



Analyse und Bewertung
von Stoffströmen
der Chemie in der
Industriegesellschaft

Textile Bodenbeläge



Gemeinschaftsausschuss von
DECHEMA und GDCh
unter Mitarbeit von GUT und TFI



Vorwort

In unserer modernen Industriegesellschaft sind viele Stoffströme, die bei der Herstellung von Waren und entlang ihres weiteren Lebensweges entstehen, eng mit „chemischen“ Produkten verbunden. Eine Betrachtung und Bewertung aus der Sicht des Umwelt- und Gesundheitsschutzes erscheint deshalb sinnvoll und notwendig. Insbesondere, wenn die „chemischen Stoffe“ auch zum Endverbraucher gelangen und seine zentralen Lebensbereiche berühren, ist eine Untersuchung angebracht.

Dieser Aufgabe haben sich die Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V. (DECHEMA) und die Gesellschaft Deutscher Chemiker e.V. (GDCh) angenommen. Als Modellvorhaben diente die Teppichbranche, da der textile Bodenbelag wegen seiner großflächigen Anwendung eine hohe Bedeutung für den Wohn- und Arbeitsbereich des Menschen hat. Zudem konnte auf umfangreiches Datenmaterial zurückgegriffen werden. Basis der Untersuchung sind Daten aus dem Jahre 1995.

Unter Mitarbeit der Gemeinschaft umweltfreundlicher Teppichboden e.V. (GUT) und des Deutschen Teppich-Forschungsinstitutes e.V. (TFI) ist eine komplexe Analyse entstanden. Die Untersuchung umfasst alle Stoffströme, die von der Herstellung über die Nutzung bis hin zur Entsorgung des textilen Bodenbelags eine Rolle spielen. Auch die gesundheitliche Auswirkung von Stoffen während der Gebrauchsphase fließt in die Betrachtung ein.

Der folgende Kurzbericht fasst die Ergebnisse der Studie zusammen. Die Zusammenfassung sowie eine ausführliche Darstellung der Analyse können als PDF-Dateien von der beiliegenden CD-ROM herunter geladen werden.

Vollständiger
Bericht als
PDF-Datei
auf Mini-Disk

Sollte
die Mini-CD mit
dem vollständigen
Bericht nicht mehr
vorhanden sein,
so können Sie entweder
telefonisch unter der Rufnummer
0241-96843 400 oder per e-
mail: mail@gut-ev.de
eine Ersatz-CD anfordern

Die Herstellung von Gütern ist ohne den Einsatz und Verbrauch von Rohstoffen und Energie nicht möglich. Produktionsprozesse sind deshalb immer mit Stoffflüssen verbunden: Stoffe werden aus der Natur entnommen und nach der Umwandlung im Herstellungsvorgang als fertiges Produkt und als Reststoffe wieder an die Natur abgegeben. Die Entnahme von Stoffen aus der Natur, deren Verarbeitung sowie die Nutzung der daraus hergestellten Produkte und Leistungen und die Beseitigung der unvermeidlich entstehenden Reststoffe wirken sich in unterschiedlicher Weise auf Mensch und Umwelt aus.

Um die Stoffströme bei der Herstellung von Teppichböden in Westeuropa möglichst realistisch abzubilden, wurden für die verschiedenen Teppicharten „Standardrezepturen“ entwickelt, die einem modellhaften, praxisnahen Fertigungsprozess in einer virtuellen Teppichbodenfabrik zugeordnet wurden.

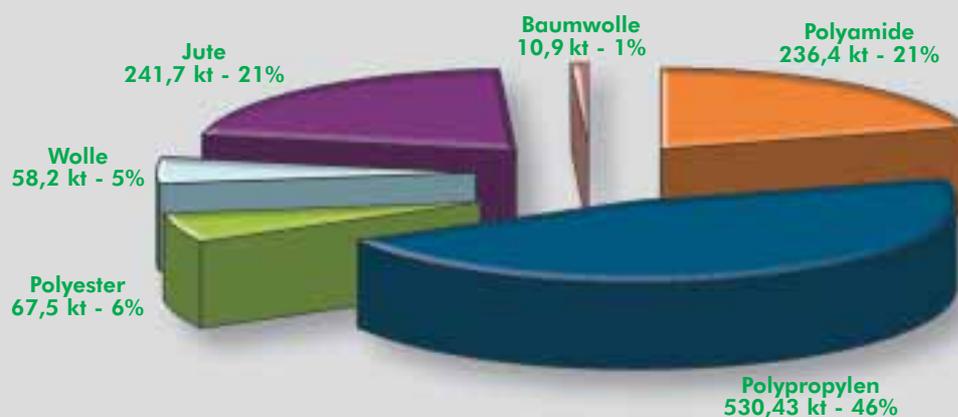
Die Standardisierung der Produktionsprozesse und Produkte erlaubt es, Stoffströme aufgrund sich verändernden Produktionsmengen oder Produktionsprozessen schnell und einfach zu ermitteln. Darüber hinaus kann durch das gewählte Modell eine einfache länder- bzw. marktspezifische Berechnung der Stoffströme erfolgen.

Teppichböden unterscheiden sich zum einen in den Herstellungsverfahren, zum anderen in der Materialzusammensetzung. So kann die Nutzschicht, der so genannte Flor oder Pol, aus synthetischen oder natürlichen Materialien bestehen. Die zur Herstellung eingesetzten Fasermaterialien stellen den größten Teil der Stoffströme dar. Bezogen auf die Produktion des Jahres 1995 waren dies 1,14 Mio Tonnen oder 63% des gesamten Stoffstromes.

Die meisten Teppichböden werden aus synthetischen Fasern hergestellt. Besonders häufig finden sich Polyamide, Polypropylen und Polyester. Teppichböden aus Naturfasern bestehen meist aus Wolle. Jute findet man nicht in der Polschicht sondern häufig als Rückengewebe. Pflanzliche Fasern wie Kokos, Sisal und Baumwolle spielen eher eine untergeordnete Rolle.

Fasermaterialien für die Nutzschicht

Faserverbrauch in der Teppichindustrie in [kt/a] bezogen auf 1995

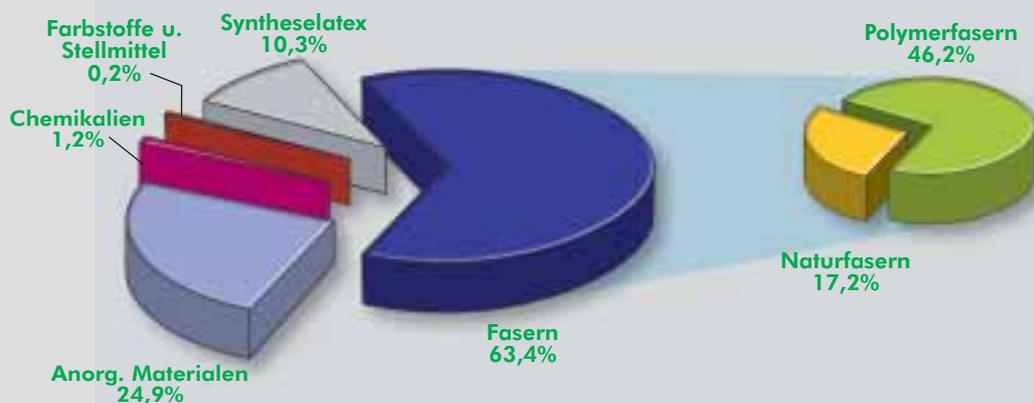


Fasern:
1,14 Mio Tonnen;
63% des gesamten
Stoffstromes

Bei der Produktion hat vor allem das „Tufting-Verfahren“ Bedeutung. Eine Tufting-Maschine ähnelt einer überdimensionalen Nähmaschine. Mit Hilfe zahlreicher Nadeln stickt die Maschine das Teppichgarn in ein Trägermaterial aus Gewebe oder Vlies. Dabei werden die Fasern von Greifern festgehalten und zu losen Schlingen geformt. Damit das Teppichgarn gut im Trägermaterial haftet, wird es meist mit Syntheselatex vorgestrichen. Ein zusätzlicher Textil- oder Schaumrücken macht den Bodenbelag noch stabiler und erst gebrauchsfähig.

Syntheselatex:
186.100 Tonnen;
10,3 % des gesamten
Stoffstromes

Stoffströme bei der Herstellung von Teppichböden in Westeuropa 1995



Chemikalien:
22.000 Tonnen
1,2% des gesamten
Stoffstromes

Im Gegensatz zum Untersuchungszeitraum sind heute mehr als 90 % aller Teppichböden mit einem Textilrücken ausgestattet. Vor allem synthetische Gewebe oder Vliese, aber auch Jute kommen zum Einsatz. Teppichböden mit Textilrücken lassen sich im Gegensatz zu schaumbeschichteter Ware auch verspannen oder verkletten, so dass ein Verlegen ohne Klebstoff möglich ist.

Zusätzlich zu Faser-, Träger- und Beschichtungsmaterialien werden weitere Stoffe bei der Herstellung von Teppichböden verwendet. Chemikalien, z.B. für die schmutzabweisende Ausrüstung sowie für die Farbgebung, stehen dabei im Vordergrund. Einen Überblick über die wesentlichen Stoffströme geben die nachfolgende Tabelle und Abbildung.

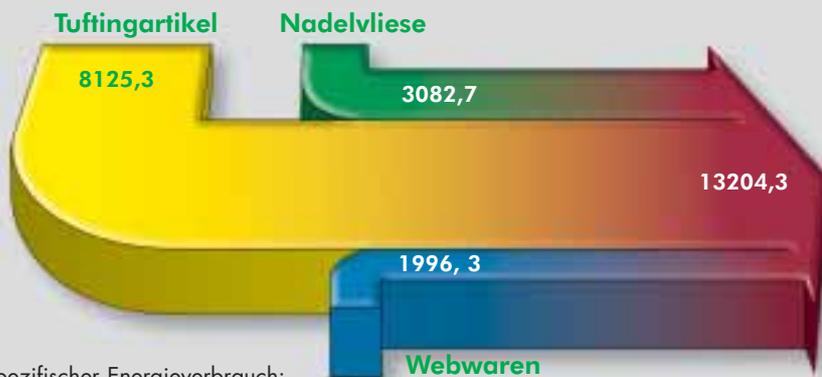
Rohstoff	Verbrauch [t/a]	Anteil [%]
Polymere Materialien	1.020.400	56,5
davon: Fasern	834.300	
Syntheselatex (SBR)	186.100	
Naturfasern	310.800	17,2
Anorganische Materialien	450.400	24,9
(haupts, Kreide)		
Chemikalien	22.300	1,2
Vulkanisationspasten		
Flammschutzmittel		
Weichmacher		
Stabilisatoren		
Emulgatoren und Ähnliches		
Farbstoffe	3.340	0,2
(incl. der Stellmittelanteil von 50%)		
Rohstoffe gesamt	1.807.240	100

Energieverbrauch

Alle Herstellungsverfahren benötigen Wärme- und elektrische Energie. Der Gesamtenergieverbrauch der europäischen Teppichindustrie – ohne vor- und nachgeschaltete Bereiche – beträgt 13.200 Tera-Joule (1 TJ = 10¹² J). Da etwa ein Drittel der produzierten Menge in Deutschland verbraucht wird, kann man den bundesdeutschen Anteil mit ca. 4.300 TJ ansetzen. Dies entspricht etwa 0,16 % der in deutschen Haushalten verbrauchten Primärenergie.

(Anm.: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung gibt den Energieverbrauch für 1995 in deutschen Haushalten mit 2653 PJ an.)

Energieverbrauch bei der Herstellung textiler Bodenbeläge



Spezifischer Energieverbrauch:
 Tuftingartikel : 11,8 MJ/m²
 Nadelvliese : 12,6 MJ/m²
 Webwaren : 17,2 MJ/m²
 Gesamtdurchschnittlicher Energieverbrauch: 12,6 MJ/m²

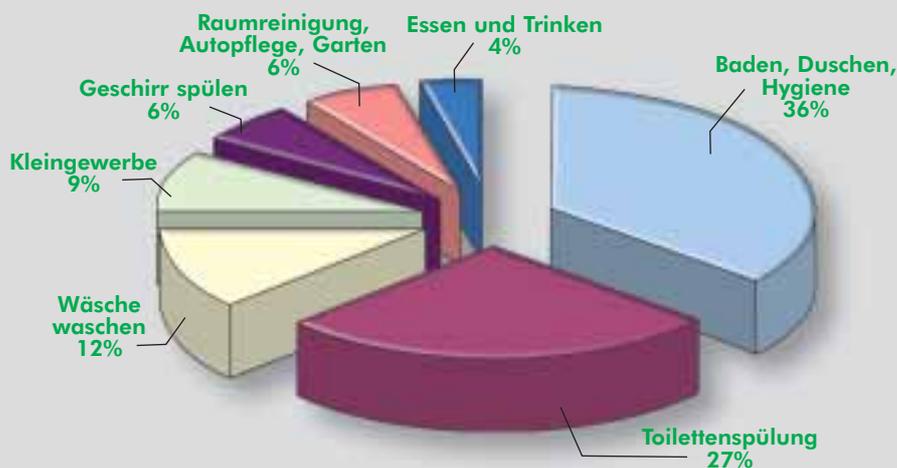
Herstellung
 textiler
 Bodenbeläge:
 0,16% des
 Primärenergie-
 verbrauchs
 dt. Haushalte

Der Wasserverbrauch bei der Herstellung von Teppichböden beschränkt sich im Wesentlichen auf die Produktionsschritte des Färbens und des Beschichtens. Insgesamt verbraucht die europäische Teppichindustrie ca. 15,9 Mio. m³ Wasser im Jahr; davon entfallen allein 15,6 Mio. m³ auf die Farbgebungsverfahren. Bezogen auf die in Deutschland verbrauchten Bodenbeläge errechnet sich somit ein Wasserverbrauch von 5,3 Mio. m³ pro Jahr.

(Anm.:1995 wurden in deutschen Haushalten 4 Mrd. m³ Trinkwasser verbraucht, dies sind pro Person 134 l pro Tag. Die deutsche Industrie hat im gleichen Zeitraum insgesamt 10 Mrd. m³ verbraucht. (Quelle: Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung (1998))

Wasser-
 verbrauch

Trinkwasser-Verbrauch 2000



Farbgebung:
 0,05 % des
 industriellen
 Wasserverbrauchs
 und 0,13 % des
 Trinkwasserverbrauchs
 in Deutschland

Bei der Herstellung von Teppichböden fielen 1995 in Westeuropa 13.224,6 Mio. Liter Abwasser an, die im Wesentlichen aus Färbeprozessen stammen. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Produktionsabwässer in aller Regel in einer nachgeschalteten kommunalen Kläranlage einer mechanisch-biologischen Reinigung unterzogen werden. Der dabei durch biologischen Abbau und Klärschlammabtrennung erzielte Reinigungseffekt muss in die Stoffflussbetrachtung mit einbezogen werden.

Abwasser

Abfälle und Produktionsreststoffe

Abfallaufkommen in der Teppichindustrie (EU 1995): 150.000 Tonnen

Entsorgung von Altteppichböden und textilen Reststoffen

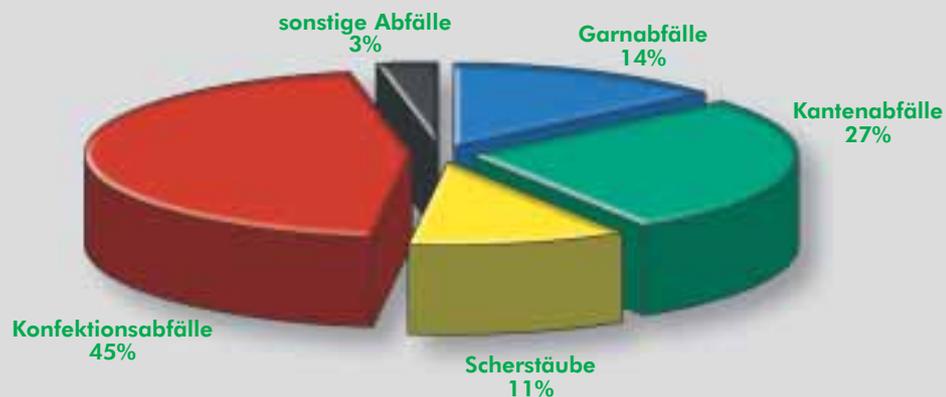
Mangels einheitlicher, spezifischer Betriebsdaten wurde ein auf realen Daten basierendes Berechnungsschema für eine virtuelle Teppichfabrik aufgestellt, um den Eintrag von Farbstoffen und Stellmitteln in den Vorfluter abzuschätzen. Ausgehend von einer 50 %-igen Elimination der Farbstoffbelastung in der Kläranlage und einem Verdünnungsfaktor von 10 errechnen sich unter den Modellannahmen Konzentrationen im Vorfluter von 0,04 mg/l Farbkörper und etwa 2 mg/l Stellmittel.

Da für die Farbgebung der größte Verbrauch an Wasser und Energie zu verzeichnen ist, arbeiten Teppich-, Farbstoff- und Faserhersteller eng zusammen, um eine Farbgebung bei sparsamen Chemikalieneinsatz und geringem Ressourcenverbrauch zu erreichen.

Der Ressourcenverbrauch der Branche an Wasser und Primärenergie liegt somit deutlich unter 1 % der Jahresverbrauchszahlen in den bundesdeutschen Haushalten.

Bei der Herstellung von Teppichböden fallen sowohl Abfälle in Form von festen Produktionsreststoffen als auch Produktionsabwässer und produktionsbedingte Emissionen in die Luft an.

Prozentuale Verteilung der textilen Abfälle



Die bei der Teppichherstellung anfallenden Produktionsreststoffe lassen sich in die Abfallarten Farbpasten, Latexschlämme, Garnabfälle, Scherstäube, Schnittkantenabfälle, Konfektionsabfälle, Nahtstreifen, Ausschussware und sonstige Abfälle aufteilen. Der Anteil der Abfälle ist mit 8 – 10 %, bezogen auf die Produktionsmenge, relativ gering. 1995 betrug die Abfallmenge in den Produktionsbetrieben Westeuropas insgesamt 150.000 t.

Eine Aufteilung der textilen Abfälle bezogen auf die Gesamtmenge ergibt rund 14 % Garnabfälle, 27 % Kantenabfälle, 11 % Scherstäube, 45 % Konfektionsabfälle sowie 2 % sonstige textile Abfälle. Während die textilen Reststoffe weitestgehend wie Altteppichböden verwertet werden, sind die in geringen Mengen anfallenden Farbpasten normalerweise bei den überwachungsbedürftigen Abfällen einzuordnen. Latexreste aus der Beschichtung lassen sich entweder wieder in der Produktion einsetzen oder nach Ausflockung als Feststoff entsorgen.

In Westeuropa fallen jährlich ca. 1 Mio. Tonnen Altteppichböden an. In Deutschland sind es rund 400.000 Tonnen. Der überwiegende Teil wird heute zusammen mit dem Hausmüll und hausmüllartigem Gewerbemüll auf Deponien oder in Hausmüllverbrennungsanlagen entsorgt. Um textile Bodenbeläge ökologisch verträglich und ressourcenschonend zu verwerten, hat die Teppichindustrie in einem von der EU mitfinanziertem Forschungsvorhaben (RECAM) Verwertungsmöglichkeiten für

Alteppiche und den darin enthaltenen Materialien erarbeitet. Das Ziel war es, einen möglichst großen Anteil der im Teppichboden enthaltenen Rohstoffe zurück zu gewinnen. So können etwa die Chemiefaseranteile auf Polyamid-6-Basis durch Depolymerisation wieder in reines Monomer verwandelt werden, aus dem nach erneuter Polymerisation Fasern hergestellt werden.

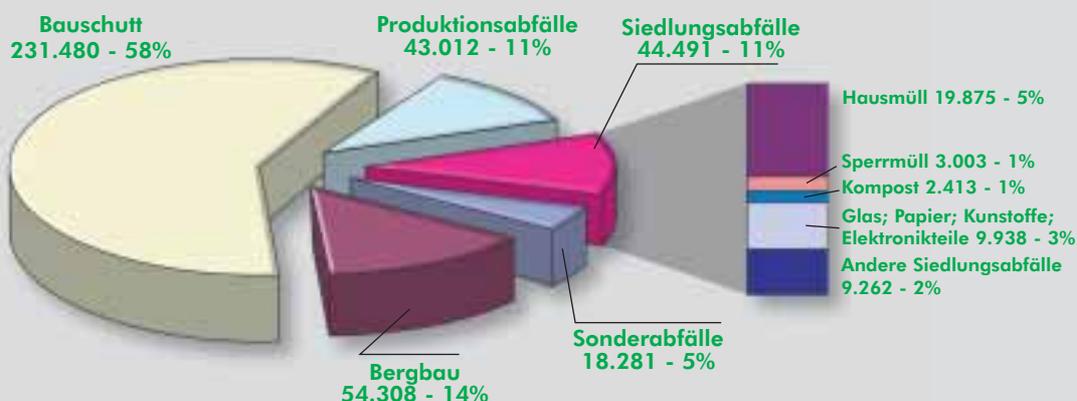
In einem europaweit einmaligen Pilotprojekt wurden darüber hinaus die technischen und wirtschaftlichen Basisdaten für die Einführung eines umfassenden Recyclingsystems erarbeitet.

Da textile Bodenbeläge nur 0,9 % des gesamten Hausmüllaufkommens ausmachen, kann ein solches System, obwohl ökologisch sinnvoll, nur dann umgesetzt werden, wenn es als Teil eines komplexeren Recyclingsystems verstanden wird. Die Mitwirkung aller Marktteilnehmer, vom Endverbraucher über Entsorgungswirtschaft, Handel und Hersteller, bis hin zum Gesetzgeber ist bei der Umsetzung unerlässlich.

Alteppichböden:
400.000 Tonnen;
0,1 % des
Abfallaufkommens
in Deutschland und
0,9 % des Hausmülls
oder
13 % des Sperrmülls

Verteilung des Abfallaufkommens in der BRD für das Jahr 1996 (in 1000 t und %)

Gesamt : 391,4 Mio Tonnen



Produktionsbedingte Emissionen stammen vor allem aus Beschichtungsanlagen. Die an die Luft abgegebenen Einzelstoffe werden als Summe der identifizierten flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) zusammengefasst. Die pro Beschichtungsanlage durchschnittlich emittierte Menge wurde anhand von Einzelbestimmungen mit 2,3 kg/h und Anlage ermittelt.

Bezogen auf das Produktionsvolumen beschichteter Teppichböden ergeben sich somit Gesamtemissionen von 655 Tonnen VOC in 1995. Bezogen auf die in Deutschland verbrauchte Menge Teppichboden sind dies 218 Tonnen oder 0,16 % der in Deutschland durch Industrieprozesse verursachten NMVOC-Emissionen (129 kt in 1995; Quelle: UBA Umweltdaten Deutschland). Neben der Betrachtung der VOC-Emissionen wurden auch für die wichtigsten Einzelkomponenten - wie etwa Styrol - Berechnungen durchgeführt. Diese Ergebnisse sind im Bericht ausführlich beschrieben.

Sowohl menschliche Aktivitäten als auch Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen aus Baumaterialien und Einrichtungsgegenständen führen zu einer Belastung der Innenraumluft. Auch die Nutzungsphase von textilen Bodenbelägen ist von Emissionen begleitet. Dabei stammen die Ausdünstungen vor allem aus Fixier- und Klebstoffen, die beim Verlegen benötigt werden. Seit 1997 sind deshalb sehr emissionsarme Klebstoffe, sogenannte EC1-Kleber, verfügbar und bereits seit 1990 emissionsüberwachte textile Bodenbeläge.

Abluft

NMVOC Emissionen:
0,16 % der durch
Industrieprozesse
verursachten
Emissionen

Emissionen in die Raumluft

Schlusswort

Insgesamt sollte die Konzentration aller flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC-Wert) in Innenräumen im langzeitigen Durchschnitt höchstens 200 bis 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ erreichen. Anhand des umfangreichen Datenmaterials aus Prüfkammeruntersuchungen konnte gezeigt werden, dass das Emissionspotential textiler Bodenbeläge deutlich unter diesen Werten liegt. Sowohl Einzelbetrachtungen emittierter Verbindungen mittels einer Abschätzung über RW I- Werte als auch über LCI-Werte zeigte, dass diese toxikologisch ableitbaren Richtwerte deutlich unterschritten werden.

Für die Produktion eines modernen textilen Bodenbelags finden Polgarne, Träger und Kaschiergewebe aus Chemiefasern, Polymerdispersionen zur Rückenbeschichtung sowie Textil- und Ausrüstungshilfsmittel Verwendung. Um eine möglichst lückenlose Erfassung der zum Einsatz kommenden Stoffe zu gewährleisten, ist es notwendig, die Produktionsprozesse systematisch zurück zu verfolgen und in Einzelschritte zu zerlegen. Der Ausgangspunkt dabei ist der fertige in vielfältiger Weise vorliegende textile Bodenbelag. Zur Erfassung der beteiligten Stoffströme werden die textilen Bodenbeläge in verschiedene Gruppen unterteilt, die die verschiedenen Herstellungsverfahren reflektieren. Eine solche Einteilung ist notwendig, da in Abhängigkeit vom Herstellungsverfahren auch differenzierte Stoffströme zu betrachten sind. Die konsequente Weiterführung dieser Aufteilung erlaubt auch Einzelstoffe zu benennen, die in Teppichböden einfließen und andererseits Stoffe mengenmäßig weitgehend zu erfassen.

Insgesamt werden in diesem Bericht alle Stoffmengen und -flüsse betrachtet, die in die Teppichproduktion (Rohstoffe, Energie, etc.) eingehen bzw. von dieser initiiert werden, einschließlich der Einträge in Luft und Wasser und des Abfalls. Darüber hinaus wird der Versuch unternommen, eine Aussage für die Nutzungsphase zu machen und im Hinblick auf die Innenraumluftbelastung zu bewerten.

Da die zur Verfügung gestellten Daten alle marktführenden Teppichproduzenten umfassen, gilt die Aussage dieser Studie für die Produktion textiler Bodenbeläge für Westeuropa allgemein. Um den Stellenwert der Studie des Gemeinschaftsausschusses richtig einordnen zu können, bedarf es folgender wichtiger Hinweise:

Alle Daten der Stoffflussanalyse wurden von TFI/GUT zur Verfügung gestellt. Die damit verfügbare Übersicht und die Detailkenntnisse waren eine unerlässliche Voraussetzung für die weitere Bearbeitung der Studie. Sie wäre deshalb nicht möglich gewesen ohne die hervorragende Zusammenarbeit mit GUT und TFI.

Die vorliegende Stoffflussanalyse hat Schwerpunkte aber auch Grenzen, die durch die Quantität und Qualität der verfügbaren Informationen gegeben sind, und die auch nicht durch die Kooperation mit den beteiligten Industriezweigen weiter aufgeklärt werden konnten. Dennoch liegt mit der vorliegenden Studie erstmals ein Bericht in dieser umfassenden Art vor, der sowohl zum Sachverhalt selbst als auch zur Methodik der Stoffflussanalyse einen wichtigen Beitrag zur weiteren Diskussion leisten kann. Hierzu ist es jedoch unerlässlich den gesamten Bericht zu lesen, da die komplexen Zusammenhänge nicht in einer wenige Seiten umfassenden Kurzfassung dargelegt werden können.

Adressen:



Schönebergstraße 2 - D-52068 Aachen
T: (0241)96 84 34 10 - F: (0241)96 84 34 00



Theodor-Heuss-Allee 25 - D-60486 Frankfurt am Main
T: (069)7564-0 - F: (069)7564-201



Varrentrappstr. 40-42 - D-60486 Frankfurt am Main



Charlottenburger Allee 41 - D-52068 Aachen
T: (0241)96 79-00 - F: (0241)96 79-200