaub usw. verwenden, um daraus andere Produkte herzustellen. Solche Hersteller bieten ggf. auch an, Schnittabfälle, Verpackungen und alte Bodenbeläge zurückzunehmen (falls diese bei ihnen erworben wurden). Voraussetzung für derartige Angebote ist jedoch, dass die Kautschukabfälle keine Halogene oder sonstigen toxischen Substanzen enthalten.

Anders als bei Altreifen waren diese alten Kautschuk-Bodenbeläge für Innenräume bestimmt und können daher weiterhin in Innenräumen eingesetzt werden <sup>(40)</sup>.

Kautschuk-Bodenbeläge mit einer entsprechenden Umweltzertifizierung wie dem Blauen Engel oder dem Österreichischen Umweltzeichen enthalten keinerlei Chemikalien dieser Art und können sicher entsorgt werden. Sie können ohne weiteres in Müllverbrennungsanlagen entsorgt werden, da sie keine Halogene enthalten. Darüber hinaus sind die Kosten für die Verbrennung geringer als bei PVC.

## KRITERIUM 2 – WIRTSCHAFTLICHKEIT UND LANGE LEBENSDAUER

Kautschuk-Bodenbeläge können je nach Ausführung und Qualität eine lange Lebensdauer bieten. Auch wenn die Kosten anfangs höher als für andere Bodenbeläge erscheinen, kann dies durch Einsparungen bei Reinigung und Reparatur sowie durch eine gesundheitsverträglichere Umgebung für Personal und Patienten ausgeglichen werden <sup>(6)</sup>.

Qualitativ hochwertige Kautschuk-Bodenbeläge bieten den Vorteil einer einfachen Reinigung, da kein Beschichten und keine scharfen Chemikalien erforderlich sind. Die Böden können außerdem auch gereinigt werden, ohne den jeweiligen Bereich zu schließen, was die Unannehmlichkeiten für Personal und Patienten minimiert. Kautschukböden sind relativ fleckenresistent, sind nicht so anfällig für Farbabrieb und schrumpfen nur minimal oder überhaupt nicht <sup>(6)</sup>.

Auf dem Markt sind Kautschuk-Bodenbeläge in unterschiedlichsten Qualitäten erhältlich, es ist daher unerlässlich, den Bodenbelag vor einer Kaufentscheidung genau zu untersuchen und zu bewerten. Nur so kann sichergestellt werden, dass der Bodenbelag den Anforderungen so weit wie möglich entspricht. Darüber hinaus ist ein umfassendes Leistungsverzeichnis unentbehrlich, das alle relevanten Kriterien hinsichtlich der Nachhaltigkeit, der Leistungsdaten, der Reinigung usw. enthält.

## KRITERIUM 3 – KOMFORT UND SICHERHEIT

Bodenbeläge verfügen über hervorragende akustische Eigenschaften und bieten über lange Zeiträume hinweg einen hohen Gehkomfort. Sie bieten eine matte, nicht spiegelnde Oberfläche und sind rutschfest, wenn sie feucht sind <sup>(6)</sup>.

## FAZIT ZU KAUSCHUK

Ob ein Kautschuk-Bodenbelag eine niedrige oder hohe Toxizität aufweist, hängt stark von der Herstellung sowie von den verwendeten Rohstoffen ab. Einige Kautschuk-Bodenbeläge besitzen eindeutig ein sehr hohes toxisches Potenzial, andere dagegen wurden sogar mit dem Blauen Engel ausgezeichnet und entsprechen darüber hinaus Richtlinien zur Innenraumluftqualität wie der IRK.

In Bezug auf Kautschuk-Bodenbeläge ist eine sorgfältige Auswahl wichtig. Kautschuk-Bodenbeläge, die recycelte Reifen enthalten, sollten vermieden werden. Darüber hinaus sollte der gewählte Kautschuk-Bodenbelag über eine entsprechende Umweltzertifizierung verfügen.

## Fallstudie 2:

# Der falsche Boden kann Sie teuer zu stehen kommen!

Als 2004 die neue Zentrale des deutschen Umweltbundesamts (UBA) in Dessau gebaut wurde, sollte ein Gebäude entstehen, das in seiner Nachhaltigkeit vorbildlich ist. Ziel war es, nur Materialien zu verwenden, die bei der Produktion, beim Transport, bei der Nutzung und bei der Entsorgung mit einer bestmöglichen Umweltverträglichkeit aufwarten konnten.

Die Behörde entschied sich für Kautschuk-Bodenbeläge – insgesamt 18.600 m<sup>2</sup>. Die Entscheidung fiel auf einen italienischen Hersteller – zum Teil auch, um die Anschaffungskosten möglichst gering zu halten. Möglicherweise wurde im Hinblick auf die Nachhaltigkeit auch als positiv bewertet, dass die Bodenbeläge aus recycelten Materialien bestanden.

Nach nur wenigen Wochen stellte sich heraus, dass die Bodenbeläge nicht den erwarteten Anforderungen entsprachen und entfernt werden mussten. Messungen zeigten, dass die AgBB-Kriterien für Naphthalin in der Luft um das 3-Fache überschritten wurden. Die Werte für 1,3-Dichlorpropanol, eine toxischen chlororganischen Verbindung, überschritten

die zulässigen EU-Grenzwerte sogar um das 22-Fache.

Weitere Untersuchungen ergaben, dass das Material für die Schicht zur Trittschalldämmung aus alten Autositzen hergestellt worden war, die toxische Flammschutzmittel enthielten.

Die Behörde klagte gegen die Zulieferer und verlor. In diesem Fall trug der Käufer eindeutig das Risiko. Leider hatte die Behörde in der Ausschreibung einige wichtige Anforderungen nicht ausreichend spezifiziert (wie im europäischen Vergaberecht geregelt).

Positive war jedoch, dass die Behörde auch weiterhin auf Kautschukböden setzte. Man achtete nun darauf, dass das nächste Belagmaterial (das zwar mit höheren Anschaffungskosten verbunden war) über eine entsprechende Umweltzertifizierung verfügte.

Quelle: Däumling 2012 <sup>(39)</sup>





# Welcher Belag ist der richtige?

Bei der Auswahl von elastischen Bodenbeläge ist große Sorgfalt wichtig. Kautschuk-Bodenbeläge, die recycelte Reifen enthalten, sollten vermieden werden. Darüber hinaus sollte der gewählte Kautschuk-Bodenbelag über eine entsprechende Umweltzertifizierung verfügen.

Angesichts der Vielzahl an Umwelt- und Gesundheitsaspekten, die bei elastischen Bodenbelägen im Gesundheitsbereich zu bedenken sind, ist der ideale elastische Bodenbelag während seiner gesamten Lebensdauer nicht toxisch, praktisch (hygienisch, einfach zu reinigen), langlebig, sicher, ausreichend trittschalldämmend, attraktiv und kostengünstig. Ein solches ideales Material existiert zurzeit noch nicht, einige heute erhältliche Bodenbeläge kommen diesen Ideal jedoch bereits sehr nahe.

In Tabelle 2 sind die wichtigsten Charakteristika der drei Belagmaterialien sowie unsere Empfehlungen zusammengefasst.

---

## *PVC-Bodenbeläge sollten vermieden werden*

---

Unserer Meinung nach sollten PVC-Bodenbeläge aufgrund der an Herstellung und Entsorgung beteiligten toxischen Chemikalien sowie aufgrund der Reinigungsprobleme vermieden werden. PVC-Bodenbeläge bieten einen geringeren Komfort als Linoleum.

---

## *Linoleum eignet sich für viele Bereiche*

---

Im Fall von Linoleum treten keine Probleme mit Halogenen und Dioxinen auf. Dennoch kann es zu Problemen mit der Luftqualität kommen. Linoleum ist für viele Bereiche geeignet, sollte allerdings aufgrund seiner Feuchtigkeitsempfindlichkeit nicht in Behandlungsräumen oder OPs eingesetzt werden. Auch in Bezug auf die Reinigung und die Fleckenempfindlichkeit kann es zu Problemen kommen.

---

## *Kautschuk-Bodenbeläge sind – bei entsprechender Umweltzertifizierung – die beste Wahl*

---

Kautschuk-Bodenbeläge sind bei entsprechender Umweltzertifizierung (zum Beispiel mit dem Blauen Engel) und Oberflächenqualität eine gute Option, die Reinigungskosten senkt und gute Hygiene-, Akustik- und Komforteigenschaften vereint.

---

## *Qualitativ minderwertige Kautschuk-Bodenbeläge sollten vermieden werden*

---

Hauptüberlegungen bei der Auswahl eines Bodenbelags sind die Verlegung sowie die Anforderungen an die Reinigung. Bodenbeläge sind Teil eines Gebäudesystem. Daher ist es wichtig, kompatible und umweltverträgliche Materialien, Klebstoffe mit geringer Toxizität, geeignete Bodenunterlagen usw. zu verwenden. Die Bodenverleger sollten ausreichend Erfahrung mitbringen. Abhängig vom verlegten Bodenbelag ist eine vollständige Einweisung des Reinigungspersonals in die erforderlichen Pflegemaßnahmen wichtig. Dies gilt besonders, wenn es sich um einen anderen Bodenbelag als den zuvor vorhandenen handelt.

## Fallstudie 3: Clinique Pasteur, Toulouse, Frankreich

In der Clinique Pasteur in Toulouse entschied man sich, für die 80.000 m<sup>2</sup> große Fläche im Klinikgebäude „Atrium“ eine pragmatische und dennoch nachhaltige Lösung für die neuen Bodenbeläge zu finden. Das wichtigste Kriterium war es, die richtige Balance zwischen Kosten, Langlebigkeit und einfacher Reinigung zu finden. Auch die Luftqualität wurde stark in die Überlegungen mit einbezogen. Ziel war es hier, eine Luftqualität mit weniger als 300 µg/m<sup>3</sup> VOCs zu erreichen. Die Entscheidung fiel auf einen qualitativ hochwertigen deutschen Kautschuk-Bodenbelag, der mit dem Blauen Engel ausgezeichnet ist. Sowohl Personal als auch Patienten waren begeistert.

Bei dieser Herangehensweise sollten alle Beteiligten – Mitarbeiter, Ärzte und Patienten – einbezogen werden und sich für die Einführung und Implementierung

umweltschonender Methoden und nachhaltiger Veränderungen verantwortlich fühlen.

Die beiden Eckpunkte der Herangehensweise der Clinique Pasteur sind klare Kriterien für ein der Umweltmanagementnorm entsprechendes System (ISO 14001-Zertifizierung im Jahr 2011) sowie eine umweltfreundliche Auftragsvergabe. Die Selbstverpflichtung zur Anwendung umweltfreundlicher Verfahren erstreckt sich auf diverse Bereiche. Die Klinik nimmt außerdem begeistert an der „Two For Ten“-Kampagne für eine bessere CO<sub>2</sub>-Bilanz teil. Diese Kampagne zielt darauf ab, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß in den nächsten 10 Jahren jährlich um 2 % zu reduzieren. Darüber hinaus wurde der Wasserverbrauch erfolgreich um 37 % verringert und infektiöse Abfälle konnten um 25 % reduziert werden.



**Tabelle 2:** Kriterien für die Bewertung von elastischen Bodenbelägen aus PVC, Linoleum und Kautschuk

KRITERIEN	PVC	LINOLEUM	KAUTSCHUK
Herstellung ohne gefährliche Chemikalien	nicht möglich	möglich	möglich
Keine Probleme hinsichtlich der Innenraumluftbelastung	nein	in einigen Fällen	teilweise oder ja
Frei von Schadstoffen, die beim Recycling des Produkts Probleme verursachen könnten	nein	in einigen Fällen	teilweise oder ja
Frei von Weichmachern	nein	ja	ja
Frei von halogenierten organischen Verbindungen	nein	ja	teilweise oder ja
Hygienepotenzial	hoch	mittel	hoch
Lebenszykluskosten	mittel – hoch (je nach Qualität)	hoch	niedrig
Reinigung und Pflege	machbar	machbar	nur bei hochwertigen Bodenbelägen einfach
Rutschfest	ja	ja	ja
Gute Akustik	nein	eingeschränkt	ja
Komfort	eher gering	ja	ja
Matte, nicht spiegelnde Oberfläche	je nach Oberflächenbehandlung	je nach Oberflächenbehandlung	ja
Qualitativ hochwertige Produkte mit Umweltzertifizierung erhältlich	nein	ja	ja
Empfehlenswert?	nein	ja, unter bestimmten Bedingungen und falls eine Umweltzertifizierung vorhanden ist	ja, bei hoher Qualität und entsprechender Umweltzertifizierung

# Anhang 1

## Maßgebliche EU-Gesetzgebung

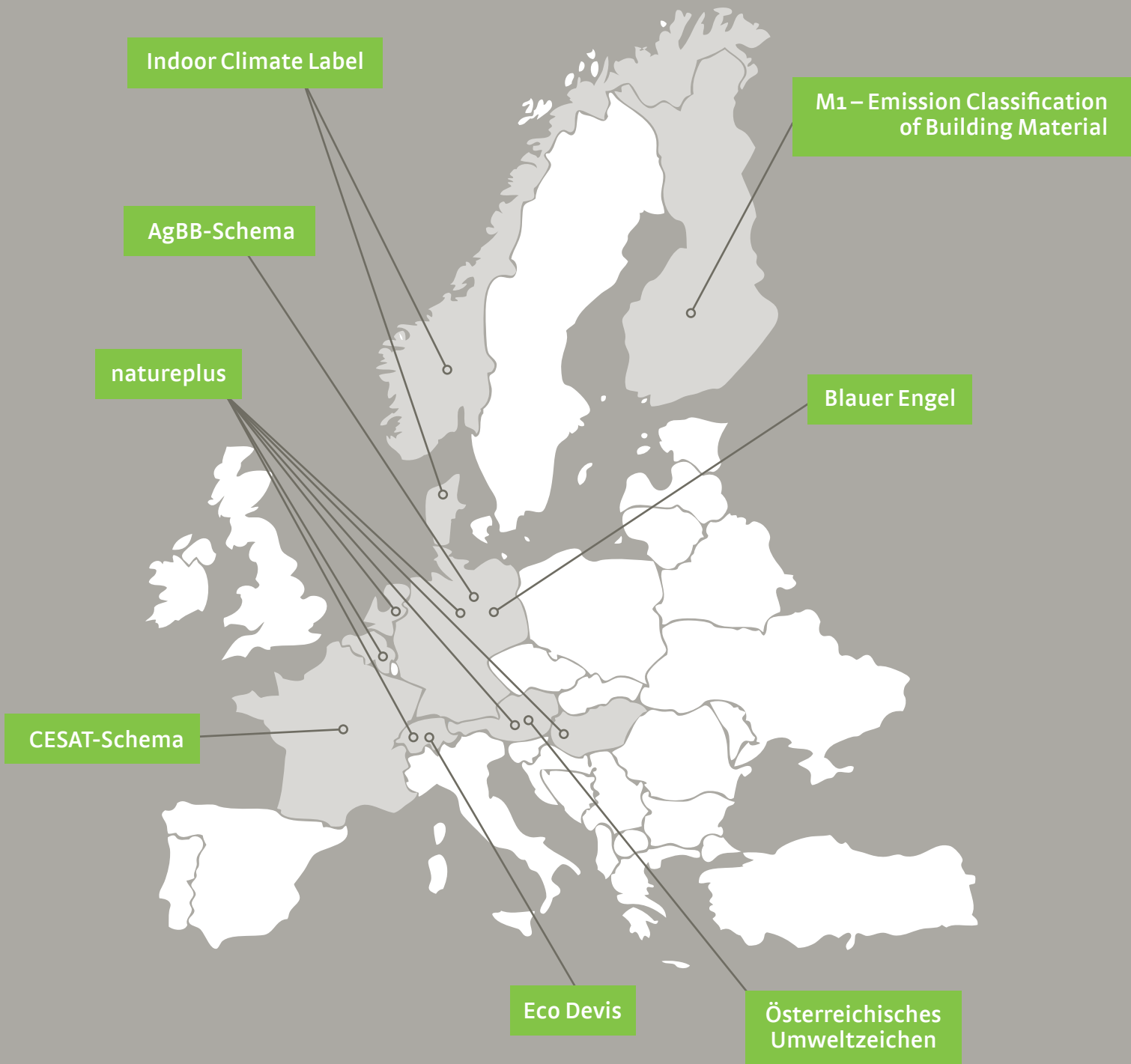
Laut EU-Gesetzgebung gelten alle Bodenbeläge als Baumaterialien und unterliegen den Regularien für Bauprodukte. In punkto geringe Umweltbelastung und Nachhaltigkeit sind außerdem die folgenden Europäischen Richtlinien, Verordnungen und Normen relevant:

- Richtlinie 89/106/EWG über Bauprodukte
- Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH)
- Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen (Substanzen, die als toxisch, karzinogen, mutagen und/oder fruchtschädigend sowie als giftig für Wasserorganismen bzw. als die Ozonschicht schädigend eingestuft werden)
- Richtlinie 98/8/EG zu Biozid-Produkten
- Verordnung (EG) Nr. 850/2004 über persistente organische Schadstoffe
- DIN EN 14041 zu Bodenbelägen, eine Europäische Norm, die die Gesundheits-, Sicherheits- und Energiesparanforderungen an aus Kunststoff, Linoleum, Kork oder Kautschuk hergestellte elastische Bodenbeläge spezifiziert.

In Deutschland müssen Bodenbeläge vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) zugelassen und mit dem „Ü-Zeichen“ gekennzeichnet werden; darüber hinaus müssen sie der Richtlinie 89/106/EWG sowie dem deutschen Bauproduktengesetz (BauPG) entsprechen. Das AgBB-Schema ist ein wichtiges Element dieser Struktur. Im Zusammenhang mit elastischen Bodenbelägen geht es hierbei in erster Linie um Prüfkammer-Messungen von VOC- und SVOC-Emissionen durch Bauprodukte. Bei der Bewertung werden die Konzentration von Substanzen sowie schädliche Eigenschaften berücksichtigt. Wesentlich ist hier auch, dass einige Emissionsstandards des Blauen Engels strenger als diejenigen des AgBB-Schemas sind.



## Anhang 2: Europäische Kennzeichnungsprogramme zu Innenraumemissionen



## Anhang 2:

# Europäische Kennzeichnungsprogramme zu Innenraumemissionen

EU-MITGLIEDSSTAAT	KENnzeICHNUNG/ ZERTIFIZIERUNG	RECHTSSTATUS	KRITERIEN
Dänemark und Norwegen	Indoor Climate Label <a href="http://www.dsic.org/dsic.htm">www.dsic.org/dsic.htm</a>	Freiwillig, aber durch die Regierung unterstützt.	Die Tests konzentrieren sich auf VOC-Emissionen und Feinstaub.
Deutschland	AgBB-Schema <a href="http://www.umweltbundesamt.de">www.umweltbundesamt.de</a>	An die baurechtlichen Anforderungen geknüpft.	Testkriterien und Bewertungsschema zu VOC-/SVOC-Emissionen. In einigen Bereichen nicht so streng wie das System des Blauen Engels.
Deutschland	Blauer Engel <a href="http://www.blauer-engel.de">www.blauer-engel.de</a>	Freiwillig, aber durch die Regierungsbehörden unterstützt. Das Deutsche Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung (RAL) verleiht im Auftrag des Umweltbundesamts den Blauen Engel.	Getestet wird auf Substanzen und Materialien, die während Herstellung, Transport, Verwendung und Entsorgung von Bodenbelägen involviert sind. Nicht zulässig sind Chemikalien, die auf der REACH-Kandidatenliste stehen, d. h. Phthalate, n-Nitrosamine und Halogene; eingeschränkter Einsatz von Flammschutzmitteln. Die Innenraumluftqualität wird getestet.
Finnland	M1- Emission Classification of Building Material <a href="http://www.rts.fi">www.rts.fi</a>	Freiwillig, aber durch die Regierungsbehörden unterstützt.	Die Emissionsklassifizierung unterteilt sich in drei Grade: M1 (beste Klasse), M2 und M3 (höhere Emissionsraten).
Frankreich	CESAT-Schema <a href="http://www.cstb.fr">www.cstb.fr</a>	Freiwillig, aber durch die Regierungsbehörden unterstützt.	Tests auf VOCs, Formaldehyd und Geruchsemissionen. Der zulässige Gesamtwert für VOCs ist im Vergleich zu anderen Modellen sehr hoch.

Vgl. ECA Report No 24<sup>(15)</sup> und natureplus-Kriterien<sup>(41)</sup>.

EU-MITGLIEDSSTAAT	KENNZEICHNUNG/ ZERTIFIZIERUNG	RECHTSSTATUS	KRITERIEN
Österreich	<a href="http://www.umweltzeichen.at">www.umweltzeichen.at</a>	Freiwillig, aber durch die Regierungsbehörden unterstützt.	Übereinstimmend mit dem Blauen Engel
Österreich, Belgien, Deutschland, Ungarn, Niederlande, Schweiz	<a href="http://natureplus.org/en/current-news/home/">natureplus www.natureplus.org/en/current-news/home/</a>	Freiwillig, wird von einem Verein verliehen, zu dessen Mitgliedern Hersteller, Händler, Verbraucher- und Umweltorganisationen, Planer, Berater, Nutzer und Prüflabore gehören.	Nur Linoleumprodukte werden durch diese Kennzeichnung abgedeckt; mindestens 85 % der Inhaltsstoffe müssen natürlichen Ursprungs sein.
Schweiz	<a href="http://www.eco-bau.ch">www.eco-bau.ch</a>	Freiwillig	Nutzt die Methode der Lebenszyklusbetrachtung.

## Anhang 3: Zusammenfassung der natureplus RL1201-Kriterien für Linoleum-Bodenbeläge

### ANFORDERUNGEN

- 98 % der Materialien müssen erneuerbare Rohmaterialien und/oder Mineralien sein.
- Alle Materialien zur Oberflächenbeschichtung, die Acrylate enthalten, müssen erneuerbar sein und dürfen die natürlichen Eigenschaften des Linoleums nicht negativ beeinträchtigen.

### NICHT ZULÄSSIG

- Die Verwendung von Zusatzstoffen mit Arsen-, Blei-, Cadmium- oder Quecksilberverbindungen, einschließlich Katalysatoren oder Farbpigmenten, ist nicht zulässig.
- Die Verwendung von organischen Halogen- oder Cobaltverbindungen ist nicht zulässig.
- Die Materialien für die Oberflächenbeschichtung müssen frei von Aromaten ( $\leq 0,1$  %) und frei von Tensiden auf Basis von Alkylphenoethoxylaten (APEO) sein. (APEOs sind synthetische Tenside, die in manchen Reinigungsmitteln enthalten sind.)
- Nicht zulässig ist darüber hinaus die Verwendung von Farbstoffen, die karzinogene Acrylamine enthalten, wie in der deutschen Bedarfsgegenstandsverordnung (BGVO) Anlage 1 Nr. 7 ausgeführt.
- Biozide (z. B. Triclosan).
- Nicht zulässig sind auch synthetische Pestizide/Herbizide, die aktive Inhaltsstoffe enthalten, die:
  - laut der deutschen Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) oder der Stockholmer Konvention zu langlebigen organischen Schadstoffen verboten sind;
  - laut der deutschen Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) umweltgefährlich sind;
  - Substanzen der WHO-Gefahrenklasse 1 bzw. im Rahmen der deutschen Technischen Regel für Gefahrstoffe 905 (TRGS 905, CMR-Kategorie 1-3) als krebserzeugend, erbgutverändernd oder fortpflanzungsgefährdend eingestufte Stoffe.

### GRENZWERTE

- Sämtliches verwendetes Titandioxid muss entsprechend der Richtlinie 92/112/EWG produziert worden sein.

### GERÜCHE

- Das Produkt darf keinen unangenehmen oder fremdartigen Geruch verströmen. Das Produkt muss äußerst emissionsarm sein.



Vgl. natureplus-Kriterien <sup>(41)</sup>



# Anhang 4: „Blauer Engel“-Kriterien für Bodenbeläge

## PRINZIPIEN

- Umweltfreundliche Herstellungsprozesse
- Keine Gesundheitsgefahr in Innenräumen
- Keine Schadstoffe, die beim Recycling des Produkts Probleme verursachen könnten

## NICHT ZULÄSSIG: GEFÄHRLICHE SUBSTANZEN

- Sehr gefährliche Substanzen: karzinogene, mutagene und/oder reproduktionstoxische Kategorien I und II der REACH-Verordnung;
- persistente, bioakkumulative und toxische Substanzen (PBTs)
- sehr persistente und sehr bioakkumulative Substanzen (vPvB)

## NICHT ZULÄSSIG: SCHWERMETALLE

- Nicht-essenzielle Schwermetalle: Blei, Cadmium, Quecksilber.

## NICHT ZULÄSSIG: BESTIMMTE ANDERE SUBSTANZEN

- Keine weichmachenden Substanzen aus der Klasse der Phthalate dürfen bei der Herstellung von Bodenbelägen eingesetzt werden
- Keine halogenierten organischen Verbindungen (z. B. als Bindemittel oder Flammschutzmittel) dürfen bei der Herstellung von elastischen Bodenbelägen eingesetzt werden.

## NICHT ZULÄSSIG: RECYCELTE MATERIALIEN/ABFALLMATERIALIEN

- Die Verwendung recycelter Materialien zur Herstellung von Bodenbelägen ist nicht zulässig, mit Ausnahme von:
  - Altholz der Kategorie A1 gemäß der deutschen Altholzverordnung und
  - Altpapier der Kategorien 1.02 und 1.04 gemäß EN 643.

## GRENZWERTE

- Der Grenzwert hinsichtlich des Beitrags der Bodenbeläge zum Gehalt an VOCs in der Luft nach 28 Tagen in einem Wohnzimmer durchschnittlicher Größe mit einer Luftaustauschrate von 0,5 pro Stunde liegt bei 300 µg/m<sup>3</sup>.
- Kanzerogene N-Nitrosamine entsprechend der deutschen Technischen Regel TRGS 5527. Ggf. in Bodenbelägen auf Kautschukbasis nicht nachweisbar (Nachweisgrenze: 3,6 µg/kg, Bestimmungsgrenze: 11 µg/kg).

## ZULÄSSIG

- FLAMMSCHUTZMITTEL: Anorganische Ammoniumphosphate, sonstige dehydrierende Mineralien (Aluminiumhydroxid o. ä.) oder Blähgraphit.



# Quellen

1. ECA Report No 25 (2006). Strategies to determine and control the contribution of indoor air pollution to total inhalation exposure. European Collaborative Action on Urban Air, Indoor Environment and Human Exposure.
2. T. Lent, J. Silas & J. Vallette (2009). Resilient Flooring and Chemical Hazards. A report for Health Care Without Harm and the Healthy Building Network. Verfügbar unter: [www.healthybuilding.net/docs/HBN-ResilientFlooring&ChemicalHazards-Report.pdf](http://www.healthybuilding.net/docs/HBN-ResilientFlooring&ChemicalHazards-Report.pdf).
3. B. Israel (2012). Flame Retardants May Create Deadlier Fires. Verfügbar unter: [www.scientificamerican.com/article.cfm?id=flame-retardants-may-create-deadlier-fires](http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=flame-retardants-may-create-deadlier-fires).
4. The Chicago Tribune (2012). Verfügbar unter: [media.apps.chicagotribune.com/flames/index.html](http://media.apps.chicagotribune.com/flames/index.html).
5. R.D. White (2007). Flooring choices for newborn ICUs. *Journal of Perinatology* 27: S. 29 - S. S. 31.
6. J. DuBose & A. Labrador (2010). Sustainable resilient flooring choices for hospitals. Verfügbar unter: [www.noharm.org/us\\_canada/reports/2010/dec/rep2010-12-01.php](http://www.noharm.org/us_canada/reports/2010/dec/rep2010-12-01.php).
7. Europäische Kommission (2007). REACH in brief. Unter: [http://ec.europa.eu/environment/chemicals/reach/pdf/2007\\_02\\_reach\\_in\\_brief.pdf](http://ec.europa.eu/environment/chemicals/reach/pdf/2007_02_reach_in_brief.pdf).
8. IARC (2006). Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Volume 88. Formaldehyde, 2-Butoxyethanol and 1-tert-Butoxypropan-2-ol. Verfügbar unter: [monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol88/volume88.pdf](http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol88/volume88.pdf).
9. R. Clapp, M. Jacobs & E.L. Loechler (2007). Environmental and Occupational Causes of Cancer: New Evidence, 2005–2007. Lowell Center for Sustainable Production, University of Massachusetts.
10. G. Latini, A. Verrotti & C. De Felice (2004). Di-2-Ethylhexyl Phthalate and Endocrine Disruption: A Review. *Current Drug Targets - Immune, Endocrine & Metabolic Disorders* 4(1): S. 37–40.

11. J.J. Jaakkola, A. Jeromnimon & M.S. Jaakkola (2006). Interior Surface Materials and Asthma in Adults: A Population-based Incident Case-Control Study. *American Journal of Epidemiology* 164: S.742–749.
12. C. Bornehag, J. Sundrell, C. Weschler, T. Sigsgaard, B. Lundgren, M. Hasselgren & L. Hägerhed-Engman (2004). The Association between Asthma and Allergic Symptoms in Children and Phthalates in House Dust: A Nested Case-Control Study. *Environmental Health Perspectives* 112: S. 1393–1397.
13. R. Stahlhut, E. Wijngaarden, T. Dye, S. Cook & S. Swan (2007). Concentrations of Urinary Phthalate Metabolites are Associated with Increased Waist Circumference and Insulin Resistance in Adult U.S. Males. *Environmental Health Perspectives* 115: S. 876–882.
14. S. Janssen (2005). Brominated Flame Retardants: Rising Levels of Concern. Verfügbar unter: [cleanproduction.org/library/HCWVHBF%20Report.pdf](http://cleanproduction.org/library/HCWVHBF%20Report.pdf).
15. ECA Report No. 24 (2005). Harmonisation of in-door material emissions labelling systems in the EU. European Collaborative Action on Urban Air, Indoor Environment and Human Exposure.
16. H. Järnström, K. Saarela, P. Kalliokoski & A.L. Pasanen (2008). Comparison of VOC and ammonia emissions from individual PVC materials, adhesives and from complete structures. *Environment International* 34(3): S. 420–427.
17. S. Barnes (1998). Life-Cycle Benefits of Flooring Surfaces in Health Care – Our Methodology was All Wrong? Verfügbar unter: [www.spflooring.com/SiteResources/data/files/Suzanne%20Barnes%20Study.pdf](http://www.spflooring.com/SiteResources/data/files/Suzanne%20Barnes%20Study.pdf).
18. H. Moussatche & J. Languell (2001). Flooring materials – life-cycle costing for educational facilities. *Facilities* 19(10):333–343.
19. Business Wire (2011). Research and Markets: Polyvinyl Chloride (PVC) Global Supply Dynamics to 2020 - China Emerges as the Leader in Global Production. Verfügbar unter: [www.businesswire.com/news/home/20110110006117/en/Research-Markets-Polyvinyl-Chloride-PVC-Global-Supply](http://www.businesswire.com/news/home/20110110006117/en/Research-Markets-Polyvinyl-Chloride-PVC-Global-Supply).
20. J. Thornton (2002). Environmental Impact of Polyvinyl Chloride Building Materials. Verfügbar unter: [www.healthybuilding.net/pvc/Thornton\\_Enviro\\_Impacts\\_of\\_PVC.pdf](http://www.healthybuilding.net/pvc/Thornton_Enviro_Impacts_of_PVC.pdf). Healthy Building Network, Washington, D.C.
21. L. Reade (2010). Chlorine shifts from mercury to membrane. 3. September 2010. Verfügbar unter: [www.icis.com/Articles/2010/09/06/9390781/chlorine-shifts-from-mercury-to-membrane.html](http://www.icis.com/Articles/2010/09/06/9390781/chlorine-shifts-from-mercury-to-membrane.html).
22. M.E. Callapez (2006). The USA and the EU: two perspectives on phthalates. In: *The Global and the Local: The History of Science and the Cultural Integration of Europe*. Proceedings of the 2nd ICESHS (Krakau, Polen, 2006) (Hrsg.: M. Kokowski). Verfügbar unter: [http://www.iceshs.cyfronet.pl/2ICESHS\\_Proceedings/Chapter\\_30/R-Varia\\_III\\_Callapez.pdf](http://www.iceshs.cyfronet.pl/2ICESHS_Proceedings/Chapter_30/R-Varia_III_Callapez.pdf).
23. Green Building Council of Australia (2010). Literature Review and Best Practice Guidelines for the Life Cycle of PVC Building Products. Verfügbar unter: [www.gbca.org.au/uploads/156/2716/Literature%20Review%20and%20Best%20Practice%20Guidelines%20for%20the%20Life%20Cycle%20of%20PVC%20Building%20Products%20For%20Web.pdf](http://www.gbca.org.au/uploads/156/2716/Literature%20Review%20and%20Best%20Practice%20Guidelines%20for%20the%20Life%20Cycle%20of%20PVC%20Building%20Products%20For%20Web.pdf).
24. B. Thorpe (2009). PVC plastic or Vinyl - an 'environmental poison'. Clean Production Action. Verfügbar unter: [www.cleanproduction.org/library/web\\_PVC\\_problems.pdf](http://www.cleanproduction.org/library/web_PVC_problems.pdf).
25. N.Y. Hsu, C.C. Lee, J.Y. Wang, Y.C. Li, H.W. Chang, C.Y. Chen et al. (2012). Predicted risk of childhood allergy, asthma, and reported symptoms using measured phthalate exposure in dust and urine. *Indoor Air* 22(3): S. 186–199.

26. A. Prevodnik, D. Gunnarsson, Y. Grudd (2011). Home sweet home? Dusty surprises under the bed. ChemSec and the Swedish Society for Nature Conservation. Verfügbar unter: [www.chemsec.org/images/stories/2011/chemsec/home\\_sweet\\_home\\_lowres.pdf](http://www.chemsec.org/images/stories/2011/chemsec/home_sweet_home_lowres.pdf).
27. G. Zwiener und F.M. Lange (2011). Gebäude-Schadstoffe und Gesunde Innenraumluft, Erich Schmidt Verlag Berlin.
28. European Council for Plasticisers and Intermediates (2012). Sustainability. Verfügbar unter: [www.plasticisers.org/sustainability](http://www.plasticisers.org/sustainability).
29. Vinyl2010 (2011). Reporting on the activities of the year and summarising the key milestones of the past 10 years. Verfügbar unter: [www.vinyl2010.org/images/progress\\_report/2011/vinyl2010\\_progress\\_report\\_2011\\_final.pdf](http://www.vinyl2010.org/images/progress_report/2011/vinyl2010_progress_report_2011_final.pdf).
30. J. Scheirs (2003). End-of-life Environmental Issues with PVC in Australia. Australian Government, Department of Environment, Water, Heritage and the Arts. Verfügbar unter: [www.environment.gov.au/settlements/publications/waste/pvc/index.html](http://www.environment.gov.au/settlements/publications/waste/pvc/index.html).
31. T. Lent (Hrsg.) (2003). Toxic Data Bias and the Challenges of Using LCA in the Design Community. Proceedings of GreenBuild Conference 2003, Pittsburgh, Pennsylvania. Verfügbar unter: [www.healthybuilding.net/pvc/Toxic\\_Data\\_Bias\\_2003.html](http://www.healthybuilding.net/pvc/Toxic_Data_Bias_2003.html).
32. NIST (U.S. National Institute of Standards and Technology) (2012). BEES (Building for Environmental and Economic Sustainability). Verfügbar unter: [www.nist.gov/el/economics/BEESSoftware.cfm](http://www.nist.gov/el/economics/BEESSoftware.cfm).
33. K.A. Braun, M.R. Holland, R.A. Boyd, S. Thresh, H. Jones & S.M. Ogilvie (2000). PVC waste management. Verfügbar unter: [ec.europa.eu/environment/waste/studies/pvc/economic\\_eval.pdf](http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pvc/economic_eval.pdf).
34. European Commission (2012). Buying green! A handbook on environmental public procurement. Verfügbar unter: [ec.europa.eu/environment/gpp/pdf/buying\\_green\\_handbook\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/environment/gpp/pdf/buying_green_handbook_en.pdf).

35. M. Hoffmann: Linoleum - wie reizend! Sanierungen großer Linoleumflächen zur Reduktion von Raumluftbelastungen. 8. AGÖF Fachkongress 2007. S. 228-33.
36. M. Gorrée , J.B. Guinée, G. Huppés & L. van Oers (2000). Environmental Life Cycle Assessment of Linoleum. Universiteit Leiden, NL. Verfügbar unter: [www.leidenuniv.nl/cml/ssp/publications/lcalino-leum.pdf](http://www.leidenuniv.nl/cml/ssp/publications/lcalino-leum.pdf).
37. IRK-Richtwerte: <http://www.umweltbundesamt.de/gesundheits/publikationen/ad-hoc/Styrol.pdf>.
38. nora systems GmbH (2012). Environmental Product Declaration according to ISO 14025 - noraplan 913 rubber floor covering. Verfügbar unter: [www.nora.com](http://www.nora.com).
39. C. Däumling (2012). Belastung der Raumluft durch Baustoffe? Gütezeichen, rechtliche Regelungen und europäische Perspektiven. Fachkongress Instrumente für Nachhaltiges Bauen in Europa, Berlin 21.06.2012.
40. nora systems GmbH (2012). Recycling of nora rubber floorcoverings. Verfügbar unter: [www.nora.com](http://www.nora.com).
41. natureplus (2010). Award Guideline RL1201 Linoleum Floor Coverings. Verfügbar unter: [www.natureplus.org/uploads/tx\\_usernatureplus/RL1201\\_en.pdf](http://www.natureplus.org/uploads/tx_usernatureplus/RL1201_en.pdf).
42. RAL (2011). Elastische Fußbodenbeläge RAL-UZ 120 - Vergabegrundlage für Umweltzeichen. Verfügbar unter: [www.blauer-engel.de](http://www.blauer-engel.de).

#### **Bildinformationen:**

- S. 6 und S. 16** Ev. Diakonissenkrankenhaus Leipzig  
Boden: noraplan mega
- S. 9** Medizinisches Versorgungszentrum, Finnland.  
Boden: Upofloor Oy, LifeLine CS
- S. 11 und Seite 30** Akershus Universitätskrankenhaus, Oslo, Norwegen. Boden: Artigo Granito
- S. 12/13 und S. 21** Bronovo-Krankenhaus, Den Haag, Niederlande. Boden: noraplan signa
- S. 22** Paracelsus-Wiehengebirgsklinik Bad Essen, Deutschland, und Krankenhaus in Helsinki, Finnland.  
Boden: Upofloor Oy, LifeLine CS
- S. 15 und 24** Universitätsklinikum Antwerpen, Belgien. Boden: norament lago
- S. 28** Universitäts-Kinderspital Basel, Schweiz.  
Boden: noraplan mega
- S. 34** Clinique Pasteur, Toulouse, Frankreich.  
Boden: nora- plan signa





## Informationen über Health Care Without Harm

Health Care Without Harm (HCWH) ist ein internationales Bündnis mit mehr als 500 Mitgliedern in 53 Ländern, das sich dafür einsetzt, das Gesundheitswesen ökologisch nachhaltig zu verändern, um so Gefährdungen der menschlichen Gesundheit und der Umwelt auszuschließen.

Die Organisation arbeitet mit Ärzten, Krankenpflegepersonal, Krankenhäusern, Gesundheitssystemen, Berufsverbänden, Nichtregierungsorganisationen, Regierungen und internationalen Organisationen zusammen, um die Entwicklung und Implementierung sicherer sowie umwelt- und gesundheitsfreundlicher Praktiken, Prozesse und Produkte im Gesundheitssektor zu fördern. HCWH verfügt über Büros in Europa, den USA, in Lateinamerika sowie in Südostasien und arbeitet in Afrika, Australien und Südasien mit strategischen Partnern zusammen.

### HCWH EUROPE

Rue de la Pépinière 1 · B1000 Brüssel, Belgien

Tel: +32 2503 0481 · Tel: +49 6222 7693 202

Fax: +32 2402 3023 · E-Mail: [europe@hcwh.org](mailto:europe@hcwh.org)

[www.noharm.org/europe](http://www.noharm.org/europe) · [www.greenhospitals.net](http://www.greenhospitals.net)

[www.mercuryfreehealthcare.org](http://www.mercuryfreehealthcare.org) · [www.cleanmedeurope.org](http://www.cleanmedeurope.org)

**Twitter:** <http://twitter.com/#!/HCWHeurope>

**Blog:** <http://hcweurope.wordpress.com/>

