

# Ökobilanzierung Holzfußböden



## Inhalt

<b>1 DER HINTEGRUND .....</b>	<b>3</b>
<b>2 ÖKOLOGISCHE BEWERTUNG.3</b>	
2.1 ÖKO-AUDIT UND ISO 14001 3	
2.2 ÖKOLABELS.....3	
2.3 ÖKOBILANZIERUNG .....	4
<b>3 DIE HOLZFUßBÖDEN .....</b>	<b>6</b>
<b>4 DAS PROJEKT.....</b>	<b>8</b>
<b>5 DIE ÖKOBILANZ.....</b>	<b>9</b>
5.1 ZIEL UND UNTERSUCHUNGS- RAHMEN .....	9
5.2 SACHBILANZ .....	10
5.3 WIRKUNGSABSCHÄTZUNG ...	15
5.4 WEITERE SZENARIEN .....	19
5.5 AUSWERTUNG .....	20
<b>6 FAZIT .....</b>	<b>21</b>
<b>7 ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>21</b>
<b>8 LITERATUR.....</b>	<b>22</b>
<b>9 GLOSSAR .....</b>	<b>23</b>

## Impressum

Herausgeber:  
Holzforschung München - HFM  
Technische Universität München  
Winzererstr. 45  
80797 München

Tel.: 089 - 2180 6420  
Fax: 089 - 2180 6429

[www.holz.forst.tu-muenchen.de](http://www.holz.forst.tu-muenchen.de)

2. überarbeitete Auflage, August 2002  
Copyright © 2002 Barbara Nebel

ISBN 3-89675-975-2

Printed in Germany  
Die Deutsche Bibliothek – CIP  
Einheitsaufnahme. Ein Titeldatensatz für  
diese Publikation ist bei der Deutschen  
Bibliothek erhältlich.

## Vorwort

Holz ist der wichtigste nachwachsende Bau- und Werkstoff, der in den Wäldern durch den Prozess der Photosynthese von der Natur produziert wird. Dabei wird das Treibhausgas Kohlendioxid gebunden und im Holz als Kohlenstoff gespeichert.

Nachhaltige Forstwirtschaft stellt den Rohstoff Holz in Form verschiedener Holzsortimente und verschiedener Holzarten zur Nutzung zur Verfügung, die ein breites Spektrum an unterschiedlichen Eigenschaften und speziellen technischen und optischen Qualitäten aufweisen.

Holzhandwerk und Holzindustrie wandeln den Naturstoff Holz in eine kaum überschaubare Palette von Holzprodukten um, vom Papier über dekorative Möbel und Ausstattungselemente bis hin zu intelligenten, ästhetischen Holzhäusern oder Bauelementen für grandiose Tragwerkskonstruktionen, wie etwa das Holzdach auf der Expo 2000 in Hannover.

Der Holzverwendung im Bereich Bauen und Wohnen kommt aus zwei Gründen eine besondere Bedeutung zu:

Erstens gehen in Deutschland mehr als zwei Drittel des genutzten Holzes in

diesen Bereich, zum Zweiten fordert der Verbraucher gerade dort hohe ökologische Qualität der Produkte ein.

So auch bei den Holzfußböden, die in den letzten Jahren wieder erheblich an Attraktivität für den umweltbewussten Bauherrn und Verbraucher gewonnen haben.

Heute reicht es jedoch nicht mehr, nur werbewirksam ökologische Qualität zu proklamieren, sondern die umweltrelevanten und wohngygienischen Vorzüge müssen neben den technischen Kriterien auch nachgewiesen werden. Diesem Ziel dient ein Forschungsvorhaben, das der vorliegenden Schrift zugrunde liegt. Die Autoren danken für die finanziellen Förderungen des Projekts durch die Arbeitsgemeinschaft Industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) über die Deutsche Gesellschaft für Holzforschung (DGfH), dem projektbegleitenden Ausschuss für wertvolle Anregungen und Diskussionen sowie allen beteiligten Firmen und Verbänden für die engagierte Mitarbeit und die Finanzierung dieser Informationsbroschüre.

Die Autoren, München im April 2002

Bearbeitung/Verfasser:

Nebel, B., Dipl.-Forstwirt  
Holzforschung München  
[nebel@holz.forst.tu-muenchen.de](mailto:nebel@holz.forst.tu-muenchen.de)

Wegener, G., Prof. Dr. Dr. habil, Dr.h.c.  
Holzforschung München  
[wegener@holz.forst.tu-muenchen.de](mailto:wegener@holz.forst.tu-muenchen.de)

Zimmer, B., Dr.  
Holztechnikum Kuchl  
[bernhard.zimmer@ht-kuchl.ac.at](mailto:bernhard.zimmer@ht-kuchl.ac.at)

Vertrieb:  
Herbert Utz Verlag GmbH, München  
Tel.: 089/277791-00  
Fax: 089/277791-01  
[utz@utzverlag.de](http://utz@utzverlag.de) – [www.utzverlag.de](http://www.utzverlag.de)

Bildnachweis:

HFM, München: Titelseite 1, 3 c, 4; S. 6 Abb. 8; S. 10, Rückseite 2a; Lopark, Niederzier: Titelseite 2; S. 20 re.; S.21; Rückseite 3b, 4; Jaso, Kippenheim: Titelseite 3a, 3d; S. 7; Rückseite 1, 2b; Dippel, Pressath: Titelseite 3b, S. 7 Abb. 7; S. 20 li.; Rückseite 3b; Plessmann, Uslar: S. 6 Abb. 3, 4, 5; Hamberger, Rosenheim: S. 6Abb. 6.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben – auch bei nur auszugsweiser Verwendung – vorbehalten.

# 1 Der Hintergrund

Der Trend zu ökologisch sinnvollen und unbedenklichen Produkten ist ungebrochen. Die ökologischen Aspekte verschiedener Produkte rücken immer mehr in das Bewusstsein der Bevölkerung. Sie beeinflussen neben dem Preis und der Qualität die Kaufentscheidung.

Eine Umfrage des Umweltbundesamtes zeigt, dass zwölf Prozent der Bevölkerung „sehr bereit“ und 59 Prozent „eher bereit“ sind, für umweltschonende Produkte höhere Preise zu bezahlen. Dabei verlassen sich immer weniger Kunden auf einfache Produktaufschriften, wie „umweltfreundlich“. Während auf dieses ungeschützte „Erkennungszeichen“ 1998 noch 47 % der Befragten vertrauten, waren es im Jahr 2000 nur noch 36 % (1).

Werbewirksam formulierte, aber nicht mit Zahlen belegte Argumente (z.B. nachwachsender Rohstoff), zeigen kaum noch Wirkung. Vielmehr werden Fakten verlangt, die die Umweltauswirkungen eines Produktes klar darstellen.

Die zunehmend auf Umweltprobleme sensibilisierte Bevölkerung wurde durch Schlagzeilen wie „Alarm im Wohnzimmer“ oder „Die schwarze Gefahr“ stark verunsichert (2,3). Es bedarf daher wissenschaftlich belegter Aussagen zu den ökologischen Aspekten von Holzfußböden, um die meist unbegründeten Bedenken der Bevölkerung wirksam auszuräumen. Ein geeignetes Werkzeug hierfür ist die Produkt-Ökobilanz.

Die bisher veröffentlichten Studien zur ökologischen Bilanzierung von Holzfußböden bzw. Fußbodenbelägen erfüllen nicht die methodischen Mindeststandards der ISO 14040 ff oder sie haben nur eine regional begrenzte Aussagekraft.

Ziel der vorliegenden Untersuchung „Ökobilanz Holzfußböden“ ist es daher, Sach-Ökobilanzen gemäß den internationalen Normen (DIN EN ISO 14040 –14043) für unterschiedliche Holzfußböden über deren gesamten Lebensweg zu erarbeiten (4).

# 2 Ökologische Bewertung

Für die ökologische Bewertung von Produkten, Produktionsprozessen und -standorten gibt es zahlreiche Ansätze. Abbildung 1 zeigt die bedeutendsten Methoden im Zusammenhang einer ganzheitlichen ökologieorientierten Produktpolitik.

Dabei haben die einzelnen Konzepte verschiedene Ziele. Oft führt erst eine kombinierte Anwendung zu dem Ziel, die Produkte und ihre Herstellung ökologisch zu charakterisieren und zu optimieren.

## 2.1 Öko-Audit und ISO 14001

Die Zertifizierung nach der EG-Verordnung „EMAS II Eco-Management and Audit Scheme“ (**EG-Öko-audit**) oder nach der weltweit gültigen Norm **ISO 14001** steht nicht im Zusammenhang konkreten Produkten (5,6). Sie befassen sich mit dem Management von Unternehmen.

Für beide Zertifikate müssen die Betriebe eine betriebsinterne Umweltpolitik festlegen, die unter anderem eine kontinuierliche Verbesserung der Umweltleistungen beinhaltet. Zusätzlich sind Einzelziele

für den Umweltschutz festzulegen. Absolute, definierte Zielerfordernungen an die Einflüsse auf die Umwelt werden nicht gefordert. So können zwei Betriebe, die das gleiche Produkt herstellen und nach ISO 14001 oder EG-Ökoaudit zertifiziert sind, erhebliche Unterschiede in ihren Auswirkungen auf die Umwelt zeigen.

Beide Verfahren unterscheiden sich in den folgenden Punkten: So ist die Zertifizierung nach dem EG-Ökoaudit an einen konkreten Standort gebunden. Unternehmen mit mehreren Produktionsstandorten müssen diese einzeln zertifizieren lassen. Weiterhin verlangt das EG-Ökoaudit eine veröffentlichte Umwelterklärung. Die ISO 14001 dagegen verlangt sie nicht zwingend.

## 2.2 Ökolabels

Zahlreiche private Institute und Einrichtungen vergeben Umweltzeichen und Zertifikate, sogenannte **Ökolabels**. Auch einzelne Branchen und zum Teil sogar Firmen haben ihre eigenen Ökolabels entwickelt.

Die Bewertungskriterien und Untersuchungsergebnisse werden häufig nicht im Detail veröffentlicht. Diese fehlende Transparenz erschwert die Beurteilung der Ergebnisse.

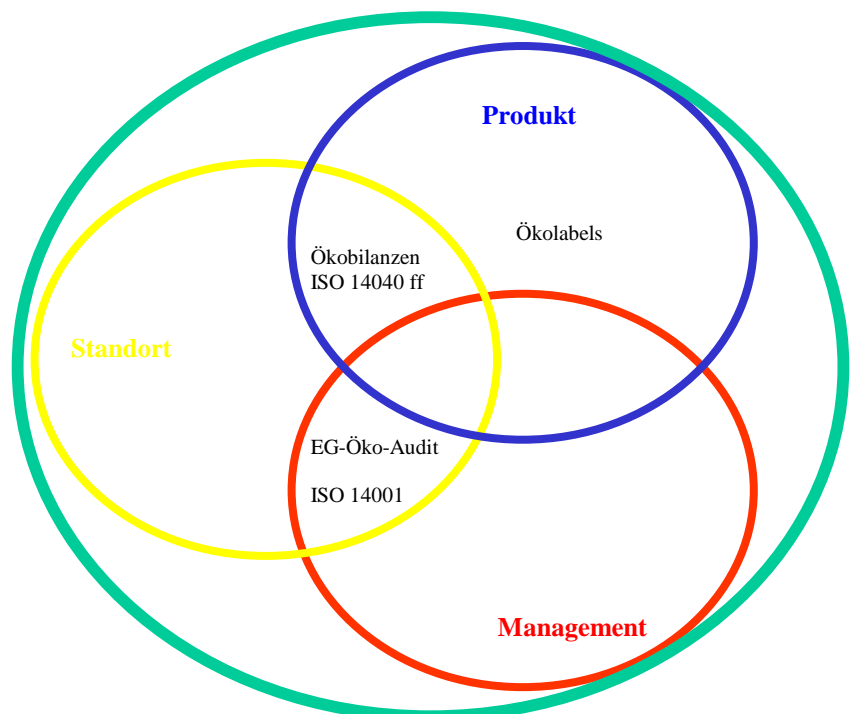


Abbildung 1: Methoden der ökologischen Bewertung für Standort, Produkt und Management

## 2.3 Ökobilanzierung

„Die Ökobilanz ist eine Methode zur Abschätzung der mit einem Produkt verbundenen Umweltaspekte und produktspezifischen potentiellen Umweltwirkungen“ (4a).

Im Gegensatz zu vielen Zertifikaten oder Umweltzeichen zeigt eine Ökobilanz die Umweltwirkungen über den Verlauf des gesamten Lebensweges eines Produktes auf - also „von der Wiege bis zur Bahre“ (4a).

### Normen zur produktbezogenen Ökobilanzierung

Die folgenden Normen legen die methodischen Mindestanforderungen an Ökobilanzen fest:

#### DIN EN ISO 14040:

Umweltmanagement - Ökobilanz - Prinzipien und allgemeine Anforderungen (1997-08) (4a)

#### DIN EN ISO 14041:

Umweltmanagement - Ökobilanz - Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens sowie Sachbilanz (1998-11) (4b)

#### DIN EN ISO 14042:

Umweltmanagement - Ökobilanz - Wirkungsabschätzung (2000-07) (4c)

#### DIN EN ISO 14043:

Umweltmanagement - Ökobilanz - Auswertung (2000-07) (4d)

Spezifische Methoden zur Vorgehensweise bei der Erstellung einer Produkt-ökobilanz werden jedoch nicht festgelegt. Innerhalb des vorgegebenen Rahmens müssen daher spezielle, auf die Problemstellung angepasste Methoden erarbeitet werden.

Eine Ökobilanz besteht aus den folgenden vier Hauptbestandteilen:

- Festlegung von Ziel und Untersuchungsrahmen
- Sachbilanz
- Wirkungsabschätzung
- Auswertung

Abbildung 2 zeigt diese Hauptbestandteile in ihrem Wirkungsgefüge.

### Ziel und Untersuchungsrahmen

Das Ziel der Untersuchung muss vor Beginn einer Ökobilanzierung festgelegt werden. Neben einer Schwachstellenanalyse, hinsichtlich der ökologischen Auswirkungen, können Ökobilanzen als Grundlage für eine umweltorientierte Marketingstrategie eingesetzt werden. Aber auch bei politischen Entscheidungsprozessen sind die Ergebnisse von Ökobilanzen von Bedeutung, betrachtet man beispielsweise die aktuelle Diskussion um Getränkeverpackungen oder die Herstellung von graphischen Papieren.

Die Definition der Systemgrenzen, die funktionelle Einheit sowie die Auswahl der betrachteten Wirkungskategorien sind wesentliche Bestandteile des Untersuchungsrahmens.

### Sachbilanz

Nachdem das Ziel und der Untersuchungsrahmen der Ökobilanz definiert sind, kann die Sachbilanz erstellt werden. Sie ist im wesentlichen die quantitative Erfassung von In- und Output-Strömen in Bezug auf das zu untersuchende Produktsystem. Eine Bewertung der Umweltwirkungen an Hand der gewonnenen Daten wird in der Sachbilanz nicht vorgenommen.

### Wirkungsabschätzung

Die Wirkungsabschätzung verknüpft die Ergebnisse der Sachbilanz mit Kenndaten aus der Umweltforschung. Daraus werden potentielle Umweltwirkungen des untersuchten Produktes berechnet. Die am häufigsten betrachteten Wirkungskategorien sind :

- Treibhauseffekt
- Versauerung
- Ozonabbau
- Eutrophierung
- Ozonbildung
- Primärenergieverbrauch

Das komplexe Zusammenspiel zwischen Ursache und Wirkung in den verschiedenen Wirkungskategorien ermöglicht im Rahmen einer Ökobilanz nur Aussagen zu potentiellen Umweltwirkungen. So könnten zum Beispiel in Zukunft weitere Substanzen identifiziert werden, die auf den Treibhauseffekt wirken. Es wird daher auch von der *Wirkungsabschätzung* gesprochen.

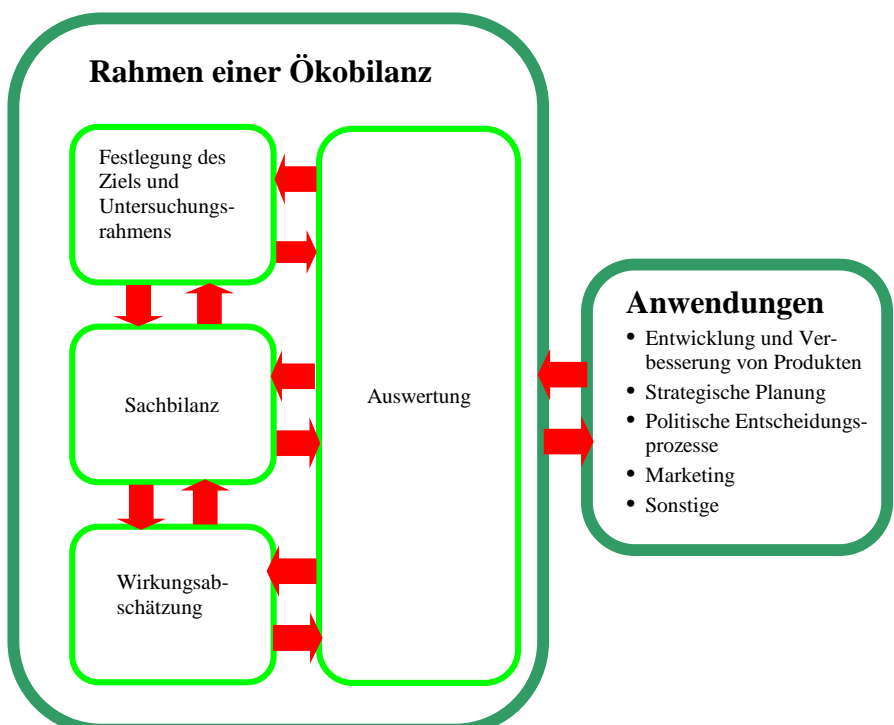


Abbildung 2: Bestandteile und Wirkungsgefüge einer Ökobilanz (nach ISO 14040)

### *Treibhauseffekt*

Der natürliche Treibhauseffekt ermöglicht das Leben auf der Erde. Von der Sonne fällt kurzwellige Strahlung durch die Atmosphäre auf die Erde und wird als Wärmeenergie wieder in das Weltall abgestrahlt. Durch den Treibhauseffekt, heizt sich die Troposphäre jedoch auf. Verschiedene Gase, in erster Linie Wasserdampf (H<sub>2</sub>O) und Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) absorbieren einen großen Teil der abgestrahlten Wärme. Die Durchschnittstemperatur auf der Erdoberfläche liegt somit bei ca. + 15 °C. Ohne Treibhauseffekt würde sie - 18 °C betragen.

Durch menschliche Aktivitäten steigen die Konzentrationen der natürlichen Treibhausgase und es gelangen zusätzliche Treibhausgase wie Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKWs) in die Atmosphäre, die den natürlichen Treibhauseffekt verstärken. Man spricht vom anthropogenen Treibhauseffekt. Mögliche Folgen eines Temperaturanstieges sind der Anstieg des Meeresspiegels durch das Abschmelzen von Eis auf dem Festland sowie eine Verschiebung von Niederschlagsverteilungen und Vegetationszonen (7).

### *Versauerung*

Niederschläge sind normalerweise die wichtigsten Reinigungsprozesse unserer Atmosphäre. Der „saure Regen“ stellt dagegen eine gravierende Umweltbelastung dar. Verantwortlich hierfür sind in erster Linie die Spurengase Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) und Stickoxide (NO<sub>x</sub>). Sie werden in großen Mengen bei Verbrennungsprozessen in der Industrie, in Kraftwerken, in Haushalten und im Verkehr ausgestoßen.

Neuartige Waldschäden, Bodenversauerung und Schäden an Gebäuden sind nur einige Folgen der Versauerung (7).

### *Ozonabbau*

In 15 – 50 km Höhe hat die Atmosphäre eine auffallend hohe Ozonkonzentration - die Ozonschicht. Sie schirmt die gefährliche ultraviolette Strahlung (UV) der Sonne ab und ist daher von wesentlicher Bedeutung für das Leben auf der Erde.

Das natürliche Ozonloch über der Antarktis vergrößert sich seit Anfang der 80 er Jahre stetig. Auch ein globaler Abbau der Ozonschicht wird in den letzten Jahren beobachtet. Verantwortlich für den Ozonabbau sind in erster Linie Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKWs) (7).

### *Eutrophierung*

Als Eutrophierung wird meist die Überdüngung von Gewässern bezeichnet, obwohl auch Ökosysteme auf dem Land betroffen sein können.

Verantwortlich sind hauptsächlich Einträge von Phosphor (P) und Stickstoff (N), unter anderem aus der Landwirtschaft (z.B. durch Mineraldünger, Jauche und Mist), Verbrennungsvorgängen (z.B. Stickoxide aus Kfz-Motoren) sowie aus Abfällen und Abwässern (z.B. Phosphate aus Waschmitteln).

Die Eutrophierung wirkt sich auf die Gewässer wie folgt aus: Durch ein vermehrtes Algenwachstum dringt weniger Sonnenlicht in tiefere Schichten vor. Die Photosyntheserate und damit die Sauerstoffproduktion nehmen ab. Gleichzeitig sinken abgestorbene Algen aus den oberen Schichten ab und werden unter Sauerstoffverbrauch abgebaut. Beide Prozesse bewirken, dass der Sauerstoffgehalt stark abnimmt und z.B. für höhere Tiere nicht mehr ausreicht: Es kommt zum Fischsterben (7).

### *Ozonbildung (Sommersmog)*

Ozon, das in der Stratosphäre wichtige Schutzfunktionen einnimmt, ist ein in bodennahen Schichten toxisch wirkendes Spurengas. Eine erhöhte Ozonkonzentration wirkt toxisch auf Flora und Fauna sowie die menschliche Gesundheit. Aber auch Materialien (z.B. Gummi, Farben) können geschädigt werden.

Gebildet wird das bodennahe Ozon unter dem Einfluss von Sonnenlicht durch photochemische Reaktionen von Stickoxiden mit Kohlenwasserstoffen und flüchtigen organischen Stoffen (VOCs). Eine bedeutende Quelle für VOCs sind zum Beispiel verschiedene Lösemittel (7).

### *Primärenergieverbrauch*

Zur Beurteilung des Energieverbrauchs bietet sich der Primärenergieverbrauch an. In der Natur vorkommende Energieträger (z.B. Steinkohle, Erdöl, Holz und Wind) können meist nicht direkt genutzt werden. Die Umwandlung in technisch nutzbare Sekundärenergieträger (z.B. Benzin, Diesel, Strom) ist mit "Energieverlusten" gekoppelt. Von der eingesetzten Primärenergie für die Stromerzeugung bleibt in Deutschland derzeit im Mittel nur rund ein Drittel der Primärenergie als Nutzenergie übrig.

Als Nutzenergie wird die vom Verbraucher benötigte Energie in Form von Wärme, Licht oder mechanischer Antriebskraft bezeichnet. Um die verschiedenen Formen der Nutzenergie zusammenzufassen, werden sie jeweils auf die eingesetzte Menge an Primärenergie zurückgerechnet.

Die getrennte Darstellung der Energie aus regenerativen Quellen ist insbesondere bei der Betrachtung der Holzverarbeitung interessant, da in der Regel die anfallenden Resthölzer energetisch genutzt werden. (8)

### **Auswertung**

Die Auswertung bildet den abschließenden Teil einer Ökobilanz. Zusammen mit der Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens stellt sie den Rahmen der Studie dar, während die Sachbilanz und die Wirkungsabschätzung die Informationen über das Produktsystem liefern.

Das Ziel der Auswertung ist die Analyse der Ergebnisse von Sachbilanz und Wirkungsabschätzung, die Ableitung von Schlussfolgerungen und die entsprechende Formulierung von Empfehlungen. Außerdem erläutert die Auswertung die Einschränkungen der Studie.

### 3 Die Holzfußböden

Zu den Holzfußböden gehören Parkett, Massivdielen und Holzpflaster. Sie können nach ihren technischen Eigenschaften und den am häufigsten eingesetzten Holzarten charakterisiert werden. Im Rahmen der Untersuchung wurden die jeweils verarbeiteten Holzarten erhoben (Tabelle 1).

#### Parkett

Parkett ist als ein „Holzfußboden, der aus Parkettstäben, Parketriemen, Tafeln für Tafelparkett, Mosaikparkettlamellen oder industriell hergestellten Fertigparkett-Elementen besteht“ definiert (9).

Heute haben folgende Parkettarten wirtschaftliche Bedeutung:

- Mosaikparkett
- 10 mm-Massivparkett
- Stabparkett
- Fertigparkett (Mehrschichtparkett)

**Mosaikparkett** besteht aus einzelnen Lamellen, die zu Verlegeeinheiten zusammengesetzt werden. Ein Klebenetz hält die Lamellen auf der Rückseite zusammen. Die am häufigsten verlegte Form ist das Würfelmuster (Abb. 3).



Abbildung 3: Mosaikparkett, Würfelmuster

DIN 280, Teil 2, spezifiziert die Anforderungen an die einzelnen Lamellen. Als Dicke werden 8 mm festgelegt. Die Lamellen können bis 25 mm breit und 165 mm lang sein. Eine weitere Bestimmung der Norm betrifft die Holzfeuchte, die bei 9 % ( $\pm 2$ ) liegen muss (10).

Das **10-mm Massivparkett** berücksichtigt die DIN 280 noch nicht. Unter dem Namen „Lamparkett“ wird es in

der noch nicht verabschiedeten EN-Norm (prEN 13227) detailliert beschrieben. Vom Aufbau her ist es mit dem Mosaikparkett vergleichbar. Es ist jedoch in der Regel 10 mm dick (11).



Abbildung 4: 10-mm-Massivparkett

Ein Nebenprodukt der Mosaik- und 10-mm-Massivparkettproduktion ist das nicht genormte **Hochkantlamellen- oder Industrieparkett**. Aussortierte Lamellen werden mit einer Schmalseite nach oben zu Verlegeeinheiten mit einem Klebestreifen zusammengefasst. Hochkantlamellenparkett aus Mosaiklamellen hat je nach Lamellenbreite des Mosaikparketts eine Dicke bis zu 25 mm. Lamellen vom 10-mm-Massivparkett werden in der Regel einmal längsseitig aufgetrennt.

Der Begriff **Stabparkett** kommt in der Norm nicht vor. Es werden lediglich ringsum genutete Parkettstäbe und Parketriemen beschrieben, die an einer Kantenfläche eine angehobelte Feder und auf der anderen eine Nut haben (Abb. 5). Die Dicke wird für beide mit 22 mm festgelegt. Parkett, das diese Eigenschaften aufweist, wird üblicherweise als Stabparkett bezeichnet. Abweichend von der Norm wird es jedoch auch mit einer Dicke von 14 und 16 mm produziert. Die vorliegende Untersuchung unterscheidet nicht zwischen Parkettstäben und -riemen. Die verschiedenen in der Praxis bereits verbreiteten Dicken berücksichtigt der Entwurf für die EN-Norm für Parkettstäbe mit Nut und/oder Feder prEN 13226:1998. Gefordert wird hier nur eine Mindestdicke von 14 mm (12).



Abbildung 5: Parkettstab mit Nut und Parketriemen mit Nut und Feder

**Fertigparkett** ist ein industriell hergestelltes, fertig oberflächenbehandeltes Fußbodenelement aus Holz, das nach seiner Verlegung auf der Baustelle keiner Nachbehandlung bedarf (13). Neben dem klassischen dreischichtigen Aufbau – Deckschicht, Mittellage und Unterzug (Abb. 6) – gibt es auch zweischichtige Elemente. Während die Mittellage und der Unterzug in der Regel aus Nadelholz bestehen, finden in der Deckschicht die unterschiedlichsten Laubhölzer Verwendung.



Abbildung 6: Dreischichtparkett: Deckschicht, Mittellage und Unterzug

Die Abgrenzung gegenüber Furnierböden erfolgt über die Dicke der Deckschicht. Beim Fertigparkett muss diese nach der Norm mindestens 2,0 mm betragen (13). Die Furnierböden mit einer dünneren Deckschicht werden im Handel häufig auch als „Echtholzböden“ bezeichnet.

Besteht die Deckschicht aus einem Stück, werden die Elemente oft als „Landhausdielen“ bezeichnet. Hiervon sind jedoch die Massivholzdielen streng zu trennen.

#### Sonstige Holzfußböden

Die als Bodenbelag eingesetzten **Massivdielen** entsprechen weitgehend der klassischen Hobeldiele (14). Während die Ausführungen zu den Profilen und Maßen sich jedoch nur auf Nadelholz beziehen, werden als Bodenbelag zunehmend auch Laubhölzer verwendet. Diese DIN 4072 schreibt keine bestimmte Holzfeuchte vor. Um eine Fugenbildung im Winter einzuschränken, ist jedoch eine Holzfeuchte von ca. 9 % erforderlich. Massivdielen gibt es in den verschiedensten Dimensionen, von 14 bis zu 40 mm Dicke. Die Längen und Breiten werden sowohl in Standardabmessungen als auch in fallenden Längen und Breite produziert.



Abbildung 7: Massivholzdielenboden

Als **Holzpfaster** werden Fußböden „aus scharfkantigen, nicht imprägnierten Holzklötzen, die einzeln zu gepflasterten Flächen so verlegt werden, dass eine Hirnholzfläche als Nutzfläche dient“ bezeichnet (15).

Beim Holzpfaster werden nach ihrem Einsatzbereich die Arten RE, WE und GE unterschieden.

Holzpfaster RE ist ein Fußboden für Verwaltungsräume und Versammlungsstätten sowie Hobbyräume oder den Wohnbereich (15). In Werkräumen ohne Fahrzeug- und Staplerverkehr wird Holzpfaster WE eingesetzt. Im Industrie- und Gewerbebereich, wo mit Stapler- und Fahrzeugverkehr zu rechnen ist, findet schließlich das Holzpfaster GE seinen Einsatzbereich.

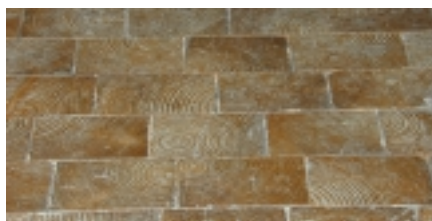


Abbildung 8: Holzpfaster GE

Der bedeutendste Unterschied zwischen den Holzpfasterarten ist der Feuchtegehalt. Er ist nach dem zu erwartenden Raumklima festgelegt. Weitere Unterschiede bestehen in den Abmessungen der einzelnen Klötze und in den Anforderungen an die Holzqualität. Diese Kriterien sind jedoch für die Betrachtung aus Sicht der Ökobilanzierung nicht relevant. In der vorliegenden Studie wird daher nicht zwischen den verschiedenen Holzpfasterarten differenziert.

Für alle drei Holzpfasterarten schlägt die Norm die Verarbeitung von Kiefer, Lärche, Fichte oder Eiche vor.

Tabelle 1: Holzarten für die Produktion von Holzfußböden in Prozent, auf Grundlage der im Projekt erhobenen Daten

	Mosaikparkett	10-mm-Massivparkett	Stabparkett	Mehrschichtparkett	Massivholzdielen	Holzpfaster
Eiche	70	62	72	14	19	10
Buche	19	17	13	16	1	
Esche	4	7	2	1		
Birke		1		1	2	
Kirsche	1	1	1			
Europ. Ahorn	1	1	7		4	
Kanad. Ahorn	5	10	3	4	1	
Fichte				61	53	4
Kiefer				1	3	78
Lärche					13	8
Douglasie					4	
Exoten		1	2	2		



## 4 Das Projekt

Aus der in den Normen 14040 ff beschriebenen allgemeinen Methode der Ökobilanzierung ist kein spezifischer Ansatz für die Vorgehensweise bei der Bilanzierung von Holzfußböden abzuleiten. Die speziellen Anforderungen an das Produktsystem Holzfußböden wurden daher erarbeitet und mit dem Arbeitskreis „Ökobilanz Parkett“ abgestimmt. Die Rahmenbedingungen werden im Untersuchungsrahmen der Ökobilanz festgelegt.

### Arbeitskreis

Mitglieder des 1996 gegründeten Arbeitskreis „Ökobilanz Parkett“ sind:

- Rohfrieseherzeuger
- Massivparketthersteller
- Mehrschichtparketthersteller
- Parkettleger
- Lackhersteller
- Klebstoffhersteller

Damit sind aus allen Bereichen des Lebensweges von Holzfußböden qualifizierte Fachleute beteiligt. Der Verband der Deutschen Parkettindustrie (vdp) ist zusätzlich im Arbeitskreis vertreten.

Die für Deutschland repräsentativen Varianten von Holzfußböden wurden gemeinsam mit dem Arbeitskreis festgelegt. Um eine lückenlose Datenerhebung zu gewährleisten, wurde der modellierte Lebensweg abgestimmt. Der Arbeitskreis benannte Firmen, die aktiv an der Untersuchung teilnehmen und die benötigten Daten zur Untersuchung bereitstellen sollten. Hierbei war insbesondere der Verband der deutschen Parkettindustrie sehr behilflich. Es beteiligen sich jedoch auch Hersteller, die nicht im Verband organisiert sind.

### Beteiligte Unternehmen

Die beteiligten Fußbodenhersteller stellen etwa 70 % der in Deutschland produzierten Holzfußböden her. Dies garantiert die Repräsentativität der Studie (Tabelle 2).

Quadratmeter

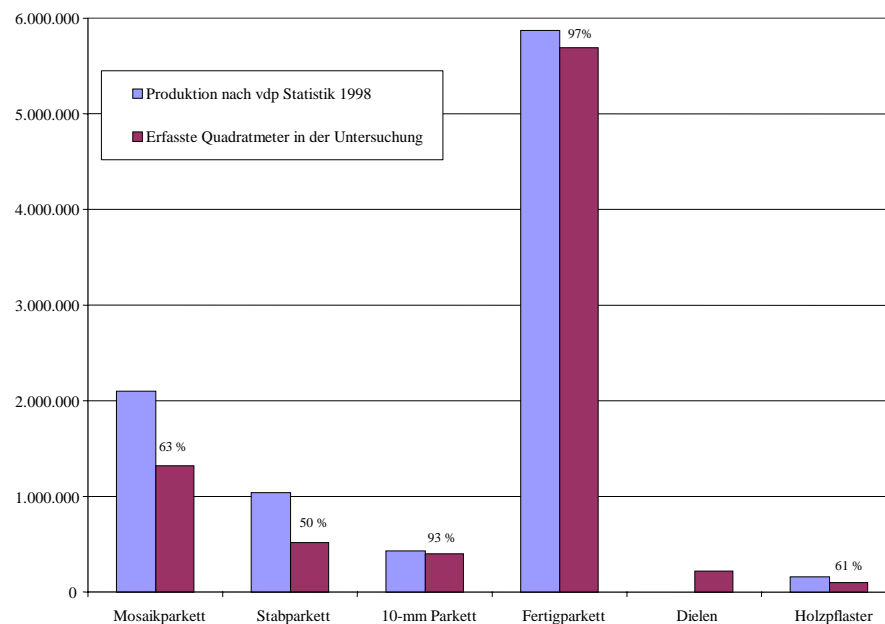


Abbildung 9: In der Untersuchung erfasste Quadratmeter im Verhältnis zur Produktionsstatistik des VDP 1998 (16)

Tabelle 2: Anteil der am Projekt beteiligten Unternehmen an den in Deutschland produzierten Holzfußböden

	vdp-Statistik 1998 [m²]	Produktion der beteiligten Unternehmen	
		[m²]	[%]
Mosaikparkett	2.104.002	1.319.974	63
Stabparkett	1.039.475	524.103	50
10-mm-Massivparkett	427.701	397.160	93
Fertigparkett	5.871.892	5.687.650	97
Dielen	k.A.	224.954	
Holzpflaster	ca. 165.000	ca. 100.000	61
Summe <sup>1</sup>	9.798.072	7.906.837	80

<sup>1</sup> In der Berechnung der Summe sind die Daten für Dielenböden nicht enthalten.

## 5 Die Ökobilanz

Die Gliederung der Ökobilanz Holzfußböden orientiert sich streng an den Normen 14040 ff (4).

### 5.1 Ziel und Untersuchungsrahmen

Die Bereitstellung der Sachbilanzdaten für die einzelnen Holzfußbodenarten ist das Hauptziel der Studie. Anhand der Wirkungsabschätzung wird eine Schwachstellenanalyse der Lebenswege durchgeführt. Es werden dabei die Parameter identifiziert, die sich besonders stark auf die Umwelt auswirken.

In den Modulen Verlegung und Oberflächenbehandlung werden unterschiedliche Varianten betrachtet (verschiedene Klebstoffe und Lacke).

Die gewonnenen Erkenntnisse können zum einen für die Optimierung der Umweltwirkungen, aber auch im Marketing der gesamten Holzfußbodenbranche eingesetzt werden.

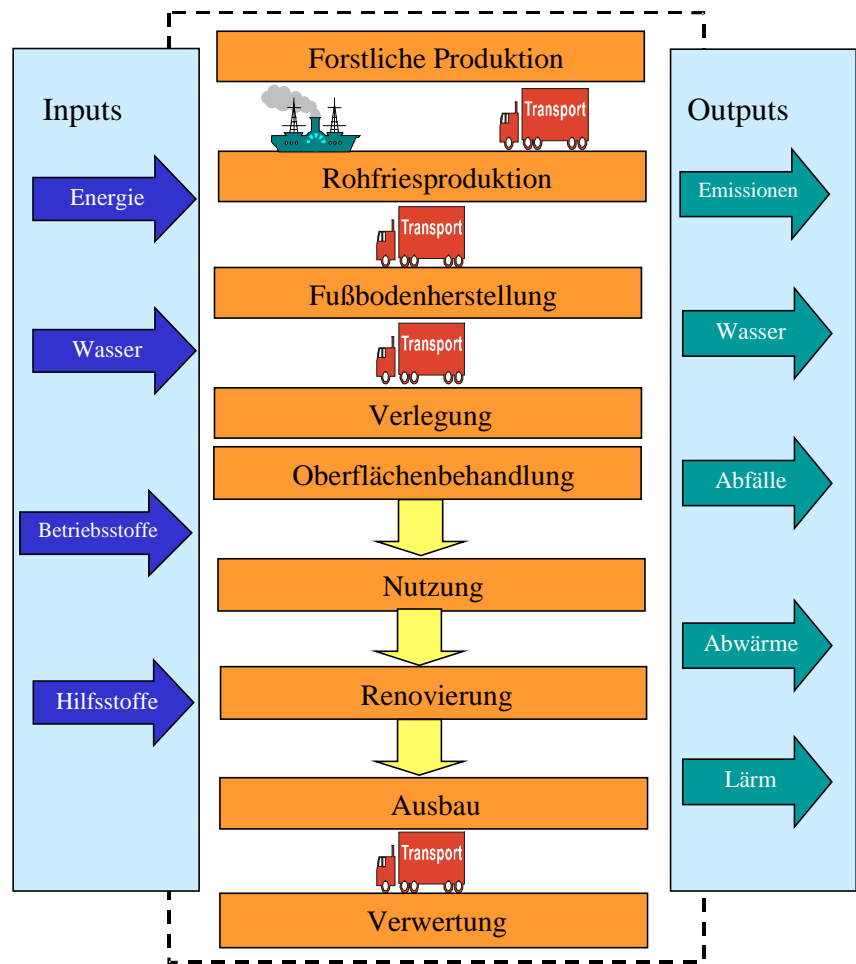


Abbildung 10: Beispiel für einen Lebensweg von Holzfußböden

### Funktionelle Einheit

Die Funktionelle Einheit ist ein Quadratmeter fertig verlegter und oberflächenbehandelter Holzfußboden. Der zeitliche Rahmen der Betrachtung umfasst 50 Jahre.

Nach der Neuverlegung wird im Rhythmus von 15 Jahre jeweils eine Renovierung durchgeführt.

### Referenzfluss

Als Referenzfluss wird die Holzmasse  $m_{ref}$  als konstante Größe gewählt. Da sich die Feuchtegehalte des Holzes während der verschiedenen Lebenswegabschnitte ändern, schwanken auch die Rohdichte sowie das Volumen des Holzes.

Die Holzmasse  $m_{ref}$ , die für die Erfüllung der Funktionellen Einheit benötigt wird, ergibt sich im Wesentlichen durch die folgenden Faktoren:

- Masse pro  $m^2$  verlegter Boden
- Verschnitt beim Verlegen
- Nutzungsdauer und damit der Häufigkeit der Neuverlegung.

So muss zum Beispiel das Mosaikparkett, für das eine Nutzungsdauer von 25 Jahren festgelegt wurde, im betrachteten Zeitraum von 50 Jahren zweimal produziert werden.

### Systemgrenzen

Die Herstellung der jeweils eingesetzten Maschinen bzw. Transportmittel, die Bereitstellung der Infrastruktur sowie die menschliche Arbeitskraft liegen außerhalb der Systemgrenzen.

Als Ausgangssituation wird ein ebener, verlegefertiger Boden angenommen, der auch für die Verlegung anderer Fußbodenbeläge, zum Beispiel Teppichboden, benötigt wird.

Bestandteil der Bilanz ist die Bereitstellung der bei der Holzernte, Produktion, Verlegung, Transport etc. eingesetzten Energie (Diesel, Heizöl, elektrische Energie etc.).

Auch die Erzeugung der eingesetzten Betriebsstoffe (z.B. Schmiermittel)

sowie der Hilfsstoffe der Parketherstellung fließen in die Bilanz ein. Klebstoffe und die bei Oberflächenbehandlung eingesetzten Lacke, Öle und Wachse sind Bestandteil des betrachteten Produktsystems.

### Datenqualität

Alle Module des Lebensweges sind auf Deutschland beschränkt. Lediglich der Erfassungsbereich für die Forstliche Produktion wurde auf die europäischen Nachbarländer, Skandinavien, Kanada und Nordamerika sowie die Tropen und Subtropen ausgedehnt.

Großteils liegen gemessene Daten vor. Dadurch wird eine hohe Datenqualität erreicht. Beim Holzeinsatz für die verschiedenen Produkte liegen zum Teil qualifizierte Schätzungen vor. Sie wurden Plausibilitätsprüfungen unterzogen und mit den gemessenen Werten anderer Werke verglichen. Die Schätzungen haben demzufolge eine hohe Zuverlässigkeit und Genauigkeit.

Die erhobenen Daten im Bereich der Rohfrieserzeugung und der Produktion beziehen sich auf die Jahre 1998 und 1999. Für das Modul Verlegung wurde der Zeitrahmen bis 2001 erweitert.

Für alle Module ist der heutige Stand der Technik ausschlaggebend.

### Allokation

Bei der Rohfrieserzeugung und der Holzfußbodenherstellung zeigt sich eine – für die Holzverarbeitung typische – Produktion von mehreren Haupt- und Nebenprodukten in einem Produktionsprozess. Hauptprodukte der Sägewerke sind nicht nur Rohfriesen, sondern auch Schnittholz (Schreinerware). Industrierestholz fällt als Nebenprodukt an. Die Produktvielfalt ist bei der Massivparkettherstellung in der Regel noch größer. Stab-, Mosaik- und 10-mm-Massivparkett bilden zum Beispiel die Hauptsortimente eines Werkes. Hinzu kommen die sogenannten Industrieböden, die aus optisch minderwertigen Lamellen gefertigt werden. Neben den eigentlichen Produkten fällt auch hier Industrierestholz (z.B. Späne) an, das hauptsächlich im eigenen Kraftwerk verwertet wird und somit im untersuchten System verbleibt. Nur ein geringer Teil wird als Nebenprodukt verkauft.

Bis auf den Holzeinsatz und spezielle Hilfsstoffe, wie zum Beispiel dem Parkettgitter für Mosaikparkett, gibt es meist keine getrennten Angaben für die einzelnen Produkte. Allgemeine Submodule wie Verwaltung, Innerbetrieblicher Verkehr etc. verteilen sich daher auf die verschiedenen Haupt- und Nebenprodukte. Grundsätzlich werden die allgemeinen Module, wie zum Beispiel die Instandhaltung oder Verwaltung, nach den pro Produkt produzierten Quadratmetern aufgeteilt.

## 5.2 Sachbilanz

Die einzelnen Arbeitsschritte der Sachbilanz, wie die Vorbereitung der Datenerhebung, die Datensammlung und die Zusammenstellung der Daten werden zusammengefasst. Um die Darstellung transparenter zu gestalten wurde der Lebensweg in einzelne Module unterteilt (Abb. 10).

### Forstliche Produktion

Das erste Modul im Lebensweg von Holzfußböden ist die Forstliche Produktion. Hier werden zum einen die positiven Umweltwirkungen von Holz als nachwachsendem Rohstoff dargestellt. Zum anderen ist Holz ein wesentlicher Bestandteil des Ökosystems Wald, das zahlreiche, nicht direkt messbare Funktionen hat. Beispiele hierfür sind der Lawinen- und Wasserschutz oder die Erholungsfunktion.



Die Bilanzierung erfolgt getrennt für die biologische und die technische Produktion. Die Biologische Produktion beschreibt die Bildung von Holz aus Kohlendioxid, Wasser, den Spurenelementen aus dem Boden und der Sonnenenergie. Die wesentlichen Bilanzergebnisse zeigt Tabelle 3.

Zur Technischen Produktion gehören die Submodule von der Bestandsbeurteilung, Kulturpflege bis hin zur Durchforstung und Endnutzung.

Für die Produktion von Industrie- und Stammholz der Hauptbaumarten Eiche, Buche, Fichte und Kiefer in Deutschland stehen fundierte Literaturdaten zur Verfügung (17).

Die genannten Holzarten stellen 70-90 % der in der Fußbodenproduktion verarbeiteten Hölzer dar. Die restlichen Holzarten werden in der Studie auf die Hauptbaumarten verteilt. Für die Parkettproduktion wird die Verarbeitung Stammholz berechnet. Auch die Bilanzierung der Massivholzdielen- und Holzpflasterproduktion basiert auf Stammholz.

Neben den verschiedenen Holzarten variiert auch ihre Herkunft. Mit 81 % kommt der größte Teil des verarbeiteten Holzes für alle Fußbodenarten aus Mitteleuropa. Aus Skandinavien stammen 14 %. Lediglich 4 % werden aus Kanada und Nordamerika importiert. Tropische und Subtropische Hölzer spielen bei den beteiligten Fußbodenherstellern mit nur 1 % eine untergeordnete Rolle.

Die Daten für die Deutsche Forstwirtschaft können auf die Europäischen Länder übertragen werden (18). Für die Hölzer aus Kanada/Nordamerika und den Tropen/Subtropen stehen keine Daten zur Verfügung.

### Rundholztransport

Der Transport des Rundholzes erfolgt zu 98 % per LKW. Die auf der Schiene transportierte Menge fällt mit 2 % kaum ins Gewicht.

Eine Besonderheit beim Rundholztransport ist die Auslastung der LKWs von nur 50 %, da die Fahrt in den Wald immer unbeladen stattfindet. Für den Transport von Stammholz werden üblicherweise speziell ausgerüstete Sattelschlepper mit 38 t zulässigem Gesamtgewicht eingesetzt.

Als mittlere Transportentfernung wurden 170 km ermittelt.

Tabelle 3: Stoffbilanz zum Aufbau einer Tonne Holz (atro)

Input		Output	
Kohlendioxid	1851 kg	<b>Holz</b>	<b>1000 kg</b>
Wasser	1082 kg	Wasser	541 kg
		Sauerstoff	1392 kg

## Rohfriaserzeugung

Im Modul Rohfriaserzeugung wurde die Verarbeitung von 99.543 m<sup>3</sup> Rundholz ausgewertet. Zum Schnittholz für den Unterbau von Mehrschichtparkett, Massivholzdielen und Holzpflaster liegen keine entsprechenden Werte vor. Abschätzungen mit Hilfe anderer Daten haben gezeigt, dass der Fehler vernachlässigbar ist. Da die tatsächlichen Stoff- und Energieflüsse tendenziell überschätzt werden, wird eher kritisch bilanziert.

Die Daten wurden für die folgenden Submodule erhoben:

- Verwaltung, Abfälle
- Rundholzplatz und Einschnitt
- Innerbetrieblicher Transport
- Kraftwerk
- Instandhaltung

Für die Auswertung wurden die Daten zusammengefasst (Tabelle 4).

Durch die Behandlung der jeweils abgegebenen Resthölzer als Nebenprodukt und der entsprechenden Allokation kann aus den Ergebnissen nicht auf die Ausbeute geschlossen werden. Diese wurde gesondert berechnet und beträgt im Durchschnitt 64 %.

## Rohfriestransport

Der Transport der Rohfrieße erfolgt beim Massivparkett und den Massivholzdielen zu ca. 90 % mit dem LKW und etwa 10 % per Schiff. Beim Mehrschichtparkett nimmt die Bahn einen Anteil von etwa 20 % ein. Die Holzpflasterhersteller werden ausschließlich mit dem LKW beliefert.

Mit rund 110 km beim Mosaik- und 10-mm-Massivparkett sowie 210 km beim Stabparkett sind die Entfernungen relativ kurz. Hier wirkt sich der entfallende Rohfriestransport der Betriebe aus, die ihre Rohfrieße im eigenen Sägewerk erzeugen. In das gewichtete Mittel, das aus den Angaben aller Parkethersteller berechnet wird, fließt er mit 0 km ein.

Für das Mehrschichtparkett werden die Rohfrieße über ca. 330 km transportiert. Mit 730 bzw. 680 km ist die Anlieferung von Schnittholz für die Massivholzdielen bzw. das Holzpflaster vergleichsweise weit.

Tabelle 4: Stoff- und Energieflüsse im Modul Sägewerk, bezogen auf 1 t<sub>atro</sub> Rohfrieße

Inputs		Outputs	
Nachwachsende Rohstoffe		Produkte	
Rundholz (atro)	1112,600 kg	Rohfrieße (atro)	1000,000 kg
Wasser im Holz	795,420 kg	Wasser (Rohfrieße)	640,742 kg
Ressourcen		<b>Restholz (atro) *</b>	<b>112,600 kg</b>
Wasser (Trinkwasser)	0,443 kg	Wasser (Restholz)	72,148 kg
Energieträger		Emissionen in Luft	
Diesel	0,845 kg	Wasser	
<b>Elektrische Energie *</b>	<b>160,730 MJ</b>	Emissionen in Wasser	
Betriebsstoffe		Abwasser	
Schmierstoffe	0,477 kg	0,443 kg	
Igumix 18 (Mischgas)	0,008 kg	Abfälle	
Propan	<0,001 kg	Siedlungsabfälle	
Acetylen	0,018 kg	2,419 kg	
Sauerstoff	0,023 kg	Abfälle zur Verwertung	
Sägeblätter	0,033 kg	2,710 kg	
Aluminium	0,001 kg	<b>* Energieerzeugung/-verbrauch:</b>	
Verpackung		Thermische Energie	
Metallband	1,035 kg	421 MJ	
Kunststoffband PP	0,251 kg	Elektrische Energie	
		370 MJ	

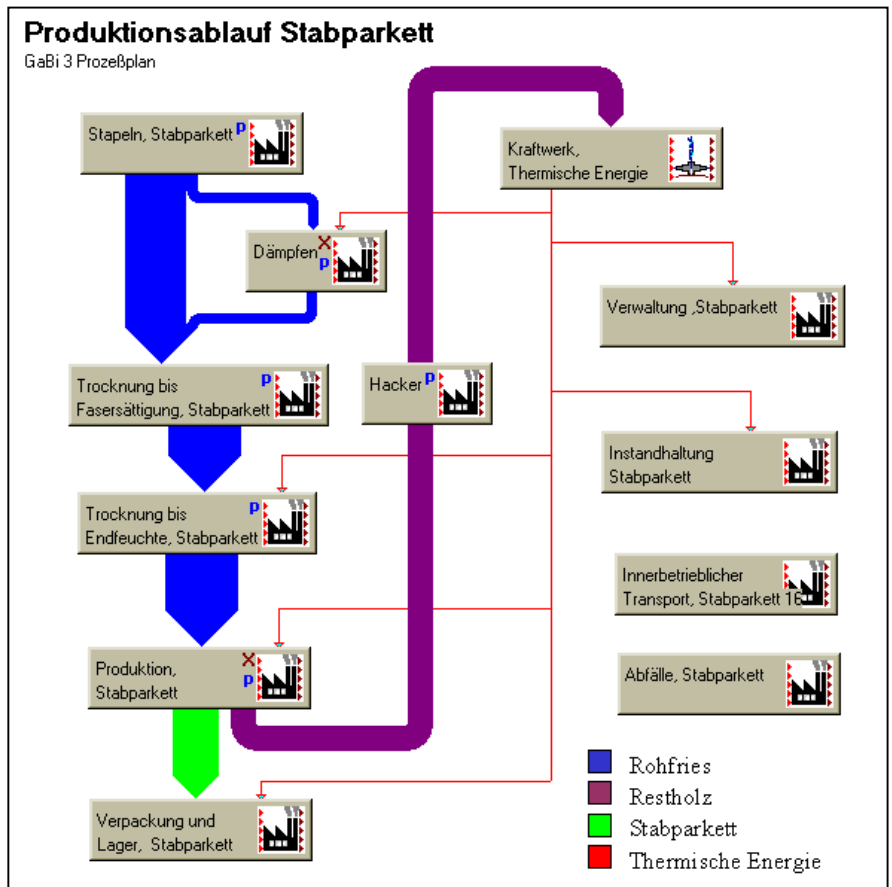


Abbildung 11: Arbeitsabläufe der Stabparkettproduktion

Tabelle 5: Die wichtigsten Stoff- und Energieflüsse bei der Holzfußbodenproduktion ( soweit nicht anders gekennzeichnet in kg)

<b>Inputs</b>						
<b>Nachwachsende Rohstoffe</b>	<b>Mosaikparkett</b>	<b>10-mm-Massivparkett</b>	<b>Stabparkett</b>	<b>Mehrschichtparkett</b>	<b>Massivholzdiele</b>	<b>Holzpflaster</b>
Rohfries	13,233	13,484	24,006	12,932	15,470	29,008
Wasser (Rohfries)	6,788	8,970	13,522	6,243	7,892	11,613
Furnier			0,006	0,035		
Wasser (Furnier)			<0,001	0,002		
Holzwerkstoffe				0,095		
<b>Ressourcen</b>						
Wasser (Trinkwasser)	1,393	1,640	2,529	0,752	0,183	2,568
Wasser (Quellwasser)	0,035	0,083	0,004	0,005		
Wasser (Luftfeuchtigkeit)				0,024		
<b>Energieträger</b>						
Sonnenenergie (MJ)	5,528	7,237	9,956	1,034	10,291	8,091
Heizöl	0,055	7,498	17,283	24,082	24,598	34,306
<b>Elektrische Energie (MJ)</b>	<b>8,375</b>	<b>0,103</b>	<b>0,010</b>	<b>0,144</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,265</b>
Diesel	0,013	0,017	0,042	0,015	0,051	0,065
Erdgas	0,001	0,003	0,005		0,002	0,012
<b>Hilfsstoffe</b>						
Parkettnetz	0,014	0,017				
Parkettpapier	0,001	0,026				
Tesaband	0,001	0,001		0,005		0,008
Klebesystem				0,357		
Aluminiumdraht				0,004		
<b>Betriebsstoffe</b>						
Schmierstoffe	0,001	0,002	0,003	0,002	0,004	0,007
Mischgas	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		
Argon		<0,001	<0,001	<0,001		
Propan	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		
Acetylen	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		
Sauerstoff	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		
Stickstoff				<0,001		
Wachs	0,002	0,004	0,002	0,001		
Sägeblätter	0,001	<0,001	0,003	0,001	0,001	
Wasser vollentsalzt	<0,001	0,001	<0,001	<0,001		
<b>Verpackung</b>						
Thermoband	<0,001	<0,001				
Karton	0,011	0,004	0,022	0,090	0,010	0,009
Etiketten	<0,001	0,001		<0,001	<0,001	
Metallband	0,001	<0,001	0,003	<0,001	0,001	
Kunststoffband	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,007
Folie	0,029	0,063	0,047	0,038	0,045	0,063
Papier				0,005		
Stretchband	<0,001		0,001			

Tabelle 5: (Fortsetzung)

<b>Outputs</b>						
<b>Produkte</b>	<b>Mosaikparkett</b>	<b>10-mm-Massivparkett</b>	<b>Stabparkett</b>	<b>Mehrschichtparkett</b>	<b>Massivholzdiele</b>	<b>Holzpflaster</b>
Holzfußboden	5,000	6,218	11,515	6,540	10,711	20,140
Wasser (Holzfußboden)	0,403	0,554	1,013	0,414	0,810	2,144
Hirnholzfedern			0,054			
Wasser (Hirnholzfedern)			0,004			
<b>Nebenprodukte</b>						
Hochkantlamellen	0,335	0,554				
Wasser (Hochkantlamellen)	0,030	0,045				
<b>Emissionen in Luft</b>						
Wasserdampf	5,702	7,124	10,548	5,559	6,391	8,567
<b>Emissionen in Wasser</b>						
Abwasser	1,428	1,722	1,891	0,105	0,183	2,568
<b>Abfälle</b>						
Siedlungsabfälle	0,010	0,016	0,003	0,122	0,008	0,178
Sonderabfälle	<0,001	0,001	<0,001	2,012	<0,001	<0,001
Abfälle zur Verwertung	0,017	0,092	0,014	0,057	0,021	0,028
<b>Restholz</b>	<b>6,539</b>	<b>6,712</b>	<b>12,447</b>	<b>6,528</b>	<b>4,759</b>	<b>8,868</b>
Wasser (Restholz)	0,653	1,247	1,958	0,473	0,691	0,902
<b>Energieerzeugung und -Verbrauch</b>						
Thermische Energie (MJ)	83,494	81,036	174,390	69,712	69,099	144,140
Elektrische Energie (MJ)	9,900	14,96	18,147	21,519	24,598	34,306

### Fußbodenproduktion

Die Vorbereitung der Datenaufnahme in den einzelnen Unternehmen erfolgte in einem einführenden Seminar und durch Werksbesuche.

Im Anschluss wurde für jedes Werk ein detaillierter Datenerhebungsbogen erarbeitet, den die Unternehmen ausgefüllt haben. Für einige Fragestellungen wurden Konzepte entwickelt, die eine möglichst exakte Datenerhebung sicherstellen.

Für die folgenden Submodule wurden für alle Holzfußbodenarten Daten erhoben:

- Verwaltung
- Stapeln
- Dämpfen
- Trocknung (Freiluft, Kammer)
- Produktion
- Verpackung und Lager
- Kraftwerk und Kraftwerk
- Innerbetrieblicher Transport
- Instandhaltung
- Abfälle

Am Beispiel von Stabparkett zeigt Abbildung 11 den Produktionsablauf und die einzelnen Submodule.

Die erfassten Daten schließen für das Modul „Produktion Mosaikparkett“ z. B. nicht nur das eingesetzte Holz und die elektrische Energie, die die Maschi-

nen verbrauchen ein, sondern auch das Parkettnetz bzw. die Papierschablonen für die Herstellung der verschiedenen Verlegemuster sowie die Schmiermittel und Fette für die Maschinen. Da sich die Produktionsabläufe der einzelnen Parkettarten unterscheiden, wurden teilweise zusätzliche Submodule gebildet.

Die Ergebnisse aller Holzfußböden für das Modul Fußbodenproduktion zeigt Tabelle 5.

Als schwierig erwies sich in erster Linie die Erfassung der produzierten thermischen Energie und der dafür eingesetzten Resthölzer. Durch eine genaue Erhebung der verarbeiteten

Rohfriese und der produzierten Holzfußböden konnte jedoch die Restholzmenge relativ genau bestimmt werden. Über den Heizwert des Holzes und die Wirkungsgrade der Anlagen wurde, sofern keine gemessenen Daten vorlagen, die thermische Energie berechnet.

### Auslieferung

Für die Auslieferung der drei massiven Parkettarten wurde eine mittlere Entfernung von 340 km ermittelt. Mehrschichtparkett wird dagegen rund 500 km weit transportiert. Im einzelnen sind die mittleren Entfernungen für die Holzfußbodenarten in Tabelle 6 dargestellt. Die Daten wurden zusammen mit den Daten für das Modul Produktion erhoben.

**Tabelle 6: Transportentfernungen der Auslieferung**

Fußbodenart	Entfernung [km]
Massivparkett	340
Mehrschichtparkett	502
Massivdielen	259
Holzpfaster	300

### Verlegung und Oberfläche

Mit Hilfe eines Fragebogens sollten Handwerksbetriebe für jeweils einzelne Baustellen Anfahrtswege, Materialverbräuche und Abfälle dokumentieren. Der Rücklauf der Fragebögen war jedoch sehr gering, so dass in erster Linie die zusätzlich erhobenen Daten größerer Verlegebetriebe in die Auswertung eingehen. Insgesamt liegen Daten von über 800.000 m<sup>2</sup> verlegten Holzfußböden vor. Einzelmessungen der Energieverbräuche von Sägen und Schleifmaschinen ergänzen die Datenaufnahme.

In der Regel sind 3 Fahrten zur Baustelle erforderlich. Die durchschnittliche Strecke von 17 km wird meist mit einem Kleintransporter zurückgelegt.

Hauptsächlich die Reste angebrochener Gebinde tragen zum relativ geringen Verschnitt von 1,5 % beim Mosaikparkett bis 4 % beim Mehrschichtparkett bei.

Der Klebstoffverbrauch pro Quadratmeter reicht von 800 g beim Mosaikparkett bis zu 1.300 g für die Verlegung von Holzpfaster. Bei Massivholzdielen herrscht dagegen die mechanische Verlegung mit Schrauben vor (ca. 35 g).

Mit über 80 % ist Lösemittelklebstoff der am häufigsten eingesetzte Klebstoff. Die Auswertung berücksichtigt jedoch alternativ auch den Einsatz von Dispersionsklebstoff. Beim Mehrschichtparkett ergänzt die schwimmende Verlegung die Untersuchung.

Nach dem Verlegen wird ca. 1 mm der Parkettstärke abgeschliffen. Dies entspricht ca. 700 g Schleifstaub pro Quadratmeter.

Dispersionslacke dominieren mit ca. 73 % bei der Oberflächenbehandlung. Der Verbrauch von insgesamt 340 g Lack pro Quadratmeter beinhaltet auch die nicht mehr verwertbaren Reste.

Geölte Böden, die ca. ein Viertel ausmachen, können nicht beurteilt werden, da die entsprechenden Daten für die Ölherstellung nicht zur Verfügung stehen.

Beim Mehrschichtparkett ist die werkseitige Versiegelung mit UV-härtendem Lack üblich und wird bilanziert.

Die Herstellung der Klebstoff- und Oberflächensysteme wurden anhand von Richtrezepturen bilanziert (19).

### Nutzung

Entscheidend für die Bilanzierung ist die tatsächliche Nutzungsdauer und nicht die theoretisch mögliche Lebensdauer. Während die mögliche Lebensdauer von Stabparkett über 100 Jahre betragen kann, werden in der Praxis Böden jedoch oft bereits früher ausgetauscht. Hier können zum Beispiel eine Nutzungsänderung oder ästhetische Gründe eine Rolle spielen.

Mit Hilfe von Literaturdaten, einer Befragung von Wohnungsbaugesellschaften und den Erfahrungswerten von Parkettleger- und Herstellern hat der Arbeitskreis die in Tabelle 7 dargestellten Nutzungsdauern festgelegt.

**Tabelle 7: Festgelegte Nutzungsdauern für Holzfußböden**

Fußbodenart	Nutzungsdauer [Jahre]
Mosaikparkett	25
10-mm-Massivparkett	25
Stabparkett	50
Mehrschichtparkett, festverklebt	20
Mehrschichtparkett, schwimmend verlegt	10
Massivdielen	50
Holzpfaster	50

### Reinigung und Pflege

Während der Dauer von 50 Jahren erfolgen zahlreiche Reinigungs- und Pflegemaßnahmen. Entsprechende Daten zur Häufigkeit und den eingesetzten Reinigungs- und Pflegezusätzen sowie dem Wasser- und Energieverbrauch stehen nicht zur Verfügung.

Lediglich der Energieaufwand für die wöchentliche Reinigung mit dem Staubsauger kann abgeschätzt werden. Mit einem durchschnittlichen Staubsauger sind dies in fünfzig Jahren ca. 8,6 kWh elektrische Energie.

### Renovierung

Im Rhythmus von 15 Jahren wird eine Renovierung der Fußbodenoberfläche durchgeführt. Die Stoff- und Energieflüsse entsprechen denen bei der ersten Oberflächenbehandlung im Anschluss an die Verlegung. Es sind jedoch nur 2 Anfahrten für die Renovierung erforderlich.

### Ausbau und Thermische Verwertung

Am Ende des Lebensweges wird die thermische Verwertung der ausgebauten Holzfußböden bilanziert. Zur stofflichen Verwertung liegen keine Daten vor. Die modellierte Verbrennungsanlage hat eine Leistung von 1,8 MW und ist auf durchschnittliches Gebrauchtholz ausgelegt (20).

### 5.3 Wirkungsabschätzung

Im Untersuchungsrahmen wurden die folgenden Wirkungskategorien für die Wirkungsabschätzung festgelegt:

- Treibhauseffekt
- Versauerung
- Eutrophierung
- Ozonabbau
- Ozonbildung
- Primärenergieverbrauch

Da die Wirkungen der verschiedenen Emissionen auf die einzelnen Wirkungskategorien unterschiedlich hoch sind, wird jeweils eine Leitsubstanz festgelegt. Für das Treibhauspotential ist dies zum Beispiel Kohlendioxid mit dem Wert 1 (Tabelle 8). Die Wirkung anderer Gase wird dazu ins Verhältnis gesetzt. So wirkt zum Beispiel 1 kg emittiertes Methan 21 mal so stark auf den Treibhauseffekt wie 1 kg Kohlendioxid (21).

Tabelle 9: Bezugseinheiten für die Berechnung der Wirkungspotentiale

Wirkungskategorie	Bezugssubstanz	Einheit
Treibhauseffekt	Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> )	kg CO <sub>2</sub> -Äquivalent
Versauerung	Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	kg SO <sub>2</sub> -Äquivalent
Eutrophierung	Phosphat (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -Äquivalent
Ozonabbau	R 11	kg R 11-Äquivalent
Ozonbildung	Ethen (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äquivalent

#### Treibhauseffekt

Das Wirkungspotential wird hier nicht nur auf der Outputseite durch die Emissionen, sondern im Modul Forstwirtschaft auch auf der Inputseite berechnet.

Hier wird die Aufnahme von 1,85 t CO<sub>2</sub> pro Tonne Holz aus der Atmosphäre und die Speicherung von Kohlenstoff (C) im Holz berücksichtigt.

Dieser Speicher von -27 kg CO<sub>2</sub> bei Massivholzdielen und bis zu -83 kg beim Mehrschichtparkett wird erst bei der Renovierung und zum Teil sogar erst bei der Thermischen Verwertung aufgebraucht. Aus dem Speicher und den Emissionen wird schließlich der Saldo gebildet.

Produktion und Nutzung von Holzfußböden wirken dem anthropogenen Treibhauseffekt somit entgegen.

Tabelle 8: Treibhauspotentiale bezogen auf 100 Jahre [GWP<sub>100</sub>]

	GWP <sub>100</sub>
Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> )	1
Methan (CH <sub>4</sub> )	21
Distickstoffoxid (N <sub>2</sub> O)	310
Halone	6500 – 9200
FCKWs	140 - 11700

Die gesamten, für den Treibhauseffekt relevanten Emissionen eines Produktsystems werden schließlich zusammengefasst und in kg-CO<sub>2</sub>-Äquivalent umgerechnet.

Die Berechnung der weiteren Wirkungskategorien erfolgt nach dem gleichen Schema. Die jeweiligen Leitsubstanzen zeigt Tabelle 9.

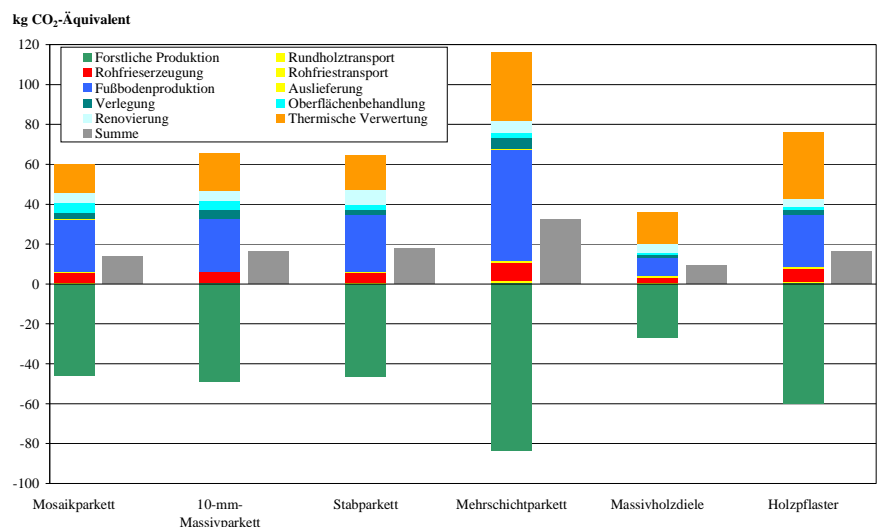
#### Grundvariante

Insbesondere im Bereich Verlegung gibt es zahlreiche Alternativen für die Modellierung der Lebenswege von Holzfußböden. Die zunächst betrachtete Grundvariante entspricht jeweils der derzeit vorherrschenden Praxis. Für die drei Massivparkettarten ist dies die Verklebung mit einem lösemittelhaltigen Klebstoff und eine Oberflächenbehandlung mit einem Wassersiegel.

Beim Mehrschichtparkett wird ebenfalls die flächige Verklebung mit lösemittelhaltigem Klebstoff gewählt, als Oberflächenbehandlung jedoch die werkseitige Versiegelung. Eine geölte Oberfläche in Kombination mit der mechanischen Verlegung der Massivholzdielen und der Einsatz von einem lösemittelhaltigen Klebstoff für die Verlegung von Holzpflaster stellen hier die jeweilige Grundvariante dar.

Aufgrund der fehlenden Daten für die Ölherstellung, können bei den geölte Oberflächen lediglich die emittierten Lösemittel berücksichtigt werden. Die Herstellung des Öls geht nicht in die Auswertung ein. Weitere mögliche Varianten im Modul Verlegung berücksichtigt die Sensitivitätsanalyse.

Da die Berechnung des Moduls Reinigung in erster Linie auf Annahmen beruht, werden diese Ergebnisse im Anschluss an die Wirkungsabschätzung separat dargestellt.



Saldo kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente					
14	16	18	32	9	16

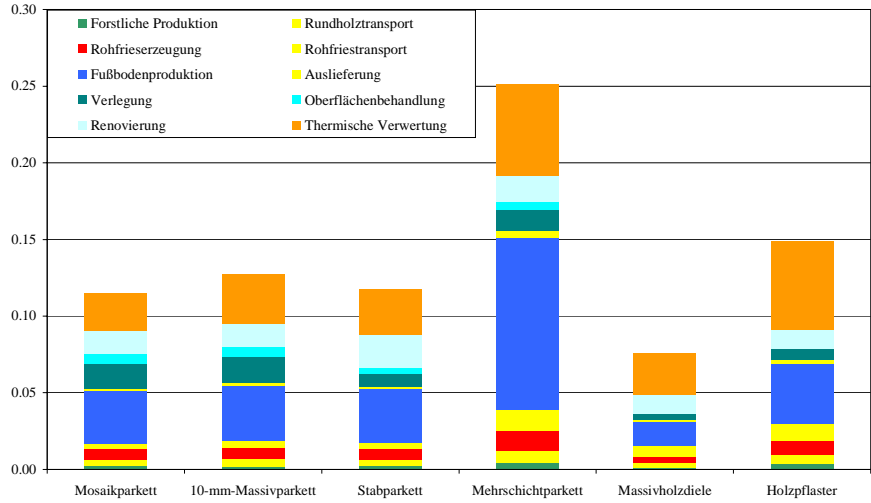
## Versauerung

Zum Versauerungspotential tragen im Lebensweg der verschiedenen Holzfußböden zu über 70 % Stickoxide bei. Diese stammen in erster Linie aus Energiegewinnung im Modul Produktion und aus der Thermischen Verwertung am Ende des Lebensweges.

Weiterhin tragen die verschiedenen Transporte zum Versauerungspotential bei. Auch die Beiträge aus den Modulen Verlegung und Renovierung resultieren hauptsächlich aus den jeweiligen Fahrten zur Baustelle.

Die Emissionen von Schwefeldioxid sind vergleichsweise gering, da diese hauptsächlich bei der Verbrennung fossiler Energieträger freigesetzt werden.

kg SO<sub>2</sub>-Äquivalent



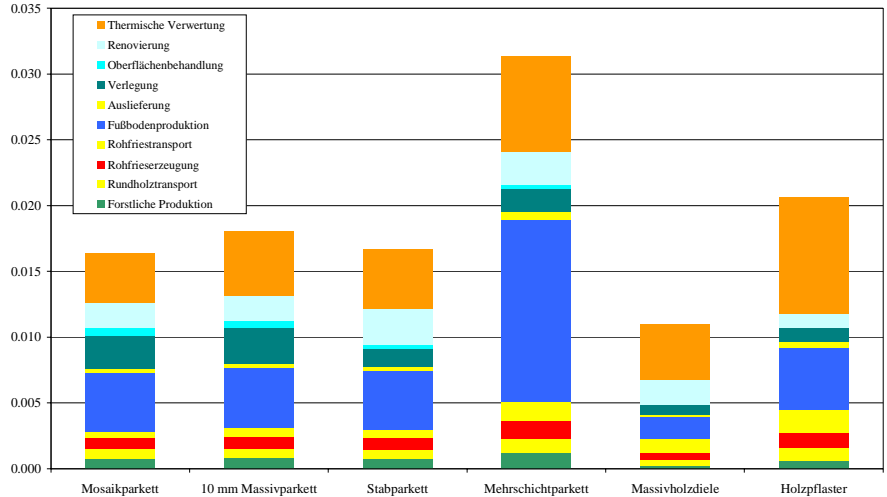
Summe kg SO <sub>2</sub> -Äquivalente					
0,115	0,127	0,117	0,251	0,076	0,149

## Eutrophierung

Mit über 90 % sind die Stickoxide Hauptverursacher des Eutrophierungspotentials. Da es im wesentlichen die gleichen Emissionen sind, die auch das Versauerungspotential bestimmen, sind die relativen Beiträge der einzelnen Module mit denen in der Wirkungskategorie Versauerung zu vergleichen.

Die absoluten Werte sind bei der Eutrophierung deutlich niedriger, da das Eutrophierungspotential der Stickoxide mit 0,13 kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-Äquivalent wesentlich geringer als ihr Versauerungspotential mit 0,7 kg SO<sub>2</sub>-Äquivalent ist.

kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-Äquivalent



Summe kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -Äquivalente					
0,0163	0,0181	0,0167	0,0372	0,0110	0,0206

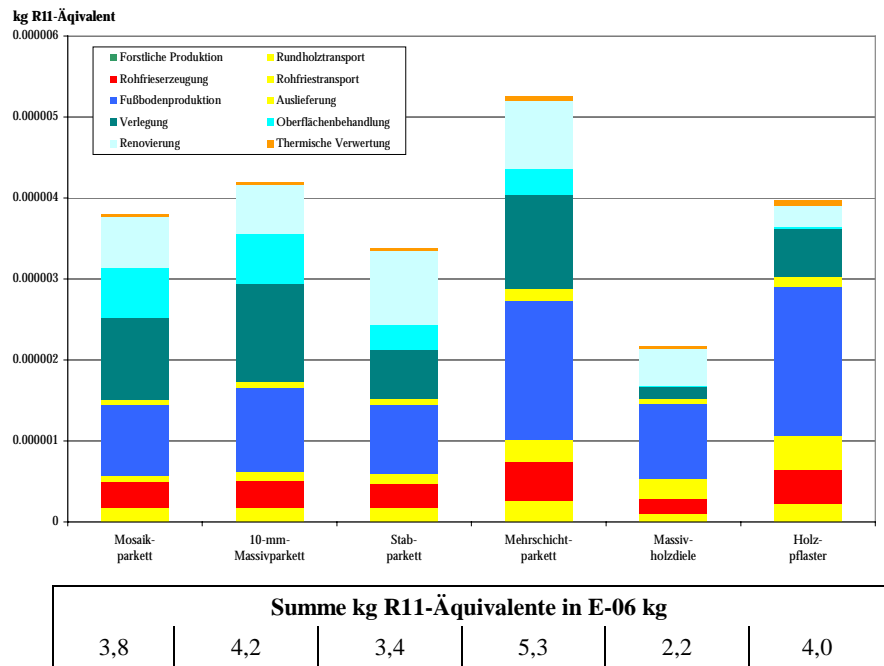
## Ozonabbau

Die für den Ozonabbau verantwortlichen Emissionen fallen in erster Linie in den Modulen Produktion, Verlegung, Oberflächenbehandlung und Renovierung an.

Im Modul Produktion resultieren etwa 80 % des Ozonabbaupotentials aus der Vorkette für den Strom, während bei der Verlegung, Oberflächenbehandlung und Renovierung die Beiträge aus der Herstellung der Lacke und des Klebstoffs stammen.

Neben den genannten Modulen tragen auch die verschiedenen Transporte zum Ozonabbaupotential bei.

Die Thermische Verwertung trägt nur in sehr geringem Umfang zum Gesamtergebnis bei.

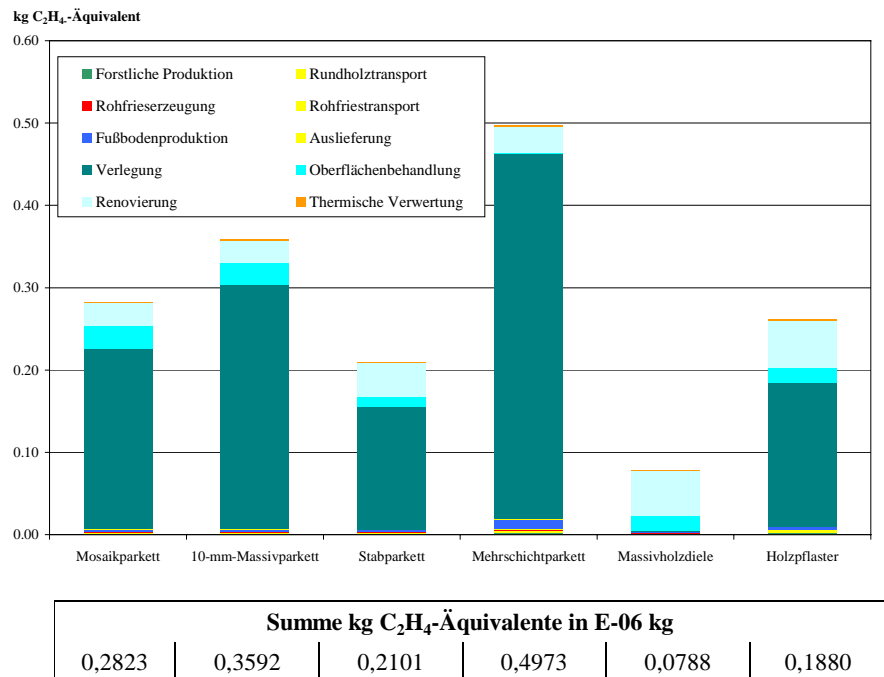


## Ozonbildungspotential

In Bezug auf die Ozonbildung ist das Modul Verlegung mit Abstand das wichtigste, gefolgt von der Oberflächenbehandlung und der Renovierung. Innerhalb dieser Module verursachen in erster Linie die Lösemittel das Ozonbildungs-Potential.

Aus diesem Grund ist insbesondere der Unterschied zwischen den Massivholzdielen mit der mechanischen Verlegung und den anderen Fußbodenarten sehr groß.

Um die Auswirkungen des eingesetzten Klebstoffes und der verschiedenen Lacke weiter zu untersuchen, werden im Rahmen der Sensitivitätsanalyse zusätzliche Szenarien betrachtet.



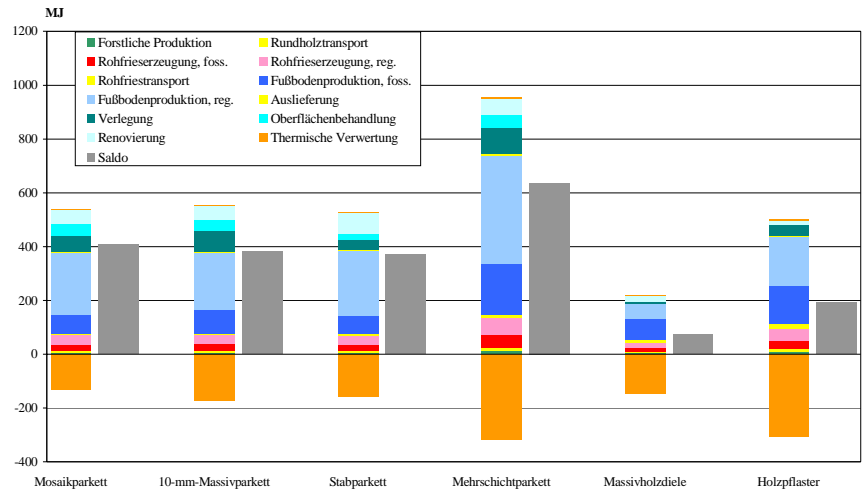
## Primärenergieverbrauch

Die Angabe des Primärenergieverbrauchs wird differenziert nach Primärenergie aus fossilen und regenerativen Quellen.

Die bei der thermischen Verwertung gewonnene Energie wird als Gutschrift vom Gesamtenergieverbrauch abgezogen. So erklären sich die negativen Werte für den regenerativen Energieverbrauch bei Massivholzdielen und Holzparkett. Aus dem Gesamt-Primärenergieverbrauch und der Gutschrift wird schließlich ein Saldo gebildet.

Die Unterschiede zwischen den massiven Parkettarten sind vergleichsweise gering. Das Mehrschichtparkett muss aufgrund seiner kürzeren Nutzungsdauer für die 50 Jahre der Funktionellen Einheit öfter produziert werden, und hat daher insgesamt einen höheren Energieverbrauch.

Der niedrige Saldo des Holzparketts resultiert aus der gewonnenen Energie bei der Verwertung des Fußbodens. Durch die Menge der Holzmasse des verhältnismäßig dicken Holzparketts wird vergleichsweise viel Energie am Ende des Lebensweges gewonnen.



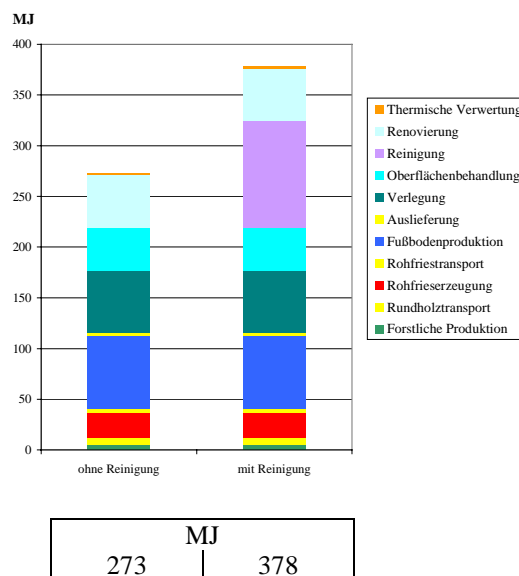
	Mosaikparkett	10-mm-Massivparkett	Stabparkett	Mehrschichtparkett	Massivholzdielen	Holzparkett
foss.	273	305	253	490	143	272
reg.	134	77	117	147	-71	-80
Saldo	407	382	370	637	72	192

## Reinigung

Basierend auf der Grundvariante des Lebensweges von Mosaikparkett werden die Auswirkungen der wöchentlichen Reinigung mit dem Staubsauger untersucht.

Da die meisten Wirkungskategorien sehr eng mit dem Primärenergieverbrauch korrelieren, wird dieser in der nebenstehenden Abbildung dargestellt.

Für die Reinigung werden in 50 Jahren rund 8,6 kWh elektrische Energie (Nutzenergie) benötigt. Dies entspricht 105 MJ Primärenergie. Bezogen auf den gesamten Lebensweg sind dies etwa 28 %.



MJ	
273	378

## 5.4 Weitere Szenarien

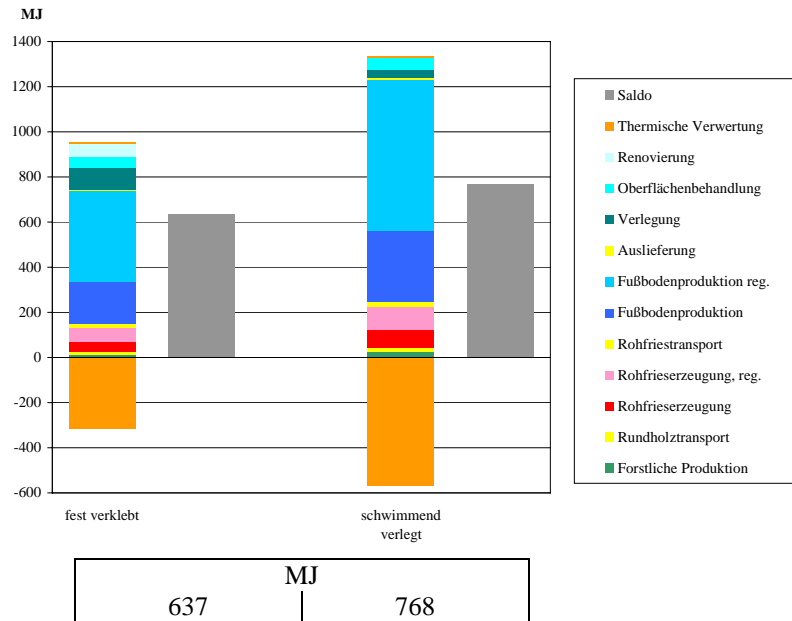
Die Ergebnisse der vorliegenden Ökobilanz hängen stark von den gewählten Szenarien in der Grundvariante ab. Es werden daher weitere, in der Praxis übliche Varianten dargestellt.

### Mehrschichtparkett „schwimmend“

Insbesondere die Art der Verlegung und die davon abhängige Nutzungsdauer beeinflusst die Ergebnisse des Mehrschichtparketts.

Während der betrachteten 50 Jahre muss ein festverklebter Boden, der 20 Jahre liegt, 3 mal produziert werden. Bei einer Nutzungsdauer von nur 10 Jahren läuft der Lebensweg dagegen 5 mal ab. Für die schwimmende Verlegung wird allerdings eine wesentlich geringere Menge Klebstoff mit vergleichsweise wenig Lösemittel verwendet. Das Ozonbildungspotential ist dadurch bei der Variante „schwimmend“ um fast 90 % geringer als bei der flächigen Verklebung mit Lösemittelklebstoff.

Die nebenstehende Abbildung zeigt beispielhaft die Auswirkung auf den Primärenergieverbrauch, der durch die kürzere Nutzungsdauer bei der schwimmenden Verlegung ca. 21 % höher ist als bei der festen Verklebung.



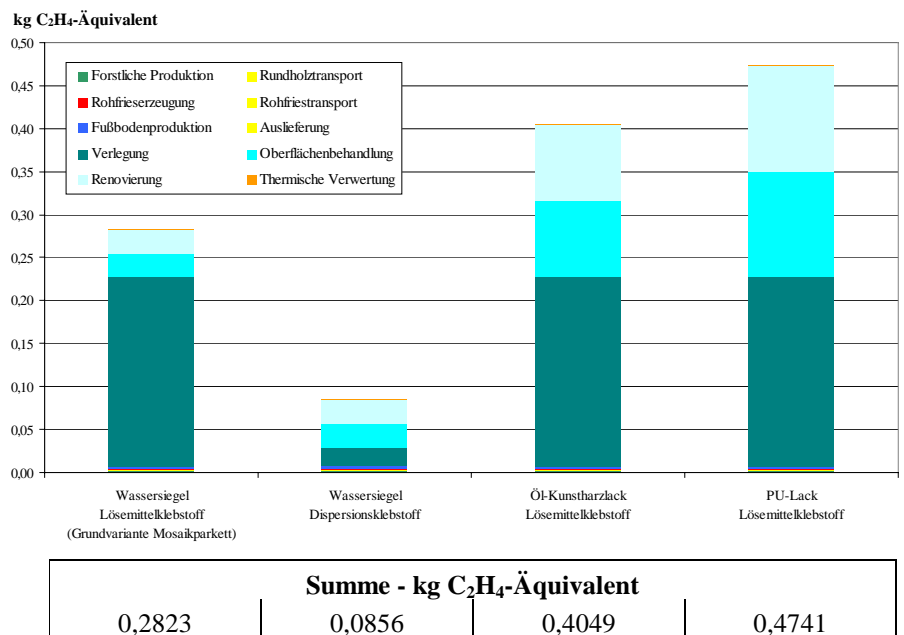
### Weitere Klebstoffe und Lacke

Die Wahl des Klebstoffs und des Lacks beeinflussen insbesondere das Ozonbildungspotential.

Neben der Grundvariante des Mosaikparketts (Lösemittelklebstoff und Wassersiegel) werden ein Dispersionsklebstoff, ein Öl-Kunstharzlack und ein PU-Lack bilanziert. Die Ergebnisse sind entsprechend auf die anderen Holzfußböden übertragbar.

Der Ersatz eines lösemittelhaltigen Klebstoffs durch einen Dispersionsklebstoff, reduziert das Ozonbildungspotential um annähernd 70 %. Die Kombination von Lösemittelklebstoff und Öl-Kunstharzlack bzw. PU-Lack dagegen übersteigt den Wert der Grundvariante um 43 % bzw. 67 %.

Im Hinblick auf die toxische Wirkung des Ozons ist die Reduktion des Ozonbildungspotentials von Bedeutung.



## 5.5 Auswertung

Wie die Wirkungsabschätzung zeigt, haben die einzelnen Abschnitte des Lebensweges unterschiedlich großen Einfluss auf die verschiedenen Umweltkategorien.

Das Modul **Forstwirtschaft** trägt mit rund 43 % bei allen Holzfußböden wesentlich zur CO<sub>2</sub>-Bilanz bei. Die Beiträge zu den weiteren Umweltkategorien sind sehr gering. Da die CO<sub>2</sub>-Speicherung ein wesentliches Kriterium im Lebensweg ist, kann das Modul Forstwirtschaft als Kernpunkt im Lebensweg bezeichnet werden.



Die **Rohfriesproduktion** zusammen mit der **Fußbodenproduktion** haben den höchsten Anteil am Primärenergieverbrauch. Die Fußbodenproduktion hat einen Anteil am gesamten Primärenergieverbrauch (fossil und regenerativ) von durchschnittlich 60 %. Durch die Abhängigkeit von Versauerung, Eutrophierung und Ozonabbau vom Energieeinsatz spielen sie auch in diesen Wirkungskategorien eine wichtige Rolle.

Auf den gesamten Lebensweg bezogen, haben die **Transporte** vergleichsweise geringe Auswirkungen. Der Anteil von Rundholztransport, Rohfriestransport und Auslieferung nimmt bei den verschiedenen Parkettarten von 3 % beim Mosaikparkett bis 5 % beim Mehrschichtparkett ein. Bei den Massivholzdielen (22 %) und dem Holzpflaster (15 %) ergeben sich höhere Anteile. Dies liegt zum einen an den größeren Transportentfernungen und zum anderen am insgesamt geringeren Energieverbrauch, auf den sich die Werte beziehen.

Die Anteile der Transporte an den Potentialen zur Versauerung, Eutrophierung und Ozonbildung liegen relativ nah zusammen, von rund 8 % beim Mosaikparkett für alle drei Potentiale bis zu 19 % beim Holzpflaster.

Die Module **Verlegung, Oberflächenbehandlung** und **Renovierung** können hinsichtlich der Beurteilung ihrer Anteile an den Umweltwirkungen zusammengefasst werden. Am stärksten beeinflussen sie eindeutig das Ozonbildungspotential. Sie schlagen mit 94 % bei den Massivholzdielen bis zu 97 % beim Mosaik- und 10-mm-Massivparkett zu Buche. Die Beiträge der anderen Module des Lebensweges sind zu vernachlässigen.

Es sind jedoch nicht nur die Emissionen auf der Baustelle von Bedeutung. Bereits die Herstellung der verschiedenen Verlegewerkstoffe beeinflusst das Ozonbildungspotential.

Die **thermische Verwertung** trägt durch die Gutschrift der gewonnenen Energie am stärksten zur Energiebilanz bei. Durch die thermische Verwertung können 24 % der insgesamt benötigten Primärenergie im Lebenslauf von Mosaikparkett und zu 67 % bei Massivholzdielen bereitgestellt werden.

Einen dementsprechend hohen Anteil hat die thermische Verwertung auch am Versauerungs-, Eutrophierungs- und Ozonabbaupotential.

Der durch die Holzbildung im Fußboden gespeicherte Kohlenstoff wird durch die thermische Verwertung als CO<sub>2</sub> freigesetzt. Damit schließt sich der CO<sub>2</sub>-Kreislauf.



## Normalisierung der Daten

Die Einzelergebnisse der verschiedenen Wirkungskategorien sind zunächst schwer zu interpretieren, da eine Bezugseinheit fehlt. Die Abschätzung, ob beispielsweise der Wert von 14 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent, bezogen auf den gesamten Lebensweg von Mosaikparkett, hoch oder niedrig ist, kann erst mit Hilfe von Vergleichsdaten erfolgen.

Hier bietet sich ein Vergleich aus dem Alltag an - zum Beispiel eine Fahrt mit einem PKW über 100 km. In Tabelle 10 die entsprechenden Ergebnisse der Wirkungsabschätzung dargestellt.

Das Treibhauspotential dieser Fahrt liegt mit 24 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent über den Werten der meisten Holzfußböden. Bedenkt man, dass der Betrachtungszeitraum für die Holzfußböden 50 Jahren beträgt, wird deutlich, wie positiv die jeweiligen Ergebnisse sind.

Ähnlich verhält es sich für die Wirkungskategorien Eutrophierung und Versauerung. Lediglich das Ozonbildungspotential ist bei den betrachteten Holzfußböden deutlich höher. Zum Ozonabbau liegen keine Daten für die PKW-Fahrt vor.

**Tabelle 10: Wirkungspotentiale einer PKW-Fahrt über 100 km**

Treibhauseffekt	23,782 kg CO <sub>2</sub> -Äquiv.
Versauerung	0,238 kg SO <sub>2</sub> -Äquiv.
Eutrophierung	0,040 kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -Äquiv.
Ozonbildung	0,042 kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äquiv.
Ozonabbau	k.A. kg R11-Äquiv.

## 6 Fazit

Die Umweltauswirkungen aller Holzfußböden sind sehr gering. Entscheidend zu diesen guten Werten trägt die lange Nutzungsdauer der Holzfußböden bei. Dies zeigen vor allem die Ergebnisse der verschiedenen Varianten bei der Verlegung des Mehrschichtparketts.

Von großer Bedeutung für die Beurteilung ist die Erfassung des gesamten Lebensweges, denn gerade die Module Forstwirtschaft sowie die thermische Verwertung am Ende des Lebensweges bestimmen das Gesamtergebnis in wesentlichen Punkten.

So werden im Modul Forstliche Produktion die positiven Umweltwirkungen wie die Umwandlung von Sonnenenergie in chemisch gebundene Energie und die Speicherung von Kohlenstoff im Holz erfasst. Die Bereitstellung des nachwachsenden Rohstoffes Holz unterscheidet sich somit wesentlich von nicht nachwachsenden Rohstoffen.

Der durch die Holzbildung im Fußboden gespeicherte Kohlenstoff wird durch die energetische Nutzung der Resthölzer in den Modulen Rohfries- und Fußbodenproduktion und schließlich die thermische Verwertung der ausgebauten Fußböden als CO<sub>2</sub> freigesetzt. Damit schließt sich der CO<sub>2</sub>-Kreislauf.

Ansätze zur Optimierung der Umweltwirkungen zeigen sich am deutlichsten in den Modulen Verlegung, Oberflächenbehandlung und Renovierung. Durch eine entsprechende Wahl des Klebstoffes bzw. Lackes kann das Ozonbildungspotential erheblich reduziert werden. Interessant wäre unter diesem Aspekt auch die Untersuchung eines geölten Fußbodens.

Die Auswirkungen auf die weiteren Wirkungskategorien korrelieren sehr eng mit dem Primärenergieeinsatz. Am stärksten wirkt sich hier das Modul Produktion aus. Innerhalb dieses Moduls hat die Trocknung der Rohfriesen einen bedeutenden Anteil. Eine verstärkte Anwendung der Freilufttrocknung, um geringere Holzfeuchten für die technische Trocknung zu erreichen, kann zur Optimierung beitragen.

## 7 Zusammenfassung

Das Ziel der Studie war die Erarbeitung von Ökobilanzen nach den derzeit gültigen internationalen Normen (ISO 14040 ff) für massive Holzfußböden sowie für Fertigparkett über deren gesamten Lebensweg.

Die Datenerhebung erfolgte anhand der einzelnen Lebenswegabschnitte, wie z.B. Forstliche Produktion, Fußbodenherstellung oder Verlegung. Auch die dazwischen liegenden Transporte sowie die Nutzungsphase und die daran anschließende Verwertung sind Inhalt der Arbeit.

Für die Forstliche Produktion und die thermische Verwertung stehen Daten aus früheren Untersuchungen zur Verfügung. In dieser Studie wurden die Rohfries- und Fußbodenproduktion, die Verlegung zusammen mit der Oberflächenbehandlung sowie die Nutzung und das letzte Modul „end-of-life“ erarbeitet.

Ebenfalls betrachtet werden unterschiedliche Szenarien (z.B. schwimmende oder verklebte Verlegung beim Mehrschichtparkett, unterschiedliche Klebstoffe und Oberflächen etc.).

Als Bezugseinheit für alle betrachteten Holzfußböden wurde 1 m<sup>2</sup> Holzfußboden festgelegt. Der zeitliche Rahmen der Betrachtung umfasst 50 Jahre. Während dieser Zeit werden auch mehrere Renovierungen bilanziert. Die unterschiedlichen tatsächlichen Nutzungsdauern der verschiedenen Böden fließen ebenfalls in die Betrachtung ein.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Umweltauswirkung von Holzfußböden sehr gering sind. Während der Produktion und Nutzung wirken die Holzfußböden dem anthropogenen Treibhauseffekt sogar entgegen.

Durch die thermische Verwertung am Ende des Lebensweges können bis zu rund zwei Drittel der insgesamt benötigten Primärenergie im Lebenslauf bereitgestellt werden.

Begleitet wurde das Projekt vom Arbeitskreis „Ökobilanz Parkett“, der sich aus Vertretern der Parkettindustrie, des Parkettlegerhandwerks sowie der Klebstoffhersteller zusammensetzt.



## Literatur

- (1) Kuckartz, U.: Umweltbewusstsein in Deutschland 2000. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Umweltbundesamt, 2000
- (2) Stiftung Warentest: Alarm im Wohnzimmer, 1999, H. 4, S. 64.
- (3) Stiftung Warentest: Die schwarze Gefahr, 2000, H. 12, S. 57.
- (4a) DIN EN ISO 14040. Umweltmanagement: Ökobilanz - Prinzipien und allgemeine Anforderungen. 1997-08
- (4b) DIN EN ISO 14041. Umweltmanagement: Ökobilanz - Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens sowie Sachbilanz. 1998-11
- (4c) DIN EN ISO 14042. Umweltmanagement: Ökobilanz - Wirkungsabschätzung. 2000-07
- (4d) DIN EN ISO 14043. Umweltmanagement: Ökobilanz - Auswertung. 2000-07
- (5) VO (EG) Nr. 761/2001 EMAS II
- (6) DIN EN ISO 14001: Umweltmanagementsysteme - Spezifikationen mit Anleitung zur Anwendung. 1996-10
- (7) Hulpke, H.; Koch, H. A.; Wagner, R. (Hrsg.): Römpf Lexikon Umwelt. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag 1993.
- (8) Kaltschmitt, M.; Reinhard, G.: Nachwachsende Energieträger. Grundlagen, Verfahren, ökologische Bilanzierung. Stuttgart, Heidelberg: Friedrich Vierweg Verlag, 1997.
- (9) DIN 280-1: Parkett; Parkettstäbe, Parketriemen und Tafeln für Tafelparkett. Ausgabe: 1990-04.
- (10) DIN 280-2: Parkett; Mosaikparkettlamellen. Ausgabe: 1990-04.
- (11) prEN 13227: DIN EN 13227 (Normentwurf): Holzfußböden (einschließlich Parkett) - Produktnorm - Vollholz-Lamparkettprodukte.
- (12) prEN 13226: DIN EN 13226 (Normentwurf): Holzfußböden (einschließlich Parkett) - Produktnorm - Parkettstäbe mit Nut und/oder Feder.
- (13) DIN 280-5.: Parkett; Fertigparkett-Elemente. Ausgabe: 1990-04.
- (14) DIN 4072.: Gespundete Bretter aus Nadelholz. Ausgabe 1977-08.

- (15) DIN 68702: Holzpflaster. Ausgabe: 2001- 04.
- (16) vdp Jahresbericht 1999, Düsseldorf
- (17) Schweinle, J.: Analyse und Bewertung der forstlichen Produktion als Grundlage für weiterführende forst- und holzwirtschaftliche Produktlinien-Analysen. Hamburg, Verlag Wiedebusch, 1996.
- (18) Schwaiger, H.; Zimmer, B.: A Comparison of Fuel Consumption and Greenhouse Gas Emissions from Forest Operations in Europe. In: Karjalainen, T. et al. (Hrsg.): Energy, Carbon and Other Material Flows in the Life Cycle Assessment of Forestry and Forest Products. Joensuu, Finland, European Forest Institute, 2001. S. 33-53.
- (19) PE- Product Engineering GmbH Stuttgart
- (20) Speckels, L.: Ökologischer Vergleich verschiedener Verwertungs- und Entsorgungswege für Altholz. Dissertation. Hamburg, Verlag Wiedebusch, 2001.
- (21) Houghton, J.; Meira Filho, L.; Callandar, B. et al. (Hrsg.): Climate Change 1995. The Science of Climate Change. Cambridge, Cambridge University Press 1996.

## Projektpartner

Für die Bereitstellung von Daten und Informationen danken wir:

Bauwerk Parkett GmbH  
Bembé-Parkettfabrik Jucker GmbH & Co. KG  
Berger-Seidle Siegeltechnik GmbH boden-wand-decke  
Bona GmbH  
Firma Konrad Dippel  
Hamberger Industrierwerke GmbH  
HAZET Parkett GmbH i.I.  
Henkel KGaA  
Theodor Höhns KG GmbH & Co.  
Ernst- Otto Becker GmbH i.L.  
Jakob Schmid Söhne GmbH & Co. KG  
Eugen Lägler GmbH  
Loba GmbH & Co. Kg  
Anton Lorenz GmbH & Co. KG  
Oldenburger Parkettwerk GmbH  
Pallmann Farben und Lacke  
H. und M. Plessmann GmbH & Co.  
Parkettfabrik Uffenheim Georg Hufnagl GmbH & Co.  
parkett Magazin  
PE-Product Engineering GmbH  
Firma Steinmeier  
Trumpf Fertigparkett GmbH & Co. KG  
Verband der Deutschen Parkettindustrie  
Wulff GmbH U. Co.  
WEILBURGER Coatings GmbH  
Zentralverband Parkett- und Fußbodentechnik

### Hinweis auf Veröffentlichung der Langfassung

Die Langfassung der vorliegenden Studie erscheint Anfang 2003 im Herbert Utz-Verlag München.

Titel: Ökobilanzierung Holzfußböden – eine repräsentative Studie deutscher Holzfußbodenhersteller

ISBN-Nummer: 3-8316-0136-4

Herbert Utz-Verlag  
Zieblandstrasse 7  
80799 München  
Tel.: 089 - 2777 91 00  
<http://www.utzverlag.de/>

## Glossar

**Abfall:** Jeder Output eines Produktsystems, der beseitigt wird.

**Abfallverwertung:** Stoffliche Abfallverwertung beinhaltet das Zurückgewinnen von Stoffen aus Abfällen, die Rohstoffe substituieren können (sekundäre Rohstoffe). Energetische Abfallverwertung beinhaltet den Einsatz von Abfällen als Ersatzbrennstoff.

**Allokation:** Verteilung bzw. Zuweisung der Stoff- und Energieflüsse eines Moduls oder eines Produktionsprozesses (Submoduls) auf z.B. die Haupt- und Nebenprodukte.

**Anthropogen:** durch den Menschen verursacht

**Auswertung:** Bestandteil der Ökobilanz, bei dem die Ergebnisse der Sachbilanz und/oder der Wirkungsabschätzung mit dem festgelegten Ziel und Untersuchungsrahmen zusammengeführt werden, um Schlussfolgerungen und Empfehlungen zu geben.

**Betriebsstoffe:** Stoffe die für den Ablauf eines Produktionsprozesses gebraucht werden, ohne selbst in das Produkt einzuzufießen (z.B. Schmieröl).

**DIN:** Deutsches Institut für Normung, das die in Deutschland gültigen DIN-Normen erarbeitet.

**Emissionen:** Von einer Anlage ausgehende Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen, Licht, Wärme, Strahlen und ähnliche Umwelteinwirkungen.

**Energiefluss:** In Energieeinheiten quantifizierter Input oder Output aus einem Modul oder Produktsystem.

**Eutrophierungspotential:** Der Beitrag der Emissionen zur Eutrophierung in kg  $\text{PO}_4^{3-}$ -Äquivalent. Phosphat dient als Bezugsgröße.

**Funktionelle Einheit:** Quantifizierter Nutzen eines Produktsystems als Vergleichseinheit in einer Ökobilanz. Auf die funktionelle Einheit werden alle Daten der Ökobilanz bezogen.

**Hauptprodukt:** Durch die Produktion willentlich hergestelltes Produkt.

**Heizwert, unterer:** Energieinhalt eines Energieträgers, der mit der heute zur Verfügung stehenden Technik gewonnen und nutzbar gemacht werden kann.

**Hilfsstoffe:** Stoffe die im Laufe des Produktionsprozesses in das Produkt einfließen. Sie dürfen kein wesentlicher Bestandteil sein, sondern müssen Hilfsfunktion haben (z.B. Klebenetz).

**Input:** Stoff oder Energie, der bzw. die einem Prozess zugeführt wird.

**ISO:** International Standardization Organisation, die weltweit gültige Normen erarbeitet.

**Modul:** Kleinster Anteil eines Produktsystems, für den zur Erstellung einer Ökobilanz Daten gesammelt werden.

**Nutzenergie:** Die Energie, die der Verbraucher zum Betrieb seiner Geräte einsetzt (z.B. Strom).

**Ökobilanz:** Zusammenstellung und Beurteilung der Input- und Outputflüsse sowie der potentiellen Umweltwirkungen eines Produktsystems im Verlauf seines Lebensweges.

**Output:** Stoff oder Energie, der bzw. die von einem Modul abgegeben wird.

**Ozonabbaupotential:** Der Beitrag der Emissionen zum Ozonabbau in kg R11-Äquivalent. Das Kältemittel R11 dient als Bezugsgröße

**Ozonbildungspotential:** Der Beitrag der Emissionen zur Ozonbildung (Sommersmog) in kg  $\text{C}_2\text{H}_4$ -Äquivalent. Ethen dient als Bezugsgröße.

**Primärenergie:** Energieinhalt der Energieträger in der Lagerstätte. Für die Gewinnung, Umwandlung und Bereitstellung der Nutzenergie notwendige Aufwände werden auf die dafür notwendige Menge an Primärenergieträgern zurückgerechnet.

**Produktsystem:** Zusammenfassung der durch Material- und Energieflüsse verbundenen Module, die eine oder mehrere festgelegte Funktionen erfüllen.

**Ressource:** In der Natur für die Nutzung verfügbarer Stoff oder Organismus, z.B. Boden, Bodenschätze, Wasser, Luft, Pflanzen oder Tiere.

**Rohstoff:** Primäres oder sekundäres Material, das in einem Umwandlungs- oder Produktionsprozess zur Herstellung eines Produktes verwendet wird.

**Sachbilanz:** Bestandteil einer Ökobilanz, der die Zusammenstellung und mengenmäßige Erfassung der Stoff- und Energieflüsse, bezogen auf ein Produktsystem umfasst.

**Stoffliche Abfallverwertung:** Der Hauptzweck der Maßnahme liegt in der Nutzung des Abfalls und nicht in der Beseitigung eines Schadstoffpotentials.

**Submodul:** Untereinheit eines Moduls, die z.B. einen einzelnen Produktionsprozeß beschreibt (z.B. Technische Trocknung der Rohfriese).

**Systemgrenze:** Schnittstelle zwischen einem Produktsystem und seiner Umwelt oder anderen Produktsystemen.

**Toxizität:** Die Giftigkeit für den Mensch (Humantoxizität) oder die Umwelt (Ökotoxizität).

**Treibhauspotential** ( $\text{GWP}_{100}$ ): Der Beitrag der Gase zum Treibhauseffekt, bezogen auf 100 Jahre in kg  $\text{CO}_2$ -Äquivalent. Kohlendioxid dient als Bezugsgröße.

**Versauerungspotential:** Der Beitrag der Emissionen zur Versauerung in kg  $\text{SO}_2$ -Äquivalent. Schwefeldioxid dient als Bezugsgröße.

**Verwertung:** Siehe Abfallverwertung

**Wirkungsabschätzung:** Bestandteil der Ökobilanz, der dem Erkennen und der Beurteilung der Größe und Bedeutung von potentiellen Umweltwirkungen dient. Die Ergebnisse aus der Sachbilanz werden hier in ihrer Wirkung auf die Umwelt beurteilt.

**Wirkungskategorie:** Klasse, die wichtige Umweltthemen repräsentiert, z.B. Treibhauseffekt oder Versauerung. Der Wirkungskategorie können die Sachbilanzergebnisse zugeordnet werden.

