

# Diplomarbeit

„CO<sub>2</sub>-Bilanzierung eines holzverarbeitenden Unternehmens unter Berücksichtigung des Emissionshandels sowie der Erstellung eines CO<sub>2</sub>-Minderungskataloges und einer produktbezogenen Nachhaltigkeitsbewertung“

zur Erlangung des Grades Diplom-Ingenieur (FH)

**vorgelegt von Verena Golz**

**geboren in Höxter**

**Matr.-Nr.: 16099028**

1. Betreuender Professor: Prof. Dr. phil. nat. Manfred Sietz
2. Betreuender Professor: Prof. Dr. rer. nat. Klaus Maßmeyer

Höxter im September 2004

„Of course I care about the future. I intend  
to spend the rest of my remaining life in it.”

*Mark Twain (1835 – 1910)*

*US-amerikanischer Schriftsteller*

## **Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich all jenen danken, die durch ihre fachliche und persönliche Unterstützung zum Gelingen dieser Diplomarbeit beigetragen haben.

Mein Dank gilt Herrn Prof. Dr. Sietz für das Bereitstellen dieses interessanten Themas der Diplomarbeit und die freundliche Hilfsbereitschaft, die er mir entgegenbrachte. Ebenso danke ich Herrn Prof. Dr. Maßmeyer für die Bereitschaft, das Co-Referat zu übernehmen.

Weiterhin danke ich Herrn Böker, der mich mit all seinen Mitteln unterstützte und ohne dessen Hilfe und Bemühungen diese Arbeit nicht zustande gekommen wäre. Danken möchte ich außerdem den Mitarbeitern des Unternehmens Böker Sperrholz GmbH & Co. KG für ihre Unterstützung, insbesondere Frau Menke für die gute Zusammenarbeit.

Mein besonderer Dank gilt meiner Familie, insbesondere meinen Eltern, die mir mein Studium ermöglicht und mich in all meinen Entscheidungen unterstützt haben.

Herzlich bedanken möchte ich mich auch bei meinem Freund, der mich immer wieder ermutigte und mit vielen nützlichen Tipps einen wesentlichen Teil zur Diplomarbeit beigetragen hat.

Schließlich danke ich meinen Freunden während der Studienzeit für vier sehr schöne Jahre in Höxter.

## **Versicherung**

Ich versichere hiermit, dass ich die Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten und nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit ist in gleicher Form noch nicht als Prüfungsarbeit eingereicht worden.

Verena Golz

Höxter, September 2004

<b>I.</b>	<b>INHALTSVERZEICHNIS .....</b>	<b>5</b>
<b>II.</b>	<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>11</b>
<b>III.</b>	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>15</b>
<b>IV.</b>	<b>TABELLENVERZEICHNIS.....</b>	<b>16</b>
<b>1</b>	<b>VORWORT.....</b>	<b>18</b>
<b>2</b>	<b>AUFGABENSTELLUNG UND ZIEL DER ARBEIT .....</b>	<b>19</b>
2.1	CO <sub>2</sub> -BILANZIERUNG EINES HOLZVERARBEITENDEN UNTERNEHMENS.....	19
2.2	PRODUKTBEZOGENE NACHHALTIGKEITSBEWERTUNG .....	19
<b>3</b>	<b>DAS LEITBILD NACHHALTIGE ENTWICKLUNG .....</b>	<b>21</b>
3.1	BEGRIFFSBESTIMMUNG .....	21
3.2	HANDLUNGSFELDER NACHHALTIGER UMWELTPOLITIK IN DEUTSCHLAND .....	23
3.2.1	<i>Energienutzung und Klimaschutz .....</i>	<i>24</i>
3.2.2	<i>Schritte zu einer nachhaltigen Mobilität .....</i>	<i>25</i>
3.2.3	<i>Nachhaltige Nahrungsmittelproduktion .....</i>	<i>26</i>
<b>4</b>	<b>RECHTLICHE GRUNDLAGEN .....</b>	<b>27</b>
4.1	GRUNDGESETZ .....	27
4.2	GESETZ ÜBER NATURSCHUTZ UND LANDESPFLEGE (BNATSCHG).....	27
4.3	GESETZ ZUR ERHALTUNG DES WALDES UND ZUR FÖRDERUNG DER FORSTWIRTSCHAFT (BUNDESWALDGESETZ, BWALDG).....	27
4.4	RAHMENÜBEREINKOMMEN DER VEREINTEN NATIONEN ÜBER KLIMAÄNDERUNGEN (KYOTO-PROTOKOLL).....	28
4.5	EMISSIONSHANDELS – RICHTLINIE (RL/2003/87/EG) .....	29
4.6	TREIBHAUSGAS – EMISSIONSHANDELSGESETZ (TEHG) .....	29
4.7	GESETZ ÜBER DEN NATIONALEN ALLOKATIONSPLAN FÜR TREIBHAUSGAS- EMISSIONSBERECHTIGUNGEN (ZUTEILUNGSGESETZ 2007 - ZUG 2007).....	30
4.8	BUNDES – IMMISSIONSSCHUTZGESETZ (BIMSCHG).....	31
4.9	VERORDNUNG ÜBER DIE EMISSIONEN VON TREIBHAUSGASEN (34. BIMSCHV) ..	31
4.10	KRAFT-WÄRME-KOPPLUNGSGESETZ (KWKG) .....	32
4.11	ENERGIE-EINSPARVERORDNUNG (ENEV).....	32
4.12	ERNEUERBARE-ENERGIEN-GESETZ (EEG) .....	32
4.13	BIOMASSEVERORDNUNG (BIOMASSEV).....	33
<b>5</b>	<b>EMISSIONSHANDEL – EIN INSTRUMENT NACHHALTIGER ENERGIEPOLITIK.....</b>	<b>34</b>
5.1	ZUSTÄNDIGE BEHÖRDEN .....	34

5.1.1	<i>Die Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt)</i> .....	34
5.2	DER EMISSIONSHANDEL VOR DEM START .....	35
5.3	FUNKTIONSWEISE DES REGISTERS.....	37
5.4	DIE ARBEIT DER SACHVERSTÄNDIGEN.....	38
5.5	WIRTSCHAFTLICHE AUSWIRKUNGEN DES EMISSIONSHANDELS AUF DIE DEUTSCHE INDUSTRIE.....	38
<b>6</b>	<b>NACHWACHSENDE ROHSTOFFE IM EINSATZ FÜR EINE NACHHALTIGE ENTWICKLUNG.....</b>	<b>40</b>
6.1	ABGRENZUNG DES BEGRIFFS „NACHWACHSENDE ROHSTOFFE“ .....	40
6.2	EINSATZ NACHWACHSENDER ROHSTOFFE.....	41
6.2.1	<i>Energetische Verwertung</i> .....	41
6.2.2	<i>Stoffliche Verwertung</i> .....	42
6.3	VORTEILE VON NACHWACHSENDEN ROHSTOFFEN – CHANCEN FÜR LANDWIRTSCHAFT UND INDUSTRIE.....	43
<b>7</b>	<b>CO<sub>2</sub>-BILANZIERUNG IN EINEM UNTERNEHMEN ZUR HOLZVER- UND BEARBEITUNG .....</b>	<b>45</b>
7.1	DIE FIRMA BÖKER SPERRHOLZ, BEVERUNGEN .....	45
7.1.1	<i>Chronologie</i> .....	45
7.1.2	<i>Verfahrensablauf der Sperrholzproduktion</i> .....	46
7.2	DIE CO <sub>2</sub> -BILANZIERUNG DER FIRMA BÖKER SPERRHOLZ.....	49
7.2.1	<i>CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die Heizungsanlage</i> .....	52
7.2.2	<i>CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Stromverbrauch</i> .....	53
7.2.3	<i>Personentransporte</i> .....	54
7.2.3.1	Personalverkehr .....	54
7.2.3.2	Besucherverkehr .....	64
7.2.4	<i>Verkehr durch den Fuhrpark</i> .....	65
7.3	DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE .....	70
7.4	MAßNAHMENKATALOG ZUR REDUZIERUNG DES CO <sub>2</sub> -AUSSTOßES UND ZUGEHÖRIGES MINDERUNGSPOTENTIAL .....	71
7.4.1	<i>Technische Maßnahmen</i> .....	72
7.4.1.1	Energieeinsparendes Verhalten im Betrieb.....	72
7.4.1.2	Energiesparende Beleuchtungssysteme .....	74
7.4.1.3	Überprüfung der Kraft-Wärme-Kopplungsanlage.....	74
7.4.1.4	Energieeinsparung durch effektive Wärmedämmung .....	76
7.4.2	<i>Organisatorische Maßnahmen</i> .....	77
7.4.2.1	Contracting – Die innovative Finanzierungsform für Energieinvestitionen .....	77
7.4.2.2	Beauftragter für Umwelt- und Energiefragen.....	78
7.4.2.3	Energiesparvorschläge .....	78
7.4.2.4	Energiesparen im Fuhrpark.....	78
7.4.2.5	Unternehmensziele: Energieeffizienz und Energiesparen .....	79

<b>8</b>	<b>FEHLERBETRACHTUNG</b> .....	<b>80</b>
8.1	STROMVERBRAUCH.....	80
8.2	HEIZENERGIEVERBRAUCH.....	80
8.3	VERKEHRSMITTEL.....	81
<b>9</b>	<b>AUSBLICK: MINDERUNGSPOTENTIAL</b> .....	<b>83</b>
<b>10</b>	<b>ÜBERGANG: WEGE ZUM GLOBALEN KLIMASCHUTZ</b> .....	<b>88</b>
<b>11</b>	<b>NACHHALTIGKEITSBEWERTUNG DES „LIGHT NATURAL SANDWICH PLATTENMATERIALS“</b> .....	<b>90</b>
11.1	DIE VERWENDETEN MATERIALIEN.....	90
11.1.1	<i>Triarrhena</i> .....	90
11.1.2	<i>Holz</i> .....	92
11.2	DAS PRODUKTSYSTEM „LIGHT NATURAL SANDWICH“ (LNS).....	93
11.2.1	<i>Terminologie – Sandwich</i> .....	94
11.2.2	<i>LNS der Firma Böker Sperrholz – Konstruktionsbeschreibung</i> .....	95
11.2.3	<i>Herstellungsverfahren</i> .....	98
11.3	STOFF- UND ENERGIESTRÖME .....	99
11.3.1	<i>Wasserbedarf</i> .....	100
11.3.2	<i>Energiebedarf</i> .....	101
11.3.3	<i>Emissionen</i> .....	101
11.3.3.1	Prozessbezogene Emissionen .....	102
11.3.3.2	Produktbezogene Kohlendioxid-Emissionen.....	102
11.3.4	<i>Abfallaufkommen</i> .....	104
11.3.5	<i>Fehlerbetrachtung bezüglich der Ermittlung der produktspezifischen Stoff- und Energieströme</i> .....	104
11.4	UMWELTORIENTIERTES-PRODUKT-BEWERTUNGSSYSTEM (UPB).....	106
11.4.1	<i>Einführung in die Bewertungsmethode</i> .....	106
11.4.2	<i>Darstellung der Bewertungsergebnisse</i> .....	107
11.5	BEWERTUNG DES „LNS-PLATTENMATERIAL“ DURCH ANWENDUNG DES CHECKLISTENSYSTEMS .....	109
11.5.1	<i>Ökoeffizienz / optimale Funktion</i> .....	109
11.5.1.1	Optimale Funktion .....	111
11.5.1.2	Serviceangebot (z.B. Mieten oder Leasen).....	111
11.5.1.3	Ressourcenkaskade .....	111
11.5.1.4	Produktsystem.....	111
11.5.2	<i>Ressourcenschonung</i> .....	112
11.5.2.1	Reduktion des Materialinputs .....	114
11.5.2.2	Wieder- / Weiterverwendung.....	114
11.5.2.3	Einsatz von Sekundärrohstoffen .....	114
11.5.3	<i>Einsatz erneuerbarer und ausreichend verfügbarer Ressourcen</i> .....	115
11.5.3.1	Ersetzen von nicht erneuerbaren Ressourcen durch erneuerbare .....	117

11.5.3.2	Einsetzen selten vorkommender Materialien durch weniger seltene	117
11.5.3.3	Minimieren des Einsatzes selten vorkommender Materialien	117
11.5.4	<i>Erhöhung der Langlebigkeit</i>	118
11.5.4.1	Optimieren der Zuverlässigkeit	120
11.5.4.2	Minimieren des Verschleißes	120
11.5.4.3	Zeitloses Design	120
11.5.4.4	Erweiterbarkeit	120
11.5.4.5	Einfache Reinigung	120
11.5.4.6	Einfache Wartung	120
11.5.4.7	Einfache Reparierbarkeit	120
11.5.4.8	Lange Garantiedauer	120
11.5.5	<i>Design für Produkt-Wiederverwendung</i>	121
11.5.5.1	Modulares Design	123
11.5.5.2	Leichter Zugang zu Komponenten	123
11.5.5.3	Korrosionsschutz	123
11.5.5.4	Standardisierung von Komponenten und Verbindungselementen	123
11.5.6	<i>Design für Materialrecycling</i>	124
11.5.6.1	Recyclingfähigkeit	126
11.5.6.2	Einsatz recyclingfähiger Materialien	126
11.5.6.3	Geringe Materialvielfalt	126
11.5.6.4	Materialkompatibilität	126
11.5.6.5	Zusatzstoffe	126
11.5.6.6	Materialkennzeichnung	126
11.5.6.7	Lokale Konzentration von Bauteilen mit gleichen Recyclingeigenschaften	126
11.5.7	<i>Minimierung des Einsatzes gefährlicher Stoffe</i>	127
11.5.7.1	Einsatz von Gefahrstoffen	129
11.5.7.2	Einsatz von besonders gefährlichen Stoffen	129
11.5.7.3	Abtrennbarkeit von Gefahrstoffen	129
11.5.7.4	Gesellschaftliche Akzeptanz	129
11.5.7.5	Gefährdungs- bzw. Störfallpotential	129
11.5.8	<i>Umweltfreundliche Produktion</i>	130
11.5.8.1	Abfallaufkommen	132
11.5.8.2	Energieverbrauch	132
11.5.8.3	Wasserverbrauch	132
11.5.8.4	Besonders überwachungsbedürftige Abfälle	132
11.5.8.5	Emissionen	132
11.5.8.6	Gefahrstoffe an den Arbeitsplätzen	132
11.5.8.7	Umweltrechtliche Anforderungen	133
11.5.8.8	Verwertungsquote	133
11.5.8.9	Funktionierendes Umweltmanagementsystem	133
11.5.9	<i>Minimierung der Auswirkung während der Nutzungsphase</i>	134
11.5.9.1	Gesundheitsschädliche Emissionen	136

11.5.9.2	Verbraucherinformationen.....	136
11.5.9.3	Unfallgefahr .....	136
11.5.9.4	Folgerucksack, Betriebsmitteleinsatz .....	136
11.5.9.5	Verständlichkeit der Gebrauchsanweisung.....	136
11.5.10	<i>Umweltfreundliche Verpackung</i> .....	137
11.5.10.1	Verpackungsdefinition.....	139
11.5.10.2	Rücknahmefähige Verpackungen .....	139
11.5.10.3	Wieder verwendbare Verpackungen.....	139
11.5.10.4	Rücknahmesystem .....	139
11.5.10.5	Reduktion von Masse / Volumen.....	139
11.5.10.6	Schadstoffe auf Verpackungen .....	139
11.5.10.7	Recyclierbare Verpackungen.....	139
11.5.10.8	Einsatz recycelter Materialien .....	139
11.5.10.9	Einsatz biologisch abbaubarer Materialien.....	139
11.5.11	<i>Umweltfreundliche Beseitigung nicht verwertbarer Materialien</i> .....	140
11.5.11.1	Vermeiden von Schadstoffen bei der Entsorgung (Abbauprodukte, Emissionen bei Verbrennung etc.).....	142
11.5.11.2	Kennzeichnung von schadstoffhaltigen Komponenten .....	142
11.5.11.3	Garantie natürlicher Materialien .....	142
11.5.12	<i>Einführung umweltfreundlicher Logistik</i> .....	143
11.5.12.1	Integration des Transports in die Umweltpolitik des Unternehmens	145
11.5.12.2	Transportfahrzeuge .....	145
11.5.12.3	Auswahl von Zulieferbetrieben und Entsorgern.....	145
11.5.12.4	Auswahl der Transportmodi .....	145
11.5.12.5	Rückfahrten.....	145
11.5.12.6	Ökologisches Logistikkonzept.....	145
11.5.13	<i>Betriebliche Umweltkosten</i> .....	146
11.5.13.1	Kosten, die das Unternehmen aufbringen muss, um bestimmte Roh-, Hilfs und Betriebsstoffe zu ersetzen .....	148
11.5.13.2	Ressourcenproduktivitätsverluste .....	148
11.5.13.3	Umweltbezogene Gebühren und Auflagen .....	148
11.5.14	<i>Allgemeine soziale Nachhaltigkeitsfaktoren</i> .....	149
11.5.14.1	Arbeitsbedingungen .....	151
11.5.14.2	Werden die Mitarbeiter/ -innen in betriebliche Entscheidungsprozesse einbezogen? .....	151
11.5.14.3	Qualität der Kommunikation, z.B. betriebliches Vorschlagswesen .	151
11.5.14.4	Umweltmotivation .....	151
11.5.14.5	Soziale Kompetenz des Unternehmens.....	151
11.5.14.6	Integration ausländischer Mitarbeiter .....	151
11.5.14.7	Integration behinderter Beschäftigter .....	151
11.5.15	<i>Gleichstellung der Geschlechter</i> .....	152
11.5.15.1	Betriebliche Frauenförderung.....	154

11.5.15.2 Unterstützung der Berufswiederaufnahme nach der E rziehungspause .....	154
11.5.15.3 Angebot an Teilzeitjobs .....	154
11.5.15.4 Möglichkeit des Job-Sharings.....	154
11.5.15.5 Telearbeitsplätze / Heimarbeit .....	154
<i>11.5.16 Globales Verantwortungsbewusstsein bei der Zusammenarbeit mit internationalen Lieferanten / Auftragnehmern .....</i>	<i>155</i>
11.5.16.1 Einhaltung der ILO 146-Empfehlungen zur Kinderarbeit.....	157
11.5.16.2 Berücksichtigung kultureller Gegebenheiten am jeweiligen Standort.....	157
11.5.16.3 Unterstützung von Betrieben in Entwicklungsländern .....	157
<i>11.5.17 Ökonomische Aspekte / langfristige Unternehmenssicherung.....</i>	<i>158</i>
11.5.17.1 Stabilität der Marktposition .....	160
11.5.17.2 Anteil von Fremdkapital .....	160
11.5.17.3 Ökonomische Handlungsgrundsätze.....	160
11.5.17.4 Minimierung von Transportwegen .....	160
11.5.17.5 Erhöhung der Energie- und Ressourcenproduktivität.....	160
11.5.17.6 Innovative Wirtschaftspolitik .....	160
11.5.17.7 Sicherung der Konjunkturtragfähigkeit .....	160
<i>11.5.18 Kooperationsbereitschaft mit stakeholder .....</i>	<i>161</i>
11.5.18.1 Kundenanforderungen hinsichtlich ökologischen, sozialen und ökonomischen Anforderungen.....	163
11.5.18.2 Beteiligung an Erstellung (kommunaler) ökologischer oder sozialer Aktionsprogramme, z.B. lokale Agenda 21 .....	163
11.5.18.3 Behördliche Kooperation .....	163
11.5.18.4 Einbeziehung der Anwohner .....	163
<b>12 BEWERTUNG DES „LNS-PLATTENMATERIALS“ .....</b>	<b>164</b>
12.1 AUSWERTUNG DER UNTERSUCHUNG UND DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE.....	164
12.2 ERLÄUTERUNG DER ERGEBNISSE UND MAßNAHMENVORSCHLÄGE .....	166
12.3 ABSCHLIEßENDE BEWERTUNG .....	169
<b>V. LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>170</b>

## II. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

a:	Jahr
BHKW:	Blockheizkraftwerk
BImSchG:	Bundesimmissionsschutzgesetz
BImSchV:	Bundesimmissionsschutzverordnung
BNatSchG:	Gesetz über Naturschutz und Landespflege
BiomasseV:	Biomasseverordnung
BRD:	Bundesrepublik Deutschland
BWaldG:	Bundeswaldgesetz
bzw.:	beziehungsweise
ca.:	circa
CH <sub>4</sub> :	Methan
cm:	Zentimeter
CO <sub>2</sub> :	Kohlenstoffdioxid
DAU:	Deutsche Akkreditierungs- und Zulassungsgesellschaft für Umweltgutachter
DBU:	Deutsche Bundesstiftung Umwelt
DEHSt:	Deutsche Emissionshandelsstelle
DIN:	Deutsche Industrienorm
DIW:	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
DtA:	Deutsche Ausgleichsbank
EEG:	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EnEV:	Energie-Einsparverordnung
EHKostVO:	Emissionshandels-Kostenverordnung
EG:	Europäische Gemeinschaft
ERP:	European Recovery Program – Europäisches Wiederaufbauprogramm
e.V.:	eingetragener Verein
EU:	Europäische Union
EJ:	Exajoule
FAL:	Bundforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig

---

FCKW:	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
FNR:	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.
Fm:	Festmeter
FWL:	Feuerungswärmeleistung
GEMIS:	Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme
HFC:	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
hPa:	Hektopascal
Hrsg.:	Herausgeber
H <sub>u</sub> :	unterer Heizwert
IHK:	Industrie- und Handelskammer
K:	Kelvin
KfW:	Kreditanstalt für Wiederaufbau
kg:	Kilogramm
kJ:	Kilojoule
km:	Kilometer
kW:	Kilowatt
kWh:	Kilowattstunde
KrW-/AbfG:	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz
KWK:	Kraft-Wärme-Kopplung
KWKG:	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
L:	Liter
LCD:	Life Cycle Design
LKW:	Lastkraftwagen
LNS:	Light Natural Sandwich
m:	Meter
m <sup>2</sup> :	Quadratmeter
m <sup>3</sup> :	Kubikmeter
mm <sup>2</sup> :	Quadratmillimeter
MDI:	Methylen-Diphenyl-Diisocyanat
Mio.:	Millionen
MJ:	Megajoule

---

Mrd.:	Milliarden
MW:	Megawatt
N:	Newton
NAP:	Nationaler Zuteilungsplan
NAPG:	Gesetz über den Nationalen Zuteilungsplan für Treibhausgas-Emissionsberechtigungen in der Zuteilungsperiode 2005 bis 2007
N <sub>2</sub> O:	Distickstoffoxid, „Lachgas“
O <sub>2</sub> :	Sauerstoff
o.a.:	oben aufgeführte,n
OHG:	Offene Handelsgesellschaft
P:	Person
PFC:	perflourierte Kohlenwasserstoffe
PKW:	Personenkraftwagen
PIUS:	Produktionsintegrierter Umweltschutz
ppm:	parts per million
PUR:	Polyurethan
REN-NRW:	Programm zur Förderung rationeller Energieverwendung und Nutzung unerschöpflicher Energiequellen des Landes Nordrhein-Westfalens
RL:	Richtlinie
SF <sub>6</sub> :	Schwefelhexafluorid
sog.:	so genannt,e,n
TA-Luft:	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
TA-Lärm:	Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm
TEHG:	Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz
TJ:	Terrajoule
UBA:	Umweltbundesamt
UN:	United Nations
UNEP:	United Nations Environment Programme
UNFCCC:	United Nations Framework Convention on Climate Change
UPB:	Umweltorientiertes-Produkt-Bewertungssystem
usw.:	und so weiter

vergl.:	vergleiche
VDI:	Verein Deutscher Ingenieure
WCED:	World Commission on Environment and Development
WSSD	World Summit on Sustainable Development
z.B.:	zum Beispiel
ZuG:	Zuteilungsgesetz
ZuV:	Zuteilungsverordnung

### III. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

<i>Abbildung 3-1: Magisches Dreieck der Nachhaltigkeit</i> .....	23
<i>Abbildung 3-2: Konsequenzen des Treibhausgasausstoßes</i> .....	25
<i>Abbildung 5-1: Funktionsweise des Emissionshandels</i> .....	34
<i>Abbildung 5-2: Prinzip des Emissionshandels</i> .....	37
<i>Abbildung 6-3: Vorteile von nachwachsenden Rohstoffen</i> .....	44
<i>Abbildung 7-1: Böker Sperrholz GmbH &amp; Co.KG in Beverungen</i> .....	45
<i>Abbildung 7-2: Herstellung von Sperrholz</i> .....	47
<i>Abbildung 7-3: Produktion von Schäl furnieren</i> .....	48
<i>Abbildung 7-4: Aufbau einer Sperrholzplatte</i> .....	48
<i>Abbildung 7-5: Energieverbrauch der einzelnen Emissionsverursacher</i> .....	71
<i>Abbildung 9-1: Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen unter Berücksichtigung der geplanten Maßnahmen</i> .....	83
<i>Abbildung 9-2: Energieverbrauch des Holzgewerbes in Vergleich zu anderen Branchen</i> .....	86
<i>Abbildung 11-3: Darstellung einer Sandwichkonstruktion mit Wabenkern</i> .....	94
<i>Abbildung 11-4: LNS-Plattenmaterial der Firma Böker Sperrholz</i> .....	95
<i>Abbildung 11-5: Aufbau des LNS-Materials der Firma Böker Sperrholz</i> .....	96
<i>Abbildung 11-6: Prozesskette des Herstellungsverfahrens für LNS</i> .....	98
<i>Abbildung 11-7: Fertigungskarussell</i> .....	99
<i>Abbildung 11-8: Exemplarische Checkliste</i> .....	107
<i>Abbildung 11-9: Beispieldarstellung für die prozentualen Anteile der A-, B- und C Werte des Leitkriteriums X</i> .....	107
<i>Abbildung 12-1: Prozentuale Verteilung der A-, B- und C-Wertungen im Rahmen der Bewertung für das LNS-Plattenmaterial</i> .....	164
<i>Abbildung 12-2: Darstellung der A-, B- und C-Verteilung für die einzelnen Leitkriterien</i> .....	165

## IV. TABELLENVERZEICHNIS

<i>Tabelle 5-1: Aufteilung der CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Emissionskategorien</i> .....	35
<i>Tabelle 6-1: Energieträger und ihre Heizwerte</i> .....	41
<i>Tabelle 6-2: Beispiele für den Einsatz nachwachsender Rohstoffe bei der Produktfertigung</i> .....	43
<i>Tabelle 7-1: Die Wirkung der Treibhausgase im Vergleich zu CO<sub>2</sub></i> .....	50
<i>Tabelle 7-2: Berechnungsgrundlagen zur CO<sub>2</sub>-Bilanzierung</i> .....	51
<i>Tabelle 7-3: CO<sub>2</sub>-Äquivalent für einen Kessel für Holz in Deutschland</i> .....	52
<i>Tabelle 7-4: Stromverbrauch bzw. -einspeisung des Unternehmens im Jahr 2003</i> .....	53
<i>Tabelle 7-5: CO<sub>2</sub>-Äquivalent zum Stromverbrauch in Deutschland</i> .....	54
<i>Tabelle 7-6: Mitarbeiter und ihre Verkehrsmittel auf dem Weg zur Arbeit</i> .....	55
<i>Tabelle 7-7: Schadstoffemissionen des PKW-Verkehrs</i> .....	57
<i>Tabelle 7-8: Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den PKW-Verkehr</i> .....	58
<i>Tabelle 7-9: Mitarbeiter, die den Weg zur Arbeit mit Fahrgemeinschaften zurücklegen:</i> .....	59
<i>Tabelle 7-10: Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Fahrgemeinschaften</i> .....	60
<i>Tabelle 7-11: Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die Benutzung von Fahrrädern:</i> .....	61
<i>Tabelle 7-12: CO<sub>2</sub>-Äquivalent von Kleinkraftfahrzeugen</i> .....	61
<i>Tabelle 7-13: Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die Benutzung von Rollern:</i> ...	62
<i>Tabelle 7-14: CO<sub>2</sub>-Äquivalent von Motorfahrzeugen</i> .....	63
<i>Tabelle 7-15: Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch unterschiedliche Beförderungsmittel</i> .....	63
<i>Tabelle 7-16: Angaben zum Besucherverkehr</i> .....	64
<i>Tabelle 7-17: Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Besucherverkehr</i> .....	65
<i>Tabelle 7-18: Fahrzeuge und Arbeitsgeräte der Firma Böker Sperrholz:</i> .....	65
<i>Tabelle 7-19: CO<sub>2</sub>-Äquivalente für den LKW mit Anhänger</i> .....	66
<i>Tabelle 7-20: CO<sub>2</sub>-Äquivalent unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Beladung</i> .....	67
<i>Tabelle 7-21: Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Verkehr von Fahrzeugen der Firma Böker Sperrholz im Jahr 2003:</i> .....	67
<i>Tabelle 7-22: Treibstoffverbrauch der Arbeitsgeräte</i> .....	68
<i>Tabelle 7-23: CO<sub>2</sub>-Äquivalente der Arbeitsgeräte</i> .....	68
<i>Tabelle 7-24: Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Verkehr von Gabelstaplern der Firma Böker Sperrholz</i> .....	69
<i>Tabelle 7-25: Emissionsverursacher und ihre Ausstöße</i> .....	70
<i>Tabelle 9-1: CO<sub>2</sub>-Minderungsmaßnahmen und ihr CO<sub>2</sub>-Minderungspotential</i> .....	83
<i>Tabelle 9-2: Vergleich von quantifizierten CO<sub>2</sub>-Reduktionen in verschiedenen Unternehmen und Einrichtungen</i> .....	86
<i>Tabelle 11-1: Eigenschaftsprofile von verschiedenen Plattenwerkstoffen</i> .....	97
<i>Tabelle 11-2: Beispiele für Produkte aus LNS-Material</i> .....	97
<i>Tabelle 11-3: Gesamtauswurf der absoluten Schadstoffemissionen für das Jahr 2003</i>	102

<i>Tabelle 11-4: Produktbezogene Schadstoffmassenströme</i> .....	104
<i>Tabelle 11-5: ABC-Einteilung des Produktbewertungssystems</i> .....	106
<i>Tabelle 11-6: Bewertungssystematik für die Gesamtbewertung des Produktes</i> .....	108
<i>Tabelle 11-7: Bewertung des Bezugsobjektes anhand der Checkliste „Ökoeffizienz/optimale Funktion“</i> .....	110
<i>Tabelle 11-8: Bewertung des Bezugsobjektes anhand der Checkliste „Ressourcenschonung“</i> .....	113
<i>Tabelle 11-9: Bewertung des Bezugsobjektes anhand der Checkliste „Einsatz erneuerbarer und ausreichend verfügbarer Ressourcen“</i> .....	116
<i>Tabelle 11-10: Bewertung des Bezugsobjektes anhand der Checkliste „Erhöhung der Langlebigkeit“</i> .....	119
<i>Tabelle 11-11: Bewertung des Bezugsobjektes anhand der Checkliste „Design für Produkt-Wiederverwertung“</i> .....	122
<i>Tabelle 11-12: Bewertung des Bezugsobjektes anhand der Checkliste „Design für Materialrecycling“</i> .....	125
<i>Tabelle 11-13: Bewertung des Bezugsobjektes anhand der Checkliste „Minimierung des Einsatzes gefährlicher Stoffe“</i> .....	128
<i>Tabelle 11-14: Bewertung des Bezugsobjektes anhand der Checkliste „Umweltfreundliche Produktion“</i> .....	131
<i>Tabelle 11-15: Bewertung des Bezugsobjektes anhand der Checkliste „Minimierung der Auswirkung während der Nutzungsphase“</i> .....	135
<i>Tabelle 11-16: Bewertung des Bezugsobjektes anhand der Checkliste „Umweltfreundliche Verpackung“</i> .....	138
<i>Tabelle 11-17: Bewertung des Bezugsobjektes anhand der Checkliste „Umweltfreundliche Beseitigung nicht verwertbarer Materialien“</i> .....	141
<i>Tabelle 11-18: Bewertung des Bezugsobjektes anhand der Checkliste „Einführung umweltfreundlicher Logistik“</i> .....	144
<i>Tabelle 11-19: Bewertung des Bezugsobjektes anhand der Checkliste „Betriebliche Umweltkosten“</i> .....	147
<i>Tabelle 11-20: Bewertung des Bezugsobjektes anhand der Checkliste „Allgemeine soziale Nachhaltigkeitsfaktoren“</i> .....	150
<i>Tabelle 11-21: Bewertung des Bezugsobjektes anhand der Checkliste „Gleichstellung der Geschlechter“</i> .....	153
<i>Tabelle 11-22: Bewertung des Bezugsobjektes anhand der Checkliste „Globales Verantwortungsbewusstsein bei der Zusammenarbeit mit internationalen Lieferanten / Auftragnehmern“</i> .....	156
<i>Tabelle 11-23: Bewertung des Bezugsobjektes anhand der Checkliste „Ökonomische Aspekte; langfristige Unternehmenssicherung“</i> .....	159
<i>Tabelle 11-24: Bewertung des Bezugsobjektes anhand der Checkliste „Kooperationsbereitschaft mit Anspruchsgruppen (stakeholder)“</i> .....	162
<i>Tabelle 12-1: Quantitative Aufgliederung der A-, B- und C-Verteilung</i> .....	164
<i>Tabelle 12-2: Zusammenstellung der Maßnahmenvorschläge im Rahmen der Bewertung des LNS-Plattenmaterials</i> .....	168

## 1 VORWORT

Der Beginn des 21. Jahrhunderts ist geprägt von der rasanten Entwicklung der Globalisierung in Form weltweiter Verflechtungen von Menschen, Gütern, Information und Kapital. Die Handlungsschranken zwischen den Staaten werden zunehmend abgebaut und der Produktionsfaktor Kapital ist weltweit mobil und einsetzbar. Gleichzeitig ist der Trend einer fortschreitenden Zerstörung der natürlichen Lebensgrundlagen ungebrochen. So werden weiterhin die Ressourcen des Ökosystems Erde in vielen Bereichen überbeansprucht.

Der Treibhauseffekt und die daraus weltweiten resultierenden Klimaveränderungen werden von vielen Fachleuten als das drängendste globale Umweltproblem betrachtet. Auch die Bodenverödung durch den nicht nachhaltigen Anbau fremder Nutzpflanzen, der dem Produktionsland durch internationale Handelszwänge auferlegt wird, ist ein Problem, das durch die Globalisierung hervorgerufen oder verschlimmert wird. Schließlich ist auch der steigende Güter- und Personenverkehr und der damit verbundene Verbrauch von vorwiegend fossilen Energieträgern, z.B. Erdöl, als Folge der Globalisierung zu betrachten.

Vor diesem Hintergrund sollte das gemeinsame globale Ziel sein, der Tendenz einer stetigen Entstehung und Zunahme von Umweltbelastungen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung entgegenzusteuern und somit Verantwortung für die Zukunft der Erde und ihrer heutigen und künftigen Bewohner zu übernehmen. Dabei spielt vor allem die Wirtschaft eine bedeutende Rolle. In der AGENDA 21, dem „Kursbuch“ des 21. Jahrhunderts, verabschiedet auf der weltweit ersten Konferenz für nachhaltige Entwicklung in Rio de Janeiro im Jahr 1992, werden in diesem Zusammenhang Anforderungen an die Unternehmen gestellt. So sollen beispielsweise Produktionsprozesse, Produkte und Arbeitsabläufe in Betrieben so effizient und umweltverträglich gestaltet werden, dass sie dauerhaft mit dem Ziel des Erhaltes unserer natürlichen Lebensgrundlagen im Einklang stehen. Dabei können die Betriebe neben der Entlastung der Umwelt durch eine ökonomische Wirtschaftsweise gleichzeitig noch Geld sparen. Auch in der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung „Perspektiven für Deutschland“ wird deutlich gemacht, dass Unternehmen, die eine nachhaltige Wirtschaftsstrategie verfolgen, durch entsprechende Innovationen erfolgreicher im Wettbewerb sind. Die Zukunft wird also den Unternehmen gehören, die sich der Verantwortung einer nachhaltigen Wirtschaftsweise stellen, nicht nur für ein effektives Unternehmensmanagement, sondern auch vor allem für das gesellschaftliche und ökologische Umfeld, in dem produziert und investiert wird.

## **2 AUFGABENSTELLUNG UND ZIEL DER ARBEIT**

Die vorliegende Diplomarbeit gliedert sich in zwei Teile und befasst sich dabei mit den beiden folgenden zu erläuternden Themenschwerpunkten:

### **2.1 CO<sub>2</sub>-Bilanzierung eines holzverarbeitenden Unternehmens**

Im Hinblick auf den ab 2005 beginnenden Emissionshandel in der Europäischen Union sollen die Kohlendioxid-Emissionen des Unternehmens Böker Sperrholz GmbH & Co. KG, Beverungen erfasst werden. Im Vorfeld sollen in diesem Zusammenhang die gesetzlichen Rahmenbedingungen und weiteren Vorschriften auf internationaler, nationaler Ebene sowie die Instrumente und Einrichtungen des Emissionshandels dargestellt und näher erläutert werden.

Für die Bilanzierung werden als emissionsverursachende Faktoren der Energieverbrauch, der Stromverbrauch sowie der Personen- und Fuhrparkverkehr des Betriebes berücksichtigt. Eine Bestandsaufnahme der erforderlichen Daten bildet dabei die Grundlage für die Berechnung des ausgestoßenen Kohlendioxids. Als Bezugsjahr wird das Jahr 2003 gewählt.

Im Anschluss an die Bilanzierung der Emissionen soll ein CO<sub>2</sub>-Minderungskatalog erstellt werden, der Aufschluss über mögliche Maßnahmen zur Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen im Unternehmen gibt. Dabei wird zwischen technischen, z.B. Optimierung von Anlagen, und organisatorischen Maßnahmen, z.B. die Bestimmung eines geeigneten Ansprechpartners für Energie- und Umweltfragen, unterschieden.

Weiterhin werden in einem Abschnitt die Auswirkungen des Emissionshandels und die damit verbundenen Einsparmöglichkeiten auf die deutschen Betriebe aufgezeigt und näher erläutert werden.

Als Abschluss der emissionsbezogenen Thematik werden das erreichbare CO<sub>2</sub>-Minderungspotential sowie weitere Energieeinsparpotentiale im Unternehmen quantitativ erfasst und zusammenfassend dargestellt.

Anschließend wird im folgenden Teil der Diplomarbeit das LNS-Plattenmaterial der Firma Böker Sperrholz vorgestellt. Durch seine Komponenten auf Basis nachwachsender Rohstoffe trägt es neben der Schonung fossiler Ressourcen vor allem auch zur Verbesserung der CO<sub>2</sub>-Bilanz des Unternehmens bei.

### **2.2 Produktbezogene Nachhaltigkeitsbewertung**

Im zweiten Abschnitt der Diplomarbeit soll das LNS-Plattenmaterial, eine Sandwichkonstruktion aus den Komponenten Holz und dem bambusähnlichen Gras Triarrhena, der Firma Böker Sperrholz GmbH & Co. KG unter dem Aspekt der produktbezogenen Nachhaltigkeit bewertet werden. Dabei sollen sowohl ökologische als auch ökonomische und soziale Gesichtspunkte während des gesamten Produktlebensweges berücksichtigt werden. Die Bewertung wird dabei anhand eines Checklistsensystems erstellt. Das Aufzeigen von Schwachstellen des Produktes und die

Erarbeitung von Verbesserungsmaßnahmen bezüglich der Nachhaltigkeit des Produktes soll das Ergebnis dieser Beurteilung sein.

Die produktbezogene Nachhaltigkeitsbewertung stellt somit ein Instrument dar, das aus den Forderungen der AGENDA 21, dem Abschlussbericht der Umweltkonferenz in Rio de Janeiro im Jahr 1992, entstand. Im Rahmen eines effektiven Nachhaltigkeitsmanagements ist die Wirtschaft weltweit gefordert, neue Instrumente und strategische Managementansätze zu entwickeln. Die Förderung von sowohl ökologisch als auch sozial verträglichen Produkten auf der Basis wirtschaftlichen Erfolgs ist ein Schritt in Richtung einer nachhaltigen Entwicklung unter Berücksichtigung der natürlichen Lebensgrundlagen.

**Wortlaut der Aufgabenstellung:**

*„CO<sub>2</sub>-Bilanzierung eines holzverarbeitenden Unternehmens unter Berücksichtigung des Emissionshandels sowie der Erstellung eines CO<sub>2</sub>-Minderungskonzeptes und einer produktbezogenen Nachhaltigkeitsbewertung“*

Inhaltliche Bausteine der Diplomarbeit sind zum einen die Emissionshandelsrichtlinie der EU sowie die Ausführungen der Bundesregierung im Vorfeld des Jahres 2005. Die Nachhaltigkeitsbewertung ist anhand der UPB-Checklisten zu erstellen und gegebenenfalls anzupassen bzw. zu aktualisieren.

## 3 DAS LEITBILD NACHHALTIGE ENTWICKLUNG

### 3.1 Begriffsbestimmung

Nachhaltige Entwicklung ist seit der Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung (UNEP) ein Begriff, der den Zustand oder die Entwicklung beschreibt, die so langfristig und umweltgerecht ist, dass der Mensch die Natur und Umwelt stetig nutzen und sich in ihr weiterentwickeln kann. Diese größte Gipfelkonferenz des 20. Jahrhunderts, die im Juni 1992 in Rio de Janeiro stattfand, machte die nachhaltige Entwicklung zum zentralen Leitbild künftigen globalen Handelns.

Schon vor der Umweltkonferenz in Rio de Janeiro hat es mehrere Schritte zu einem gemeinsamen internationalen Vorgehen zum Schutz der Umwelt gegeben. Die erste UNO-Weltkonferenz zum Thema Umwelt fand 1972 in Stockholm statt und gilt als der eigentliche Beginn der internationalen Umweltpolitik. Im gleichen Jahr wurde auf Empfehlung der Stockholmer Konferenz durch die UN-Vollversammlung das UN-Umweltprogramm (UNEP = U.N. Environment Programme) gegründet.

Der Begriff der ökonomisch geprägten Nachhaltigkeit findet im Bereich der Forstwirtschaft schon im 16. Jahrhundert Anwendung. In der lokalen Reichenhaller Forstordnung von 1661 heißt es:

*„Gott hat die Wäld(er) für den Salzquell erschaffen, auf dass sie ewig wie er kontinuierlich mögen; also soll der Mensch es halten: ehe der alte (Wald) ausgeht, der jungen bereits wieder zum Verhacken herangewachsen ist.“<sup>1</sup>*

Da der Wald als Lieferant für Brennholz zum Salzsieden benötigt wurde, sollte er dauerhaft als Rohstoffquelle zur Verfügung stehen. Die dauerhafte Nutzung ist eine Übersetzung, die auch heute für Nachhaltigkeit oft verwendet wird. Erstmals benutzt wurde das Wort „nachhaltig“ vom Berghauptmann H. C. Carlowitz (1645-1714) in seinem Buch „Silvicultura oeconomica“ (1713). Er war durch die dauerhafte Sicherung der Holznutzung für den Bergbau motiviert.

In den achtziger Jahren des 20. Jahrhunderts bekommt der Nachhaltigkeitsbegriff eine über die Forstwirtschaft hinausgehende Verbreitung. Die Brundtland-Kommission war eine von der Vereinten Nationen-Generalversammlung 1983 eingesetzte und nach ihrer Vorsitzenden, der damaligen Ministerpräsidentin Gro Harlem Brundtland, benannte „Weltkommission für Umwelt und Entwicklung“ (WCED = World Commission on Environment and Development) mit Sitz in Genf. Die Kommission hatte die Aufgabe, einen Perspektivbericht zur langfristig, tragfähigen und umweltschonenderen Entwicklung im Weltmaßstab bis zum Jahr 2000 und darüber hinaus anzufertigen. Vier Jahre nach der Gründung wurde der Zukunftsbericht der Organisation, „Unsere gemeinsame Zukunft“ („Our common future“), der auch als Brundtland-Bericht bekannt wurde, veröffentlicht.

---

<sup>1</sup> von Bülow, G.: Die Sudwälder von Reichenhall, München, 1962

Der Bericht entwickelte erstmalig das Leitbild einer „nachhaltigen Entwicklung“, „*die den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen und ihren Lebensstil zu wählen.*“

Dieser inhaltsschwere Satz fordert somit die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit gemeinsam mit der sozialen Verantwortung und des Umweltschutzes. Dabei sollen sowohl Entwicklungschancen für Entwicklungsländer berücksichtigt und geschaffen als auch die natürlichen Lebensgrundlagen für die künftigen Generationen erhalten werden. Mit dem Konzept der nachhaltigen Entwicklung wurden erstmals Problembereiche wie Umweltverschmutzung in Industrieländern, globale Hochrüstung, Schuldenkrise, Bevölkerungsentwicklung und Wüstenausbreitung in Entwicklungsländern, in Verbindung miteinander betrachtet. Der Bericht beeinflusste die internationale Diskussion über Entwicklungs- und Umweltpolitik erheblich. Der Brundtland-Report wurde zum auslösenden Hauptfaktor der Umweltkonferenz von Rio de Janeiro im Jahr 1992. Auf dem „Erd-Gipfel“ wurden grundlegende und weitreichende Entscheidungen für eine weltweite nachhaltige Entwicklung getroffen. Zentrales Abschlussdokument war die AGENDA 21, ein weltweites Aktionsprogramm, das konkrete Entwicklungswege aufzeigt, um einer weiteren Verschlechterung der Situation des Menschen und der Umwelt entgegenzuwirken und eine nachhaltige Nutzung der Ressourcen sicherzustellen. Die AGENDA 21 fordert in erster Linie die Regierungen der einzelnen Staaten. Sie sollen auf nationaler Ebene die Umsetzung der nachhaltigen Entwicklung in Form von Konzepten und Strategien erarbeiten. Dabei ist für den Erfolg der Maßnahmen neben der Beteiligung von regierungsunabhängigen Organisationen vor allem das Engagement der Öffentlichkeit bzw. der Bevölkerung gefragt. Eine nachhaltige Entwicklung erfordert Verantwortung für die „Eine Welt“. Der Leitgedanke „global zu denken und gleichzeitig lokal zu handeln“ soll in diesem Zusammenhang realisiert werden.

Die Leistungen der einzelnen nationalen Staaten sollen von einer Organisation, z.B. der UN, koordiniert werden.<sup>2</sup>

Insgesamt besteht die AGENDA 21 aus insgesamt 40 Kapiteln, in denen die Erreichung eines zukunftsfähigen, dauerhaft tragfähigen Entwicklungsprozesses, der ökologisches Gleichgewicht, ökonomische Sicherheit und soziale Gerechtigkeit gleichermaßen integriert, näher erläutert wird. Dargestellt wird das auch so genannte Drei-Säulen-Modell durch das magische Dreieck der Nachhaltigkeit.

---

<sup>2</sup> Vergleiche: <http://www.nachhaltigkeit.aachener-stiftung.de/110135995721445/Geschichte/Weltgipfel%20Rio%20de%20Janeiro%201992/Agenda%2021.htm> (Stand: 30.08.04)

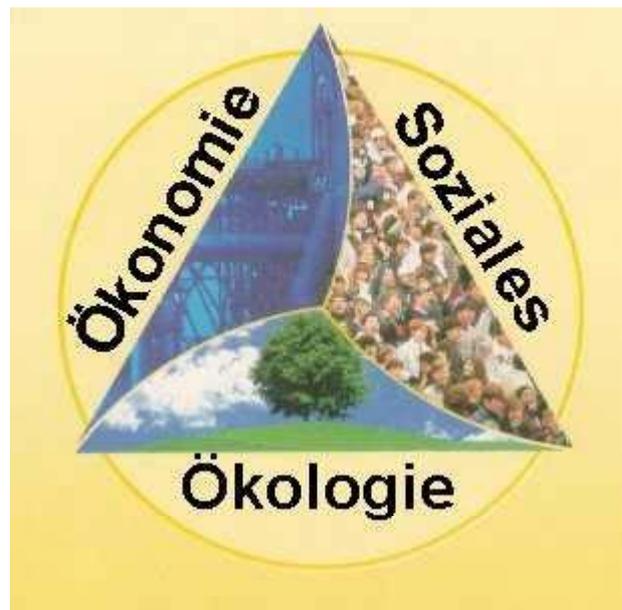


Abbildung 3-1: Magisches Dreieck der Nachhaltigkeit (Quelle: <http://www.learnline.nrw.de/angebote/agenda21/info/nachhalt.htm> (Stand: 30.08.04))

Im Jahr 2002 fand in Johannesburg der Weltgipfel für nachhaltige Entwicklung (WSSD = World Summit on Sustainable Development) statt. Ziel der Konferenz war zum einen die Prüfung der Resultate der seit Rio de Janeiro festgelegten Maßnahmen und Strategien auf internationaler, nationaler und regionaler Ebene bezüglich der nachhaltigen Entwicklung. Andererseits sollten auch neue Impulse für die internationale Umweltpolitik und die nachhaltige Entwicklung gegeben werden, denn trotz der Fortschritte, die seit der Umweltkonferenz 1992 erzielt wurden, sind immer noch Themen wie die Armut in den Entwicklungsländern, der anhaltende Ausstoß von Treibhausgasen, die starke Abnahme der biologischen Vielfalt, die zunehmende Unfruchtbarkeit des Bodens oder großflächige Abholzung der Tropenwälder hochaktuell.

### 3.2 Handlungsfelder nachhaltiger Umweltpolitik in Deutschland

Um die Sicherung der Lebensgrundlagen für kommende Generationen gewährleisten zu können, müssen Umweltziele festgelegt werden, die auch nachhaltige Entwicklungspfade im sozialen und wirtschaftlichen Raum mit einbeziehen. Die Umweltpolitik in Deutschland ist durch die Verminderungen der Emissionen in Luft, Wasser und Boden als insgesamt erfolgreich einzustufen. Jedoch sind Umweltprobleme, die gerade in den letzten Jahren erkennbar wurden, wie z.B. der Rückgang der biologischen Vielfalt, der Treibhauseffekt oder das erhöhte Krebsrisiko in Ballungsräumen, auch in den letzten Jahren erst deutlicher hervorgetreten. Diese Erkenntnis zeigt, dass die Lebensbedingungen in den Industrieländern noch nicht als nachhaltig zu bezeichnen sind. Vor allem die Nutzung fossiler Ressourcen, wie Kohle, Erdöl oder Erdgas, beeinträchtigen den Naturhaushalt auf die Dauer erheblich.

Die Bundesregierung hat im Jahr 2002 bezüglich der Forderungen der AGENDA 21 ihre nationale Nachhaltigkeitsstrategie vorgelegt. Sie beinhaltet 21 Ziele und Indikatoren für eine nachhaltige Entwicklung in Deutschland. Im folgenden Abschnitt sollen einige Handlungsfelder und zugehörige Maßnahmen dieser Nachhaltigkeitsstrategie aufgezeigt und näher erläutert werden, mit denen eine nachhaltige Entwicklung aus ökologischer Sicht in Deutschland erreicht werden soll. Dabei wird auch stets auf die Vernetzung der Handlungsfelder auf globaler Ebene verwiesen.

### 3.2.1 Energienutzung und Klimaschutz

Ist die allgemeine und dauerhafte Verfügbarkeit von geeigneten Energieressourcen bei gleichzeitiger Begrenzung von negativen Auswirkungen durch Energiebereitstellung, -transport und -nutzung gewährleistet, so kann man von einer nachhaltigen Energienutzung sprechen. Die Förderung innovativer Energieerzeugungs- und Nutzungstechniken, besonders auf dem Gebiet der erneuerbaren Energien (z.B. Biomasse, Sonne (thermisch/fotovoltaisch), Wind, Geothermie, Wasser) sowie eine Steigerung der Energieeffizienz bei der Erzeugung und dem Verbrauch von Energie, sind Maßnahmen, um sich dem Ziel nachhaltiger Energienutzung anzunähern. Derzeit ist der gegenwärtige Energieverbrauch und die damit entstehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen zu hoch. Weiterhin beruht die Energieversorgung in Deutschland (Primärenergieverbrauch für 2003: über 80 %<sup>3</sup>) sowie auch weltweit weitgehend auf fossilen und somit endlichen Energieträgern. Die bei der Verbrennung fossiler Rohstoffe entstehenden Treibhausgase, wie Kohlendioxid und Wasserdampf, bewirken beispielsweise eine Veränderung der natürlichen Zusammensetzung der Atmosphäre. Der Anteil dieser Treibhausgase, zu denen hauptsächlich Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Wasserdampf (H<sub>2</sub>O), Methan (CH<sub>4</sub>), Distickstoffoxid (N<sub>2</sub>O) und Ozon (O<sub>3</sub>) zählen, machen eigentlich nur drei Promille der Masse der Atmosphäre aus. Seit Beginn der Industrialisierung wurde durch den zunehmenden Ausstoß von Treibhausgasen das Klimasystem verändert. Nur durch Modellrechnungen können Ausmaße und Auswirkungen dieser Klimawandlungen für die Zukunft nachgebildet werden. Zu den wesentlich erwartenden Klimaänderungen des 21. Jahrhunderts gehören z.B. ein mittlerer globaler Temperaturanstieg von 1,4 bis 5,8 °C, die Häufung extremer Wetterverhältnisse wie Wirbelstürme oder Dürreperioden, sinkende Nahrungsmittelproduktion und Rückgang der biologischen Vielfalt sowie ein Anstieg des Meeresspiegels um 10 bis 90 cm. Vor diesem Hintergrund zählt der Klimaschutz neben der Ressourcenschonung und der Erhaltung der Lebensgrundlagen heutiger und zukünftiger Generationen zu den wichtigsten Zielen. Die folgende Abbildung stellt die direkten und indirekten Auswirkungen des Temperaturanstiegs für die Menschen weltweit dar. Besonders betroffen sind dabei die ärmeren Bevölkerungsteile in den Entwicklungsländern.

---

<sup>3</sup> Quelle: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Erneuerbare Energie in Zahlen, Berlin 2004

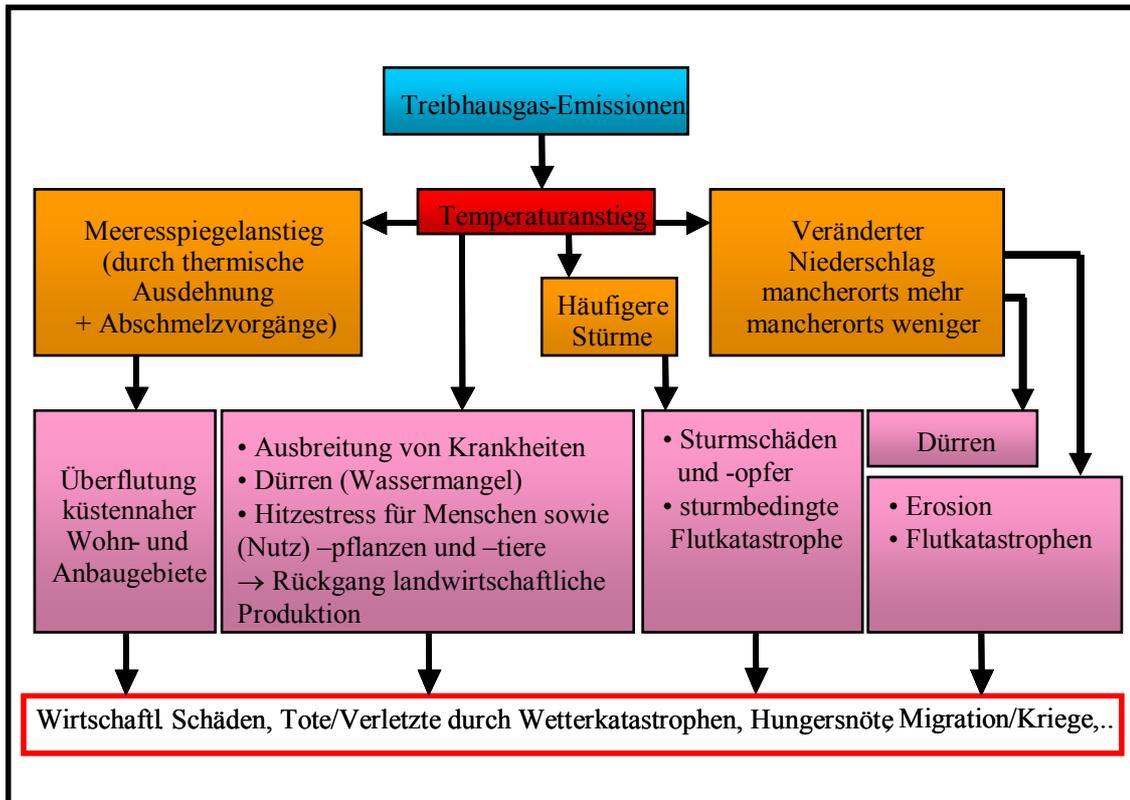


Abbildung 3-2: Konsequenzen des Treibhausgasausstoßes (Quelle: <http://www.germanwatch.org/fohlen/ee/foлие009.htm> (Stand: 30.08.04) )

### 3.2.2 Schritte zu einer nachhaltigen Mobilität

Für den Bereich Mobilität des Menschen wird auch für die Zukunft eine kräftige Zunahme des Personen- und Güterverkehrs erwartet. Der daraus resultierende klimaschädliche Zuwachs an CO<sub>2</sub>-Emissionen gehört zu den Hauptverursachern von Umweltbelastungen. Die zur Selbstverständlichkeit werdende Mobilität ist heutzutage eine Grundvoraussetzung eines modernen Staates. Jedoch müssen die Mobilitätsbedürfnisse so befriedigt werden, dass eine nachhaltige Entwicklung in diesem Rahmen realisierbar ist. Wie schon bei der Energienutzung soll eine nachhaltige Verkehrspolitik durch Effizienzsteigerungen erreicht werden. Dabei beabsichtigt die Bundesregierung die Inanspruchnahme der Straßen und die Belastung der Umwelt auf die Transportkosten durch Erhöhung der Mineralölsteuer oder Einführung einer Maut für schwere LKW niederzuschlagen. Weiterhin sollen Verkehrsträger wie Bus und Bahn durch bessere Vernetzung attraktiver gemacht werden und der Güterverkehr, aufgrund der geringeren Umweltbelastungen, zu anderen Transportmöglichkeiten vor allem auf langen Strecken ausgebaut werden. Das Ziel ist, die Rahmenbedingungen für den Verkehr so zu gestalten, dass er den Anspruch an einer nachhaltigen Entwicklung entspricht, besonders auch als Vorbild für die umweltschonende Mobilität in den Entwicklungsländern, wo eine erhebliche Zunahme des Verkehrs erst noch bevorsteht.

### 3.2.3 Nachhaltige Nahrungsmittelproduktion

Im Hinblick auf das Angebot von Nahrungsmitteln ist Deutschland ein Land des Überflusses. Anders als in viel weniger industrialisierten Ländern der Welt sind die Ernährungsmöglichkeiten sehr vielfältig und durch ein niedriges Preisniveau der Lebensmittel gekennzeichnet.

Nach dem Auftreten von BSE im Jahr 2001 wurde eine kritische Diskussion zum Thema Nahrungsmittelproduktion angeregt und neu bewertet. Dabei spielten neben der Lebensmittelqualität und -sicherheit auch der Nahrungsmittelprozess und seine Auswirkungen auf Umwelt, Natur und Tierhaltung eine Rolle. Die Bundesregierung berücksichtigt in ihrer Nachhaltigkeitsstrategie die Konsequenzen dieser Entwicklung und nennt die Ziele im Rahmen einer Neuausrichtung der Landwirtschaft und die Realisierung eines vorsorgenden Verbraucherschutzes. Dabei soll das Bedürfnis stetig gesunde Lebensmittel zu erhalten, gewährleistet sein. Außerdem soll die Landwirtschaft natur- und umweltverträglich gestaltet sein. Für die Haltung und den Transport von Tieren sind gesetzliche Mindestanforderungen festzulegen. Der ökologische Landbau soll deutlich ausgebaut werden und wirtschaftliche Perspektiven (qualitätsorientierte Verbraucher, regionale Vermarktung) sollen stärker berücksichtigt werden.

## 4 RECHTLICHE GRUNDLAGEN

Dieses Kapitel dient als Überblick zu der aktuellen Gesetzeslage und weiteren Vorschriften auf nationaler und internationaler Ebene im Hinblick auf den Emissionshandel und dem Thema nachhaltige Entwicklung. Die einzelnen wichtigen Regelungen werden im Folgenden näher erläutert.

### 4.1 Grundgesetz

Der Umweltschutz als Staatszielbestimmung wird im Jahr 1994 im Artikel 20a des Grundgesetzes aufgegriffen. So werden die Themen Nachhaltigkeit und nachhaltige Entwicklung zwei Jahre nach dem Weltgipfel von Rio de Janeiro im Jahr 1992 zum Bestandteil der deutschen Gesetzgebung.

#### **Grundgesetz, Artikel 20 a:**

*"Der Staat schützt auch in Verantwortung für die künftigen Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen im Rahmen der verfassungsmäßigen Ordnung durch die Gesetzgebung und nach Maßgabe von Gesetz und Recht durch die vollziehende Gewalt und die Rechtsprechung."*

Somit soll gewährleistet sein, dass alle staatlichen Organe, vor allem die Gesetzgebung, für die Bedürfnisse der zukünftigen Generationen Verantwortung übernehmen. Durch den verfassungsrechtlichen Rang im Grundgesetz soll dem Umwelt- und Naturschutz somit eine erhöhte Berücksichtigung im Vergleich zu anderen gesellschaftlichen Interessen zugeschrieben werden.

### 4.2 Gesetz über Naturschutz und Landespflege (BNatSchG)

Das BNatSchG regelt die bundesweit geltenden Vorschriften des gesetzlichen Naturschutzes und enthält für die Naturschutzgebung der Bundesländer die gültigen Vorgaben. Ziel des Gesetzes ist der Schutz von Natur und Landschaft aufgrund ihres eigenen Wertes und als Lebensgrundlage für den Menschen auch in Verantwortung für die künftigen Generationen. Durch ein entsprechendes Verhalten sowie eine passende Beitragsleistung sollen diese Ziele, d.h. die nicht mehr als nach den Umständen unvermeidbare Beeinträchtigung von Natur und Landschaft, verwirklicht werden. Die Ziele des Naturschutzes und der Landschaftspflege sind die Sicherung der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts, die Regenerationsfähigkeit und nachhaltige Nutzungsfähigkeit der Naturgüter, der Tier- und Pflanzenwelt einschließlich ihrer Lebensstätten und Lebensräume sowie der Vielfalt, Eigenart und Schönheit und der Erholungswert von Natur und Landschaft.

### 4.3 Gesetz zur Erhaltung des Waldes und zur Förderung der Forstwirtschaft (Bundeswaldgesetz, BWaldG)

Das Bundeswaldgesetz umfasst nicht nur den umweltschutzrechtlichen Bereich, sondern auch wirtschaftsverwaltungsrechtliche Vorschriften. Ziel des Gesetzes ist die Sicherung und die Mehrung des Waldes aufgrund seines wirtschaftlichen Nutzens, seiner

Bedeutung für die Umwelt sowie seines Erholungspotentials für die Bevölkerung. Auch der Nachhaltigkeitsgrundsatz *„Schlage nur soviel Holz ein, wie der Wald verkraften kann! Soviel Holz, wie nachwachsen kann! Lebe von den "Zinsen" des Kapitals Wald!“* ist in seiner Aussage ein wesentlicher Bestandteil des Gesetzes. Demnach darf der Wald auch nur mit Genehmigung der nach Landesrecht zuständigen Behörde gerodet werden. Die Genehmigung soll nicht erteilt werden, wenn die Erhaltung des Waldes im öffentlichen Interesse liegt oder besonders der Wald das wesentliche Leistungspotential für den Naturhaushalt darstellt. Das Bundeswaldgesetz umfasst außerdem u.a. Regelungen zur forstlichen Rahmenplanung, über wirtschaftliche Zusammenschlüsse sowie Förderung der Forstwirtschaft durch staatliche Zuschüsse.

#### **4.4 Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (Kyoto-Protokoll)**

Bei dem Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (im Folgenden: Kyoto-Protokoll) handelt es sich um ein internationales Abkommen des UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change), das für den Klimaschutz zuständige Sekretariat, der UN (United Nations). Das im Dezember 1997 auf der 3. Vertragskonferenz der Klimarahmenkonvention verabschiedete Vertragswerk enthält erstmals rechtsverbindliche Begrenzungs- und Reduktionsverpflichtungen für Treibhausgase, die für die globale Erwärmung verantwortlich gemacht werden. Die Industrieländer verpflichten sich darin, die Emissionen der sechs Treibhausgase (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, H-FKW, FKW, SF<sub>6</sub>) um mindestens 5 % in ihrer Summe bis zu dem Zeitraum 2008 - 2012 gegenüber dem Stand von 1990 zu verringern. Das Abkommen kann jedoch erst in Kraft treten, wenn mindestens 55 Staaten, die zusammen mehr als 55 % der Treibhausgasemissionen der Industrieländer (bezogen auf 1990) verursachen, das Kyoto-Protokoll ratifizieren. Nach Angaben des UNFCCC haben bisher (Stand: 15.04.2004) zusammen 122 Industrieländer, die insgesamt 44,2 % der Treibhausgasemissionen verursachen, das Protokoll ratifiziert. Um den Anteil von 55 % der teilnehmenden Staaten erreichen zu können, damit das Abkommen in Kraft treten kann, ist die Ratifikation Russlands, das im Jahr 1990 für 17,4 % der Treibhausgasemissionen verantwortlich war, noch erforderlich.

Die USA als wichtige Industrienation, mit im Durchschnitt 36 % des globalen Ausstoßes, hat das Protokoll zwar unterschrieben, jedoch nicht ratifiziert.

Die Europäische Union verpflichtet sich auf Grundlage des Kyoto-Protokolls zu einer Emissionsminderung von 8 % bis zum Zeitraum 2008-2012. Deutschland muss dabei einen Beitrag von – 21,0 % leisten.

Sollte das Abkommen aufgrund fehlender Ratifizierungen einzelner Industrieländer nicht in Kraft treten können, wollen die schon eingewilligten Länder ihre zugesagten CO<sub>2</sub>-Minderungsziele bis 2012 trotzdem erreichen. Als eines der wesentlichen „Emissionssenkungs-Instrumente“, die im Kyoto-Protokoll verankert sind, soll in der Europäischen Union der Emissionsrechtehandel ab Januar 2005 in Kraft treten.

#### 4.5 Emissionshandels – Richtlinie (RL/2003/87/EG)

Die EU-Emissionshandelsrichtlinie (RL/2003/87/EG) ist am 25. Oktober 2003 in Kraft getreten und stellt die Rechtsgrundlage für den EU-Emissionshandel dar. Die Zielsetzung der Richtlinie ist die Verringerung der Treibhausgasemissionen auf kosteneffizientem und wirtschaftlich effizientem Weg, um die im Kyoto-Protokoll vorgesehenen Verpflichtungen zu erfüllen. Die Umsetzung erfolgt mit Hilfe der Errichtung eines EU-weiten Emissionshandelssystems bis zum 1. Januar 2005.

Zunächst soll das System nur auf Anlagen der Energiewirtschaft und der energieintensiven Industrie angewendet werden. Die Ausdehnung auf weitere Wirtschaftszweige ist ab 2008, in der sog. 2. Phase des Emissionshandels, möglich. Bis 2008, der sog. 1. Phase des Emissionshandels, werden vorerst auch nur die CO<sub>2</sub>-Emissionen erfasst. Die übrigen schon im Kyoto-Protokoll erfassten Treibhausgase können im Zeitraum 2008-2012 erstmalig einbezogen werden.

Anhand von Emissionszertifikaten, die einem Betrieb zugeteilt werden, ist das Unternehmen berechtigt, einen bestimmten Umfang an CO<sub>2</sub> emittieren zu dürfen. Der Verantwortliche ist verpflichtet, die Summe der Berechtigungen bei der zuständigen Behörde jährlich an einem festgesetzten Stichtag abzugeben, die er im vergangenen Jahr aufgrund der vorhandenen Emissionen seiner Anlage erhalten hat. Hat der Anlagenbetreiber sein Kontingent an Emissionen überschritten, muss er Zertifikate zukaufen. Ebenso können Zertifikate bei einer Unterschreitung der erlaubten Emissionsmenge, durch eine im Vorfeld angelegte Optimierung der bezüglichen Anlagen, verkauft werden. Die wirtschaftlichen Auswirkungen für die deutsche Industrie werden im Abschnitt 5.5 näher erläutert.

Die Zuteilung der Zertifikate erfolgt über einen nationalen Zuteilungsplan<sup>4</sup>.

Die Richtlinie sieht weiter eine Überwachung der Emissionen der Verantwortlichen vor. Die Prüfung der Ergebnisse, die der zuständigen Behörde in Form eines Emissionsberichts vorzulegen ist, erfolgt durch einen unabhängigen Gutachter. Legt der Anlagenbetreiber seinen Emissionsbericht nicht zum vorgesehenen Zeitpunkt vor, wird er vorübergehend vom Verkauf von Berechtigungen ausgeschlossen. Weiterhin ist der Betreiber verpflichtet, eine Genehmigung bei der zuständigen Landesbehörde (Landes-Immissionsschutzbehörde) zu beantragen, soweit diese unter die Richtlinie fällt. Die Genehmigung ist zu erteilen, wenn der Verantwortliche insbesondere die technischen Voraussetzungen zur Überwachung seiner Emissionen nachweist.

#### 4.6 Treibhausgas – Emissionshandelsgesetz (TEHG)

Die EU-Emissionshandelsrichtlinie soll primär als Stammgesetz durch das Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz in das deutsche Recht umgesetzt werden. Das

---

<sup>4</sup> Vergleiche: Kap. 4.7 Gesetz über den Nationalen Zuteilungsplan in der Zuteilungsperiode 2005 – 2007 (ZuG); Quelle: [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)

Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz regelt die Grundlagen des Emissionshandelssystems in allen Bereichen. Dazu gehört sowohl die Zuteilung und der Handel von Berechtigungen als auch die darauf bezogenen Sanktionen. Das Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz trat am 15. Juli 2004 in Kraft.

#### **4.7 Gesetz über den nationalen Allokationsplan für Treibhausgas-Emissionsberechtigungen (Zuteilungsgesetz 2007 - ZuG 2007)**

Zur zentralen Frage der Zuteilung von Treibhausgasemissionsberechtigungen in der Zuteilungsperiode 2005 – 2007 an Emittenten wurde in Deutschland am 09. Juli 2004 das Zuteilungsgesetz 2007 beschlossen und ist am 31. August 2004 in Kraft getreten. Die Nationalen Zuteilungspläne mussten bis zum 31. März 2004 veröffentlicht und der Kommission der Europäischen Gemeinschaften sowie den übrigen Mitgliedsstaaten übermittelt werden. Der Plan regelt, wie viele Emissionszertifikate der Mitgliedsstaat in dem o.a. Zeitraum insgesamt vergibt und wie diese Zertifikate auf die Anlagen verteilt werden. Innerhalb von drei Monaten nach Vorlage des nationalen Zuteilungsplan erfolgte eine Überprüfung durch die Kommission der Europäischen Gemeinschaft. Dabei sollten sowohl die Aspekte der Wettbewerbsneutralität bei der Zuteilung als auch die Emissionsverringerung durch das Potential von Emissionsquellen berücksichtigt werden. Mit dem Inkrafttreten des Zuteilungsgesetzes am 31. August 2004 hat auch zugleich die Antragsfrist für den Erhalt der Emissionsberechtigungen begonnen. Die Zuteilung der Zertifikate an die Anlagenbetreiber erfolgt im Zeitraum vom 21. September bis 01. November 2004. Laut Emissionsrichtlinie sollen in der ersten Handlungsphase 2005 – 2007 die Emissionsrechte bis zu mindestens 95% kostenlos zugewiesen werden, die Bundesregierung wird die Zertifikate laut ZuG bis zu 100% kostenlos zuteilen. Befugt zum Handel mit Zertifikaten ist jede natürliche und juristische Person.

In der zugehörigen Verordnung, der „Zuteilungsverordnung 2007 – ZuV 2007“, werden nähere Aussagen zu den Berechnungsmethoden für die im Zuteilungsgesetz 2007 festgelegten Zuteilungsregeln getroffen. Weiterhin beinhaltet diese Verordnung Informationen zu den Angaben, Unterlagen und Anforderungen bezüglich der Nachweisverpflichtungen im Zuteilungsantrag sowie Kriterien, die zur Prüfung der Anträge durch Sachverständige angewendet werden sollen. Die Zuteilungsverordnung 2007 ist zusammen mit der „Emissionshandels-Kostenverordnung – EHKostVO 2007“, die Aussagen zu der kostendeckenden Gebührenerhebung seitens der Deutschen Emissionshandelsstelle<sup>5</sup> (DEHSt) bezüglich der notwendigen Amtshandlungen macht, am 01. September 2004 in Kraft getreten.

---

<sup>5</sup> Vergleiche: Kapitel 5.1.1: Die deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt)

#### 4.8 Bundes – Immissionsschutzgesetz (BImSchG)

Das Bundes-Immissionsschutzgesetz ist die zentrale Vorschrift für die Errichtung und den Betrieb von genehmigungsbedürftigen Anlagen, die schädliche Umwelteinwirkungen durch Emissionen, in Luft, Wasser und Boden, unter Einbeziehung der Abfallwirtschaft, oder eine Gefährdung, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen auf eine andere Weise<sup>6</sup> verursachen können. Die Genehmigung seitens der zuständigen Behörde kann nur erteilt werden, wenn sichergestellt ist, dass die Anlagen diese Beeinträchtigungen nicht verursachen und auch alle relevanten Vorschriften eingehalten werden. Das Bundes-Immissionsschutzgesetz enthält hierzu die Regelungen, die auf einzelne Anlagen bezogen sind und solche, die die Überwachung der Luftqualität vorschreiben, auf die räumliche Planung einwirken sowie solche, die die Vorsorge für Störfälle betreffen. Das Gesetz regelt in diesem Zusammenhang nur die allgemeinen Anforderungen an die Anlagen. Bezüglich der weiteren, überwiegend technischen Einzelheiten, kommt den zum BImSchG erlassenen Rechtsverordnungen und den Verwaltungsvorschriften Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) sowie der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) erhebliche praktische Bedeutung zu. Diese Rechtsnormen enthalten demnach konkrete Anforderungen an bestimmte Anlagentypen oder Einzelheiten zum Genehmigungsverfahren und zur Überwachung von Anlagen.

Bezüglich des Emissionshandels ist u.a. die „Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen – 4. BImSchV)“ bedeutend. Für die Datenerhebung wurden nämlich die betroffenen Anlagen von den Landesimmissionsschutzbehörden nach Abgrenzung der 4. BImSchV unter Nutzung der immissionsschutzrechtlichen Genehmigung identifiziert. Die Anlagenbetreiber wurden daraufhin zu der freiwilligen Angabe ihrer Emissionen aufgefordert.

#### 4.9 Verordnung über die Emissionen von Treibhausgasen (34. BImSchV)

Die sog. „Artikel-Verordnung“ regelt *„die Emissionsgenehmigung samt Anwendungsbereich des Emissionshandels sowie die Treibhausgasüberwachung für nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) genehmigungspflichtige Anlagen“*<sup>7</sup>. Durch Auflistung der dem Emissionshandel unterfallenden Anlagentypen mit den jeweiligen zu emittierenden Treibhausgasen im Anhang 1 der Verordnung wird der Anwendungsbereich konkretisiert. Weiterhin gibt die Verordnung Aufschluss über die Pflichten von Verantwortlichen zur Überwachung ihrer Emissionen, der

---

<sup>6</sup> Das Gesetz greift hier über den Immissionsschutz hinaus, schließt aber in diesem Zusammenhang gleichzeitig die Gefahren durch die Kernenergie und durch die schädliche Wirkung ionisierender Strahlen aus. Quelle: Bundesimmissionsschutzgesetz, 1986

<sup>7</sup> Quelle: [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de): Begründung zur Verordnung zur Umsetzung der Emissionshandelsrichtlinie für Anlagen nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz

jährlichen Berichtserstattungspflicht und dem Verfahren zur Prüfung und Verifizierung von Berichten durch unabhängige Gutachter. Die Verordnung regelt zudem die Einbeziehung der Emissionsgenehmigung in das bestehende Anlagenrecht und macht es somit möglich, die Emissionsgenehmigung in das immissionsschutzrechtliche Genehmigungsverfahren für Anlagen zu integrieren.

#### **4.10 Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG)**

Das Gesetz regelt den Schutz, die Erhaltung und die Modernisierung von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen sowie den Ausbau der Stromerzeugung von kleinen KWK-Anlagen und auch die Markteinführung der Brennstoffzelle. Somit soll in diesem Zusammenhang auf rechtlicher Ebene eine weitere Grundlage für den Umweltschutz, zur Energieeinsparung und schließlich zur Erreichung der Klimaschutzziele der Bundesregierung geschaffen werden.

Nach § 1 KWKG ist Zweck des Gesetzes, mit dem Ausbau und der Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung eine jährliche Kohlendioxid-Emissionsminderung von 10 Millionen Tonnen bis zum Jahr 2005 im Vergleich zum Basisjahr 1998 anzustreben - bis zum Jahr 2010 soll eine Minderung um insgesamt 23 Millionen Tonnen, mindestens aber 20 Millionen Tonnen erzielt werden.

Die Abnahme und die Vergütung von Kraft-Wärme-Kopplungsstrom aus Kraftwerken mit KWK-Anlagen wird auf der Basis von Steinkohle, Braunkohle, Abfall, Biomasse, gasförmigen oder flüssigen Brennstoffen, die im Geltungsbereich dieses Gesetzes liegen, geregelt. Strom aus KWK-Anlagen, der nach dem Erneuerbaren-Energie-Gesetz vergütet wird, fällt nicht in den Anwendungsbereich des Gesetzes.

Personen, die im Geltungsbereich dieses Gesetzes liegen, sind Betreiber von KWK-Anlagen und Strom-Netzbetreiber.

#### **4.11 Energie-Einsparverordnung (EnEV)**

Die Verordnung ist für die Bundesregierung ein weiteres wichtiges Instrument zur Erreichung der Klimaschutzziele und zielt auf aktuelle Vorhaben der Europäischen Union zur Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden ab. Ziel der Verordnung ist die verstärkte Energieeinsparung und damit auch die Umweltentlastung im Gebäudebereich. Sie fasst die gesetzlichen Anforderungen für Wärmeschutz und Heizungsanlagen zusammen. Für Neubauten wird der zulässige Energiebedarf gegenüber dem gegenwärtigen Anforderungsniveau um rund 30 % gesenkt. Auch für den vorhandenen Gebäudebestand sind mit baulichen Nachrüstungen und Modernisierungsmaßnahmen energetische Verbesserungen vorgesehen, um das mögliche vorhandene Energieeinsparpotential ausschöpfen zu können.

#### **4.12 Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)**

Nachdem im Sommer 2002 die Bundesregierung einen durchaus positiven Erfahrungsbericht über die ersten Jahre des EEG vorgelegt hat, wird deutlich, dass sich

das Gesetz als wichtigstes Instrument zur Förderung erneuerbarer Energien bewährt hat. Der wesentliche Bestandteil des Gesetzes ist, die Regelung der Abnahme und Vergütung von Strom durch die Elektrizitätsversorgungsunternehmen, die Netze für die allgemeine Stromversorgung betreiben. Nach Vorgaben des EEG wird Strom, der in Anlagen mit Wasserkraft, Windkraft, solarer Strahlungsenergie, Geothermie, Deponiegas, Klärgas, Biomasse oder aus Grubengas hergestellt wird, abgenommen und vergütet. Der Netzbetreiber ist verpflichtet, Anlagen zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien an sein Netz anzuschließen, den gesamten angebotenen Strom aus diesen Anlagen abzunehmen und den eingespeisten Strom nach vorgegebenen Mindestvergütungsätzen zu vergüten. Die Vergütungen an die Stromerzeuger richten sich nach der Sparte der erneuerbaren Energien, der Größe der Anlage und bei der Windenergie nach ihrem Standort.

Durch den Erfolg des EEG ist die Bundesregierung bestärkt, den Anteil der erneuerbaren Energien am Stromverbrauch bis 2010 auf 12,5 % zu erhöhen. Im Jahr 1999, vor der Einführung des Gesetzes, lag der Nettostromverbrauch in diesem Bereich noch bei 5,8 %. Der garantierte Mindestpreis, den Erzeuger erneuerbarer Energien für ihren Strom erhalten, ist ein wesentlicher Grundsatz für den Erfolg dieses Gesetzes. Damit sind sie nicht abhängig von den Preisen für konventionelle Stromquellen. Außerdem ist das Gesetz mit dem einfachen und klaren Prinzip zum Ziel gekommen, dass Investitionen in neue Technologien nur getätigt werden, wenn sie rentabel und mit einem kalkulierbaren Risiko verbunden sind.

#### **4.13 Biomasseverordnung (BiomasseV)**

Die Biomasseverordnung regelt den Anwendungsbereich des EEG bezüglich der Stoffe, die als Biomasse gelten, welche technischen Verfahren zur Stromerzeugung aus Biomasse in den Anwendungsbereich des Gesetzes fallen und welche Umweltauflagen bei der Erzeugung von Strom aus Biomasse zu beachten sind. Nach Angaben des Gesetzes handelt es sich bei Biomasse um Energieträger aus Phyto- und Zoo- Biomasse. Hierzu gehören z.B. Pflanzen und Pflanzenbestandteile sowie Abfälle und Nebenprodukte pflanzlicher und tierischer Herkunft aus der Land-, Forst- oder Fischwirtschaft. Aus diesen Bestandteilen wird in einstufigen oder mehrstufigen Verfahren, wie zum Beispiel Feuerungsanlagen in Kombination mit Dampfturbinen-, Dampfmotor-, Stirlingmotor- und Gasturbinenprozessen, Verbrennungsmotoranlagen oder Gasturbinenanlagen Strom erzeugt.

## 5 EMISSIONSHANDEL – EIN INSTRUMENT NACHHALTIGER ENERGIEPOLITIK

Ab dem 1. Januar 2005 wird in der Europäischen Union der Handel mit Kohlendioxid-Emissionszertifikaten, im Hinblick auf den zu begrenzenden Ausstoß der Treibhausgase in die Atmosphäre bezüglich des Kyoto-Protokolls, eingeführt.

Ziel des Emissionshandels ist es, den Ausstoß von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) im Industriebereich dort zu verringern, wo es am wirtschaftlichsten ist, z.B. wo eine Anlagenoptimierung zur Verminderungen oder Begrenzung der Emissionen am günstigsten ist.

Dieses Kapitel soll zum besseren Verständnis und zur Erläuterung der einzelnen wesentlichen Komponenten des Emissionshandelssystems beitragen. Die folgende Abbildung stellt die einzelnen Institutionen des Emissionshandels sowie ihre Vernetzungen untereinander vorab zusammenfassend schon einmal dar:

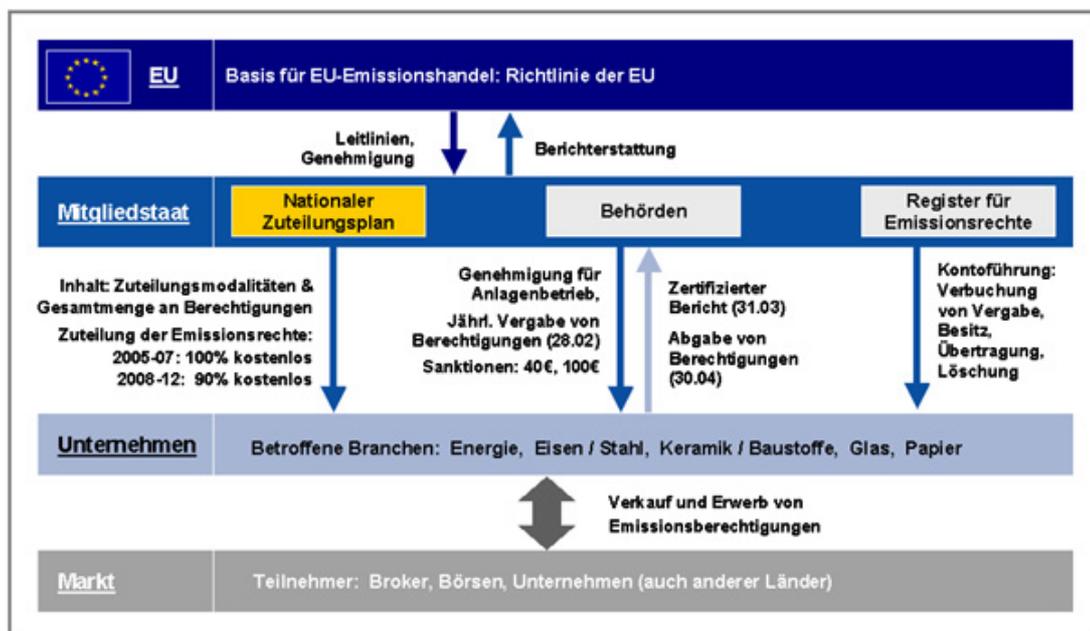


Abbildung 5-1: Funktionsweise des Emissionshandels (Quelle: [http://www.emissionshandelfichtner.de/emissionshandel\\_funktion.html](http://www.emissionshandelfichtner.de/emissionshandel_funktion.html) (Stand 30.08.04))

### 5.1 Zuständige Behörden

#### 5.1.1 Die Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt)

Im Umweltbundesamt wird die zuständige nationale Stelle, die Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt), errichtet. Dazu wird ein neuer „Fachbereich Emissionshandel“ eingerichtet. Die wesentlichen Aufgaben der DEHSt laut TEHG sind die Zuteilung und Ausgabe der Emissionsberechtigungen, Überwachungs- und Steuerungsaufgaben, die Führung des Nationalen Registers sowie die nationale und internationale Berichterstattung. Die DEHSt übernimmt in diesem Zusammenhang die

Rolle der zentralen Serviceeinrichtung für teilnehmende Unternehmen, für Sachverständige sowie für Händler von Emissionsberechtigungen. Das Ziel ist es, einen möglichst wettbewerbsgerechten und unbürokratischen Handel mit den Emissionszertifikaten durch beispielsweise fachgerechte Mitarbeiterschulungen oder einen kundenorientierten Organisationsaufbau zu gewährleisten.

Die Deutsche Emissionshandelsstelle ist die im Sinne des Treibhausgasemissionshandelsgesetzes zuständige Behörde. Neben einer engen Zusammenarbeit mit den Unternehmen der Deutschen Wirtschaft, deren Anlagen dem EU-Emissionshandel unterliegen, ist sie auch Kontaktstelle für das Bundesumweltministerium, für die Bundesländer (insbesondere die zuständigen Landesimmissionsschutzbehörden), für externe Handelsplattformen und weitere Dienstleister.

## 5.2 Der Emissionshandel vor dem Start

Im Rahmen einer Datenerhebung wurden die teilnehmenden Unternehmen aufgefordert, Angaben zu den Emissionen ihrer betroffenen Anlagen zu machen. Dabei wurden Art und Menge des von den Anlagen ausgestoßenen Kohlendioxids ermittelt, insbesondere die verwendeten Stoffe (d.h. Brennstoffe, Rohstoffe, und Prozessoutput), die durchgeführten Tätigkeiten (wie z.B. die Art der Verbrennung) sowie die verwendete Technologie. Insgesamt wurden für mehr als 2400 Anlagen die CO<sub>2</sub>-Emissionen ermittelt. In der folgenden Tabelle ist die Aufteilung der CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Emissionskategorien dargestellt. Hierbei handelt es sich um anlagenbezogene Mittelwerte, die für jede einzelne Anlage und ausschließlich aus den Angaben der Jahre 2000, 2001 und 2003 gebildet worden sind.

**Tabelle 5-1: Aufteilung der CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Emissionskategorien (Quelle: WLB „Wasser, Luft, Boden“ 3-4/2004)**

<i>Emissionskategorie</i>	<i>jahresdurchschnittliches Emissionsbudget in Mio. t</i>
energiebedingte Emissionen	463
prozessbedingte Emissionen	38
insgesamt	501

Auf Grundlage dieser Datenerhebung wurde der Nationale Zuteilungsplan erstellt und durch eine Liste der Anlagen mit den vorläufigen Zuteilungsmengen ergänzt. Am 31. März 2004 wurde der Zuteilungsplan der Europäischen Kommission zur Notifizierung zugesandt. Dieser Plan besteht aus zwei Teilen:

Der Makroplan sagt aus, wie viel Kohlendioxid die dem Emissionshandel unterliegenden Anlagen insgesamt emittieren dürfen. Außerdem wird im Makroplan auch die maximale Gesamtmenge der Kohlendioxidemissionen für die übrigen Sektoren

(Verkehr und Haushalte sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen) sowie die Emissionsmenge für die übrigen vom Kyoto-Protokoll erfassten Treibhausgase festgelegt. Dabei wird für den Zuteilungszeitraum 2005 – 2007 ein Gesamtbudget von 495 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> für bestehende Anlagen zur Verfügung gestellt. Für Neuanlagen kommt eine jährliche Reserve von 3 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> dazu.

Im Mikroplan werden für die Anlagen konkrete Emissionsminderungsziele für Kohlendioxid zunächst für die Periode 2005 – 2007 festgelegt, d.h. wie viel Emissionsberechtigungen die einzelnen betroffenen Anlagen erhalten. Die Zuteilung erfolgt kostenlos in Anlehnung an die schon angesprochene Datenerhebung. Dabei werden Sonderregelungen, zum Beispiel Vorleistungen im Bereich des Klimaschutzes oder die Abluftreinigung von prozessbedingten Emissionen berücksichtigt. Bei der erlaubten Jahresemission für die einzelnen Anlagen muss außerdem der „Erfüllungsfaktor“ einberechnet werden. Hierbei handelt es sich um einen Faktor, der das Emissionsminderungsziel der jeweiligen Anlage ausdrückt. Er wird aus den Minderungszusagen der Selbstverpflichtung der deutschen Wirtschaft und den ausgehandelten Sonderregelungen rechnerisch ermittelt. Für die erste Zuteilungsperiode (2005 – 2007) hat der Erfüllungsfaktor einen Wert von 0,9709. Somit ergibt sich eine Minderungsverpflichtung von 2,91 % gegenüber der Basisperiode. Die Formel zur Berechnung der Zuteilungsmenge ergibt sich nach folgender Gleichung:

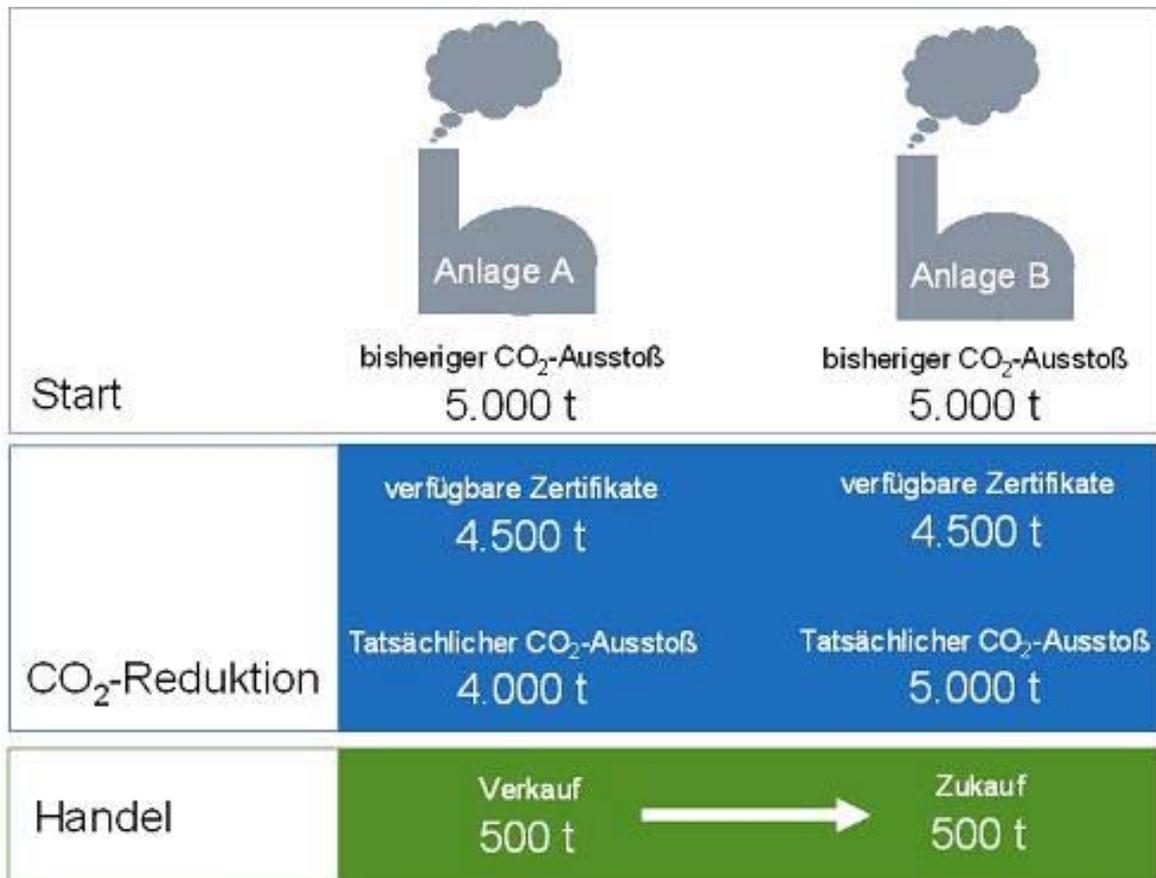
$$\text{Ø Jahresemissionen der Basisperiode} \times \text{Einheitlicher Erfüllungsfaktor 2005 – 2007} + \text{Sonderzuteilungen/Sonderregeln}$$

**Gleichung 5-1: Berechnung der Zuteilungsmenge**

Weitere spezielle Regelungen zu den Zuteilungen der Emissionszertifikate für die Anlagenbetreiber, beispielsweise die Berücksichtigung von frühzeitigen Emissionsminderungen, Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), Sonderzuteilungen beim Atomausstieg von Kraftwerken auf Basis fossiler Brennstoffe oder prozessbedingten Emissionen, befinden sich im Zuteilungsgesetz 2007.

Für die Ausgabe der Emissionsberechtigungen im Zeitraum 2005 – 2007 ist generell der 28. Februar eines jeden Kalenderjahres festgesetzt. Die Verteilung erfolgt in gleichen Tranchen, d.h. pro Jahr ein Drittel der festgelegten Zuteilung. Ein durch einen Sachverständigen zu prüfender Emissionsbericht ist von den teilnehmenden Unternehmen anzufertigen und bis zum 31. März für das vorvergangene Jahr vorzulegen. Innerhalb eines Monats, bis zum 30. April, erfolgt dann ein Abgleich mit den tatsächlichen Emissionen mit vorhandenen Berechtigungen für das vorvergangene Jahr. Eventuell können verbrauchte Berechtigungen gelöscht werden, sofern ein Unternehmen seine Ziele mit Hilfe eigener CO<sub>2</sub>-Emissionsminderungen übererfüllt und es kann die nicht mehr benötigten Zertifikate am Markt verkaufen. Erfüllt das Unternehmen seine Emissionsminderungsverpflichtungen durch eine Unterdeckung von Berechtigungen nicht, müssen Sanktionen verhängt werden, die in der ersten

Handelsperiode 40 Euro pro Tonne Kohlendioxid betragen sollen. Außerdem muss im folgenden Jahr die nicht erreichte Emissionsminderung zusätzlich erbracht werden. Ein Beispiel für die Funktionsweise des Handels zeigt die folgende Abbildung. Hier wird das Ziel des Handels, die CO<sub>2</sub>-Minderung durch betriebswirtschaftliche Marktmechanismen, erreicht.



Das Ziel der CO<sub>2</sub>-Minderung ist erreicht. Anlage A hat mit dem Verkauf der Zertifikate Geld verdient, Anlage B hat sich aufwändige Investitionen erspart.

Abbildung 5-2: Prinzip des Emissionshandels (Quelle: [http://www.dehst.de/nn\\_76358/DE/Emissionshandel/emissionshandelNode.html...](http://www.dehst.de/nn_76358/DE/Emissionshandel/emissionshandelNode.html...) (Stand 30.08.04))

### 5.3 Funktionsweise des Registers

Ein wichtiges Instrument für die praktische Abwicklung des Emissionshandels ist das Register. Die Grundlage hierfür wird in der Europäischen Registerverordnung gelegt, die derzeit erarbeitet wird und verpflichtende Bestimmungen für den Einsatz eines elektronischen Registers in den Mitgliedsstaaten bis zum 30. September 2004 vorschreibt. Deutschland wird in diesem Zusammenhang auf ein schon bestehendes System zurückgreifen. Die DEHSt, die das Register führt, hält somit alle in Deutschland im Umlauf befindlichen Zertifikate. Die Eröffnung der Handelskonten wird ab Spätherbst 2004 über das Internetportal der DEHSt voraussichtlich möglich sein. Die am Emissionshandel teilnehmenden Unternehmen bekommen ihre Zertifikate auf sog. „Operator Holding Accounts“, die mit den Anträgen auf Zuteilung gleichzeitig eröffnet

werden, zugeteilt. Die Abwicklung des Handels selbst kann von privaten Handelsplattformen durchgeführt werden

#### **5.4 Die Arbeit der Sachverständigen**

Nach dem TEHG wird im Bereich des Zuteilungsverfahrens und der Emissionsberichterstattung die Überprüfung der Emissionsdaten von einem unabhängigen Sachverständigen geleistet. Neben der Prüfung der Daten sollen sie auch sicherstellen, dass Messungen und Berechnungen vergleichbaren Standards zugrunde liegen. Entsprechen die dokumentierten Angaben des Unternehmens den rechtlichen Vorgaben, erteilt der Gutachter ein Testat, dass dann in das geprüfte Dokument integriert wird und bei der DEHSt vorzulegen ist.

Als Gutachter kann zugelassen werden, wer die folgenden Voraussetzungen erfüllt:

- eine Zulassung als Umweltgutachter oder Umweltgutachterorganisation nach dem Umweltauditgesetz (§§ 5 Abs. 3 Satz 3 Nr. 1, 10 Abs. 1 Satz 4 Nr. 1 TEHG) durch die Deutsche Akkreditierungs- und Zulassungsgesellschaft für Umweltgutachter (DAU) oder
- eine Bestellung als Sachverständiger nach § 36 Gewerbeordnung (§§ 5 Abs. 3 Satz 3 Nr. 2, 10 Abs. 1 Satz 4 Ziffer 2 TEHG) durch die örtlich zuständige IHK.

#### **5.5 Wirtschaftliche Auswirkungen des Emissionshandels auf die deutsche Industrie**

Vor dem Hintergrund des im Januar 2005 startenden europäischen Handels mit Emissionsrechten hat das Öko-Institut e.V. eine Studie in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung (DIW Berlin) und der Ecofys GmbH (Köln) zu den Auswirkungen des Emissionshandels auf die deutsche Industrie erstellt. Die im Auftrag der Umweltstiftung WWF gegebene Untersuchung beinhaltet neben der Analyse einer Vielzahl von Zuteilungsvarianten für die Emissionsrechte auch eine detaillierte Abschätzung der Wirkungen auf die verschiedenen Wirtschaftszweige. Bei dieser umfangreichen Untersuchung ergaben sich einige Schlussfolgerungen, die im Folgenden erläutert werden.

- Im Rahmen der Untersuchung wurde das Zertifikatspreisniveau auf Basis von Modellrechnungen analysiert. Für den Zeitraum bis 2010 ergibt sich eine Spanne von 5 bis 30 €/t CO<sub>2</sub>. Dem Preis für die Zertifikate wird dabei in der Größenordnung von 10 €/t CO<sub>2</sub> die höchste Wahrscheinlichkeit eingeräumt. Aus den Berechnungen lassen sich grobe Aussagen bezüglich der Kostenvorteile des Emissionshandels treffen. Im Vergleich zum Einsatz alternativer Klimaschutzinstrumente, wie beispielsweise der Selbstverpflichtung der deutschen Wirtschaft, lassen sich hiermit zwischen 230 und 545 Millionen Euro einsparen und es kann somit als ein sehr wirksames und zugleich kostengünstiges Instrument betrachtet werden.

- Die Struktur der Verteilungseffekte, die durch den Handel mit Emissionszertifikaten geschaffen wird, ist für die verschiedenen Branchen als vergleichsweise stabil zu betrachten. Wesentlich beeinflusst wird diese Größe von der unterstellten ungebremsten Steigerung der Treibhausgasemissionen im „Business as usual – Fall“. Die Größe der Verteilungseffekte wird hauptsächlich von der konkreten Allokationsmethode bestimmt. In diesem spielt vor allem das Basisjahr auf dessen Grundlage die Emissionsrechte an die einzelnen Anlagen verteilt werden sowie die Einführung von wirkungsgleichen Regelungen (z.B. Early Action) eine Rolle. Vor allem für die Branchen der Chemieindustrie sowie des Bergbaus zeichnen sich große Vorteile durch die Einführung des Emissionshandels ab, da Unternehmen aus diesen Bereichen ihre Emissionszertifikate verkaufen können, da sie durch die Optimierung ihrer Anlagen ihren Kohlendioxidausstoß bereits im Vorfeld erheblich senken konnten. Das gilt natürlich auch für Unternehmen aus anderen Branchen, die durch umweltschutztechnische Maßnahmen bezüglich ihrer Standorte Emissionen sowie andere Stoffströme verringern konnten. Die Emissionsminderungsmöglichkeiten ist variabel, so dass ein uneingeschränktes effizientes System sich herausbilden kann.
- In diesem Zusammenhang ist sowohl die Transparenz als auch die Einfachheit des Systems als wichtiges Kriterium für die Emissionsrechtezuteilung zu nennen. Sonderregelungen sollen dabei auf ein unvermeidliches Mindestmaß reduziert werden.

Mit der Einführung des Emissionshandels wird ein Instrument geschaffen, dass zum Schutz des weltweiten Klimas viele Chancen mit sich bringt. Für den Erfolg dieses Systems wird entscheidend sein, ob es sich in der Praxis unbürokratisch und einfach gestalten lässt und zugleich den Unternehmen ambitionierte Emissionsminderungsziele vorgibt. Um die Steigerung der Treibhausgasemissionen wirksam verringern zu können, darf der Emissionshandel aber nicht das einzige Instrument bleiben. Innovations- und Technologieförderungen im Rahmen des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes sind ein Beispiel für eine notwendige Klimaschutzpolitik im Hinblick auf eine gesicherte Zukunft.

## 6 NACHWACHSENDE ROHSTOFFE IM EINSATZ FÜR EINE NACHHALTIGE ENTWICKLUNG

### 6.1 Abgrenzung des Begriffs „Nachwachsende Rohstoffe“

Der in den letzten Jahren steigende Anbauumfang und die Ausweitung der Anwendungsbereiche von nachwachsenden Rohstoffen sind Impulse für praktizierte Nachhaltigkeit. Nach Angaben der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V.<sup>8</sup> wurden im Jahr 2003 835.000 Hektar nachwachsende Rohstoffe angebaut, das entspricht etwa 8 Prozent der Ackerflächen Deutschlands. Eine besondere Bedeutung bekommen nachwachsende Rohstoffe im Hinblick auf die Belastung, die mit dem Verbrauch ihrer fossilen Konkurrenten wie Kohle, Erdöl und Erdgas, verbunden ist. Fossile endliche Energieträger können schon in vielen Bereichen durch nachwachsende Naturgüter ersetzt werden, um somit die begrenzten Vorräte für nachfolgende Generationen zu schonen. Dabei sind die aus Pflanzen gewonnenen Produkte bei der energetischen Verwertung oder Kompostierung als in der Summe CO<sub>2</sub>-neutral einzustufen, weil hierbei genauso viel CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre abgegeben wird wie in der Lebensphase aufgenommen wurde. Die Bereitstellung von nachwachsenden Rohstoffen kann so einen Beitrag zum Klima- und Ressourcenschutz leisten, um somit den Treibhauseffekt nicht weiter zu verstärken und globalen Klimaänderungen entgegenzuwirken.

Nach Angaben der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) lautet die Definition *„Nachwachsende Rohstoffe sind land- und forstwirtschaftliche Produkte, die einer Verwendung im Nichtnahrungsbereich zugeführt werden.“* Diese Begriffsbestimmung entstand durch die Zunahme der zahlreichen Verwendungsmöglichkeiten wie z.B. die industrielle Weiterverarbeitung als Industriepflanze sowie die Erzeugung von Wärme, Strom und anderen Energieformen. Im Vergleich zu fossilen Rohstoffen erneuern sie sich in absehbaren Abständen, z.B. jährlich.

Mit Bezug auf die Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung soll die Option „Nachwachsende Rohstoffe“ eine Neuausrichtung der Agrarpolitik bewirken. Da der Rohstoffverbrauch moderner Wirtschaftssysteme zur Energieversorgung und zur Konsumgüterproduktion deutlich höher ist, als jener zur Ernährung, kann den nachwachsenden Rohstoffen als Industriepflanze eine wesentliche Bedeutung beigemessen werden. Sie kann neue Einkommensalternativen bieten, da die konventionelle Einnahmequelle, der Nahrungsmittelsektor, unter einem zunehmenden Preisdruck gerät. In diesem Zusammenhang kann auch die Industrie nachwachsende Rohstoffe nutzen, unter der Voraussetzung, dass die Produktion sich als rentabel erweist. Die zunehmende Verknappung fossiler Ressourcen und ein daraus

---

<sup>8</sup> Vergleiche: [www.fnr.de](http://www.fnr.de) (Stand: 05.09.2004)

resultierender Preisanstieg für jene Energieträger kann nachwachsende Rohstoffe konkurrenzfähig machen.

## 6.2 Einsatz nachwachsender Rohstoffe

### 6.2.1 Energetische Verwertung

Um das Ziel, den Anteil der erneuerbaren Energien bis zum Jahr 2010 zu verdoppeln, ist der Einsatz von Biomasse als Energielieferant neben der Solar-, Wasser und Windkraftenergie von großer Bedeutung. Der Primärenergiebedarf kann kurzfristig zu 4 %, langfristig sogar zu 5-10 % gedeckt werden.<sup>9</sup> Biomasse als Energieträger ist gespeicherte Sonnenenergie, die von Pflanzen durch den Prozess der Photosynthese gebildet wird. Eine energetische Nutzung von Biomasse kann durch Verbrennung, Vergasung oder durch Verflüssigung freigesetzt werden. Allerdings haben Biomasse-Festbrennstoffe wie Holz, Stroh oder Miscanthus einen etwa halb so hohen Heizwert wie der fossile Energieträger Kohle. Die folgende Tabelle stellt die einzelnen Energieträger und ihre Heizwerte dar.



Abbildung 6-1: Miscanthus sinensis  
(Quelle: <http://www.miscanthus.de/anbau.htm> (Stand: 30.08.04))

Tabelle 6-1: Energieträger und ihre Heizwerte (Quelle: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.: Pflanzen für die Industrie, Gülzow 2001)

<i>Energieträger</i>	<i>Energiegehalt/Heizwert in MJ/kg</i>
Erdgas	50
Heizöl	43
Rapsöl	37
Steinkohle	32
Braunkohle	27
Bioethanol	27
Holz	19
Miscanthus	18
Stroh	18

<sup>9</sup> Vergleiche: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.: Pflanzen für die Industrie, Gülzow 2001

Festbrennstoffe sind die am häufigsten verwendeten biogenen Energieträger. Vor allem Holz, wie zum Beispiel Scheitholz, Hackschnitzel, Hobelspäne oder Sägemehl, werden neben Stroh und speziell angebauten Einjahrespflanzen in Form von Häcksel, Ballen oder Pellets genutzt.

### 6.2.2 Stoffliche Verwertung

Die Natur bietet dem Menschen in ihrer Vielfalt ein großes Angebot an Pflanzen, die nicht nur zur energetischen Verwertung nützlich sind. Besonders im Hinblick auf die stoffliche Verwertung bietet sich eine Vielzahl von Ausgangsstoffen zur industriellen Weiterverarbeitung an. So kommen viele Rohstoffe, die für zahlreiche Verarbeitungsprozesse in der Industrie als Grundsubstanzen verwendet werden, aus der Natur, wie z.B. Holz, Fasern, Farben oder Öle. Schon in den vergangenen Jahrhunderten lieferte die Landwirtschaft einen großen Teil der benötigten Farbstoffe, der Öle für Lampenöle, Schmier- oder Reinigungsmittel der Fasern für die Textilherstellung.



**Abbildung 6-2: Safflor, Färberdistel, Farbstoff Carthamin (rot) (Quelle: [http://www.inaro.de/Deutsch/Pflanzen\\_index.htm](http://www.inaro.de/Deutsch/Pflanzen_index.htm) (Stand: 30.08.04))**

Durch die Entdeckung und den Einsatz von fossilen Rohstoffen, wie Kohle, Erdöl oder Erdgas, zu Beginn des Industriezeitalters, verdrängten synthetische Produkte die nachwachsenden Rohstoffe von ihrer Marktposition. Produkte aus fossilen Rohstoffen waren oft billiger, haltbarer, praktischer und es boten sich vielfältigere Einsatzmöglichkeiten. Durch die Einsicht bezüglich der steigenden Umweltbelastungen, der Beschränktheit und der Importabhängigkeit von fossilen Rohstoffen wächst das Interesse wieder an der Erschließung erneuerbarer Rohstoffquellen. Nachwachsende Rohstoffe liefern die Grundlage für natürliche und umweltverträgliche Produkte, die nach dem Gebrauch wieder in den natürlichen Kreislauf eingegliedert werden können. Von wirtschaftlicher Bedeutung am wichtigsten sind die im Nicht-Nahrungsbereich und für technische Zwecke verwendeten pflanzlichen Rohstoffe wie Stärke, Öle und Fette, Pflanzenfasern, Holz und Cellulose sowie Farbstoffe. Diese Rohstoffe werden aus Pflanzen bzw. bestimmten Pflanzenteilen oder aus pflanzlichen Inhaltsstoffen gewonnen. Im Folgenden sind einige Produktbeispiele auf Basis pflanzlicher Substanzen aufgeführt:

**Tabelle 6-2: Beispiele für den Einsatz nachwachsender Rohstoffe bei der Produktfertigung (geändert nach: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hrsg.): Nachwachsende Rohstoffe, Gülzow)**

<i>Rohstoff</i>	<i>Produktbeispiel</i>
Arznei- und Gewürzpflanzen	Pharmaka (Salben, Tees und Extrakte), ätherische Öle und Kosmetika
Flachs und Hanf	Dämmstoffe, Garn, Papier, Textilien, Arzneimittel
Holz	im Bauwesen, Zellstoff für Papier, Pappe und Textilien
Stärke aus Mais, Weizen oder Kartoffeln	Papier, Plastik, Textilien, Waschmittel
Öllein	Linoleum, Lacke, Lasuren
Öle aus Raps oder Sonnenblumen	Schmierstoffe und Öle, Kosmetika, Shampoos und Cremes
u.a. Krapp, Waid oder Färberknöterich	natürliche Farbstoffe
Zuckerrüben	Waschmittel, Arznei, Kosmetika und Kunststoffe

### **6.3 Vorteile von nachwachsenden Rohstoffen – Chancen für Landwirtschaft und Industrie**

Die Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen bei der Produktherstellung bietet sowohl für die Landwirtschaft als auch für die Industrie zahlreiche Vorteile.

In der Landwirtschaft stellt der Anbau von nachwachsenden Rohstoffen eine sinnvolle Alternative zur Nahrungsmittelerzeugung dar und eröffnet neue Absatz- und Einkommenschancen. Landwirte haben die Möglichkeit ein völlig neues Arbeitsfeld in ihren Betrieben zu erschließen. Um die von der Industrie geforderten speziellen Inhaltsstoffe erzeugen zu können, müssen herkömmliche Nahrungsmittelpflanzen züchterisch verändert und die Methoden des Anbaus perfektioniert werden. Dabei spielt auch der Bereich der Forschung eine bedeutende Rolle, mit dessen Hilfe die gewünschten Rohstoffqualitäten erzielt und die Erträge optimiert werden sollen. Diese „Vorarbeit“ macht es möglich, unnötige Umwandlungsschritte, die bei fossilen Rohstoffen nötig waren, der Industrie zu ersparen.

Für die Wirtschaft bieten nachwachsende Rohstoffe ein hohes Innovationspotential, besonders im Hinblick auf die stetig zunehmende Verknappung fossiler Ressourcen. Herkömmliche Verarbeitungsmethoden müssen auf nachwachsende Rohstoffe umgestellt und neu entwickelt werden. Die Industrie kann somit durch neue Produkte, Verarbeitungsanlagen und Technologien profitieren. Wirtschafts- und Technologiestandorte werden gestärkt und neue Exportmärkte können erschlossen werden. In Deutschland wurden beispielsweise im Bereich erneuerbarer Energien und

Rohstoffe durch den vermehrten Einsatz einige zehntausend neue Arbeitsplätze geschaffen.

Durch die energetische und stoffliche Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen wird die Grundlage für ein umweltverträgliches Kreislaufwirtschaftssystem geschaffen und somit das Ziel verfolgt, eine nachhaltige Wirtschaftsform im Sinne der nachhaltigen Entwicklung und der AGENDA 21 zu etablieren. Nach Angaben der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.<sup>10</sup> können die Vorteile nachwachsender Rohstoffe somit einen Beitrag zur mittel- und langfristigen Lösung von wirtschafts-, umwelt- und gesellschaftsrelevanten Problemen beitragen. Zusammenfassend sind hier noch einmal die wichtigsten Vorteile genannt, die aus dem Anbau und der Verwertung nachwachsender Rohstoffen resultieren:



Abbildung 6-3: Vorteile von nachwachsenden Rohstoffen (geändert nach: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hrsg.): Nachwachsende Rohstoffe, Gülzow)

---

<sup>10</sup> Vergleiche: [www.fnr.de](http://www.fnr.de) (Stand: 30.08.04)

## 7 CO<sub>2</sub>-BILANZIERUNG IN EINEM UNTERNEHMEN ZUR HOLZVER- UND BEARBEITUNG

### 7.1 Die Firma Böker Sperrholz, Beverungen

#### 7.1.1 Chronologie

Die Firma Böker wird im Jahr 1900 durch Joseph und Alois Böker als Korbflechterei in Dalhausen/Beverungen gegründet. 1929 schließen sich die beiden Brüder mit dem Sägewerk Menke zum gemeinsamen Sperrholzwerk Menke & Böker OHG zusammen und produzieren erstmals Holzwerkstoffe, insbesondere Sperrholz. Nach dem 2. Weltkrieg werden die Anteile des ehemaligen Sägewerks Menke durch Böker übernommen. Die Firma wird in eine Gesellschaft umgewandelt und trägt den Namen Böker Sperrholz GmbH & Co. KG. 1957 erfolgt die Gründung eines neuen Möbelwerks. Auf einem 1973 erworbenen Grundstück in Beverungen entsteht 1979 die erste Produktionshalle zur Veredelung, so dass Teile der Fertigung von Dalhausen ausgelagert werden. Von 1989 bis 1991 werden die restlichen Produktionseinheiten des Sperrholzwerts nach Beverungen verlagert. 1994 wird die vierte Produktionshalle am neuen Standort errichtet.



**Abbildung 7-1: Böker Sperrholz GmbH & Co. KG in Beverungen (hier: Vorderansicht der Kesselanlage)**

Zurzeit sind etwa 60 Mitarbeiter bei der Firma Böker Sperrholz GmbH & Co. KG beschäftigt. Neben Buchen-, Birken- und Pappelsper Holz wird auch Buchen-, Birken- und Pappelschichtholz sowie Birkenfedernholz produziert. Als Basismaterial für die Produktion der Holzwerkstoffe wird ausschließlich Stammholz aus den heimischen Wäldern verwendet, das nach dem Prinzip der Nachhaltigkeit angebaut und ausgesucht sowie anschließend weiterverarbeitet wird. Dieses Nachhaltigkeitsprinzip besteht darin,

dass nie mehr Holz geerntet wird als gleichzeitig nachwächst. Als Zeichen für die Herkunft aus nachhaltig bewirtschafteten Wäldern ist das verwendete Stammholz mit dem Paneuropäischen Zertifizierungssystem (PEFC) ausgezeichnet. Die Kernaussagen der Rio-Konferenz sowie das Leitbild einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung bilden das Fundament dieses Zertifizierungssystems.

Das Firmenmotto „*Sensibler Umgang mit der Natur ist unser Prinzip*“ spiegelt sich auch in den Umweltaktivitäten des Unternehmens der letzten Jahre wider. Beispielsweise wurde das Buchensperrholz mit dem Blauen Umweltengel (RAL-ZU 76) ausgezeichnet. Außerdem ist Böker Sperrholz Mitglied der Gütegemeinschaft Sperrholz nach DIN 68705<sup>11</sup> und unterzieht sich in diesem Zusammenhang regelmäßig Fremd- und Eigenüberwachungen zur Erlangung eines Nachweises der Produktionsgüte. Bezüglich der Einhaltung der Chemikalienverbotsordnung<sup>12</sup> vom 14.10.1993 werden die Produkte regelmäßig vom Wilhelm-Klauditz-Institut für Holzforschung in Braunschweig überprüft.

Seit einiger Zeit ist die Firma Böker, in Zusammenarbeit mit dem Institut für Betriebstechnik und Bauforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in Braunschweig, an einem von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Forschungsvorhaben beteiligt. Bei diesem Projekt handelt es sich um die Entwicklung eines Verfahrens zur Herstellung von LNS-Kernstoffen sowie Produktentwicklungen für LNS-Plattenmaterialien (LNS: Light Natural Sandwich). Das Projekt wird im Rahmen einer produktbezogenen Nachhaltigkeitsbewertung des LNS-Plattenmaterials im Verlauf der Diplomarbeit noch detailliert erläutert.

### 7.1.2 Verfahrensablauf der Sperrholzproduktion

Im Unternehmen Böker Sperrholz werden täglich etwa 36 m<sup>3</sup> Schäl furnier hergestellt, daraus werden ca. 25 m<sup>3</sup> zu Sperrholz als Endprodukt weiterverarbeitet. Die restlichen 11 m<sup>3</sup> werden in der Kesselanlage energetisch verwertet.

Sperrholz wird wie Span- und Faserplatten als Holzwerkstoff bezeichnet. Nach VDI 3462, „Holzbearbeitung und Holzverarbeitung“, ist das Prinzip der Sperrholzproduktion im Allgemeinen das Verpressen von Schäl furnieren mittels Bindemitteln zu Platten unter Anwendung von Druck.

Die folgende Abbildung zeigt die einzelnen Arbeitsgänge der Sperrholzproduktion, die anschließend im Text noch mal detailliert erläutert werden. Außerdem werden die Energie- und Stoffströme dargestellt.

---

<sup>11</sup> DIN 68705: Regelung des Standards für den Holzwerkstoff Sperrholz

<sup>12</sup> Laut Chemikalienverbotsordnung ist für beschichtete Sperrholzplatten der Emissions-Grenzwert von 0,1 ppm bezüglich Formaldehyd einzuhalten.

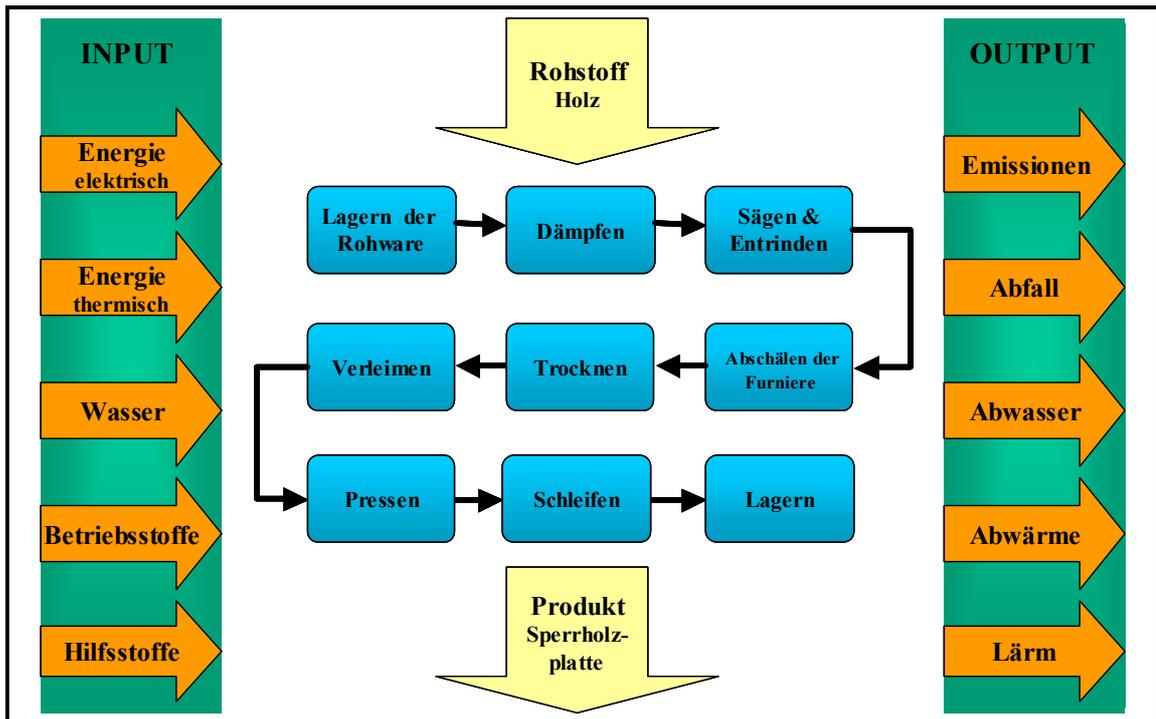
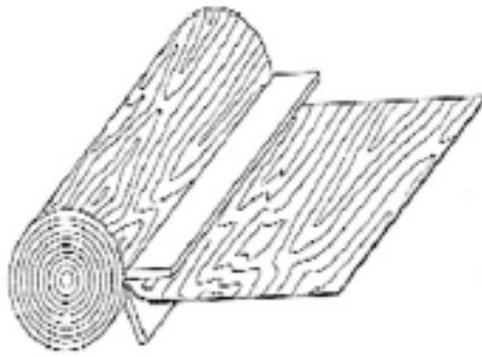


Abbildung 7-2: Herstellung von Sperrholz (geändert nach: VDI 3462, Holzbearbeitung und Holzverarbeitung)

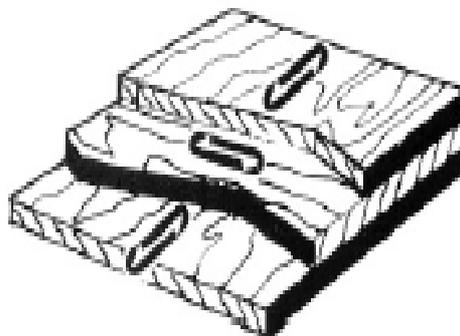
Das Stammholz wird im Unternehmen Böker mit dem LKW angeliefert und auf einem Vorplatz gelagert. Dort wird es bewässert, bevor es in Gruben zum Dämpfen weiterbehandelt wird. Schäl furniere werden immer aus feuchtem Holz hergestellt. Der Dämpfvorgang ist notwendig, um mit einer höheren Fasersättigung den Verbund zwischen den einzelnen Fasern zu verbessern und somit die Geschmeidigkeit des Holzes zu erhöhen. Zusätzlich wird durch eine Verminderung der natürlichen Wachstumsspannungen die Rissgefahr bei der Furnierherstellung gesenkt. Nach diesem Arbeitsschritt wird das Holz auf handhabbare Stammabschnitte zugesägt und entrindet.

Beim Schneiden der Furniere unterscheidet man je nach Herstellungsmethode vier verschiedene Furnierarten: Sägefurniere, Messerfurniere, Rundschäl furniere und Exzentnerschäl furniere. Im Unternehmen Böker wird das Rundschälverfahren angewendet, das aus ökonomischer Sicht am interessantesten ist, da mit dieser Technik eine ausreichend hohe Menge an Furnierblättern für die Sperrholzherstellung zur Verfügung gestellt werden kann. Für diesen Vorgang wird der vorher zugesägt und entrindete Stammabschnitt in die Schälmaschine eingespannt und in Rotation versetzt. Ein herangeführtes Messer schält die Furnierplatten vom Stamm ab, so dass die Maserung des Holzes infolge des Fugenschnitts parallel zu den Jahresringen verzerrt dargestellt wird. Dabei werden anfangs größer werdende „Furnierfetzen“, später ein „Endlosfurnier“ abgeschält. Der Durchmesser für das übrig bleibende nicht abschälbare Kernholz wird durch die Maße der Einspannwerkzeuge festgelegt.



**Abbildung 7-3: Produktion von Schäl furnieren** (<http://l.hsr.ch/skripte/wwwtechnikseiten/bautechnik/materialberichte/L00/tmichaelis/sperrholz.PDF> (Stand:04.06.2002))

Anschließend wird das Endlosfurnier zu Furnierplatten zugeschnitten und in einem kontinuierlich arbeitenden Ofen getrocknet. Auch die Furnierfetzen werden ab einer bestimmten Größe, die eine sachgerechte Weiterverarbeitung bei der Sperrholzplattenherstellung gewährleistet, getrocknet. Der Trocknungsvorgang erfolgt gegenüber dickerem Massivholz erheblich schneller, da die Schäl furniere relativ dünn sind und die Holzstruktur durch den Schäl vorgang aufgelockert wird. In diesem Zusammenhang muss beachtet werden, dass der Trockenheitsgrad der Holzfeuchte bei Furnieren nicht 4% unterschreiten darf, da es sonst zur Versprödung der Furniere und zu Schwierigkeiten bei der Verleimung kommen kann. Nach der Trocknung der Furnierplatten erfolgt noch eine Sortierung nach unterschiedlichen Qualitäten. Die Herstellung der Schäl furniere ist somit abgeschlossen. Mit dem weiteren Produktionsschritt, dem Auftragen des Klebstoffes auf die zur Weiterverarbeitung bereit stehenden Furnierplatten, beginnt die eigentliche Sperrholzherstellung. Hierbei werden die Platten nacheinander mit jeweils um 90° versetzte Faserrichtung auf ein Transportband gelegt, mit Ausnahme der letzten Platte mit Klebstoff beaufschlagt und am Ende des Bandes übereinander gestapelt.



**Abbildung 7-4: Aufbau einer Sperrholzplatte** (<http://l.hsr.ch/skripte/wwwtechnikseiten/bautechnik/materialberichte/L00/tmichaelis/sperrholz.PDF> (Stand:04.06.2002))

Beim folgenden Produktionsschritt werden etwa 20 bis 50 Etagen aufeinander gestapelte Platten zuerst kalt und anschließend unter einem speziellen Pressdruck (1 bis 10 N/mm<sup>2</sup>) und einer Temperatur von ca. 110°C endgültig verleimt. Danach benötigt das Holz eine bestimmte Zeit der Klimatisierung, da es durch die äußeren Einflüsse von Druck und Temperatur beim Pressvorgang klimatisch stark beansprucht wurde. Nach einiger Zeit erfolgt die Konditionierung. Durch diesen Vorgang verteilt sich die Feuchte gleichmäßig über die ganze Platte.

Die Oberfläche wird auf ihren späteren zgedachten Verwendungszweck abgeschliffen, naturbelassen oder mit Kunststofffilmen oder anderen Oberflächenmaterialien beschichtet. Das Furnier wird auf ein entsprechendes Format gesägt<sup>13</sup>. Die dabei und in der vorhergehenden Produktion anfallenden Holzreste werden in der betriebseigenen Kesselanlage verfeuert, um für die Produktionseinheiten Wärme und Strom zu erzeugen.

## 7.2 Die CO<sub>2</sub>-Bilanzierung der Firma Böker Sperrholz

Zur Bilanzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen wurde das Computerprogramm GEMIS, das Globale Emissions-Modell Integrierter Systeme, verwendet. Entwickelt und ständig weiterentwickelt wurde es vom Ökoinstitut und der Gesamthochschule Kassel seit 1987 als Instrument zur vergleichenden Analyse von Umwelteffekten der Energiebereitstellung und -nutzung. Die GEMIS-Datenbasis enthält Informationen zu:

- Bereitstellung von Energieträgern: fossile Energieträger (Stein- und Braunkohle, Erdöl und Erdgas), regenerative Energien und Uran sowie nachwachsende Rohstoffe (schnellwachsende Hölzer, Chinagrass, Raps, Zuckerhirse) sowie Wasserstoff (jeweils mit Brennstoffdaten und vorgelagerten Prozessen),
- Bereitstellung von Wärme und Strom (Heizungen, Warmwasser, Kraftwerke vieler Größen und Brennstoffe, Heizkraftwerke, BHKW usw.),
- Bereitstellung von Stoffen: vor allem Grundstoffe, Baumaterialien inklusiver deren vorgelagerter Prozesse,
- Transportprozessen: Personenkraftwagen (für Benzin, Diesel, Strom, Biokraftstoffe), öffentliche Verkehrsmittel (Bus, Bahn) und Flugzeuge sowie Gütertransport (Lastkraftwagen, Bahn, Schiffe und Pipelines).

GEMIS berechnet für alle Prozesse und Szenarien ganze Lebenswege von der Primärenergie- bzw. Rohstoffgewinnung bis zur Nutzenergie bzw. Stoffbereitstellung und bezieht Hilfsenergien und Materialaufwand zur Herstellung von Anlagen und Transportsystemen ein. Mit der zurzeit neuesten und aktuellen Version 4 wird auch die

---

<sup>13</sup> Vergleiche: <http://l.hsr.ch/skripte/wwwtechnikseiten/bautechnik/materialberichte/L00/tmichaelis/sperrholz.PDF> (Stand:04.06.2002)

Entsorgung berücksichtigt. Die in der Datenbank enthaltenen CO<sub>2</sub>-Äquivalente sind das Ergebnis der Aggregation von Treibhausgasen nach ihrem Treibhauspotenzial und stellen einen Indikator für das Umweltproblemfeld "Klima" dar. Das Treibhauspotenzial ist das massenbezogene Äquivalent der Treibhauswirkung von Treibhausgasen (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, SF<sub>6</sub>, PFC, HFC) bezogen auf CO<sub>2</sub> - daher wird es in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten angegeben. Das Treibhausgaspotential ist aufgrund der Wirkungscharakteristik von Treibhausgasen und deren unterschiedlichen atmosphärischen Verweildauern ein zeitliches Integral über einen bestimmten Zeitraum. Üblich sind Treibhausgaspotentialangaben für 100 Jahre.<sup>14</sup> In der folgenden Tabelle sind einmal die einzelnen Treibhausgaswirkungen der Gase im Vergleich zu CO<sub>2</sub> aufgeführt.

**Tabelle 7-1: Die Wirkung der Treibhausgase im Vergleich zu CO<sub>2</sub> (geändert nach: TÜV Akademie GmbH, EU-Emissionshandel – Wegweiser für Emittenten und Technologieanbieter, Fachtagung 29. – 30. Oktober 2003, München)**

<i>Treibhausgase, so wirkt eine Tonne</i>	<i>Wirkung</i>
CH <sub>4</sub> wie	21 Tonnen CO <sub>2</sub>
N <sub>2</sub> O wie	310 Tonnen CO <sub>2</sub>
(H-)FCKW und Perflour-Kohlenwasserstoffe wie	140 – 11.700 Tonnen CO <sub>2</sub>
SF <sub>6</sub> wie	23.900 Tonnen CO <sub>2</sub>

Soweit nicht darauf hingewiesen wird, werden für die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen die CO<sub>2</sub>-Äquivalente aus GEMIS verwendet.

Bei allen Berechnungen wurden 220 Arbeitstage pro Jahr festgesetzt.

In der folgenden Tabelle sind die Berechnungsgrundlagen für die einzelnen Verursacher der CO<sub>2</sub>-Emissionen zusammengestellt.

<sup>14</sup> Vergleiche: <http://www.oeko.de/service/gemis/de/index.htm> (Stand: 30.08.04)

Tabelle 7-2: Berechnungsgrundlagen zur CO<sub>2</sub>-Bilanzierung

<i>Emissionsfeld</i>	<i>Emissionsverursacher</i>	<i>Formel</i>	
Personentransporte	PKW	$M_{CO_2} = x_i \cdot s \cdot d \cdot k \cdot m_{CO_2}$	<b>Gl. 7-1</b>
	Roller	$M_{CO_2} = x_i \cdot s \cdot d \cdot k \cdot m_{CO_2}$	<b>Gl. 7-2</b>
	Fahrrad	$M_{CO_2} = x_i \cdot s \cdot d \cdot k \cdot m_{CO_2}$	<b>Gl. 7-3</b>
	Kleinkrafträder	$M_{CO_2} = x_i \cdot s \cdot d \cdot k \cdot m_{CO_2}$	<b>Gl. 7-4</b>
	Motorräder	$M_{CO_2} = x_i \cdot s \cdot d \cdot k \cdot m_{CO_2}$	<b>Gl. 7-5</b>
	Unterschiedliche Beförderungsmittel	$M_{CO_2} = x_i \cdot s \cdot d \cdot k \cdot (m_{CO_2,1} \cdot z_1 + m_{CO_2,2} \cdot z_2)$	<b>Gl. 7-6</b>
Nutzfahrzeuge	LKW	$M_{CO_2} = s \cdot m_{CO_2}$	<b>Gl. 7-7</b>
	Arbeitsgeräte	$M_{CO_2} = P \cdot V \cdot m_{CO_2}$	<b>Gl. 7-8</b>
Produktionsanlagen und Gebäude	Heizungsanlage	$M_{CO_2} = H_u \cdot m_{CO_2} \cdot m_B \cdot d$	<b>Gl. 7-9</b>
	elektrische Energie	$M_{CO_2} = E \cdot m_{CO_2}$	<b>Gl. 7-10</b>

Dabei ist

$M_{CO_2}$ :	Kohlendioxid ausstoß in kg/a,
$x_i$ :	Anzahl der Fahrten pro Tag,
$s$ :	einfache Entfernung in km,
$d$ :	Arbeitstage pro Jahr,
$k$ :	Anzahl der Mitarbeiter,
$m_{CO_2}$ :	CO <sub>2</sub> -Emissionen in kg/km, kg/TJ, oder kg/Energieeinheit,
$m_{CO_2,1}$ :	CO <sub>2</sub> -Äquivalent des Verkehrsmittels 1 pro Kilometer in kg/km,
$m_{CO_2,2}$ :	CO <sub>2</sub> -Äquivalent des Verkehrsmittels 2 pro Kilometer in kg/km,
$z_1$ :	Anteil des Verkehrsmittels 1 an der Gesamtstrecke,
$z_2$ :	Anteil des Verkehrsmittels 2 an der Gesamtstrecke,
$P$ :	treibstoffbezogener Energieverbrauch in TJ/L oder TJ/kg,
$V$ :	Jahrestreibstoffverbrauch in L/a oder kg/a,
$H_u$ :	unterer Heizwert in TJ/kg,
$m_B$ :	Brennstoffverbrauch in kg/h,
$E$ :	Bedarf an elektrischer Energie im Jahr 2003.

### 7.2.1 CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die Heizungsanlage

Bei der Heizung handelt es sich um eine Kraft-Wärme-Kopplungsanlage (KWK) mit einer Feuerungswärmeleistung von  $F_{WL} = 7 \text{ MW}$  und mit einem unteren Heizwert von  $H_u = 17.000 \text{ kJ/kg}$  laut Herstellerangaben. Die Funktion dieser Anlage ist die gleichzeitige Produktion von Wärme und Strom, also von Kraft. Da die zur Verfügung zu stellende Energie nicht in einem Heizkraftwerk, sondern in einer kompakten Anlage erzeugt wird, spricht man hier von einem Blockheizkraftwerk (BHKW).

Angetrieben wird die Anlage mit einem strombetriebenen Motor. Täglich werden 30.000 kg Holz in dem Großraumkessel verfeuert. Dabei handelt es sich um naturbelassene Holzreste, d.h. kein verunreinigtes Holz, das mit halogenorganischen Verbindungen, mit Kunststoffen oder Holzschutzmitteln beschichtet. Die erzeugte Wärme kommt hauptsächlich im Trockenofen sowie in den Gruben beim Dämpfvorgang zum Einsatz. Nur etwa 5% werden für die Beheizung der Gebäude verwendet.

Der mit einer Dampfturbine erzeugte Strom wird in das vor Ort befindliche Stromnetz eingespeist. Das Blockheizkraftwerk wird die meiste Zeit auf Vollast gefahren, um die hohen Temperaturen, die im Trockenofen benötigt werden, erreichen zu können. Gleichzeitig bietet die Anlage den Vorteil, das ein anderer Entsorgungsweg durch die energetische Verwertung von anfallenden Holzresten in der Sperrholzproduktion nicht genutzt werden muss. Ein dabei entstehender Wärmeüberschuss, der nicht benötigt wird, gibt das Unternehmen zurzeit ungenutzt über Konvektoren ab, die sich auf dem Dach befinden.<sup>15</sup>

Die Abgasreinigung erfolgt zuerst über einen Schlauchfilter zur Abscheidung von Feinststäuben und Spänen. Anschließend kommt ein Elektrofilter zur Abscheidung von Staub, insbesondere Feinstaub, mit Hilfe eines elektrischen Feldes zum Einsatz.

Auf Grundlage der vorhandenen Angaben wurde das folgende CO<sub>2</sub>-Äquivalent der Datenbank GEMIS für die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen entnommen.

**Tabelle 7-3: CO<sub>2</sub>-Äquivalent für einen Kessel für Holz in Deutschland**

<i>Emissionsverursacher</i>	<i>CO<sub>2</sub>-Äquivalent [kg CO<sub>2</sub>/TJ]</i>
Heizung	3.428,36

Die Berechnung der jährlichen Emissionen erfolgt nach der Formel **Gl. 7-9**:

$$M_{CO_2} = H_u \cdot m_{CO_2} \cdot m_B \cdot d$$

<sup>15</sup> Möglichkeiten zukünftiger Energienutzung: vergleiche Kap. 7.4.1.3, 7.4.1.4 und 7.4.2.1 sowie Kap. 9

Dabei ist

$M_{CO_2}$ :	Kohlendioxidausstoß in kg/a,
$H_u$ :	unterer Heizwert in TJ/kg,
$m_{CO_2}$ :	CO <sub>2</sub> -Äquivalent in kg/TJ,
$m_B$ :	Brennstoffverbrauch in kg/h,
d:	Arbeitstage pro Jahr.

$$\begin{aligned}
 M_{CO_2} &= 0,000017 \text{ TJ/kg} \cdot 3.428,36 \text{ kg CO}_2/\text{TJ} \cdot 30.000 \text{ kg/d} \cdot 220 \text{ d/a} \\
 &= 384.661,992 \text{ kg CO}_2/\text{a} \\
 &= 384,7 \text{ t CO}_2/\text{a}
 \end{aligned}$$

Durch die Heizungsanlage ist also ein CO<sub>2</sub>-Ausstoß von 384,7 t CO<sub>2</sub> für das Jahr 2003 zu verzeichnen.

Nach Angaben des Bundes-Immissionsschutzgesetzes sind Holzfeuerungsanlagen mit einer Feuerungswärmeleistung von 1 bis < 50 MW nach der vierten Bundesimmissionsschutzverordnung genehmigungsbedürftige Anlagen. Es gelten primär die im Genehmigungsbescheid aufgeführten emissionsbegrenzenden Anforderungen sowie außerdem die Forderungen der TA-Luft aus dem Jahr 1986 nach Kapitel 3.3.1.2.1 (*Feuerungsanlagen für den Einsatz von ... Holz oder Holzresten, die nicht mit Kunststoffen oder Holzschutzmitteln behandelt sind, mit einer Feuerungswärmeleistung von weniger als 50 MW*).

Das Genehmigungsverfahren wurde nach §19 BImSchG im vereinfachten Verfahren für in Spalte 2 der in der 4.BImSchV genannten Anlagen durchgeführt.

### 7.2.2 CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Stromverbrauch

Das Unternehmen hat im Jahr 2003 die folgende Menge an Strom verbraucht bzw. durch das Blockheizkraftwerk in das örtliche Stromnetz eingespeist.

**Tabelle 7-4: Stromverbrauch bzw. -einspeisung des Unternehmens im Jahr 2003**

<b>Stromverbrauch [kWh]</b>	2.190.600
<b>Stromeinspeisung [kWh]</b>	1.051.000

Das zur CO<sub>2</sub>-Bilanzierung verwendete CO<sub>2</sub>-Äquivalent entspricht nach Angaben eines Mitarbeiters (Herrn Taschenberger) dem nationalen Durchschnittswert der E.ON AG. Das Unternehmen ist Stromerzeuger für die zuständigen Stadtwerke in Beverungen.

Tabelle 7-5: CO<sub>2</sub>-Äquivalent zum Stromverbrauch in Deutschland

<i>Emissionsverursacher</i>	<i>CO<sub>2</sub>-Äquivalent [kg CO<sub>2</sub>/kWh]</i>
Elektrische Energie	0,580

Die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Stromverbrauch erfolgt nach der **Gl. 7-10** Formel:

$$M_{\text{CO}_2} = E \cdot m_{\text{CO}_2}$$

Dabei ist

$M_{\text{CO}_2}$ : Kohlendioxidausstoß in kg/a,

$m_{\text{CO}_2}$ : CO<sub>2</sub>-Äquivalent in kg/kWh,

E: Bedarf an elektrischer Energie im Jahr 2003.

Zur Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen fließen in die Endenergie nur die 2.190.600 kWh Stromverbrauch ein, die im Unternehmen insgesamt eingesetzt wurden. Der erzeugte Strom durch die Kraft-Wärme-Kopplungsanlage wird nicht berücksichtigt. Die Anlage wird durch das Gesetz der erneuerbaren Energien entsprechend begünstigt.

$$\begin{aligned} M_{\text{CO}_2} &= 2.190.600 \text{ kWh/a} \cdot 0,580 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} \\ &= 1.270.548 \text{ kg CO}_2/\text{a} \\ &= 1.270,5 \text{ t CO}_2/\text{a} \end{aligned}$$

Durch den Stromverbrauch kommt es zu einer CO<sub>2</sub>-Emission von 1.270,5 t CO<sub>2</sub> im Jahr 2003.

## 7.2.3 Personentransporte

### 7.2.3.1 Personalverkehr

In der folgenden Tabelle sind Angaben zu Mitarbeitern und ihren Verkehrsmitteln auf dem Weg zur Arbeit dargestellt. Diese Daten sind die Grundlage für die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen bezüglich der Personentransporte im Unternehmen.

Tabelle 7-6: Mitarbeiter und ihre Verkehrsmittel auf dem Weg zur Arbeit

<i>Anzahl</i>	<i>Wohnort</i>	<i>Entfernung zum Wohnort [km]</i>	<i>Verkehrsmittel</i>
2	Beverungen	0,5	Fahrrad
2	Beverungen	1	Fahrrad
1	Beverungen	1	50%PKW/50%Fahrrad
1	Beverungen	1,5	Fahrrad
1	Beverungen	1,5	50%PKW/50%Fahrrad
2	Beverungen	2	PKW
4	Beverungen	2	Fahrrad
1	Beverungen	2	70%PKW/30%Fahrrad
2	Beverungen	2,5	Fahrrad
1	Beverungen	2,5	50%PKW/50%Fahrrad
1	Beverungen	2,5	PKW
1	Beverungen	4	Fahrrad
2	Beverungen	10	PKW
4	Beverungen	11	PKW
3	Beverungen	12	PKW
1	Beverungen	13	PKW
1	Bad Karlshafen	10	PKW
1	Blankenau	5	50%PKW/50%Motorrad
2	Borgentreich	14	PKW
1	Borgentreich	18	PKW
1	Borgentreich	19	PKW
1	Borgentreich	20	PKW
1	Bühne	8	PKW
1	Dalhausen	8	PKW
1	Dalhausen	10	PKW
1	Dalhausen	11	50%PKW/50%Motorrad
4	Dalhausen	11	PKW

1	Holzminden	25	PKW
1	Höxter	9	PKW
1	Höxter	15	PKW
1	Jakobsberg	8	PKW
1	Lauenförde	3,5	Roller
1	Lauenförde	4	50%PKW/50%Fahrrad
1	Manrode	17	PKW
1	Manrode	20	PKW
1	Roggenthal	6	PKW
1	Würgassen	6	PKW

### Personentransporte mit dem PKW

GEMIS ist im Hinblick auf die CO<sub>2</sub>-Bilanzierung von Personentransporten mit dem PKW nicht anwendbar, da für den Gebrauch des Programms die detaillierten Daten nicht verfügbar sind. Zur Berechnung der Emissionen des PKW-Verkehrs wurde der „UBA-Leitfaden: Verkehr im Umweltmanagement – Anleitung zur betrieblichen Erfassung verkehrsbedingter Umwelteinwirkungen“, herausgegeben vom Umweltbundesamt im Jahr 1999, herangezogen. Darin werden die Emissionen des PKW-Verkehrs auf die Kilometerleistung dargestellt. Die mittlere Besetzung der PKW wird mit 1,3 Personen angenommen. Die Emissionswerte werden mit dem Faktor 1,3 multipliziert, da hier fahrleistungsbezogene Werte berechnet werden sollen. Da keine Daten zur PKW-Hubraum-Größe vorhanden sind, werden jeweils die Mittelwerte gewählt.

In der folgenden Tabelle sind die Schadstoffemissionen des PKW-Verkehrs dargestellt. Dabei erfolgt eine Differenzierung nach der PKW-Hubraum-Größe und der Straßenkategorie (innerorts, außerorts, Autobahn). Außerdem werden jeweils Mittelwerte angegeben, die dann entsprechend angewendet werden können, wenn keine Daten zur Größe des PKW verfügbar sind. Weiterhin handelt es sich bei den folgenden Werten um direkte CO<sub>2</sub>-Emissionen, das heißt, es werden nicht, wie beim CO<sub>2</sub>-Äquivalent, andere Treibhausgase wie Methan, Distickstoffoxid oder halogenierte Kohlenwasserstoffe berücksichtigt.

**Tabelle 7-7: Schadstoffemissionen des PKW-Verkehrs; (geändert nach: Umweltbundesamt, Verkehr im Umweltmanagement – Anleitung zur betrieblichen Erfassung verkehrsbedingter Umwelteinwirkungen)**

<i>Hubraum</i>	<i>innerorts</i>	<i>außerorts</i>	<i>Autobahn</i>	<i>Mittel</i>
	CO <sub>2</sub> in g/(P · km)			
< 1,4 L	175,1	114,3	147,9	142,6
1,4 – 2,0 L	198,0	129,6	150,2	156,9
> 2,0 L	244,5	157,3	186,0	192,7
Mittel	198,3	128,8	158,2	159,2

Auf Empfehlung des oben aufgeführten Leitfadens des Umweltbundesamtes sollten Fahrstrecken bis zu einem Umkreis von 5 km als Innerortsverkehr behandelt werden. Das entspricht etwa 11% des Personals des Unternehmens. Durch die stark ländlich geprägte Struktur ist die Durchquerung von Ortschaften meistens erforderlich. Autobahnen werden auf dem Weg zur Arbeit von keinem Mitarbeiter benutzt. Deshalb erhöht sich der Anteil der Innerortsfahrten in der Realität. Es wird angenommen, dass die Mitarbeiter 25% die Strecke innerorts und zu 75% die Strecke außerorts nutzen. Diese Annahme soll auch bei den beiden Fahrzeugtypen Motorroller und Motorräder getroffen werden.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden pro Kilometer nach folgender Formel berechnet:

$$\begin{aligned}
 m_{\text{CO}_2} &= (m_{\text{CO}_2, \text{innerorts}} \cdot 0,25 + m_{\text{CO}_2, \text{außerorts}} \cdot 0,75) \text{ kg CO}_2 / (\text{P} \cdot \text{km}) \cdot 1,3 \text{ P} \\
 m_{\text{CO}_2} &= (0,1983 \cdot 0,25 + 0,1288 \cdot 0,75) \text{ kg CO}_2 / (\text{P} \cdot \text{km}) \cdot 1,3 \text{ P} \\
 &= 0,190028 \text{ kg CO}_2 / (\text{P} \cdot \text{km}) \\
 &= 0,190 \text{ kg CO}_2 / (\text{P} \cdot \text{km})
 \end{aligned}$$

Dabei ist

- $m_{\text{CO}_2}$ : CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kilometer in kg/km,  
 $m_{\text{CO}_2, \text{innerorts}}$ : CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Personen-Kilometer innerorts in kg/(P · km),  
 $m_{\text{CO}_2, \text{außerorts}}$ : CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Personen-Kilometer außerorts in kg/(P · km).

Dieser Wert kommt sowohl bei der Berechnung für Einzelfahrer als auch bei der Berechnung für Fahrgemeinschaften zum Einsatz. Bei den Fahrgemeinschaften wird ein höherer Energieverbrauch durch die höhere Beladung nicht berücksichtigt.

Bei der Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den PKW-Verkehr wird grundsätzlich davon ausgegangen, dass die Mitarbeiter aufgrund wirtschaftlicher Interessen den kürzesten Weg zur Arbeit nehmen.

### ***Einzelfahrer:***

Die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den PKW-Verkehr erfolgt nach der Formel **Gl. 7-1:**

$$M_{CO_2} = x_i \cdot s \cdot d \cdot k \cdot m_{CO_2}$$

Dabei ist

$M_{CO_2}$ :	Kohlendioxidausstoß in kg/a,
$x_i$ :	Anzahl der Fahrten pro Tag,
$s$ :	einfache Entfernung in km,
$d$ :	Arbeitstage pro Jahr,
$k$ :	Anzahl der Mitarbeiter,
$m_{CO_2}$ :	CO <sub>2</sub> -Emissionen in kg/km, kg/TJ oder kg/Energieeinheit.

**Tabelle 7-8: Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den PKW-Verkehr**

<b><i>Wohnort</i></b>	<b><i>Berechnung</i></b>	<b><i>CO<sub>2</sub>-Ausstoß im Jahr 2003 [kg CO<sub>2</sub>/a]</i></b>
Beverungen	$2 \cdot 2 \cdot 220 \cdot 2 \cdot 0,190$	334,4
Beverungen	$2 \cdot 2,5 \cdot 220 \cdot 1 \cdot 0,190$	209,0
Beverungen	$2 \cdot 10 \cdot 220 \cdot 2 \cdot 0,190$	1.672,0
Beverungen	$2 \cdot 11 \cdot 220 \cdot 4 \cdot 0,190$	3.678,4
Beverungen	$2 \cdot 12 \cdot 220 \cdot 3 \cdot 0,190$	3.009,6
Beverungen	$2 \cdot 13 \cdot 220 \cdot 1 \cdot 0,190$	1.086,8
Bad Karlshafen	$2 \cdot 10 \cdot 220 \cdot 1 \cdot 0,190$	836,0
Borgentreich	$2 \cdot 14 \cdot 220 \cdot 2 \cdot 0,190$	2.340,8
Borgentreich	$2 \cdot 18 \cdot 220 \cdot 1 \cdot 0,190$	1.504,8
Borgentreich	$2 \cdot 19 \cdot 220 \cdot 1 \cdot 0,190$	1.588,4
Borgentreich	$2 \cdot 20 \cdot 220 \cdot 1 \cdot 0,190$	1.672,0
Bühne	$2 \cdot 8 \cdot 220 \cdot 1 \cdot 0,190$	668,8
Dalhausen	$2 \cdot 8 \cdot 220 \cdot 1 \cdot 0,190$	668,8

Dalhausen	$2 \cdot 10 \cdot 220 \cdot 1 \cdot 0,190$	836,0
Dalhausen	$2 \cdot 11 \cdot 220 \cdot 3 \cdot 0,190$	2.758,8
Holzminden	$2 \cdot 25 \cdot 220 \cdot 1 \cdot 0,190$	2.090,0
Höxter	$2 \cdot 9 \cdot 220 \cdot 1 \cdot 0,190$	752,4
Höxter	$2 \cdot 15 \cdot 220 \cdot 1 \cdot 0,190$	1.254,0
Jakobsberg	$2 \cdot 8 \cdot 220 \cdot 1 \cdot 0,190$	668,8
Manrode	$2 \cdot 17 \cdot 220 \cdot 1 \cdot 0,190$	1.421,2
Manrode	$2 \cdot 20 \cdot 220 \cdot 1 \cdot 0,190$	1.672,0
Roggenthal	$2 \cdot 6 \cdot 220 \cdot 1 \cdot 0,190$	501,6
Würgassen	$2 \cdot 6 \cdot 220 \cdot 1 \cdot 0,190$	501,6
<b>Summe</b>		<b>31.726,2</b>

Durch die Benutzung von PKW durch die Mitarbeiter auf ihrem Weg zur Arbeit werden im Jahr 2003 31,7 t CO<sub>2</sub> emittiert.

### *Fahrgemeinschaften*

Die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen erfolgt nach Formel Gl. 7-1:

$$M_{\text{CO}_2} = x_i \cdot s \cdot d \cdot k \cdot m_{\text{CO}_2}$$

Dabei ist

- $M_{\text{CO}_2}$ : Kohlendioxidausstoß in kg/a,  
 $x_i$ : Anzahl der Fahrten pro Tag,  
 $s$ : einfache Entfernung in km,  
 $d$ : Arbeitstage pro Jahr,  
 $k$ : Anzahl der Mitarbeiter,  
 $m_{\text{CO}_2}$ : CO<sub>2</sub>-Emissionen in kg/km, kg/TJ oder kg/Energieeinheit.

**Tabelle 7-9: Mitarbeiter, die den Weg zur Arbeit mit Fahrgemeinschaften zurücklegen:**

<i>Fahrgemeinschaft</i>	<i>Wohnort</i>	<i>Anzahl der Mitfahrer</i>	<i>Kürzeste Wegstrecke [km]</i>
FG 1	Dalhausen	3	11

Tabelle 7-10: Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Fahrgemeinschaften

<i>Fahrgemeinschaft</i>	<i>Berechnung</i>	<i>CO<sub>2</sub>-Ausstoß im Jahr 2003 [kg CO<sub>2</sub>/a]</i>
FG 1	$2 \cdot 11 \cdot 220 \cdot 1 \cdot 0,190$	919,6
<b>Summe</b>		<b>919,6</b>

Bei der Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen für die Fahrgemeinschaft ergibt sich ein CO<sub>2</sub>-Ausstoß von 0,9 t CO<sub>2</sub> für das Jahr 2003.

### Personentransporte mit dem Fahrrad

Für die Benutzung von Fahrrädern ist in GEMIS ein CO<sub>2</sub>-Äquivalent von 0,004467 kg CO<sub>2</sub>/km angegeben.

Die jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen berechnen sich nach der Formel **Gl. 7-3**:

$$M_{\text{CO}_2} = x_i \cdot s \cdot d \cdot k \cdot m_{\text{CO}_2}$$

Dabei ist

- $M_{\text{CO}_2}$ : Kohlendioxidausstoß in kg/a,  
 $x_i$ : Anzahl der Fahrten pro Tag,  
 $s$ : einfache Entfernung in km,  
 $d$ : Arbeitstage pro Jahr,  
 $k$ : Anzahl der Mitarbeiter,  
 $m_{\text{CO}_2}$ : CO<sub>2</sub>-Emissionen in kg/km, kg/TJ oder kg/Energieeinheit.

Tabelle 7-11: Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die Benutzung von Fahrrädern:

<i>Wohnort</i>	<i>Berechnung</i>	<i>CO<sub>2</sub>-Ausstoß im Jahr 2003 [kg CO<sub>2</sub>/a]</i>
Beverungen	$2 \cdot 0,5 \cdot 220 \cdot 2 \cdot 0,004467$	1,965
Beverungen	$2 \cdot 1 \cdot 220 \cdot 2 \cdot 0,004467$	3,931
Beverungen	$2 \cdot 1,5 \cdot 220 \cdot 2 \cdot 0,004467$	5,896
Beverungen	$2 \cdot 2 \cdot 220 \cdot 4 \cdot 0,004467$	15,724
Beverungen	$2 \cdot 2,5 \cdot 220 \cdot 2 \cdot 0,004467$	9,827
Beverungen	$2 \cdot 4 \cdot 220 \cdot 1 \cdot 0,004467$	7,862
<b>Summe</b>		<b>45,205</b>

Durch die Benutzung von Fahrrädern durch die Mitarbeiter auf ihrem Weg zur Arbeit werden im Jahr 2003 0,045 t CO<sub>2</sub> emittiert.

### Personentransporte mit dem Motorroller

Zu den Fahrzeugdaten des Motorrollers stehen keine näheren Informationen zur Verfügung. Es wird angenommen, dass für die Fahrzeuge die Abgasnorm EURO 1 einzuhalten ist. Für Motorroller, in GEMIS als Kleinkrafträder bezeichnet, sind die beiden folgenden CO<sub>2</sub>-Äquivalente angegeben:

Tabelle 7-12: CO<sub>2</sub>-Äquivalent von Kleinkrafträdern

<i>Fahrzeug</i>	<i>CO<sub>2</sub>-Äquivalent [kg CO<sub>2</sub>/a]</i>	
	außerorts	Innerorts
Kleinkrafträder	0,006045	0,006358

Das CO<sub>2</sub>-Äquivalent wird pro Kilometer nach folgender Formel berechnet:

$$m_{\text{CO}_2} = (m_{\text{CO}_2, \text{innerorts}} \cdot 0,25 + m_{\text{CO}_2, \text{außerorts}} \cdot 0,75) \text{ kg CO}_2/\text{km}$$

$$m_{\text{CO}_2} = (0,006043 \cdot 0,25 + 0,006358 \cdot 0,75) \text{ kg CO}_2/\text{km}$$

$$= 0,006279 \text{ kg CO}_2/\text{km}$$

$$= 0,006$$

Die jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen berechnen sich wie folgt nach der Formel **Gl. 7-4**:

$$M_{\text{CO}_2} = x_i \cdot s \cdot d \cdot k \cdot m_{\text{CO}_2}$$

Dabei ist

$M_{\text{CO}_2}$ :	Kohlendioxid ausstoß in kg/a,
$x_i$ :	Anzahl der Fahrten pro Tag,
$s$ :	einfache Entfernung in km,
$d$ :	Arbeitstage pro Jahr,
$k$ :	Anzahl der Mitarbeiter,
$m_{\text{CO}_2}$ :	CO <sub>2</sub> -Emissionen in kg/km, kg/TJ oder kg/Energieeinheit.

**Tabelle 7-13: Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die Benutzung von Rollern:**

<i>Wohnort</i>	<i>Berechnung</i>	<i>CO<sub>2</sub>-Ausstoß im Jahr 2003 [kg CO<sub>2</sub>/a]</i>
Lauenförde	$2 \cdot 3,5 \cdot 220 \cdot 1 \cdot 0,006$	9,240
<b>Summe</b>		<b>9,240</b>

Durch die Benutzung des Motorrollers durch einen Mitarbeiter auf seinem Weg zur Arbeit werden im Jahr 2003 0,010 t CO<sub>2</sub> emittiert.

### Personentransporte durch unterschiedliche Beförderungsmittel

Die Berechnung der Personentransporte durch unterschiedliche Beförderungsmittel wird wie folgt nach der Formel **Gl. 7-6** berechnet:

$$M_{\text{CO}_2} = x_i \cdot s \cdot d \cdot k \cdot (m_{\text{CO}_2,1} \cdot z_1 + m_{\text{CO}_2,2} \cdot z_2) \text{ kgCO}_2/\text{km}$$

Dabei ist

$x_i$ :	Anzahl der Fahrten pro Tag,
$s$ :	einfache Entfernung in km,
$d$ :	Arbeitstage pro Jahr,
$k$ :	Anzahl der Mitarbeiter,
$m_{\text{CO}_2,1}$ :	CO <sub>2</sub> -Äquivalent des Verkehrsmittels 1 pro Kilometer in kg/km,

- $m_{CO_2,2}$ : CO<sub>2</sub>-Äquivalent des Verkehrsmittels 2 pro Kilometer in kg/km,  
 $z_1$ : Anteil des Verkehrsmittels 1 an der Gesamtstrecke,  
 $z_2$ : Anteil des Verkehrsmittels 2 an der Gesamtstrecke.

Für die Berechnung ist auch das noch nicht erwähnte CO<sub>2</sub>-Äquivalent für Motorräder notwendig. Der zugehörige Wert in GEMIS bezieht sich auf ein durchschnittliches Motorrad (2- und 4-Takter und Durchschnitt aller Abgasnormen) und hat den folgenden Wert:

**Tabelle 7-14: CO<sub>2</sub>-Äquivalent von Motorrädern**

<i>Fahrzeug</i>	<i>CO<sub>2</sub>-Äquivalent</i> <i>[kg CO<sub>2</sub>/a]</i>
Motorrad	0,15093

Die jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen berechnen sich wie folgt nach der Formel **Gl. 7-5**:

$$M_{CO_2} = x_i \cdot s \cdot d \cdot k \cdot m_{CO_2}$$

Dabei ist

- $M_{CO_2}$ : Kohlendioxidausstoß in kg/a,  
 $x_i$ : Anzahl der Fahrten pro Tag,  
 $s$ : einfache Entfernung in km,  
 $d$ : Arbeitstage pro Jahr,  
 $k$ : Anzahl der Mitarbeiter,  
 $m_{CO_2}$ : CO<sub>2</sub>-Emissionen in kg/km, kg/TJ oder kg/Energieeinheit.

**Tabelle 7-15: Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch unterschiedliche Beförderungsmittel**

<i>Wohnort</i>	<i>Verkehrsmittel</i>	<i>Berechnung</i>	<i>CO<sub>2</sub>-Ausstoß im Jahr</i> <i>2003 [kg CO<sub>2</sub>/a]</i>
Beverungen	50%PKW 50%Fahrrad	$2 \cdot 1 \cdot 220 \cdot 1 \cdot (0,190 \cdot 0,5 + 0,004467 \cdot 0,5)$	42,8
Beverungen	50%PKW/ 50%Fahrrad	$2 \cdot 1,5 \cdot 220 \cdot 1 \cdot (0,190 \cdot 0,5 + 0,004467 \cdot 0,5)$	64,2

Beverungen	70%PKW/ 30%Fahrrad	$2 \cdot 2 \cdot 220 \cdot 1 \cdot (0,190 \cdot 0,7 + 0,004467 \cdot 0,3)$	118,2
Beverungen	50%PKW/ 50%Fahrrad	$2 \cdot 2,5 \cdot 220 \cdot 1 \cdot (0,190 \cdot 0,5 + 0,004467 \cdot 0,5)$	107,0
Blankenau	50%PKW/ 50%Motorrad	$2 \cdot 5 \cdot 220 \cdot 1 \cdot (0,190 \cdot 0,5 + 0,15093 \cdot 0,5)$	375,0
Dalhausen	50%PKW/ 50%Motorrad	$2 \cdot 11 \cdot 220 \cdot 1 \cdot (0,190 \cdot 0,5 + 0,15093 \cdot 0,5)$	825,1
Lauenförde	50%PKW/ 50%Fahrrad	$2 \cdot 4 \cdot 220 \cdot 1 \cdot (0,190 \cdot 0,5 + 0,004467 \cdot 0,5)$	171,1
<b>Summe</b>			<b>1.703,4</b>

Durch die Benutzung von unterschiedlichen Beförderungsmitteln durch die Mitarbeiter auf ihrem Weg zur Arbeit werden im Jahr 2003 1,7 t CO<sub>2</sub> emittiert.

### 7.2.3.2 Besucherverkehr

Der Besucherverkehr ergibt sich hauptsächlich aus den Besuchen, die von zwei Vertretern beim Unternehmen Böker Sperrholz getätigt werden. Es wird angenommen, dass die beiden Personen das Unternehmen jeweils 32 Mal pro Jahr aufgesucht haben. Aufgrund der erschwerten Datenerhebung in Bezug auf die übrigen Besucher, werden diese bei der Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen vernachlässigt.

**Tabelle 7-16: Angaben zum Besucherverkehr**

<i>Anzahl</i>	<i>Herkunftsort</i>	<i>Entfernung vom Ausgangsort [km]</i>	<i>gefahrte einfache Strecke [km]</i>	<i>Verkehrsmittel</i>
1	Hann. Münden	50	$1 \cdot 50 = 50$	PKW
1	Löhne	97	$1 \cdot 97 = 97$	PKW

Bei der Berechnung wird der schon verwendete und bereits berechnete CO<sub>2</sub>-Emissionswert für Personentransporte mit dem PKW verwendet.

Die jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen berechnen sich wie folgt nach der Formel **Gl. 7-1**:

$$M_{CO_2} = x_i \cdot s \cdot d \cdot k \cdot m_{CO_2}$$

Dabei ist

$M_{CO_2}$ :	Kohlendioxid ausstoß in kg/a,
$x_i$ :	Anzahl der Fahrten pro Tag,
$s$ :	einfache Entfernung in km,
$d$ :	Arbeitstage pro Jahr,
$k$ :	Anzahl der Mitarbeiter,
$m_{CO_2}$ :	CO <sub>2</sub> -Emissionen in kg/km, kg/TJ oder kg/Energieeinheit.

Tabelle 7-17: Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Besucherverkehr

<i>Herkunftsort</i>	<i>Berechnung</i>	<i>CO<sub>2</sub>-Ausstoß im Jahr 2003 [kg CO<sub>2</sub>/a]</i>
Hann. Münden	$2 \cdot 50 \cdot 32 \cdot 1 \cdot 0,190$	608,0
Löhne	$2 \cdot 97 \cdot 32 \cdot 1 \cdot 0,190$	1.179,52
<b>Summe</b>		<b>1.787,52</b>

Durch die Benutzung des PKW durch die beiden Besucher werden im Jahr 2003 1,8 t CO<sub>2</sub> emittiert.

#### 7.2.4 Verkehr durch den Fuhrpark

Das Unternehmen verfügt über folgende Fahrzeuge und Arbeitsgeräte:

Tabelle 7-18: Fahrzeuge und Arbeitsgeräte der Firma Böker Sperrholz:

<i>Fahrzeug</i>	<i>Anzahl</i>	<i>Abgasnorm</i>	<i>Zul.Gesamtgewicht</i>	<i>L oder kg bzw. km in 2003</i>
PKW 1	1	EURO 3	2,050 t	70.000 km
PKW 2	1	EURO 4	1,645 t	20.000 km
PKW 3	1	EURO 3	1,790	40.000 km
LKW 1	1	-	25,000 t	60.000 km
LKW (Anhänger)	1	-	16,000 t	
Stapler 1 (Gas)	1	-	3,5000	1.038,42 kg
Stapler 2 (Diesel)			3,5000	4.268 L

#### *Fahrzeuge*

Der betriebseigene LKW wird hauptsächlich für die Belieferung von Kunden im überregionalen Raum genutzt. Dabei wird unter anderem auch die Autobahn genutzt

und muss somit berücksichtigt werden. Für den LKW sind in GEMIS folgende CO<sub>2</sub>-Äquivalente angegeben:

**Tabelle 7-19: CO<sub>2</sub>-Äquivalente für den LKW mit Anhänger**

<i>Fahrzeug</i>	<i>CO<sub>2</sub>-Äquivalent</i>		
	<i>[kg CO<sub>2</sub>/a]</i>		
	außerorts	innerorts	Autobahn
LKW	0,09625	0,13828	0,09961

Es wird angenommen, dass der LKW zu gleichen Teilen sowohl außer- und innerörtliche Fahrten als auch Autobahnfahrten tätigt. Der Wert für das CO<sub>2</sub>-Äquivalent des LKW ergibt sich dann nach der folgenden Formel:

$$\begin{aligned}
 m_{\text{CO}_2} &= (m_{\text{CO}_2, \text{innerorts}} \cdot 0,33 + m_{\text{CO}_2, \text{außerorts}} \cdot 0,33 + m_{\text{CO}_2, \text{Autobahn}} \cdot 0,33) \text{ kg CO}_2/\text{km} \\
 m_{\text{CO}_2} &= (0,13828 \cdot 0,33 + 0,09625 \cdot 0,33 + 0,09961 \cdot 0,33) \text{ kg CO}_2/\text{km} \\
 &= 0,11027 \text{ kg CO}_2/\text{km} \\
 &= 0,110 \text{ kg CO}_2/\text{km}
 \end{aligned}$$

Dabei ist

$m_{\text{CO}_2}$ :	CO <sub>2</sub> -Emissionen pro Kilometer in kg/km,
$m_{\text{CO}_2, \text{innerorts}}$ :	CO <sub>2</sub> -Emissionen pro Personen-Kilometer innerorts in kg/(P · km),
$m_{\text{CO}_2, \text{außerorts}}$ :	CO <sub>2</sub> -Emissionen pro Personen-Kilometer außerorts in kg/(P · km),
$m_{\text{CO}_2, \text{Autobahn}}$ :	CO <sub>2</sub> -Emissionen pro Personen-Kilometer auf der Autobahn in kg/(P · km).

Für LKW in dieser Größenordnung ist in GEMIS eine durchschnittliche Beladung von 13,5 t angegeben. Nach der folgenden Formel ergibt sich dann das zur Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen notwendige CO<sub>2</sub>-Äquivalent:

$$m_{\text{CO}_2} = m_{\text{CO}_2, i} \cdot m_d \quad \text{Gl. 7-11}$$

Dabei ist

$m_{\text{CO}_2}$ :	CO <sub>2</sub> -Emissionen pro Kilometer in kg/km,
$m_{\text{CO}_2, i}$ :	CO <sub>2</sub> -Emissionen pro Kilometer in kg/km des LKW,
$m_d$ :	durchschnittliche Beladung in t des LKW.

Tabelle 7-20: CO<sub>2</sub>-Äquivalent unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Beladung

<i>Fahrzeug</i>	<i>durchschnittliche Beladung (Annahme)</i>	<i>Berechnung</i>	<i>CO<sub>2</sub>-Äquivalent [kg CO<sub>2</sub>/a]</i>
LKW 1	13,5	13,5 · 0,110	1,485

Die jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Verkehr von Fahrzeugen der Firma Böker errechnen sich wie folgt:

$$M_{\text{CO}_2} = s \cdot m_{\text{CO}_2} \quad \text{Gl. 7-7}$$

Dabei ist

$M_{\text{CO}_2}$ : Kohlendioxidausstoß in kg/a,

s: einfache Entfernung in km,

$m_{\text{CO}_2}$ : CO<sub>2</sub>-Emissionen in kg/km, kg/TJ oder kg/Energieeinheit.

Tabelle 7-21: Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Verkehr von Fahrzeugen der Firma Böker Sperrholz im Jahr 2003:

<i>Fahrzeug</i>	<i>Berechnung</i>	<i>CO<sub>2</sub>-Ausstoß im Jahr 2003 [kg CO<sub>2</sub>/a]</i>
PKW 1	0,190 · 70.000	13.300,0
PKW 2	0,190 · 20.000	3.800,0
PKW 3	0,190 · 40.000	7.600,0
LKW 1 (mit Anhänger)	1,485 · 60.000	89.100,0
<b>Summe</b>		<b>113.800,0</b>

Durch die Benutzung der Fahrzeuge des Fuhrparks ergibt sich ein CO<sub>2</sub>-Ausstoß von 113,8 t CO<sub>2</sub> für das Jahr 2003.

### *Arbeitsgeräte*

Im Unternehmen wird jeweils ein Gabelstapler mit Gas und Diesel als Arbeitsgerät betrieben. Da die Treibstoffverbräuche der beiden Stapler nicht vorlagen, wurden sie durch eine praktische Durchführung im Betrieb ermittelt. Dabei wurden folgende Daten festgestellt:

Tabelle 7-22: Treibstoffverbrauch der Arbeitsgeräte

<i>Arbeitsgerät</i>	<i>Treibstoffverbrauch [L /Betr.std bzw. kg/Betr.std]</i>
Stapler mit Dieselantrieb	4
Stapler mit Gasantrieb (Treibgasgemisch aus Propan und Butan)	1,62

Für den dieselbetriebenen Gabelstapler wird als CO<sub>2</sub>-Äquivalent aus GEMIS der Wert für stationäre Diesel-Verbrennungsmotoren angenommen. Das CO<sub>2</sub>-Äquivalent für den gasbetriebenen Gabelstapler entspricht dem CO<sub>2</sub>-Äquivalent für Flüssiggas<sup>16</sup>.

Tabelle 7-23: CO<sub>2</sub>-Äquivalente der Arbeitsgeräte

<i>Arbeitsgerät</i>	<i>CO<sub>2</sub>-Äquivalent [kg/TJ] bzw. [kg/kWh]</i>
Stapler mit Dieselantrieb	287.709
Stapler mit Gasantrieb	0,272

Der treibstoffbezogene Energieverbrauch für den dieselbetriebenen Gabelstapler lässt sich wie folgt bestimmen:

$$P = H_u \cdot \zeta = 42.960 \text{ kJ/kg} \cdot 0,84 \text{ kg/L} = 36.086,4 \text{ kJ/L} = 0,0000360864 \text{ TJ/L} \quad \text{Gl. 7-12}$$

Dabei ist

- P: verbrauchte Energie in kJ/L,  
 H<sub>u</sub>: unterer Heizwert/ von Dieselkraftstoff in kJ/kg,  
 ζ: Dichte von Dieselkraftstoff in kg/L.

Die jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Gebrauch des dieselbetriebenen Gabelstaplers errechnen sich wie folgt:

$$M_{\text{CO}_2} = P \cdot V \cdot m_{\text{CO}_2} \quad \text{Gl. 7-8}$$

<sup>16</sup> Quelle: Wohnen und Umwelt GmbH, Darmstadt

Dabei ist

$M_{CO_2}$ :	Kohlendioxidausstoß in kg/a,
P:	treibstoffbezogener Energieverbrauch in TJ/L,
V:	Jahrestreibstoffverbrauch in L/a,
$m_{CO_2}$ :	CO <sub>2</sub> -Emissionen in kg/TJ.

Die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen des mit Flüssiggases betriebenen Gabelstapler erfolgt nach der Formel:

$$M_{CO_2} = H_u \cdot m_{FG} \cdot m_{CO_2} \quad \text{Gl. 7-13}$$

Dabei ist

$M_{CO_2}$ :	Kohlendioxidausstoß in kg/a,
$H_u$ :	unterer Heizwert des Flüssiggases in kWh/kg,
$m_{FG}$ :	verbrauchte Masse des Flüssiggases im Jahr 2003 in kg,
$m_{CO_2}$ :	CO <sub>2</sub> -Äquivalent von Flüssiggas kg/kWh.

**Tabelle 7-24: Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Verkehr von Gabelstaplern der Firma Böker Sperrholz**

<i>Gabelstapler</i>	<i>Berechnung</i>	<i>CO<sub>2</sub>-Ausstoß im Jahr 2003 [kg CO<sub>2</sub>/a]</i>
Stapler mit Dieselantrieb	$0,0000360864 \cdot 287.709 \cdot 4.268$	44.312,007
Stapler mit Gasantrieb	$12,8 \cdot 1.038,42 \cdot 0,272$	3.615,363
<b>Summe</b>		<b>47.927,370</b>

Durch die Benutzung der beiden Gabelstapler werden im Jahr 2003 47,9 t CO<sub>2</sub> emittiert.

### 7.3 Darstellung der Ergebnisse

In der folgenden Tabelle sind zusammenfassend alle Emissionsverursacher und ihre CO<sub>2</sub>-Ausstöße dargestellt.

**Tabelle 7-25: Emissionsverursacher und ihre Ausstöße**

<i>Emissionsverursacher</i>	<i>CO<sub>2</sub>-Ausstoß im Jahr 2003 [t CO<sub>2</sub>/a]</i>
Heizung	384,700
Strom	1.270,600
Einzelfahrer PKW	31,700
Einzelfahrer Roller	0,010
Fahrrad	0,045
Fahrgemeinschaften	0,009
Unterschiedliche Beförderungsmittel	1,700
Besucherverkehr	1,800
Fahrzeuge der Firma	113,800
Arbeitsgeräte der Firma	47,900
<b>Summe</b>	<b>1.852,264</b>

**Insgesamt ergibt sich also ein CO<sub>2</sub>-Ausstoß von ca. 1.852 t für das Jahr 2003 im Unternehmen Böker Sperrholz.**

Die folgende Grafik stellt den prozentualen Anteil der Emissionsverursacher im Unternehmen dar.

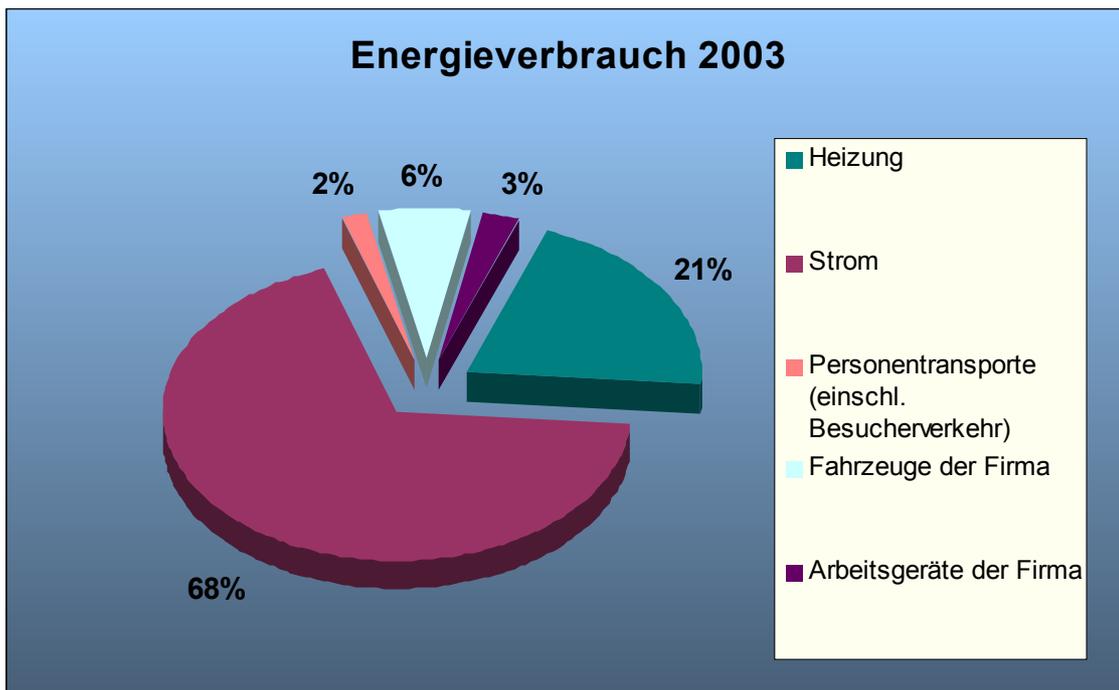


Abbildung 7-5: Energieverbrauch der einzelnen Emissionsverursacher

#### 7.4 Maßnahmenkatalog zur Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes und zugehöriges Minderungspotential

##### Wie in einem Unternehmen umweltbewusst Geld gespart werden kann

Die Einsparung von Energie ist der bisher effektivste und kostengünstigste Weg, um die Verringerung des Kohlendioxid-Ausstoßes in der Luft zu erreichen.

Auf Grundlage der durchgeführten CO<sub>2</sub>-Bilanzierung sollen nun Maßnahmen und Energieeinsparpotentiale dargestellt werden, die zu einer Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes führen sollen.

Anhand der folgenden Berechnungsmethode soll die Energieeinsparung in kWh bzw. die Verminderung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes quantitativ aufgezeigt werden.

Die Energieeinsparung erfolgt nach der Formel

$$E_S = E \cdot x_i \quad \text{Gl. 7-14}$$

Dabei ist

$E_S$ : eingesparte Energie in kWh,

$E$ : verbrauchte Energie in kWh im Jahr 2003,

$x_i$ : Minderungsgrad

Die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Einsparung erfolgt nach der Formel

$$M_{\text{CO}_2, \text{S}} = M_{\text{CO}_2} \cdot x_i \quad \text{Gl. 7-15}$$

Dabei ist

$M_{\text{CO}_2, \text{S}}$ :	eingesparter CO <sub>2</sub> -Ausstoß in t,
$M_{\text{CO}_2}$ :	eingesparter CO <sub>2</sub> -Ausstoß in t im Jahr 2003,
$x_i$ :	Minderungsgrad.

#### 7.4.1 Technische Maßnahmen

Unter dem technischen CO<sub>2</sub>-Minderungspotential versteht man, bezogen auf den aktuellen Energieverbrauch, dass in einem bestimmten Zeitraum durch die Ausschöpfung der heute bestehenden technischen Lösungen und Kenntnisse eine rationelle und sparsame Energieverwendung und -umwandlung, eine verstärkte Nutzung regenerativer Energien sowie eine Verbesserung der Energieeffizienz erreicht wird.<sup>17</sup> Zur Darstellung von Reduktionsmöglichkeiten sind hier einige durchführbare Beispiele aufgeführt:

##### 7.4.1.1 Energieeinsparendes Verhalten im Betrieb

###### Energiesparen im Büro

Durch die zunehmende technische Ausstattung in den Büroräumen gewinnen auch hier Energiesparmöglichkeiten immer mehr an Bedeutung. Jeder Mitarbeiter sollte sich für den Energieverbrauch in seinem Arbeitsbereich verantwortlich fühlen. Dazu gehört folgende Grundregel: Alle Geräte, ob Computer, Bildschirm, Drucker oder das Faxgerät, sollten nur bei anschließendem Gebrauch ein und nach Gebrauch ausgeschaltet werden. Das trifft bei Bildschirmen, Druckern und Kopiergeräten zu, wenn sie länger als 15 Minuten nicht gebraucht werden. Ein Bildschirm verbraucht etwa doppelt soviel Energie wie der zugehörige Rechner. Da ein Bildschirmschoner kaum Energie spart, maximal 5-10%, sollte in den Arbeitspausen der Bildschirm über den Netzschalter des Bildschirms ausgeschaltet werden. Auch am Wochenende oder in längeren arbeitsfreien Zeiträumen sollten die Geräte nicht im Standby-Betrieb laufen, sondern abgeschaltet werden.

Zu dem relativ hohen Stromverbrauch in der Arbeitsphase kommt also ein möglicherweise höherer Verbrauch während der Leerlaufphase. Die Leerlaufverluste von Elektrogeräten betragen in Deutschland jedes Jahr über 20,5 Milliarden Kilowattstunden Strom, ein Drittel davon verbrauchen Bürogeräte - so heißt es in einer Verbraucherinformation der Verbraucher-Zentrale Thüringen e.V.<sup>18</sup> Besonders beim

---

<sup>17</sup> Quelle: geändert nach: U. Förstner, Umweltschutztechnik, 5. Aufl. Berlin: Springer, 1995, S.172

<sup>18</sup> Vergleiche: [www.vzth.de/text\\_print.php?id=183](http://www.vzth.de/text_print.php?id=183) (Stand: 10.06.04)

Kopierern ist ein großer Anteil des verbrauchten Stroms auf den Standby-Betrieb zurückzuführen. 75 Prozent der Energie werden verschwendet, während der Kopierer nicht benutzt wird. Werden Kopiergeräte selten genutzt, sollten sie deshalb nach dem Gebrauch ausgeschaltet werden. Schon bei einem Nichtbetrieb von 15 Minuten lohnt sich das Abschalten.<sup>19</sup>

Das Ausschalten ist auch die einfachste Möglichkeit, die Energieverschwendung der betroffenen Geräte zu stoppen. Dadurch entstehen keine weiteren Kosten, ist aber am Anfang unbequem. Mit einer schaltbaren Steckerleiste kann der Vorgang erleichtert werden, da man mit einem Fingerdruck mehrere Geräte vom Netz trennen oder wieder einschalten kann. Die Kosten für diese Anlagen liegen zwischen 5 bis 20 Euro, machen sich aber nach einer kurzen Zeit bezahlt.

Bei Neuanschaffungen sollte darauf geachtet werden, dass energiesparende Alternativen die alten Geräte mit meistens höheren Energieverbräuchen ersetzen. Das Umweltzeichen Blauer Engel kann hierbei eine Entscheidungshilfe sein. Er kennzeichnet ebenso leistungsfähige sowie umwelt- und gesundheitsverträgliche Bürogeräte.

### **Kontinuierliche Energieverbrauchsdocumentation**

Eine wesentliche Maßnahme zur Kontrolle der Energieverbräuche ist die regelmäßige Dokumentation zum Energieverbrauch, sowohl in den Büroräumen als auch in den Produktionshallen. Hierfür ist es notwendig, den jährlichen Energieverbrauch sowie die Energiebezugsfläche (beheizbare Bruttonutzfläche) jedes Gebäudes zu ermitteln. Außerdem sollen die elektrischen Geräte des Betriebs differenziert erfasst werden, so dass erforderlicher Handlungsbedarf aufgezeigt werden kann. In einer Energieverbrauchsdocumentation und einer internen Berichtserstattung werden die jährlichen Verbrauchswerte übersichtlich dokumentiert und nachvollziehbar zusammengefasst werden. Dabei sollte die Erfassung, Auswertung und Analyse der Energieverbräuche monatlich erfolgen. So ist es möglich, schnellen Handlungsbedarf bei unkontrollierten Verbräuchen, Fehlnutzungen oder technischen Defekten aufzuzeigen. Die Energieverbrauchsdocumentation ist ein sinnvolles Instrument zur Kontrolle der Energieverbräuche und zur effektiven Nutzung der Energie. Beispielsweise anhand einer Informationstafel sollte allen Mitarbeitern regelmäßig die betrieblichen Umweltverbrauchsdaten mitgeteilt werden.

Unter Ausnutzung der derzeit verfügbaren technischen Lösungen hat der Stromverbrauch im Unternehmen durch umweltbewusstes Verbraucherverhalten ein Einsparpotential von ungefähr 15%<sup>20</sup>. Insgesamt hätte diese Energieeinsparung eine CO<sub>2</sub>-Reduktion von 190,6 t CO<sub>2</sub> pro Jahr zur Folge.

---

<sup>19</sup> Vergleiche: [http://www.greenpeace-energy.de/content/hintergrund/tipps\\_buero.php4](http://www.greenpeace-energy.de/content/hintergrund/tipps_buero.php4) (Stand: 30.08.04)

<sup>20</sup> Quelle: geändert nach: U. Förstner, Umweltschutztechnik, 5. Aufl. Berlin: Springer, 1995, S.173

***Berechnung der Energieeinsparung und Verminderung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes durch umweltbewusstes Verhalten:***

$$E_S = 2.190.615 \text{ kWh} \cdot 0,15 = 328.592 \text{ kWh}$$

$$M_{\text{CO}_2,S} = 1.270,557 \text{ t} \cdot 0,15 = 190,6 \text{ t}$$

**7.4.1.2 Energiesparende Beleuchtungssysteme**

Etwa 10 Prozent des Stromverbrauches werden für den Bereich der Beleuchtung verbraucht.

Bei der Firma Böker Sperrholz sind sowohl in der Produktion als auch in den Büroräumen hauptsächlich Leuchtstofflampen installiert (über 500). Dabei sind aber nur ca. 50% bei der täglichen Produktion im Einsatz. Die überzähligen Leuchtstofflampen könnten nach einer Messung der Beleuchtungsstärke und einem Vergleich mit den zugehörigen DIN-Werten<sup>21</sup> rausgedreht werden. Es sollte beim Herausdrehen einzelner Lampen eine gleichmäßige Ausleuchtung gewährleistet sein.

Leuchtstofflampen sind zwar teurer als Glühbirnen, durch ihre längere Lebensdauer und der stärkeren Lichtausbeute aber viel ökonomischer. Da Leuchtstofflampen nicht zu häufig ein- und ausgeschaltet werden sollten, sind sie vor allem für die lichtintensiven Bereiche der Produktion bestimmt, wo eine dauerhafte Beleuchtung gefordert ist. Aufgrund der großen Anzahl von Leuchtstoffröhren in den beiden Produktionshallen sollte darauf geachtet werden, dass nur besetzte Arbeitsplätze mit Licht versorgt werden. Um die Lichtausbeute zu erhöhen, sind Abdeckungen und Reflektoren regelmäßig zu reinigen.

In den Büroräumen sollte die Möglichkeit bestehen, über den Schalter nur einzelne Leuchtstofflampen an- und ausschalten zu können, damit nicht benötigtes Licht nicht verschwendet wird..

Das beim Anschalten anfängliche Flimmern kann durch die Installation eines elektronischen Vorschaltgerätes vermieden werden. Durch diese Maßnahme kann zusätzlich Energie gespart und die Lebensdauer der Lampe verlängert werden.

Das möglich erreichbare CO<sub>2</sub>-Minderungspotential ist im Wert für das „Energieeinsparende Verhalten im Betrieb“ schon einberechnet.

**7.4.1.3 Überprüfung der Kraft-Wärme-Kopplungsanlage**

Grundlage für eine effiziente Energienutzung ist die genaue Überprüfung des Heizsystems. Hierzu gehört primär die regelmäßige Kontrolle und Wartung der Kesselanlage. Dabei müssen die Brennereinstellungen regelmäßig überprüft werden sowie, ob sich Luft in der Anlage befindet. Durch die Reinigung eines stark verschmutzten Heizkessels können bis zu 20 Prozent Energie eingespart werden, da

---

<sup>21</sup> DIN 5035: Festlegung der erforderlichen Beleuchtungsstärke für den jeweiligen Arbeitsplatz

Rußablagerungen im Kessel die Abgastemperaturen und den Energieverbrauch erhöhen.<sup>22</sup>

Anlagen, die älter als zehn Jahre sind, sollten erneuert werden. Da es sich im Unternehmen um eine ältere Anlage handelt, sollten Angebote für energieeffizientere Alternativen eingeholt werden. Soll die alte Heizungsanlage durch eine neue ersetzt werden, ist die bauliche Situation und die Nutzung der Hallen zu berücksichtigen. Für Werk- und Lagerhallen werden unterschiedliche energieeffiziente Energiesysteme angeboten.

Bei der Installation einer neuen Heizungsanlage sollten die zuständigen Anlagenbetreuer auf regelmäßige Anlagenbetreuerschulungen bzw. -fortbildungen mit der neuen Regelungs- und Messtechnik vertraut gemacht werden, um einen energieeffizienten Betrieb gewährleisten zu können.

Beim Vergleich zu alten Kesseln ist der Wirkungsgrad von Niedrigtemperaturkesseln oder auch Brennwertkesseln, die Wärme aus dem Abgas gewinnen können, deutlich höher. Leistungsfähige moderne Heizungsanlagen sind durch ihre einfache Regulierbarkeit energiesparender.<sup>22</sup> Die Kraft-Wärme-Kopplungsanlage des Unternehmens Böker Sperrholz muss dagegen immer mit Volllast gefahren werden, da sonst eine kontinuierliche Regulierung des Gegendrucks notwendig wäre, um die Temperatur von 110°C im Trockenofen gewährleisten zu können.

Ferner sollte überlegt werden, ob eine Nutzung der überflüssigen Wärme durch die Schaffung eines Nahwärmeverbunds durch vor Ort ansässige Verbraucher möglich ist. Bis jetzt wurde diese nicht genutzte Wärme über Konvektoren auf dem Dach abgegeben.

Bei Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen ist, unter Einhaltung der aufgeführten technischen Maßnahmen, ein Einsparpotential von ca. 15 Prozent zu erwarten.<sup>23</sup> Zusätzlich kann die Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Anlagenbetreuerschulungen um jeweils 5% für den Strom- und Heizenergieverbrauch erreicht werden. Das würde insgesamt zu einer CO<sub>2</sub>-Reduktion von 76,9 t CO<sub>2</sub>/a führen.

#### ***Berechnung der Verminderung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes für die Kraft-Wärme-Kopplungsanlage:***

$$M_{\text{CO}_2, \text{s}} = 384,662 \text{ t} \cdot 0,15 = 57,7 \text{ t}$$

#### ***Berechnung der Verminderung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes durch Anlagenbetreuerschulungen:***

$$M_{\text{CO}_2, \text{s}} = 384,447 \text{ t} \cdot 0,05 + 1.270,557 \cdot 0,05 = 82,8 \text{ t}$$

---

<sup>22</sup> Vergleiche: <http://www.bmwi.de/Navigation/Technologie-und-Energie/energiepolitik,did=9406.html> (Stand: 30.08.04)

<sup>23</sup> Vergleiche: U. Förstner, Umweltschutztechnik, 5. Aufl. Berlin: Springer, 1995, S.173

### **Förderprogramme**

Das Bundesumweltministerium hat das Ziel formuliert, den Anteil der erneuerbaren Energien bis 2050 auf mindestens 50% zu steigern. In diesem Zusammenhang besteht die Möglichkeit für die Erneuerung der Heizungsanlage und einer eventuell geplanten Abwärmenutzung unterschiedliche Maßnahmen und Instrumente zur Förderung erneuerbarer Energien in Anspruch zu nehmen. Im Hinblick auf die Fördermöglichkeiten bezüglich der Nutzung erneuerbarer Energien bieten sich auf Bundesebene unterschiedliche Möglichkeiten an, zum Beispiel das im Unternehmen Böker Sperrholz schon angewandte Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG). Außerdem gibt es die Möglichkeit der Inanspruchnahme eines zinsgünstigen Darlehens seitens der Deutschen Ausgleichsbank (DtA) oder der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) zum Beispiel im Rahmen des ERP-Umwelt-und-Energiesparprogramms. Zusätzlich zu den bundesweiten Maßnahmen können noch Aktivitäten der Länder, Kommunen und sonstigen Institutionen (z.B. Energieversorgungsunternehmen) gezählt werden.<sup>24</sup> Nordrhein-Westfalen bietet beispielsweise ein Förderprogramm für die Nutzung von Abwärme an (Rationelle Energieverwendung / Nutzung unerschöpflicher Energiequellen (REN-NRW)).

#### **7.4.1.4 Energieeinsparung durch effektive Wärmedämmung**

Ein großes technisches Energieeinsparpotential befindet sich im Baubereich. Auf der Grundlage von Forderungen durch den Gesetzgeber zu vernünftig dimensionierten Heizungsanlagen und Warmwasseraufbereitungen in Kombination mit einer wirkungsvollen Wärmedämmung soll der Energieverbrauch verringert werden. Die technischen Potentiale durch eine bessere Dämmung, besonders bei schon bestehenden Gebäuden, kann bei 70 bis 90 Prozent liegen. Beispielsweise schlecht regelbare Heizungssysteme oder schlecht gedämmte Rohrsysteme (Verteilungsverluste im Jahresenergieverbrauch von 2 bis 15 Prozent) haben hohe Wärme- und unnötige Stillstandsverluste zur Folge. Durch den Einsatz von Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen hat man eine doppelt energiesparende Wirkung, da sie in ihrem Entwicklungsstadium eine neutrale CO<sub>2</sub>-Bilanz in der Summe erreichen.<sup>25</sup>

Da die Kraft-Wärme-Kopplungsanlage einen Überschuss an Wärme produziert und diese ungenutzt abgegeben wird, ist unter den gegebenen Umständen eine Investition für eine wirkungsvolle Dämmung nicht zweckmäßig. Primär sollte ein Abnehmer für den produzierten Wärmeüberschuss gefunden werden.

---

<sup>24</sup> Vergleiche: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Erneuerbare Energien und nachhaltige Entwicklung, Berlin 2002, S. 103 ff.

<sup>25</sup> Vergleiche: CMA Centrale Marketing-Gesellschaft der deutschen Agrarwirtschaft mbH (Hrsg.): *Dämmstoffe aus der heimischen Natur*, Bonn 2002, 4

Bei der Installation einer neuen Heizungsanlage sollten die oben aufgeführten Vorteile einer effektiven Wärmedämmung in Verbindung mit einer vernünftig dimensionierten Heizungsanlage in Betracht gezogen werden.

Das bei den vorgestellten Möglichkeiten vorhandene CO<sub>2</sub>-Minderungspotential ist nicht genau quantifizierbar, aber als hoch einzustufen.

## 7.4.2 Organisatorische Maßnahmen

### 7.4.2.1 Contracting – Die innovative Finanzierungsform für Energieinvestitionen<sup>26</sup>

Durch die neuen Entwicklungen im Umwelttechnologiesektor besteht die Möglichkeit, durch beispielsweise moderne Blockheizkraftwerke (BHKW) oder Wärmerückgewinnungssysteme den Energieverbrauch im Unternehmen erheblich zu reduzieren. Die Finanzierung einer neuen Anlage stellt für einen Betrieb jedoch eine große Belastung dar.

Ein neues Finanzierungskonzept namens Contracting bietet kostengünstige und energieeffiziente Möglichkeiten, erhebliche Energieeinsparpotentiale in Gewerbe und Industrie erschließen zu können. Der Contractor, als außenstehender Investor, hat dabei die Aufgabe eine Energiedienstleistung wirtschaftlich optimal bereitzustellen. Hierbei kann es sich sowohl um Neuanlagen als auch um Rationalisierungs- und Ersatzinvestoren handeln. Der Contractor kann dann je nach Vertragsform die Planung, Finanzierung, Bauausführung sowie den laufenden Betrieb der Anlage übernehmen.

Als Ansprechpartner kann man sich an Investoren wenden, die ein eigenes wirtschaftliches Interesse an dem Contracting haben, beispielsweise Energieversorgungsunternehmen, Hersteller von Anlagen oder Anlagenteilen, Ingenieurbüros oder einige der über 30 Energieagenturen mit dem Geschäftsfeld Contracting in Deutschland.

Zu Beginn sollte der Contractor eine Energieanalyse vor Ort durchführen, um energie- und gebäudetechnisch relevante Daten als auch Leistungsparameter für die zukünftige Energieversorgung zu dokumentieren. Anschließend wird die wirtschaftlichste Alternative aus den durchführbaren technischen Möglichkeiten ausgewählt. Die aus den effizienzsteigernden Investitionen resultierenden Einsparerträge reichen im günstigsten Fall, um sowohl die Investitionskosten als auch die Kapitalkosten zu decken und einen angemessenen Preis für den Contractor zahlen zu können.

Da beim Unternehmen Böker Sperrholz schon in den oben genannten Ausführungen<sup>27</sup> deutlich wird, dass eine neue Heizungsanlage erforderlich ist, ist die Möglichkeit eines Contracting auf jeden Fall erwägenswert. Diese Maßnahme würde nicht nur zu erheblichen Kosteneinsparungen führen, sondern wäre auch eine große Entlastung für

---

<sup>26</sup> Vergleiche: <http://www.bmwi.de/Navigation/Technologie-und-Energie/energiepolitik,did=9556.html> (Stand: 30.08.04)

<sup>27</sup> Vergleiche: Kapitel 7.4.1.2

die Umwelt aufgrund des Einsatzes neuerer umweltfreundlicherer Technologien. Die CO<sub>2</sub>-Einsparungen sind nicht genau quantifizierbar, aber als sehr hoch einzustufen.

#### **7.4.2.2 Beauftragter für Umwelt- und Energiefragen**

Umweltschutz und eine Steigerung der Energieeffizienz zur Energieeinsparung in einem produzierenden Unternehmen kann nur funktionieren, wenn sich alle Mitarbeiter aktiv durch eigenverantwortliches Denken und Handeln dafür einsetzen. Eine wichtige Grundlage dafür ist die Erweiterung und Sensibilisierung des fachlichen Wissens der Mitarbeiter bezüglich Umweltschutzthemen. Es bietet sich deshalb an, einen Mitarbeiter als Ansprechpartner für Umwelt- und Energiefragen aus den eigenen Reihen zum Umweltschutz- und Energiebeauftragten zu ernennen. Es besteht aber auch die Möglichkeit, einen externen Beauftragten einer Dienstleistungseinrichtung mit diesen Aufgaben zu betreuen. Als Hauptaufgabe sollte er die Mitarbeiter über die Auswirkungen ihrer Tätigkeit für die Umwelt informieren und jederzeit für sie als Berater in Umwelt- und Energiefragen zur Verfügung stehen. Er fungiert als Bindeglied zwischen der Geschäftsleitung und der Kollegenschaft. Bei Neuanschaffungen von Geräten oder Einsatzstoffen sollte er sich außerdem dafür einsetzen, dass Energieeinsparmöglichkeiten und die Umweltverträglichkeit berücksichtigt werden. Durch einen Beauftragten für Umwelt- und Energiefragen ergibt sich in der Regel ein positives Einsparpotential, das jedoch nicht genau abschätzbar ist.

#### **7.4.2.3 Energiesparvorschläge**

Ein bewährtes Mittel zur Kostenersparnis sowie auch zur Mitarbeitermotivation und Innovationsförderung im Unternehmen ist das betriebliche Vorschlagswesen. Darunter versteht man eine dauerhafte Einrichtung zur Förderung, Begutachtung, Anerkennung und Verwirklichung von Verbesserungsvorschlägen im Unternehmen. Hierbei nutzt man den Vorteil, dass Mitarbeiter die Schwachstellen ihres Arbeitsplatzes genauer präzisieren können.

Handelt es sich bei dem Vorschlag um eine überzeugende und realisierbare Idee, sollte eine Prämierung mit kleinen Geschenken oder Geld durch die Geschäftsleitung erfolgen. Das Vorschlagswesen schafft somit Anreize, die Verbesserung und Optimierung der Produktion zu unterstützen und selbst aktiv an einer kontinuierlichen Weiterentwicklung der Energieeffizienz und des betrieblichen Umweltschutzes im Unternehmen mitzuwirken. Das CO<sub>2</sub>-Minderungspotential ist schwer einschätzbar, aber sollte schon aufgrund der Aspekte Mitarbeitermotivation und Innovationsförderung berücksichtigt werden.

#### **7.4.2.4 Energiesparen im Fuhrpark**

Auch der firmeneigene Fuhrpark und das Transportwesen wurden bezüglich vorhandener CO<sub>2</sub>-Minderungsmöglichkeiten überprüft. Die Firma Böker Sperrholz lässt die Ware vorzugsweise von Zulieferern transportieren. Das Unternehmen verfügt lediglich über einen LKW mit Anhänger, mit dem im Jahr 2003 60.000 km gefahren wurden. Dieser wird meistens auf kürzeren Transportwegen in die Region benutzt.

Durch die vorgegebene Infrastruktur ist es auch nicht möglich eine andere Transportart, wie zum Beispiel Bahn oder Schiff, zu wählen. Der betriebseigene LKW ist ein älteres Modell (Baujahr 1996, ohne Abgasnorm) und hat somit einen wesentlich höheren Energieverbrauch als neuere Fahrzeugtypen. Bei der zukünftigen Neuanschaffung eines LKW sollte ein treibstoffarmes Fahrzeug, wenn möglich sogar mit regenerativem Antrieb (z.B. Rapsöl) ausgestattet, gewählt werden.

Zu dem Unternehmen gehören zusätzlich noch zwei diesel- und ein benzinbetriebener PKW. Insgesamt wurden mit diesen Fahrzeugen 130.000 km im Jahr 2003 zurückgelegt. Würde man die diesel- und benzinbetriebenen Fahrzeuge beispielsweise durch drei mit Erdgas betriebene PKW ersetzen, reduziert sich der CO<sub>2</sub>-Ausstoß um ca. 30 %<sup>28</sup>.

Zukünftig sollen die Routen und Termine, insbesondere für den LKW, noch besser geplant werden, um die Anzahl der Fahrten bzw. die zurückgelegten Kilometer zu verringern, und somit ein weiteres Energieeinsparpotential zu schaffen. Grundsätzlich sollten alle dieselbetriebenen Fahrzeuge mit einem Rußfilter nachgerüstet werden.

Diese aufgeführten Maßnahmen würden zu einer durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Reduktion von etwa schätzungsweise 15 % führen, das entspricht 11,5 t CO<sub>2</sub>/a.

#### ***Berechnung Verminderung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes durch emissionsmindernde Maßnahmen:***

$$M_{\text{CO}_2, \text{s}} = 113,8 \text{ t} \cdot 0,15 = 17,07 \text{ t}$$

#### **7.4.2.5 Unternehmensziele: Energieeffizienz und Energiesparen**

Um die Akzeptanz und das Engagement der Mitarbeiter im Hinblick auf energiesparende Maßnahmen zu fördern, ist es sinnvoll, „Energieeffizienz und Energiesparen“ als Unternehmensziel zu erklären. Die Information und Förderung des fachlichen Wissens bezüglich der Ziele und Energieeinsparpotentiale der Mitarbeiter spielen hierbei eine wesentliche Rolle. Als praktikable Instrumente zur Wissensvermittlung sind hier beispielsweise Betriebsversammlungen zum allgemeinen Umweltschutz und zur Ressourcenschonung mit dem Themenschwerpunkt Energiesparen oder das Anbringen eines „grünen Bretts“, das über Energiesparen informiert und neue Maßnahmen rechtzeitig ankündigt. Das zu erreichende Ziel ist dabei, alle Mitarbeiter anzusprechen, vom Geschäftsführer bis zu den Angestellten in der Produktion und im Büro, um Energiesparen überall in den Berufsalltag zu integrieren. Durch einen Ansprechpartner für Umwelt- und Energiefragen ergibt sich schätzungsweise ein hohes Einsparpotential, da Energie- und Umweltschutz erstmals in den täglichen Arbeitsalltag integriert sind.

---

<sup>28</sup> Quelle: <http://www.stadtwerke-luebeck.de/index.php?seid=5724> (Stand: 12.09.2004)

## 8 FEHLERBETRACHTUNG

Bei der Messung einer physikalischen Größe entstehen Messfehler. Sogar die Messwerte werden durch Messfehler mit Streuung behaftet sein, auch wenn die zu messende Größe konstant ist. Dabei unterscheidet man zwischen den systematischen Messfehlern, die für das Messverfahren charakteristischen Abweichungen aufgrund von Unvollkommenheit der Messgeräte sowie vernachlässigte äußere Einflüsse, und den zufälligen oder statistischen Messfehlern, die vom Analytiker abhängigen Abweichungen. In Bezug auf die CO<sub>2</sub>-Bilanzierung werden nur exemplarisch die Fehler der CO<sub>2</sub>-Äquivalente betrachtet. Alle anderen Werte werden als fehlerfrei angenommen. Anhand von Fehlerbetrachtungen wird nicht festgelegt, dass ein Ergebnis falsch sein muss. Lediglich werden Aussagen zu der Streuung der erhaltenen Werte um die „echten Werte“ (das Ergebnis), also zu dem Betrag, der falsch sein kann, gemacht.

Nach den Angaben der Entwickler von GEMIS ist für das CO<sub>2</sub>-Äquivalent von Strom ein Fehler von ± 5 %, für Heizenergien ein Fehler von ± 10 % für CO<sub>2</sub>-Äquivalente sowie für Verkehrsmittel einen Fehler von ± 50 % anzunehmen.

Die Berechnung des absoluten Fehlers erfolgt nach der Formel:

$$\Delta m_{\text{CO}_2} = m_{\text{CO}_2,m} \cdot F_r / 100 \% \quad \text{Gl. 8-1}$$

Dabei ist

$\Delta m_{\text{CO}_2}$ : absolute Fehler der CO<sub>2</sub>-Äquivalente,

$m_{\text{CO}_2,m}$ : Mittelwert aller CO<sub>2</sub>-Äquivalente,

$F_r$ : relative Fehler der CO<sub>2</sub>-Äquivalente.

### 8.1 Stromverbrauch

$$\Delta m_{\text{CO}_2} = 0,580 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} \cdot 5\% / 100 \% = 0,029 \text{ kg CO}_2/\text{kWh}$$

Für den gesamten Stromverbrauch von 2.190.600 kWh im Jahr 2003 ergibt sich folgende Betrachtung:

$$M_{\text{CO}_2} = 0,029 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} \cdot 2.190.600 \text{ kWh} = 63.527,4 \text{ kg CO}_2 \approx 63,5 \text{ t CO}_2$$

### 8.2 Heizenergieverbrauch

$$\Delta m_{\text{CO}_2} = 3.428,36 \text{ kg CO}_2/\text{TJ} \cdot 10\% / 100 \% = 342,836 \text{ kg CO}_2/\text{TJ}$$

Für den gesamten Heizenergieverbrauch der Kraft-Wärme-Kopplungsanlage im Jahr 2003 ergibt sich folgende Betrachtung:

$$\begin{aligned} M_{\text{CO}_2} &= 0,000017 \text{ TJ/kg} \cdot 342,836 \text{ kg CO}_2/\text{TJ} \cdot 30.000 \text{ kg/d} \cdot 220 \text{ d/a} \\ &= 38.466,1992 \text{ kg CO}_2/\text{a} \approx 38,5 \text{ t CO}_2/\text{a} \end{aligned}$$

### 8.3 Verkehrsmittel

#### *PKW (Mitarbeiter)*

$$\Delta m_{\text{CO}_2} = 0,190 \text{ kg CO}_2/(\text{P} \cdot \text{km}) \cdot 50 \% / 100 \% = 0,095 \text{ kg CO}_2/(\text{P} \cdot \text{km})$$

Für die gesamte gefahrene Gesamtstrecke von 177.716 km im Jahr 2003 ergibt sich folgende Betrachtung:

$$M_{\text{CO}_2} = 0,095 \text{ kg CO}_2/(\text{P} \cdot \text{km}) \cdot 177.716 \text{ km} = 16.883,02 \text{ kg CO}_2 \approx 16,9 \text{ t CO}_2$$

#### *PKW (Besucher)*

$$\Delta m_{\text{CO}_2} = 0,190 \text{ kg CO}_2/(\text{P} \cdot \text{km}) \cdot 50 \% / 100 \% = 0,095 \text{ kg CO}_2/(\text{P} \cdot \text{km})$$

Für die gesamte gefahrene Gesamtstrecke von 12.900 km im Jahr 2003 ergibt sich folgende Betrachtung:

$$M_{\text{CO}_2} = 0,095 \text{ kg CO}_2/(\text{P} \cdot \text{km}) \cdot 12.900 \text{ km} = 1.225,5 \text{ kg CO}_2 \approx 1,2 \text{ t CO}_2$$

#### *Motorroller*

$$\Delta m_{\text{CO}_2} = 0,006279 \text{ kg CO}_2/\text{km} \text{ kg CO}_2/(\text{P} \cdot \text{km}) \cdot 50 \% / 100 \% = 0,0031395 \text{ kg CO}_2/(\text{P} \cdot \text{km}) \approx 0,003 \text{ kg CO}_2/(\text{P} \cdot \text{km})$$

Für die gesamte gefahrene Gesamtstrecke von 1.540 km im Jahr 2003 ergibt sich folgende Betrachtung:

$$M_{\text{CO}_2} = 0,003 \text{ kg CO}_2/(\text{P} \cdot \text{km}) \cdot 1.540 \text{ km} = 4,62 \text{ kg CO}_2 \approx 0,005 \text{ t CO}_2$$

#### *Fahrräder*

$$\Delta m_{\text{CO}_2} = 0,004467 \text{ kg CO}_2/\text{km} \text{ kg CO}_2/(\text{P} \cdot \text{km}) \cdot 50 \% / 100 \% = 0,0022335 \text{ kg CO}_2/(\text{P} \cdot \text{km}) \approx 0,002 \text{ kg CO}_2/(\text{P} \cdot \text{km})$$

Für die gesamte gefahrene Gesamtstrecke von 7.704 km im Jahr 2003 ergibt sich folgende Betrachtung:

$$M_{\text{CO}_2} = 0,002 \text{ kg CO}_2/(\text{P} \cdot \text{km}) \cdot 7.704 \text{ km} = 15,409 \text{ kg CO}_2 \approx 0,015 \text{ t CO}_2$$

#### *Motorräder*

$$\Delta m_{\text{CO}_2} = 0,15093 \text{ kg CO}_2/\text{km} \text{ kg CO}_2/(\text{P} \cdot \text{km}) \cdot 50 \% / 100 \% = 0,075465 \text{ kg CO}_2/(\text{P} \cdot \text{km}) \approx 0,075 \text{ kg CO}_2/(\text{P} \cdot \text{km})$$

Für die gesamte gefahrene Gesamtstrecke von 3.520 km im Jahr 2003 ergibt sich folgende Betrachtung:

$$M_{\text{CO}_2} = 0,075 \text{ kg CO}_2/(\text{P} \cdot \text{km}) \cdot 3.520 \text{ km} = 264,0 \text{ kg CO}_2 \approx 0,264 \text{ t CO}_2$$

***PKW (Fuhrpark)***

$$\Delta m_{\text{CO}_2} = 0,190 \text{ kg CO}_2/\text{km} \cdot \text{kg CO}_2/(\text{P} \cdot \text{km}) \cdot 50 \% / 100 \% = 0,095 \text{ kg CO}_2/(\text{P} \cdot \text{km})$$

Für die gesamte gefahrene Gesamtstrecke von 130.000 km im Jahr 2003 ergibt sich folgende Betrachtung:

$$M_{\text{CO}_2} = 0,095 \text{ kg CO}_2/(\text{P} \cdot \text{km}) \cdot 130.000 \text{ km} = 12.350 \text{ kg CO}_2 \approx 12,4 \text{ t CO}_2$$

***LKW***

$$\Delta m_{\text{CO}_2} = 1,48865 \text{ kg CO}_2/\text{km} \cdot 50 \% / 100 \% = 0,744325 \text{ kg CO}_2/(\text{P} \cdot \text{km}) \approx 0,744 \text{ kg CO}_2/(\text{P} \cdot \text{km})$$

Für die gesamte gefahrene Gesamtstrecke von 60.000 km im Jahr 2003 ergibt sich folgende Betrachtung:

$$M_{\text{CO}_2} = 0,744 \text{ kg CO}_2/(\text{P} \cdot \text{km}) \cdot 60.000 \text{ km} = 44.640 \text{ kg CO}_2 \approx 44,6 \text{ t CO}_2$$

***Gabelstapler (Diesel)***

$$\Delta m_{\text{CO}_2} = 287.709 \text{ kg CO}_2/\text{TJ} \cdot 50 \% / 100 \% = 143.854,5 \text{ kg CO}_2/\text{TJ}$$

Für den Gabelstapler mit einem Kraftstoffverbrauch von 4.268 L im Jahr 2003 ergibt sich folgende Betrachtung:

$$M_{\text{CO}_2} = 0,0000360864 \text{ TJ/L} \cdot 143.854,5 \text{ kg CO}_2/\text{TJ} \cdot 4.268 \text{ L} = 22.156,003 \text{ kg CO}_2 \approx 22,2 \text{ t CO}_2$$

***Gabelstapler (Gas)***

$$\Delta m_{\text{CO}_2} = 0,272 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} \cdot 50 \% / 100 \% = 0,136 \text{ kg CO}_2/\text{kWh}$$

Für den Gabelstapler mit einem Verbrauch von 1.038 L Flüssiggas im Jahr 2003 ergibt sich folgende Betrachtung:

$$M_{\text{CO}_2} = 12,8 \text{ kWh/kg} \cdot 0,136 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} \cdot 1.038 \text{ kg} = 1.806,950 \text{ kg CO}_2 \approx 1,8 \text{ t CO}_2$$

**Der absolute Fehler aller CO<sub>2</sub>-Emissionen, die durch das Unternehmen Böker Sperrholz verursacht wurden, ergibt sich durch die folgende Summenbildung der Einzelfehler:**

$$\Sigma \Delta M_{\text{CO}_2} = 201,384 \text{ t CO}_2.$$

**Das bedeutet, dass die Summe aller CO<sub>2</sub>-Emissionen des Unternehmens Böker Sperrholz in Höhe von 1.853,1 t CO<sub>2</sub> um ± 201,384 t CO<sub>2</sub> abweichen kann. Das entspricht einer Varianz von ± 10,87 %.**

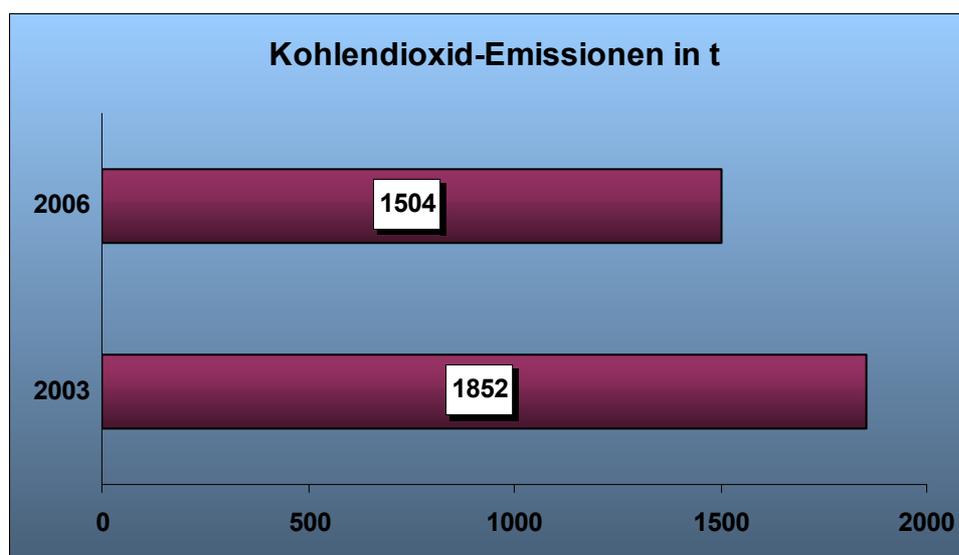
## 9 AUSBLICK: MINDERUNGSPOTENTIAL

Im Anschluss an die Bilanzierung der Kohlendioxid-Emissionen wurden in einem Maßnahmenkatalog Möglichkeiten zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen aufgezeigt. Die folgende Tabelle stellt noch einmal zusammenfassend das erreichbare CO<sub>2</sub>-Minderungspotential für das Unternehmen Böker dar. Diese CO<sub>2</sub>-Reduktion ist möglich, wenn die im Maßnahmenkatalog erläuterten technischen und organisatorischen Maßnahmen durchgeführt werden.

**Tabelle 9-1: CO<sub>2</sub>-Minderungsmaßnahmen und ihr CO<sub>2</sub>-Minderungspotential**

<i>Maßnahme</i>	<i>CO<sub>2</sub>-Reduktionspotential [t CO<sub>2</sub>-Äquivalent]</i>
Energieeinsparendes Verhalten im Betrieb	190,6
Überprüfung der Kraft-Wärme-Kopplungsanlage	57,7
Anlagenbetreuerschulungen	82,8
Energiesparen im Fuhrpark	17,07
<b>Summe</b>	<b>348,17</b>

Eine Darstellung der Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen ist nicht möglich, da nur die Daten des Jahres 2003 erfasst wurden. Sollten die oben aufgeführten Minderungsmaßnahmen eingehalten werden, würde sich der CO<sub>2</sub>-Ausstoß bei gleichbleibenden Rahmenbedingungen schon bald um 348,17 t Kohlendioxid, das sind ca. 19 %, reduzieren lassen. Als realisierbarer Zeitraum lässt sich in diesem Zusammenhang das Jahr 2006 nennen.



**Abbildung 9-1: Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen unter Berücksichtigung der geplanten Maßnahmen**

Diese Betrachtung des CO<sub>2</sub>-Minderungspotentials schließt nicht die Errichtung eines neuen und energieeffektiveren Brennwertkessels mit ein, sondern berücksichtigt lediglich die Überprüfung der zur Zeit installierten Feuerungsanlage. Weitere Einsparmöglichkeiten bieten sich bei dieser Anlage nicht, da durch die mangelnde Regulierbarkeit überschüssig produzierte Energie, die als Abwärme verloren geht, sich nicht einsparen lässt. Vor dem Hintergrund einer energieeffizienten Unternehmensstrategie, ist eine Alternative zur weiteren Nutzung der produzierten Abwärme in Betracht zu ziehen. Im Rahmen des Maßnahmenkatalogs zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen wurde der Aufbau eines Nahwärmeverbunds mit einem angrenzenden Unternehmen, die von der Wärmenutzung profitieren könnten, als Möglichkeit genannt. Die folgende Berechnung soll aufzeigen, wie viel Energie bei der Sperrholzproduktion als Abwärme verloren geht und durch einen Abnehmer sinnvoll genutzt werden kann. Im Rahmen der Diplomarbeit war eine genaue Ermittlung der Wärmemengen auf Basis von Messungen nicht durchführbar. Für diese Modellrechnung wird auf der Grundlage von Schätzungen ein durchschnittlicher Wärmeverlust von ca. 3 % angenommen. Das entspricht der Wärmemenge, die bei der Verbrennung von 900 kg Holz in der KWK-Anlage der Firma Böker Sperrholz entsteht. Bei einer Annahme eines unteren Heizwertes von 17.000 kJ/kg für das verbrannte Holz ergibt sich die folgende Energiemenge, die sich auf Grundlage der nachstehenden Gleichung berechnen lässt:

$$E_{\text{Holz}} = H_u \cdot m_{\text{Holz}}$$

Dabei ist

$E_{\text{Holz}}$ : Energiemenge, die bei der Verbrennung von Holz entsteht in kJ,

$H_u$ : unterer Heizwert in kJ/kg,

$m_{\text{Holz}}$ : Masse des verbrannten Holzes in kg.

$$E_{\text{Holz}} = 17.000 \text{ kJ/kg} \cdot 900 \text{ kg} = 15.300.000 \text{ kJ} = 15.300 \text{ MJ}$$

Durch die Umrechnung in kWh (1 kWh = 3,6 MJ) ergibt sich der folgende Wert:

$$E_{\text{Holz}} = 15.300 \text{ MJ} = 4.250 \text{ kWh}$$

**Bei der Errichtung eines Nahwärmeverbunds würden somit 4.250 kWh/d zur Verfügung stehen. Das entspricht einer Wärmemenge von 412 L Heizöl pro Tag. Mit dieser erzeugten Energie kann ein 120 m<sup>2</sup> großes Einfamilienhaus bei einem durchschnittlichen Verbrauch von 16,05 Litern Heizöl pro Quadratmeter Wohnfläche (l/m<sup>2</sup>)<sup>29</sup> ca. 78 Tage geheizt werden**

**Für diese Menge an Heizöl sind bei einem derzeitigen Preis von 43,7 € / 100 L Heizöl (Stand: 07.09.2004) ca. 180 € zu zahlen.**

### **Die Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen des Unternehmens Böker Sperrholz im Vergleich**

Im Hinblick auf die im Kyoto-Protokoll festgelegten Ziele zum Klimaschutz kommt den Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz eine besondere Bedeutung zu. Im Rahmen des Lastenausgleichs der Europäischen Union ist die Bundesrepublik Deutschland verpflichtet, den Ausstoß der Treibhausgase im Zeitraum von 2008 - 2012 um 21 % zu senken. Zu Erreichung dieses Minderungsziels sind den wichtigsten Energie- und Verbrauchsbereichen (private Haushalte und Gebäudebereich, Energiewirtschaft und Industrie sowie Verkehr) im Rahmen des nationalen Klimaschutzprogramms Maßnahmen unterlegt worden. Die Industrie ist in diesem Zusammenhang verpflichtet, 20 – 25 Mio. t CO<sub>2</sub> zu reduzieren, davon 10 t CO<sub>2</sub> bis 2005 sowie nochmals 10 t CO<sub>2</sub> bis 2012. Dabei sind vor allem die energieintensiven Bereiche wie der Energiesektor, der Bereich der Keramik- und Baustoffherstellung, die Eisen- und Stahlindustrie sowie die glas- und papierherstellende Industrie betroffen. Die Holzindustrie zählt zu den Industriezweigen mit eher niedrigeren Energieverbräuchen. Diesen Sachverhalt macht die folgende Abbildung deutlich:

---

<sup>29</sup> Quelle: Studie von Techem zum Heizölverbrauch 2002/2003 in 129 deutschen Städten:  
[http://www.techem.de/de/Presse/Presse\\_-\\_Service/Pressemeldungen/Verbraucherinfos/Studie\\_von\\_Techem\\_zum\\_Heizolverbrauch\\_2002-2003\\_in\\_129\\_deutschen\\_Staedten/index.phtml](http://www.techem.de/de/Presse/Presse_-_Service/Pressemeldungen/Verbraucherinfos/Studie_von_Techem_zum_Heizolverbrauch_2002-2003_in_129_deutschen_Staedten/index.phtml)

Ausgewählte Beispiele zum Energieverbrauch des produzierenden Gewerbes in Deutschland				
	1991	1995	1998	1999
	[in Petajoule]			
Kohlenbergbau, Torfgewinnung	283,4	250,9	158,2	157,7
Ernährungsgewerbe	264,9	270,6	267,2	261,8
Textilgewerbe	47,5	39,7	37,7	39,6
Holzgewerbe (ohne die Herstellung von Möbeln)	49,0	45,7	45,82	46,8
Papiergewerbe	196,3	199,7	188,1	176,6
Kokerei, Mineralölverarbeitung	440,5	454,5	448,6	453,7
Chemische Industrie	1540,0	1.443,3	1.460,4	1.488,2
Energieversorgung	3.218,8	2.966,0	3.139,9	2.621,1
Baugewerbe	335,8	295,3	294,4	280,3
Wasserversorgung	16,0	19,1	19,4	21,9

Quelle: Statistisches Bundesamt 2002

**Abbildung 9-2: Energieverbrauch des Holzgewerbes in Vergleich zu anderen Branchen (Quelle: [http://offensive-holz.infoholz.de/download/area\\_1/hintergrundinfo/Leitfaden\\_Kommunikation\\_umweltrelevanter\\_Kennzahlen.pdf](http://offensive-holz.infoholz.de/download/area_1/hintergrundinfo/Leitfaden_Kommunikation_umweltrelevanter_Kennzahlen.pdf))**

Vergleicht man die Firma Böker mit einem anderen Unternehmen sowie einer Kreisverwaltung als öffentliche Einrichtung, unter dem Aspekt der CO<sub>2</sub>-Reduktion, lässt sich feststellen, dass die Werte zur Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der gleichen Größenordnung liegen.

**Tabelle 9-2: Vergleich von quantifizierten CO<sub>2</sub>-Reduktionen in verschiedenen Unternehmen und Einrichtungen**

<i>Unternehmen / Einrichtung</i>	<i>mögliche CO<sub>2</sub>-Reduktion [t CO<sub>2</sub>-Äquivalent]</i>
Böker Sperrholz GmbH & Co. KG, Beverungen	348
Dr. August Wolff GmbH & Co., Bielefeld	500
Kreisverwaltung Höxter	468

Bei dieser Betrachtung müssen die unterschiedlichen Anteile der jeweiligen CO<sub>2</sub>-Emissionsquellen der verschiedenen Branchen an den Gesamtemissionen berücksichtigt werden. Für einen aussagekräftigeren Vergleich der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Firma Böker Sperrholz mit anderen Unternehmen oder Einrichtungen sind Daten zur CO<sub>2</sub>-Reduktion

aus dem Bereich des holzverarbeitenden Gewerbes, insbesondere der Sperrholzproduktion, vorzuziehen. Eine Datenerhebung in diesem Umfang sollte nicht Bestandteil dieser Diplomarbeit sein. In diesem Zusammenhang ist auf die Entwicklung von Branchenenergiekonzepten hinzuweisen, die auch vom Land Nordrhein – Westfalen, u.a. für das holzverarbeitende Gewerbe, erarbeitet werden. Diese Branchenenergiekonzepte geben weitere CO<sub>2</sub>-Minderungsvorschläge und Energieeinspartipps sowie die Möglichkeit, die Menge der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Vergleich zu anderen Unternehmen der gleichen Branche bewerten zu können.

## 10 ÜBERGANG: WEGE ZUM GLOBALEN KLIMASCHUTZ

### Emissionshandel und produktbezogener Umweltschutz als Instrumente des Nachhaltigkeitsmanagements in Unternehmen

Vor mehr als 12 Jahren, als 178 Staatsoberhäupter in Rio de Janeiro zur weltweit ersten Konferenz für Umwelt und Entwicklung zusammentrafen, hat die Vision einer nachhaltigen Entwicklung für die Wirtschaft maßgeblich an Bedeutung gewonnen. Das Abschlussdokument der Konferenz ist die AGENDA 21, das „Kursbuch“ für das 21. Jahrhundert. Hierin werden für die verschiedensten Bereiche in 40 Kapiteln zahlreiche handlungsleitende Prinzipien aufgestellt. Kapitel 30 beschäftigt sich dabei mit der Rolle der Wirtschaft. In diesem Zusammenhang sollen Unternehmen sich zukünftig u.a. einer stärkeren Betonung des Umweltmanagements, eines erhöhten Technologie-Transfers sowie einer stärkeren Unterstützung von Globalisierung und nachhaltiger Entwicklung verpflichten. Für die Wirtschaft umfasst nachhaltige Entwicklung in diesem Zusammenhang, auf der Grundlage wirtschaftlichen Erfolgs ökologisch und gesellschaftlich verträgliche Produkte und Dienstleistungen anzubieten, d.h. die Integration der drei Dimensionen Ökonomie, Ökologie und Soziales anzustreben. Unternehmen sind deshalb bezüglich der ökologischen Dimension gefordert, das absolute Maß an Umwelteinwirkungen ihrer Produktionsprozesse, Produkte, Dienstleistungen, Investitionen usw. erheblich zu reduzieren, um Umweltbelastungen wie z.B. durch CO<sub>2</sub>-Emissionen entgegenzuwirken. Um den Forderungen einer nachhaltigen Unternehmensentwicklung bezüglich der sozialen Dimension zu entsprechen, müssen gesellschaftliche, kulturelle und soziale Ansprüche, wie z.B. die Gleichberechtigung, Verhinderung von Kinderarbeit, Arbeitsplatzsicherheit und Arbeitsbedingungen, Betriebsklima im Unternehmen sowie kulturelles Engagement berücksichtigt werden.

Zur Umsetzung einer nachhaltigen Unternehmensentwicklung benötigen die Unternehmen Instrumentarien. Ein Beispiel dafür ist der schon im Vorfeld behandelte Emissionshandel, ein klimapolitisches Instrument zur Senkung der Treibhausgasemissionen und zur Schonung fossiler Ressourcen, der in der Europäischen Union ab 2005 eingeführt wird. Der Emissionshandel bringt neben den genannten klimaschutzrelevanten Gesichtspunkten den Unternehmen zugleich finanzielle Vorteile<sup>30</sup>. Das Emissionshandelssystem liefert also einen Beitrag zur Erreichung einer nachhaltigen Unternehmensentwicklung durch Reduzierung von Stoffströmen und den dadurch verursachten Umweltbelastungen bei gleichzeitiger Möglichkeit zur Erreichung eines guten ökonomischen Ergebnisses.

---

<sup>30</sup> Vergleiche Kapitel 5.5 „Wirtschaftliche Auswirkungen des Emissionshandels auf die deutsche Industrie“

Für die ökologische Optimierung von Produkten ist die Weiterentwicklung des Instrumentariums zur Erreichung einer nachhaltigen Entwicklung von großer Bedeutung. Produktionsverfahren mit umweltfreundlicher Technik und geschlossenen Stoffkreisläufen in Hinblick auf eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft sowie einem Konsum, der die ökologische Qualität und die Funktionen von Produkten berücksichtigt, sind zukunftsweisend. Diese Thematik wird vom produktions- und produktintegrierten Umweltschutz (PIUS) als vorsorgender Umweltschutz aufgegriffen. Er berücksichtigt im Gegensatz zum traditionellen nachsorgenden Umweltschutz Effizienz- und Einspartechnologien schon im Vorfeld bei der Planung und beim Management, um bei der Produktion und durch das Produkt selbst negative Umweltauswirkungen vermeiden zu können. Auch hier werden nach dem Prinzip der Nachhaltigkeit ökonomische, ökologische und soziale Aspekte gleichermaßen betrachtet. Im Fall einer Umsetzung von nachhaltigkeitsbezogenen Maßnahmen müssen die dabei für oder gegen einen Aspekt sprechenden Kriterien mit Hinblick auf langfristige ökonomische, ökologische und soziale Auswirkungen gegeneinander bemessen werden.

Der Naturstoffwerkstoff „Light Natural Sandwich“ (kurz: LNS) der Firma Böker stellt durch den Einsatz nachwachsender Rohstoffe und dem geringen Energieeinsatz bei der Herstellung eine Produktalternative zu herkömmlichen Sandwichkonstruktionen aus fossilen Rohstoffen oder Metallen dar. Zugleich bleiben die typischen Eigenschaften einer Sandwichkonstruktion, wie die hohe Festigkeit und Stabilität bei gleichzeitig geringem Gewicht, erhalten. Der Werkstoff eröffnet Unternehmen Möglichkeiten, auch im Hinblick auf den Emissionshandel, ihre CO<sub>2</sub>-Bilanz verbessern zu können und somit einen Beitrag zum Schutz vor einem weltweiten Klimawandel zu leisten.

Das LNS soll unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit einer produktbezogenen Bewertung unterzogen werden. Ein großer Teil des LNS-Materials besteht aus einem Wabenkern, der sich aus Pflanzenhalmen des subtropischen Riesengrases *Triarrhena* zusammensetzt. Dieser schnellwachsende Rohstoff steht in verwandtschaftlicher Beziehung zu Zuckerrohr und dem bambusähnlichen Gras *Miscanthus*. Um die wichtige Position dieser Gräser als nachwachsenden Rohstoff zu verdeutlichen, ist zu erwähnen, dass ein Hektar *Miscanthus* beispielsweise ca. 30.000 Tonnen Kohlendioxid binden kann, das entspricht der Menge des Treibhausgases, die ein Durchschnittsauto in 150.000 Kilometern produziert.<sup>31</sup>

---

<sup>31</sup> Vergleiche: [http://www.br-online.de/umwelt-gesundheit/unserland/landwirtschaft\\_forst/landw\\_verbraucher/miscanthus-chinaschilf.shtml](http://www.br-online.de/umwelt-gesundheit/unserland/landwirtschaft_forst/landw_verbraucher/miscanthus-chinaschilf.shtml) (Stand: 02.04.04)

# 11 NACHHALTIGKEITSBEWERTUNG DES „LIGHT NATURAL SANDWICH PLATTENMATERIALS“

## 11.1 Die verwendeten Materialien

Der folgende Abschnitt enthält Ausführungen zu den beiden nachwachsenden Rohstoffen Triarrhena und Holz, die bei der Konstruktion des LNS-Plattenmaterials verwendet werden. Es sind die beiden Hauptbestandteile des Werkstoffes.

### 11.1.1 Triarrhena

*„Man kann machen, dass man kein Fleisch isst, aber man kann es nicht dahin bringen, dass man keinen Bambus hat“*, sagt Su Pong (1036-1101, Übers. F. Lessing)<sup>32</sup> einer der größten Dichter und Maler zur damaligen Zeit in China. Auch in der heutigen Zeit wird Bambus in großen Teilen des ostasiatischen Raumes, von China bis Indien, immer noch als selbstverständlicher Wegbegleiter des Menschen in allen Lebenslagen betrachtet. Dort wird Bambus als Baumaterial für Häuser, als Behälter für Essen und Trinken, als Grundmaterial für verschiedenste Geräte im Haus und bei der Feldarbeit, als Nahrungsmittel, als Viehfutter und als Medizin verwendet. Selbst durch die Möglichkeiten moderner Technologien und Techniken kann man der Pflanze nicht viel entgegensetzen, da ihre Eigenschaften so überzeugend sind. Bambusrohre besitzen eine hohe Festigkeit und Stabilität, sind aber biegsamer und haben ein geringes Gewicht. Bambus ist schwer entflammbar, kann unter Hitze gebogen werden und behält dabei aber trotzdem seine Stärke und Elastizität. Bambusrohre können – immer in eine Richtung – zu feinsten Fasern gespalten werden, aus denen man fast unzerreißbare Stricke drehen kann.

Anfang des 19. Jahrhunderts hielt der Bambus auch den Einzug in Europa. Seidenimporteure brachten ihn aus dem ostasiatischen Raum mit in ihre Heimatregionen und schenkten sie dem Fürsten ihres Landes oder reichen Auftraggebern oder pflanzten sie in ihre eigenen Parks. Da die meisten dieser exotischen Pflanzen schon den ersten Winter nicht überlebten, gab es jahrzehntelang nur einige winterharte Bambus-Arten in Europa, die überlebten und groß wurden. Als Nutzpflanze trat Bambus als Faserwerkstoff wie auch andere Faserpflanzen (Hanf und Flachs zur Textilherstellung) durch das Vordringen von synthetisch hergestellten Chemiefasern in den letzten Jahrzehnten ins Abseits. Lediglich Baumwolle hat wegen technischer Fortschritte bei Anbau und Verwertung ihre Wettbewerbsfähigkeit erhalten können. Auch als Werkstoff und Baumaterial wurde Bambus durch Werkstoffe wie Beton, Stahl und Plastik vom westlichen Markt verdrängt.

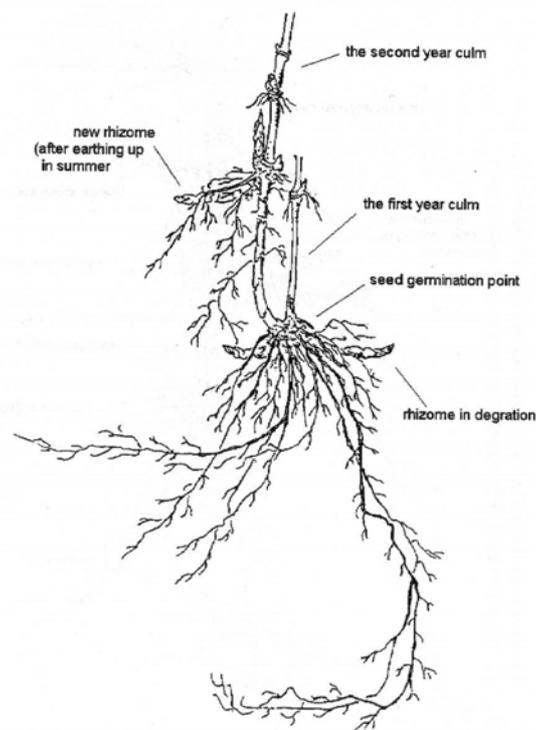
Seit Anfang der neunziger Jahre spielte das sog. Elefantengras *Miscanthus giganteum* in der deutschen Landwirtschaft als nachwachsende Faserpflanze eine tragende Rolle. Manche Sorten wachsen bis zu fünf Zentimeter am Tag und erzielen bis zur Erntezeit

---

<sup>32</sup> Vergleiche: Christine Recht ; Max F. Wetterwald: *Bambus*, Stuttgart: Ulmer Verlag 1988

eine Höhe von drei bis vier Metern.<sup>33</sup> Verwendbar ist das Riesengras als Brenn- und Baustoffmaterial oder als Hygienestreu im Pferdestall. Die anfänglichen Anbauschwierigkeiten aufgrund der mangelnden Winterhärte der Pflanzen sind überwunden. Es gibt sogar Arten, denen der Frost mitteleuropäischer Winter kaum noch schaden kann. Wie *Miscanthus* gehört auch *Triarrhena* zur Familie der Süßgräser (Poaceae). Aufgrund der höheren Dichte und der sehr hohen Festigkeit und den besonders langen und geraden Halmen gegenüber *Miscanthus* wird das Gras *Triarrhena* zur Produktion des LNS-Werkstoffes verwendet.

*Triarrhena* als subtropisches Riesengras wächst vor allem gut auf durchfeuchteten Böden, aber nicht an nassen überfluteten Standorten. Es wird als Dauerkultur gepflanzt und kann jährlich über 25 Jahre nach einer kurzen Etablierungsphase von zwei Jahren von gut entwickelten Beständen geerntet werden. Der Blattanteil von *Triarrhena* ist zur Erntezeit im März nahezu gering. Der Ernteertrag an Trockenmasse kann bei ca. 15 t/ha liegen. Unter günstigen klimatischen Verhältnissen können die Pflanzen bei einem Halmdurchmesser an der Basis von 2,5 cm eine Wuchshöhe von bis zu 5 m erreichen. Die bevorzugten Verbreitungsgebiete von *Triarrhena* sind Uferregionen von Flüssen und Seen in Vergesellschaftung mit *Phragmites* (Schilf) oder auch in trockeneren Gebieten unter kontinentalen Klimabedingungen in China, der Heimat dieser Gräserart. Doch auch bei mitteleuropäischen Klimaverhältnissen ist der Anbau möglich. In diesen Regionen kommt *Triarrhena* aber nicht zur Blüte, so dass eine vegetative Vermehrung mit Hilfe von Halmstecklingen notwendig ist.



**Abbildung 11-1: Rhizomsystem von *Triarrhena*, entwickelt aus einem Steckling nach 2 Jahren Wachstum (Quelle: Xi, Qingguo: Investigation on the Distribution and Potential of Giant Grasses in China)**

Die Pflanzen bilden ein kriechendes und Ausläufer treibendes Rhizom, das die Funktion eines unterirdischen Speicher- und Überwinterungsorgan aufweist. Das Wurzelsystem, das eng mit dem Rhizomaufbau verbunden ist, kann in Abhängigkeit von der Beschaffenheit des Bodens bis in eine Tiefe von 2,5 m vordringen.<sup>34</sup> Das bringt Vorteile

<sup>33</sup> Vergleiche: [http://www.br-online.de/umwelt-gesundheit/unserland/landwirtschaft\\_forst/landw\\_verbraucher/miscanthus-chinaschilf.shtml](http://www.br-online.de/umwelt-gesundheit/unserland/landwirtschaft_forst/landw_verbraucher/miscanthus-chinaschilf.shtml) (Stand: 02.04.04)

<sup>34</sup> Vergleiche: <http://www.miscanthus.de/zuechtung.htm> (Stand 15.07.02)

für die Nährstoff- und Wasseraufnahme in den unteren Bodenschichten und hat somit auch einen geringeren Düngebedarf sowie keinen Pestizideinsatz zur Folge. Für den Frühjahrsaustrieb werden benötigte Nährstoffe aus den Rhizomreserven entnommen. Zusätzlich bietet das weitverzweigte Wurzel- und Rhizomsystem Schutz vor Erosion und Auswaschung des Bodens sowie Lebensräume für verschiedene Tier- und Pflanzenarten.

Die Einordnung von *Triarrhena* wird in China und Europa unterschiedlich gehandhabt. Während es nach europäischem Verständnis zur Gattung *Miscanthus* gezählt wird, wird es in China in den Rang selbstständiger Gattungen erhoben. Im Zusammenhang mit der LNS-Produktion und -Entwicklung wird die Einordnung nach chinesischem Verständnis verwendet.

Ob *Bambus*, *Miscanthus* oder *Triarrhena*: Diese hier vorgestellten Süßgräserarten sind Musterbeispiele in Sachen Nachhaltigkeit sowohl als wachsende Pflanzen als auch bezüglich ihrer unterschiedlichen Verwendungsmöglichkeiten. Die schon erwähnten Eigenschaften wie die hohe Biegestabilität und Festigkeit bei gleichzeitigem geringem Gewicht sind nur einige Vorteile, die die Gräser nicht nur als Zierpflanze beliebt machen, sondern auch in zahlreichen anderen Bereichen als Bau- und Werkstoffmaterial sowie zur Energieerzeugung eingesetzt werden können. Durch den Einsatz als nachwachsender Rohstoff tragen sie zum Erhalt fossiler Ressourcen und zum Klimaschutz bei. Gerade diese Gräserarten haben die Eigenschaft, große Mengen an CO<sub>2</sub> zu fixieren. *Bambus* kann z.B. 40-mal mehr CO<sub>2</sub> binden als Nadelholz.<sup>35</sup> Weiterhin kann durch den Einsatz von hier erwähnten Faserpflanzen der Bestand an seltenen Holzarten wie z.B. Tropenhölzer oder Holzbeständen in waldarmen Regionen erhalten werden.

### 11.1.2 Holz

Der Wald gehört zu den produktivsten und stabilsten Ökosystemen und spielt eine große Rolle bei der Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen für Menschen, Tiere und Pflanzen. Für Tiere und Pflanzen stellen die Wälder Naturgrundlagen und Lebensräume dar. Der Mensch nutzt ihn als Roh-, Bau- und Werkstofflieferant sowie als Energieträger. Die dabei entscheidenden Produzenten sind die Bäume. Da jährlich ca. 3,3 Mrd. m<sup>3</sup> Holz weltweit genutzt werden, ist eine nachhaltige, naturverträgliche sowie vielfältige Holz- und Forstwirtschaft notwendig.<sup>36</sup> Die Hälfte wird vor allem zur energetischen Verwertung in Entwicklungsländern genutzt. Andere stoffliche Verwertungsmöglichkeiten liegen vorwiegend in der Herstellung von Produkten im Bau- und Papierbereich.

Nach Angaben von Holzfonds<sup>36</sup> gehört eine Fläche von 10,7 Mio. Hektar zum deutschen Forstbestand, das entspricht einem Anteil von 30 % der Landfläche

---

<sup>35</sup> Vergleiche: [http://www.zeri-deutschland.de/about/hauptteil\\_expo.htm](http://www.zeri-deutschland.de/about/hauptteil_expo.htm) (Stand 30.08.04)

<sup>36</sup> Vergleiche: [http://www.infoholz.de/html/f\\_page.phtml?p1=1093878493&p3=1003](http://www.infoholz.de/html/f_page.phtml?p1=1093878493&p3=1003) (Stand: 30.08.04)

Deutschlands. Dabei wird neben jährlichen Zuwachsraten von 6 Fm/ha ein Einschlag von 4,5 Fm/ha verzeichnet. Der Zuwachsvorrat ist in deutschen Wäldern demnach hoch. Es erfolgt also eine Waldbewirtschaftung im Einklang mit der Natur und somit nach dem Prinzip der Nachhaltigkeit, d.h. es wird nicht mehr geschlagen als nachwächst.

Holzprodukte und Wälder sind wichtige Kohlenstoff- und Energiespeicher. Sie tragen als Substituenten zur Reduzierung des Treibhauseffektes bei und schonen die fossilen Ressourcen. Allein der deutsche Wald bindet durch den Vorgang der Photosynthese die Kohlenstoffemissionen von 10 Jahren. Die Photosynthese ist der grundlegende Stoffwechselprozess des Ökosystems Erde. Über ihn wird aus Kohlendioxid und Wasser Biomasse in Form von Holz, Rinde und Laub produziert. Die hierfür notwendige Energie, die aus der Strahlung der Sonne stammt,

wird chemisch gebunden. Dabei wird Sauerstoff freigesetzt. Beim späteren natürlichen Abbau oder dem Verbrennen wird unter Energiefreisetzung gleichviel Kohlendioxid in die Luft abgegeben, wie bei der Photosynthese verbraucht wurde. Durch die Verbrennung von Kohle, Erdgas und Erdöl ist der natürliche Kohlendioxidkreislauf zunehmend gestört, da mehr Kohlendioxid in die Luft abgegeben wird, als durch die Photosynthese gebunden werden kann. Folgen hierdurch sind der Anstieg des Treibhauseffektes und somit die Verstärkung des globalen Klimawandels. Die thermische Verwertung von Holz ist dementsprechend ein Beitrag zur nachhaltigen Energieerzeugung. Die Abbildung 11-2 stellt den hier erläuterten Sachverhalt noch einmal zusammenfassend dar.

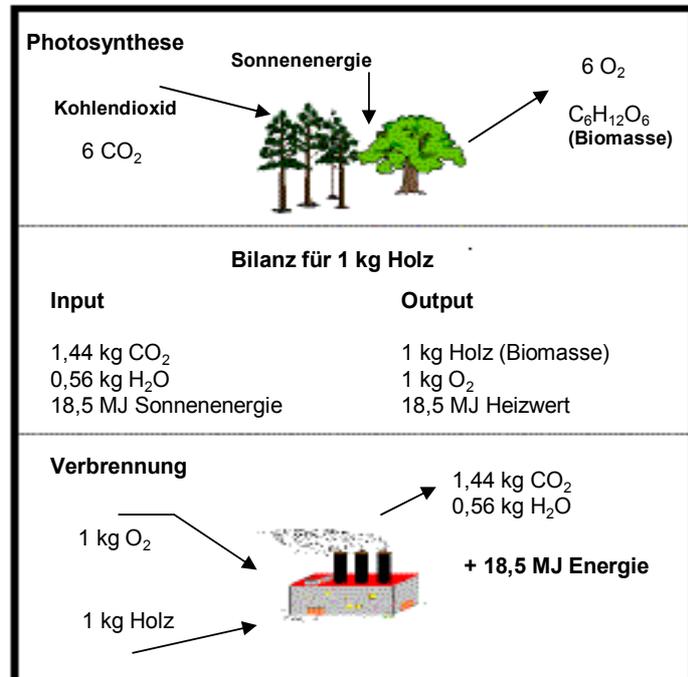


Abbildung 11-2: Photosynthese und Mengenbilanz für Holz (Quelle: [http://www.infoholz.de/html/f\\_page.phtml?p1=1093878574&p3=1005](http://www.infoholz.de/html/f_page.phtml?p1=1093878574&p3=1005) (Stand: 30.08.04))

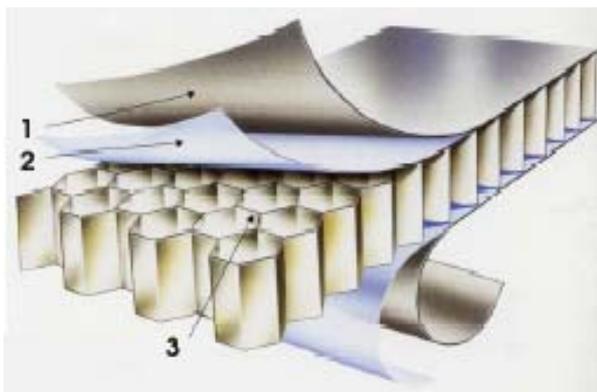
## 11.2 Das Produktsystem „Light Natural Sandwich“ (LNS)

Im Folgenden soll das Produktsystem „Light Natural Sandwich“ (LNS) näher vorgestellt werden, einleitend mit Ausführungen zur Terminologie von Sandwichkonstruktionen. Anschließend soll das LNS-Material der Firma Böker vorgestellt und das Herstellungsverfahren näher beschrieben werden.

### 11.2.1 Terminologie – Sandwich

Bei Sandwichkonstruktionen handelt es sich um mehrschichtige Flächenstrukturen, meistens bestehend aus zwei dünnen festen Deckplatten und einem schichtdickeren, aber leichten und druckfesten Kernwerkstoff. Dabei sind LNS-Materialien mit unterschiedlichen Kernstrukturen, wie z.B. Waben-, Tubus- oder Wellenkerne, im Einsatz.

Die folgende Abbildung zeigt eine Sandwichplatte mit einer Wabe als Kernstruktur.



- |          |                      |
|----------|----------------------|
| <b>1</b> | <b>Deckschicht</b>   |
| <b>2</b> | <b>Klebeschicht</b>  |
| <b>3</b> | <b>Kernwerkstoff</b> |

**Abbildung 11-3: Darstellung einer Sandwichkonstruktion mit Wabenkern (Quelle: [http://www.slb.tu-chemnitz.de/pdf/Kap3\\_script\\_oH.pdf](http://www.slb.tu-chemnitz.de/pdf/Kap3_script_oH.pdf))**

Aufgrund der dünnwandigen verrippten Strukturen bieten die aus Sandwichmaterial hergestellten Bauteile einige Vorteile:

- bessere Aufnahme verteilter Lasten,
- hohe Biege- und Drillsteifigkeiten in allen Flächenrichtungen,
- bessere Formhaltung sowie
- bessere Oberflächen, da keine Rippenabzeichnung eintreten kann.

Zusätzlich kann bei Sandwichelementen besonders aufgrund der Kernstruktur der Rohstoffeinsatz reduziert und bei beschleunigenden Bauteilen Energie eingespart werden. Sandwichkonstruktionen werden aus Gründen der Gewichtseinsparung vorzugsweise im Flugzeug-, Kraftfahrzeug- und Bootsbau als meistens großflächige Leichtbauelemente eingesetzt. Bisher kamen Sandwichplatten besonders mit Einlagen aus Kunststoffen (z.B. PVC-Hartschäumern oder Polypropylen) oder Aluminium in vielen Bereichen der Industrie zum Einsatz. Der Einsatz dieser Materialien hat jedoch folgende Nachteile:

- einen hohen Energieverbrauch,
- endliche, umweltsynthetische und die Umwelt belastende Rohstoffe,
- eine oft die Gesundheit gefährdende Verarbeitung und Weiterverarbeitung sowie
- eine schwierige, die Umwelt gefährdende Entsorgung von Reststoffen und der Produkte nach der Nutzungszeit.

Aus Sicht einer ökologisch vertretbaren nachhaltigen Entwicklung ist es deshalb sinnvoll, Leichtbauwerkstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen weiter zu entwickeln und zu fördern.

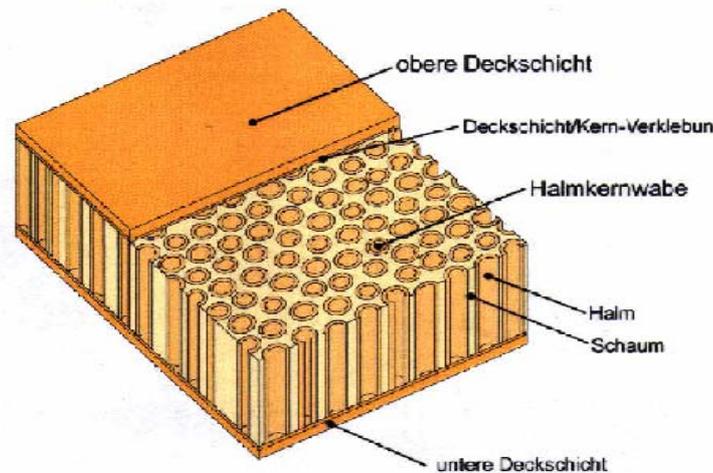
### 11.2.2 LNS der Firma Böker Sperrholz – Konstruktionsbeschreibung

Bei dem LNS-Material der Firma Böker Sperrholz handelt es sich um einen Leichtbauwerkstoff aus nachwachsenden Rohstoffen, der im Rahmen eines Projekts in Zusammenarbeit mit dem Institut für Betriebstechnik und Bauforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in Braunschweig entwickelt wird und voraussichtlich im Jahr 2006 in die Produktpalette des Unternehmens aufgenommen werden soll.



**Abbildung 11-4: LNS-Plattenmaterial der Firma Böker Sperrholz**

Die Deckschichten bestehen aus Sperrholz, das sich aufgrund des weitgehend erhaltenen Faserverbunds durch seine hohe Festigkeit und Stabilität auszeichnet. Der Kern besteht aus Halmen der Pflanze Triarrhena, die eingebettet in einer Klebstoffschaummatrix rechtwinklig mit den Deckschichten verklebt sind. Die Halme bieten neben einer sehr hohen Festigkeit eine ebenso hohe Stabilität bei gleichzeitig geringem Gewicht. Für die Produktion der LNS-Materialien wird ein Typus mit besonders langen (bis 4,5 m), stabilen, geraden und zur Ernte im März blattlosen Halmen verwendet. Zum Verkleben der Pflanzenhalme wird ein Klebstoffschaum auf der Basis von Pflanzenöl verwendet, weitere Teilkomponenten sind P-MDI (Härter), Stabilisator und Katalysator. Für die Verleimung der Sperrholzplatten wird ein handelsüblicher Holzklebstoff (Kaurit) benutzt.



**Abbildung 11-5: Aufbau des LNS-Materials der Firma Böker Sperrholz (Quelle: Möller, F.: Leichtbauwerkstoff LNS Institut für Betriebstechnik und Bauforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Informationsblatt, Braunschweig, o.J.)**

Um die guten Leichtbaueigenschaften von Triarrhena optimal nutzen zu können, wurden die Pflanzenhalme als Halbzeuge eingesetzt, d.h. dass der Halm als natürliches Faserverbundrohr erhalten bleibt. Auf diese Weise werden die natürlichen Strukturen nicht aufgebrochen und somit können die Syntheseleistungen der Pflanze im Endprodukt voll zur Wirkung kommen. Die Halme sind weiterhin nach dem Vorbild der Natur in einer Wabenstruktur angeordnet. Wie auch bei der Sandwichkonstruktion müssen Waben in der Natur stabil und haltbar sein sowie Zug- und Druckkräften standhalten.

Die Einsatzmöglichkeiten des LNS-Materials sind sehr vielseitig. Neben dem geplanten Einsatz von Leichtbauplatten sind auch andere Anwendungsbereiche durch Änderung von Dicke, Aufbau und Holzart der Deckschichten sowie der Halmart im Kern oder dem Verhältnis von Deckschichtdicke zu Kernstoffdicke auf Grundlage unterschiedlicher Werkstofftypen mit entsprechend verschiedenen Eigenschaften möglich. Die folgende Tabelle stellt das LNS-Material im Vergleich zu anderen Leichtbauwerkstoffen dar. Dabei wird deutlich, dass das LNS-Material die Anforderungen von Leichtbauwerkstoffen wie auch von Wärmedämmstoffen und Baustoffen aufgrund der Eigenschaften von geringer Dichte, hoher Festigkeit sowie Formstabilität und geringer Wärmeleitfähigkeit erfüllt.

**Tabelle 11-1: Eigenschaftsprofile von verschiedenen Plattenwerkstoffen (Quelle: Möller, F.: Leichtbauwerkstoff LNS Institut für Betriebstechnik und Bauforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Informationsblatt, Braunschweig, o.J.)**

<i>Plattentyp</i>	<i>Gesamtdicke [mm]</i>	<i>Dichte [kg/m<sup>3</sup>]</i>	<i>Biegefestigkeit [N/mm<sup>2</sup>]</i>	<i>Biege-E- Modul [N/mm<sup>2</sup>]</i>	<i>Querdruck- festigkeit [N/mm<sup>2</sup>]</i>
<i>LNS (Stroh)</i>	19	205	bis 18	bis 4000	bis 3,3
<i>LNS (Triarrhena)</i>	30	295	bis 33	bis 5000	bis 15
<i>Faserdämmplatte</i>	10-20	200-400	1-3	150-600	-
<i>Spanplatte</i>	20-25	550-800	15-22	2400-3500	0,8-1,5
<i>Holzfaserplatte mittelhart</i>	6-16	400-800	8,5-18,5	1500-4500	1-2,5
<i>Holzfaserplatte hart</i>	6-16	400-800	8,5-18,5	1500-4500	1-2,5
<i>Tischlerplatte</i>	13-45	450-600	20-55	3000-8500	1,5-2,5
<i>Furnierplatte</i>	-	450-700	65-130	7000-14000	1,5-3
<i>Kunststoff- sandwich</i>	20	230	bis 35	bis 3800	bis 1,2

Aufgrund der bestimmten Eigenschaften von Leichtbauwerkstoffen ist die Herstellung von beispielsweise folgenden Produkten aus LNS-Materialien möglich:

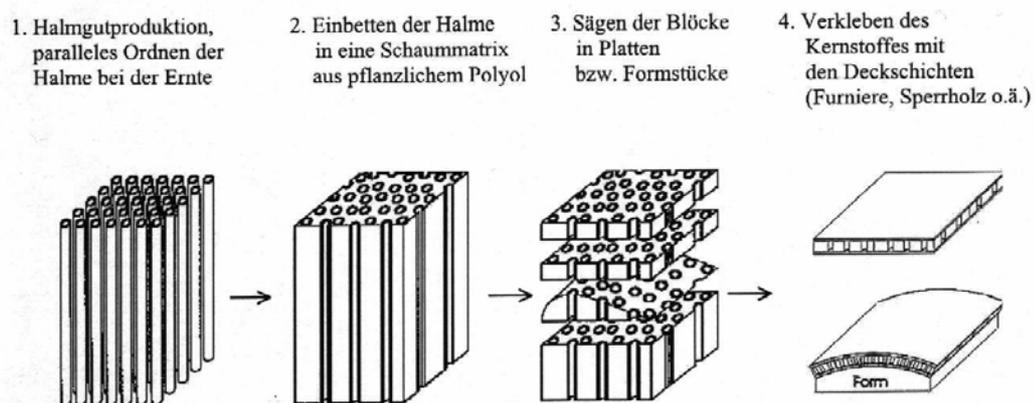
**Tabelle 11-2: Beispiele für Produkte aus LNS-Material (Quelle: Möller, F.: Leichtbauwerkstoff LNS Institut für Betriebstechnik und Bauforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Informationsblatt, Braunschweig, o.J.)**

<i>Produktbeispiel</i>	<i>Eigenschaften</i>
Surfboard aus gewölbten LNS-Formteilen	geringes Gewicht, formstabil, kostengünstig
Solarkollektorgehäuse	temperaturstabil bis 140°C, wärmedämmend, kostengünstig
Trennwände	geringes Gewicht, formstabil, kostengünstig
Bodenplatten	hohe Stabilität bei geringem Gewicht
Tür	geringes Gewicht, dauerhaft stabil
Schalensitz	geringes Gewicht, geringe Pressdrücke bei

	der Fertigung, dauerhaft formstabil, kostengünstig
Tischplatte	geringes Gewicht bei hoher Formstabilität
LNS-Leitwerk einer Windkraftanlage	geringes Gewicht, gute Aerodynamik und Design

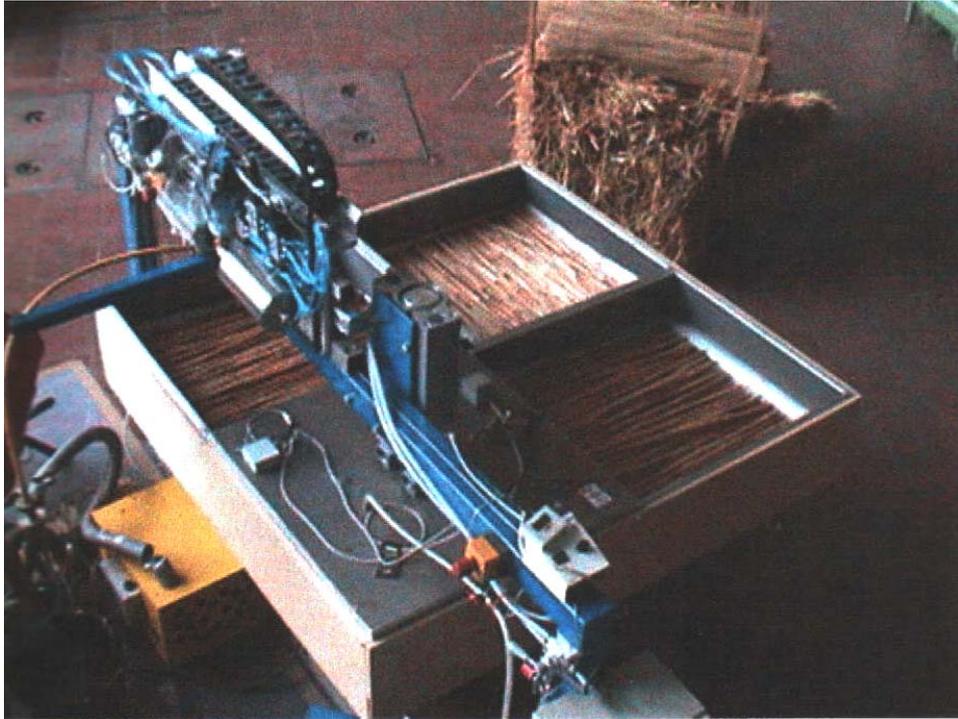
### 11.2.3 Herstellungsverfahren

Zur Fertigung des LNS-Werkstoffes sind die zwei Hauptkomponenten, das Sperrholz für die Deckschichten sowie die Triarrhenahalme für die Produktion des Kernstoffes, notwendig. Da die Produktion von Sperrholzplatten in Kapitel 7.1.2 schon näher erläutert wurde, wird in diesem Zusammenhang die Herstellung des Kernwerkstoffes und die Zusammenführung der beiden Elemente Deckschicht und Kernwerkstoff beschrieben. Dazu sind in der folgenden Abbildung einmal die wesentlichen Elemente der Produktionskette zur Herstellung des LNS-Material dargestellt:



**Abbildung 11-6: Prozesskette des Herstellungsverfahrens für LNS (Quelle: Möller, F., Schwarz, K.-U., Projektantrag: Entwicklung und Betrieb einer Demonstrationsanlage zur Herstellung von LNS-Kernstoffen, sowie Produktentwicklung für LNS-Plattenmaterialien)**

Als erster Produktionsschritt werden, wie die Abbildung 11-6 zeigt, die Halme bei der Ernte parallel angeordnet. Anschließend werden die auf eine Länge geschnittenen Halme in einem Produktionskarussell, das in der folgenden Abbildung dargestellt ist, in eine Klebstoffschaummatrix eingebettet.



**Abbildung 11-7: Fertigungskarussell (Quelle: Möller, 2003)**

Dazu werden die passend zugeschnittenen Halme in einen Formkasten gefüllt und unter den Injektionsautomaten positioniert. Dort wird der Klebstoffschaum zwischen die Halme injiziert. Der Klebstoffschaum wird in einem Schaumerzeuger aus pflanzlichem Polyol unter Zusatz von Härter (MDI), Katalysator, Stabilisator und Druckluft hergestellt. Zur besseren Verteilung des Schaums wird anschließend ein Vakuum am Formkasten angelegt. Nach einer Aushärtungszeit wird der fertige Kernwerkstoffblock dem Formkasten entnommen. Im folgenden Arbeitsschritt werden die Blöcke wie in Abbildung 11-6 in Platten oder Formteile zersägt. Durch Verkleben der Kernwerkstoffplatten bzw. -formteilen mit den beiden Deckschichten ist der LNS-Werkstoff fertiggestellt. Nach Bedarf kann die Behandlung der Oberfläche des LNS-Plattenmaterials mit ökologischen Anstrichsystemen auf Basis natürlicher Rohstoffe (Leinöl, Naturharz oder -wachs) erfolgen.

### **11.3 Stoff- und Energieströme**

Im Folgenden werden die Stoff- und Energieströme zur Produktion des LNS-Materials dargestellt. Die Erfassung dieser Größen soll im Rahmen der produktbezogenen Nachhaltigkeitsbewertung zur besseren Einschätzung der Faktoren Wasser- und Energieverbrauch sowie Abfallaufkommen und Emissionsvolumen hinsichtlich der Produktion des LNS-Plattenmaterials dienen.

Da die Herstellung des LNS-Halmkernmaterials bisher nur mit einer industriell produzierenden Demonstrationsanlage erprobt wurde, basieren die Daten für die Stoff- und Energieströme auf einer Summation der beiden Teilprozesse „Herstellung der Sperrholzplatten“ und „Herstellung des Kernwerkstoffes“. Das Verkleben der

Deckschichten mit dem Kernwerkstoff ist in der Produktion des Sperrholzes schon berücksichtigt.

Die jeweiligen Stoff- und Energieströme von Deckschichten und Kernwerkstoff werden anteilmäßig in Abhängigkeit des Raumes pro m<sup>3</sup> LNS-Material verrechnet. Dazu wird von folgenden Maßen ausgegangen:

- Dicke der Deckschicht: 2 x 4mm
- Dicke des Kernwerkstoffes: 22 mm

Daraus ergibt für die Deckschicht ein Raumanteil von 27 %, für den Kernwerkstoff von 73 %.

### 11.3.1 Wasserbedarf

Für das Jahr 2003 ergab sich im Rahmen der Sperrholzplattenproduktion ein Wasserverbrauch von 10.075 m<sup>3</sup> bei der Firma Böker Sperrholz. Der Wert beinhaltet sowohl Prozesswasser als auch durch sanitäre Anlagen verbrauchtes Trinkwasser. Das Wasser wird hauptsächlich für den Dämpfvorgang in den Gruben benötigt.

Bei der Annahme von 220 Arbeitstagen ergibt sich der folgende quantitative Wasserverbrauch:

$$\Rightarrow \frac{10.075}{220} \left[ \frac{m^3}{d} \right] = 45,8 \left[ \frac{m^3}{d} \right] = 1,9 \left[ \frac{m^3}{h} \right] \quad \text{Gl. 11-1}$$

Es wird täglich 25 m<sup>3</sup> Sperrholz hergestellt. Der produktbezogene Wasserbedarf errechnet sich somit wie folgt:

$$\Rightarrow \frac{25}{24} \left[ \frac{m^3_{\text{Deckschicht}} / d}{h / d} \right] = 1,04 \left[ \frac{m^3_{\text{Deckschicht}}}{h} \right] \triangleq 1,0 \left[ \frac{m^3_{\text{Deckschicht}}}{h} \right] \quad \text{Gl. 11-2}$$

$$\Rightarrow \frac{1,9}{1,0} \left[ \frac{m^3_{\text{Wasser}} / h}{m^3_{\text{Deckschicht}} / h} \right] = 1,9 \left[ \frac{m^3_{\text{Wasser}}}{m^3_{\text{Deckschicht}}} \right] \quad \text{Gl. 11-3}$$

Für die Herstellung des LNS-Halmkernmaterials ergibt sich auf der Basis von Messungen ein Wasserverbrauch von 0,4 m<sup>3</sup>/(m<sup>3</sup> Kernwerkstoff). Der Wasserverbrauch für die Herstellung des LNS-Materials ergibt sich also wie folgt:

$$\begin{aligned} \Rightarrow \quad & 0,27 \cdot 1,9 \left[ \frac{m^3 \text{ Wasser}}{m^3 \text{ Deckschicht}} \right] + 0,73 \cdot 0,4 \left[ \frac{m^3 \text{ Wasser}}{m^3 \text{ Kernwerkstoff}} \right] = 0,805 \left[ \frac{m^3 \text{ Wasser}}{m^3 \text{ Gesamtprodukt}} \right] \\ & \triangleq 0,8 \left[ \frac{m^3 \text{ Wasser}}{m^3 \text{ Gesamtprodukt}} \right] \end{aligned} \quad \text{Gl. 11-4}$$

### 11.3.2 Energiebedarf

Der prozessbezogene Energiebedarf setzt sich aus dem thermischen und elektrischen Energiebedarf zusammen. Aufgrund der Datenerhebung werden beide Bereiche gemeinsam betrachtet. Dabei wird sowohl die gesamte Produktion als auch nicht produktionsintegrierte Verbraucher wie z.B. das Büro oder sämtliche Beleuchtungseinheiten berücksichtigt.

Die Stromversorgung erfolgt über das öffentliche Stromnetz und liegt nach Angaben der Mitarbeiter im Durchschnitt bei einer Leistung von ca. 650 kW. Da für die Berechnung des für die Deckschicht erforderlichen Energiebedarfs keine genaueren Daten vorhanden sind, sind für eine bessere Ermittlung des Energiebedarfs, auch in Hinblick auf eine kontinuierliche Energieverbrauchsdocumentation<sup>37</sup>, an den jeweiligen Arbeitsmaschinen Energiezähler anzubringen. Der hier ermittelte Energiebedarf für die Sperrholzproduktion ist als grober Richtwert zu betrachten. Der produktbezogene Energiebedarf ergibt sich dann wie folgt:

$$\Rightarrow \quad \frac{25}{24} \left[ \frac{m^3 \text{ Deckschicht} / d}{h / d} \right] = 1,04 \left[ \frac{m^3 \text{ Deckschicht}}{h} \right] \triangleq 1,0 \left[ \frac{m^3 \text{ Deckschicht}}{h} \right] \quad \text{Gl. 11-5}$$

$$\Rightarrow \quad \frac{650}{1,0} \left[ \frac{kW}{m^3 \text{ Deckschicht} / h} \right] = 650 \left[ \frac{kWh}{m^3 \text{ Deckschicht}} \right] \quad \text{Gl. 11-6}$$

Für die Herstellung des LNS-Halmkernmaterials ergibt sich auf der Basis von Messungen ein Energieverbrauch von 9,86 kWh/(m<sup>3</sup>Kernwerkstoff). Der Energieverbrauch für die Herstellung des LNS-Materials ergibt sich also wie folgt:

$$\begin{aligned} \Rightarrow \quad & 0,27 \cdot 650 \frac{kWh}{m^3 \text{ Deckschicht}} + 0,73 \cdot 9,86 \left[ \frac{kWh}{m^3 \text{ Kernwerkstoff}} \right] = 182,70 \left[ \frac{kWh}{m^3 \text{ Gesamtprodukt}} \right] \\ & \triangleq 182,7 \left[ \frac{kWh}{m^3 \text{ Gesamtprodukt}} \right] \end{aligned} \quad \text{Gl. 11-7}$$

### 11.3.3 Emissionen

Bei der Sperrholzherstellung treten Emissionen hauptsächlich bei dem Betrieb der Feuerungsanlage und durch das Spänesilo auf. Zu den Emissionen der Feuerungsanlage

<sup>37</sup> Vergleiche: Kapitel 7.4.1.1 Energieeinsparendes Verhalten im Betrieb

gehört Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>), Kohlenmonoxid (CO), organisch gebundener Kohlenstoff und Staub. Das Spänesilo emittiert lediglich Staub.

Für die Herstellung des Kernwerkstoffes sind noch keine Emissionen erfassbar.

### 11.3.3.1 Prozessbezogene Emissionen

Die wesentlichen Schadstoffemissionen, auf Grundlage der letzten und aktuellen Emissionserklärung, sind in der folgenden Tabelle quantitativ dargestellt. Hierbei handelt es sich um nicht normierte Werte, die auf einem Bezugssauerstoffgehalt von 11 % basieren. Der Abgasvolumenstrom beträgt für das Spänesilo 80.000 Nm<sup>3</sup>/h und für die Feuerungsanlage 17.300 Nm<sup>3</sup>/h.

**Tabelle 11-3: Gesamtauswurf der absoluten Schadstoffemissionen für das Jahr 2003**

<i>Schadstoff</i>	<i>Gesamtauswurf [Mg/a]</i>
<b>Feuerung</b>	
Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> )	24,22
Kohlenmonoxid (CO)	15,22
Kohlenstoff organisch gebunden	2,08
Staub	2,42
<b>Spänesilo</b>	
Staub	2,42

### 11.3.3.2 Produktbezogene Kohlendioxid-Emissionen

Über die Höhe der Emissionen durch Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) stehen keine betriebsinternen Daten zur Verfügung. Deshalb werden die CO<sub>2</sub>-Emission nachfolgend ermittelt. Der Luftüberschuss wird wie folgt berechnet:

$$\Rightarrow \lambda = \frac{21 [\text{Vol. \%}]}{21 [\text{Vol. \%}] - O_2 [\text{Vol. \%}]} \quad \text{Gl. 11-8}$$

Mit Angabe des Bezugssauerstoffgehaltes von 11 Vol. % für O<sub>2</sub> ergibt sich der folgende Luftüberschuss:

$$\Rightarrow \lambda = \frac{21 [\text{Vol. \%}]}{21 [\text{Vol. \%}] - 11 [\text{Vol. \%}]} = 2,1 \quad \text{Gl. 11-9}$$

Der Kohlendioxidgehalt des Rauchgases kann wie folgt ermittelt werden:

$$\Rightarrow \text{CO}_2 [\text{Vol. \%}] = \frac{\text{CO}_{2,\text{max}} [\text{Vol. \%}]}{\lambda} \quad \text{Gl. 11-10}$$

Der Wert  $\text{CO}_{2,\text{max}}$  gibt den brennstoffspezifischen maximalen Kohlendioxidgehalt im trockenen Abgas in Volumenprozent an. Der genaue  $\text{CO}_{2,\text{max}}$  -Wert für das eingesetzte Holz ist nicht bekannt. Nach Angaben der Firma Testo<sup>38</sup>, Lenzkirch ergibt sich ein Wert von 20 % für Holz. Der  $\text{CO}_2$ -Gehalt des Abgases ergibt sich demnach wie folgt:

$$\Rightarrow \text{CO}_2 [\text{Vol. \%}] = \frac{20 [\text{Vol. \%}]}{2,1} = 9,52 [\text{Vol. \%}] \quad \text{Gl. 11-11}$$

Für den Volumenstrom von Kohlendioxid ergibt somit folgender Wert:

$$\Rightarrow V_{\text{CO}_2} = 17.300 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 0,0952 = 1647 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \quad \text{Gl. 11-12}$$

Um den jeweiligen emittierten Massenstrom berechnen zu können, ist eine Berechnung der Dichte in Abhängigkeit von der Rauchgastemperatur, die näherungsweise 473 K beträgt, erforderlich. Die Umrechnung der Normdichte des Kohlendioxids auf den Betriebszustand erfolgt nach der Zustandsgleichung:

$$\Rightarrow \rho_2 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] = \rho_1 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \cdot \frac{T_1 \cdot [K] \cdot p_2 \cdot [\text{hPa}]}{T_2 \cdot [K] \cdot p_1 \cdot [\text{hPa}]} \quad \text{Gl. 11-13}$$

mit:

$\rho_1, T_1, p_1$  = Dichte, Temperatur und Druck im Zustand 1

$\rho_2, T_2, p_2$  = Dichte, Temperatur und Druck im Zustand 2

Somit ergibt sich die folgende  $\text{CO}_2$ -Dichte im Rauchgas:

$$\Rightarrow \rho_2 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] = 1,98 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \cdot \frac{273 \cdot [K] \cdot 1013 \cdot [\text{hPa}]}{473 \cdot [K] \cdot 1013_1 \cdot [\text{hPa}]} = 1,14 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \quad \text{Gl. 11-14}$$

Der  $\text{CO}_2$ -Massenstrom beträgt somit:

<sup>38</sup> Quelle: [www.testo.de/DE/de/lib/upload/mwmlde\\_1075107488312\\_1.pdf](http://www.testo.de/DE/de/lib/upload/mwmlde_1075107488312_1.pdf)

$$\Rightarrow m_{CO_2} = 1647 \frac{m^3_{CO_2}}{h} \cdot 1,14 \frac{kg_{CO_2}}{m^3_{CO_2}} = 1.878 \frac{kg_{CO_2}}{h} = 16.451 \frac{Mg_{CO_2}}{a} \quad \text{Gl. 11-15}$$

Der produktbezogene CO<sub>2</sub>-Emission berechnet sich wie folgt:

$$\Rightarrow 1.878 \frac{kg_{CO_2}}{h} / 1,0 \left[ \frac{m^3_{Deckschicht}}{h} \right] = 1.878 \frac{kg_{CO_2}}{m^3_{Deckschicht}} \quad \text{Gl. 11-16}$$

Die produktbezogenen Massenströme lassen sich somit auch nach der folgenden Formel für die anderen emittierten Schadstoffe berechnen:

$$\Rightarrow \frac{x}{1,0} \left[ \frac{kg / h}{m^3_{Deckschicht} / h} \right] = y \quad \text{Gl. 11-17}$$

**Tabelle 11-4: Produktbezogene Schadstoffmassenströme**

<i>Schadstoff</i>	<i>Massenstrom [kg/m<sup>3</sup> Deckschicht]</i>
<b>Feuerung</b>	
Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> )	2,76
Kohlenmonoxid (CO)	1,73
Kohlenstoff organisch gebunden	0,24
Staub	0,28
<b>Spänesilo</b>	
Staub	0,28

#### 11.3.4 Abfallaufkommen

Bei der gesamten Produktion des LNS-Werkstoffes fällt nahezu kein Abfall an. Die anfallenden Holzreste und die des Kernwerkstoffes werden in der betriebseigenen KWK-Anlage thermisch verwertet.

#### 11.3.5 Fehlerbetrachtung bezüglich der Ermittlung der produktspezifischen Stoff- und Energieströme

Im Kapitel 8 „Fehlerbetrachtung“ wurden die Begriffe der zufälligen und systematischen Fehler erläutert.

Im Hinblick auf die Aufstellung der produktspezifischen Energie- und Stoffströme des LNS-Materials ergeben sich sowohl zufällige als auch systematische Fehler.

Bei der Berechnung des Energiebedarfs resultiert die Leistung von 650 kW aus einer Mittelwertbildung der durchschnittlichen Messwerte einer Online-Messung. Zufällige

Fehler können sich in diesem Zusammenhang durch die Ablese- oder Berechnungsfehler des Personals ergeben.

Systematische Fehler können aus den Schätzungen bzw. Annahmen bei der Emissionsberechnung erfolgen, z.B. durch die Annahme der Rauchgastemperatur, von  $\text{CO}_{2,\text{max}}$  oder des Luftüberschusses ( $\lambda$ ).

## 11.4 Umweltorientiertes-Produkt-Bewertungssystem (UPB)

### 11.4.1 Einführung in die Bewertungsmethode

Für die Nachhaltigkeitsbetrachtung des LNS-Materials wird das Umweltorientierte-Produkt-Bewertungssystem (UPB) verwendet. Dieses Checklisten-System wurde im Rahmen des Forschungsprojektes „Umweltfreundliche Möbel“ an der Fachhochschule Lippe und Höxter im Jahr 2000 entwickelt. Es basiert auf verschiedenen Produktbewertungsmethoden, im Wesentlichen auf den Grundlagen des praxisorientierten Betz/Vogl-Systems, dem Life Cycle Design System sowie dem ABC-System des Umweltbundesamtes. In Bezug auf die Thematik der Nachhaltigkeit wurde das Bewertungssystem erweitert und die Checklisten angepasst. Das Bewertungssystem führt ökologische, soziale und ökonomische Aspekte und Kriterien verschiedener Bewertungsvorlagen zusammen. Es fungiert als Instrument, das die Voraussetzungen und Auswirkungen von Produkten und Produktalternativen bezüglich der ökologischen, sozialen und ökonomischen Zieldimension systematisch erfasst, vergleicht und bewertet. Es kombiniert die folgenden Vorteile<sup>39</sup> verschiedener Bewertungsmatrizen in einem System:

- gute Verfügbarkeit der Daten,
- geringer Arbeits- und Zeitaufwand,
- Aufdecken von Schwachstellen und Generieren von Verbesserungen,
- Berücksichtigung der Umwelteigenschaften,
- Berücksichtigung des Lebenszyklus und
- Flexibilität und Erweiterbarkeit.

Insgesamt verfügt das UPB über 19 Checklisten, denen jeweils ein Leitkriterium übergeordnet ist. Bei der Bewertung des LNS-Plattenmaterials werden 18 Checklisten für die Beurteilung genutzt. Diesem Kriterium sind folgend mehrere Merkmale untergeordnet, die jeweils eine eigene ABC-Einteilung besitzen. Nach dem hier dargestellten Ampelfarben-Prinzip erfolgt also die allgemeine Produktbewertung:

**Tabelle 11-5: ABC-Einteilung des Produktbewertungssystems (Quelle: M. Sietz u.a.: Handbuch zur Gestaltung und Entwicklung umweltgerechter Möbel 1. Aufl. Frankfurt am Main: Verlag Harri Deutsch 2001)**

<b>A</b>	<b>dringender Handlungsbedarf</b>
<b>B</b>	<b>akzeptierbarer Handlungsbedarf</b>
<b>C</b>	<b>ideale Situation</b>

<sup>39</sup> Vergleiche: Sietz, M.u.a.: *Handbuch zur Gestaltung und Entwicklung umweltgerechter Möbel* 1. Aufl. Frankfurt am Main: Verlag Harri Deutsch 2001

Die folgende Abbildung zeigt exemplarisch das Muster einer Checkliste, basierend auf dem LCD-Systems nach Betz/Vogl:

Leitkriterium						
Bezugsprodukt						
Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Kriterium	Merkmal für die Einordnung in A	O			O	O
	Merkmal für die Einordnung in B		O			
	Merkmal für die Einordnung in C			O		

Abbildung 11-8: Exemplarische Checkliste

#### 11.4.2 Darstellung der Bewertungsergebnisse

Nachdem alle Kriterien mit einer A-, B- und C-Einteilung bewertet wurden, erfolgt die Aggregation und Auswertung der jeweils einzelnen Leitkriterien. Dazu muss der Anteil der A-, B- und C-Werte aus der Summe der zu bewertenden Kriterien ermittelt werden. Nicht bewertbare Kriterien oder die, bei denen keine Daten zur Verfügung standen, fließen in die Bewertung nicht mit ein. Die Bewertung erfolgt für die einzelnen Leitkriterien und für das gesamte Produkt. Die bei der Ermittlung erhaltenen prozentualen Anteile können wie folgendermaßen in einem Balkendiagramm dargestellt werden:

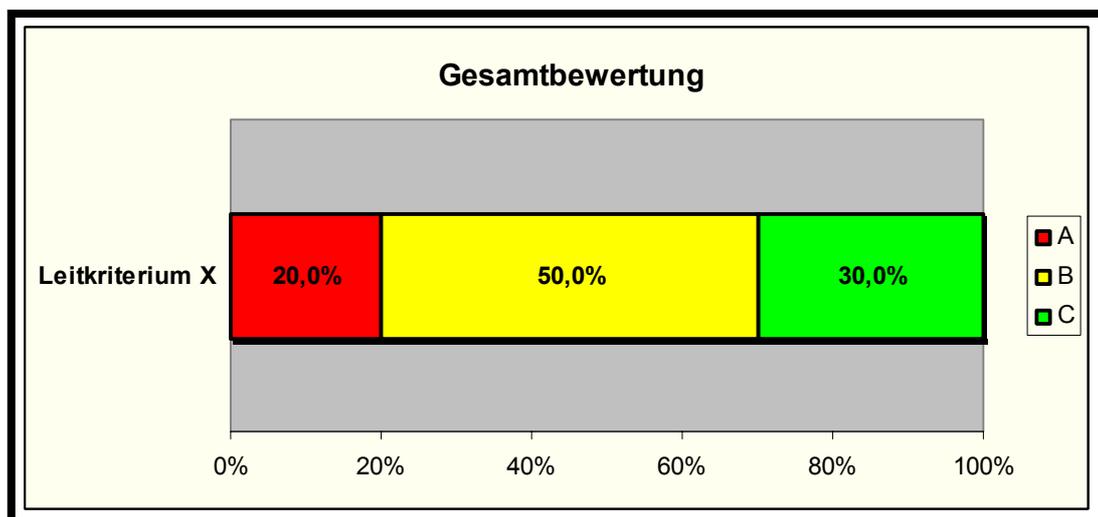


Abbildung 11-9: Beispieldarstellung für die prozentualen Anteile der A-, B- und C-Werte des Leitkriteriums X (Quelle: M. Sietz u.a.: Handbuch zur Gestaltung und Entwicklung umweltgerechter Möbel 1. Aufl. Frankfurt am Main: Verlag Harri Deutsch 2001)

Nach der Auswertung der einzelnen Leitkriterien erfolgt eine Gesamtbewertung des Produktes in Form einer Aggregation der Einzelwerte zu einem einzigen Wert. Die

Gesamtsystematik auf Grundlage des Betz/Vogl-Systems wird in der folgenden Abbildung dargestellt:

**Tabelle 11-6: Bewertungssystematik für die Gesamtbewertung des Produktes (Quelle: M. Sietz u.a.: Handbuch zur Gestaltung und Entwicklung umweltgerechter Möbel 1. Aufl. Frankfurt am Main: Verlag Harri Deutsch 2001)**

<i>A-Werte</i>	<i>C-Werte</i>	<i>Verknüpfung</i>	<i>Gesamtbewertung</i>
> 20 %	< 50 %	oder	<b>A</b>
≤ 20 %	> 50 %	und	<b>B</b>
≤ 10 %	> 80 %	und	<b>C</b>

Nach der hier vorgestellten Systematik kann ein Produkt aus Umweltgesichtspunkten als unbedenklich betrachtet werden, wenn der Erfüllungsgrad bei 80 % liegt. Das entspricht der Erreichung des Wertes C. Da sich bei der Bewertung Kriterien gegenseitig beeinflussen, ist eine Abwägung der jeweiligen produktspezifischen Eigenschaften und Funktionen mit einer jeweils eigenen Gewichtung bei ausgewählten Kriterien zweckmäßig und diese mit rein mathematischen Aggregation zu einer sinnvollen Bewertung zu verknüpfen. Eine Bewertung nur auf Grundlage der Gesamtheit aller Werte ist deshalb nicht sinnvoll.

## 11.5 Bewertung des „LNS-Plattenmaterial“ durch Anwendung des Checklistsensystems

Im folgenden Abschnitt soll die Bewertung des LNS-Plattenmaterials anhand der Checklisten nach dem schon im Vorfeld erläuterten Bewertungsverfahren UPB durchgeführt werden. Dabei ist zu beachten, dass das Produkt zum vorgegebenen Untersuchungszeitraum noch nicht im Einsatz war und die Bewertung einzelner Kriterien auf theoretischen Annahmen basiert.

Einleitend soll jeweils die Thematik der jeweiligen Leitkriterien mit ihren zugehörigen Einzelkriterien kurz vorgestellt werden.

### 11.5.1 Ökoeffizienz / optimale Funktion

Das traditionelle ökonomische Prinzip eines Unternehmens ist es, den Wert des Unternehmens zu steigern und die Rentabilität von Produkten und Dienstleistungen zu erhöhen. Im Gegensatz dazu steht der Begriff der Ökoeffizienz für eine nachhaltige Unternehmensstrategie, deren Ziel es ist, das herkömmliche ökonomische Verständnis durch ökologische Aspekte zu ergänzen. Vor dem Hintergrund der nachhaltigen Entwicklung wurde der Begriff erstmalig auf dem „Erd-Gipfel“ in Rio de Janeiro im Jahr 1992 als Schlagwort benutzt.

Nach der folgenden Definition ist Ökoeffizienz *das Verhältnis zwischen einer ökonomischen, monetären und einer physikalischen (ökologischen) Größe.*<sup>40</sup> Die ökonomische Größe stellt in diesem Verhältnis die Wertschöpfung, d.h. der Umsatz auf betriebswirtschaftlicher Ebene abzüglich der Vorleistungen, die ökologische Größe die Schadschöpfung dar. Unter dem Begriff der Schadschöpfung ist die Aggregation aller direkten und indirekten verursachten Umweltbelastungen, die von einem Produkt oder einer Aktivität ausgehen, zu verstehen. Somit kann die Ökoeffizienz als Verhältnis von Wertschöpfung zu ökologischer Schadschöpfung definiert werden. Beispiele für Maße der Ökoeffizienz sind Wertschöpfung [EUR]/emittiertes CO<sub>2</sub>[t], Wertschöpfung [EUR]/fester Abfall [t] oder Wertschöpfung [EUR]/verbrauchte Energie [kWh].

---

<sup>40</sup> Quelle: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Nachhaltigkeitsmanagement in Unternehmen, 2. Auflage, Berlin, 2002

Tabelle 11-7: Bewertung des Bezugsobjektes anhand der Checkliste „Ökoeffizienz/optimale Funktion“

1. Ökoeffizienz/ optimale Funktion						
Bezugsprodukt LNS-Plattenmaterial						
Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Bedürfnisse und Anforderungen der Konsumenten	Das Produkt führt zu einer Vergrößerung der Konumentenbedürfnisse	○			○	○
	Die Konsumentbedürfnisse werden nicht beeinflusst.		X			
	Die Produktstrategie führt zu einer Verringerung der Konsumentenbedürfnisse.			○		
2. Serviceangebot (z.B. mieten oder Leasen)	Das Produkt kann nicht durch eine Dienstleistung ersetzt werden bzw. es gibt keine produktbegleitenden	○			○	○
	Das Produkt kann durch eine Dienstleistung / die Nutzung verschiedener Verbraucher ersetzt werden bzw. wird teilweise durch ein zusätzliches Serviceangebot ergänzt.		○			
	Das Produkt wird durch eine Dienstleistung ersetzt bzw. durch ein zusätzliches Serviceangebot ergänzt.			X		
3. Ressourcen-kaskade	Nur die erste Nutzungsphase wird berücksichtigt.	○			○	○
	Die Verwertung wird für zwei Nachfolgeprodukte berücksichtigt.		○			
	Die Verwertung wird für mehr als zwei Nachfolgeprodukte berücksichtigt.			X		
4. Produktsystem	Die Auswirkungen des Produktsystems werden nicht berücksichtigt / reduziert.	○			○	X
	Die Auswirkungen des Produktsystems werden berücksichtigt und reduziert.		○			
	Die Auswirkungen des Produktsystems werden berücksichtigt und stark reduziert.			○		

#### **11.5.1.1 Optimale Funktion**

Durch die Kombination von Eigenschaften wie geringe Dichte bei hoher Festigkeit und ebenso hoher Formstabilität sowie einer geringen Wärmeleitfähigkeit ist der Einsatz als Leichtbauplatte voll gewährleistet. Im Vergleich zu anderen Leichtbauwerkstoffen wie auch Wärmedämmstoffen und Baustoffen werden die Anforderungsmerkmale erfüllt, die Konsumentenbedürfnisse werden aber nicht beeinflusst. Das Kriterium wird deshalb mit B bewertet.

#### **11.5.1.2 Serviceangebot (z.B. Mieten oder Leasen)**

Die Möglichkeit zum Mieten oder Leasen eines LNS-Plattenmaterials sowie ein Reparaturangebot als Servicedienstleistung sind durchaus denkbar. Aus diesem Grund wird das Kriterium mit C bewertet.

#### **11.5.1.3 Ressourcenkaskade**

Das Produkt besteht fast ausschließlich aus nachwachsenden Rohstoffen. Eine Materialverwertung ist sowohl aus thermischer als auch aus stofflicher Sicht, durch beispielsweise der Herstellung neuer Produkte (z.B. als Häckselgut in der Spanplatten- oder Dämmplattenfertigung), möglich. Insgesamt ist eine Wieder- und Weiterverwertung durchführbar. Dementsprechend wird eine C-Bewertung vergeben.

#### **11.5.1.4 Produktsystem**

Im Rahmen dieser Untersuchung ist im Sinne einer umfassenden, produktbezogenen Wirkungsbilanz eine hinreichende Bewertung des Produktsystems nicht möglich. Somit wird das Kriterium in diesem Zusammenhang nicht bewertet.

### 11.5.2 Ressourcenschonung<sup>41</sup>

Der schonende Umgang mit Ressourcen ist eines der prinzipiellen Forderungen einer nachhaltigen Entwicklung. Betrachtet man die Zeiträume, die zur Bildung von fossilen Rohstoffen notwendig waren und jenen, in der die Menschheit diese Vorräte aufbraucht, so erkennt man unweigerlich den Raubbau an der Natur.

So wächst seit Beginn der Industrialisierung seit 1870 bis heute die Weltbevölkerung um das Vierfache auf 6 Milliarden Menschen und in Verbindung damit der weltweite Energieverbrauch fossiler Rohstoffe wie Kohle, Erdöl und Erdgas um das Sechzigfache auf derzeit 423 EJ/a. Ein Mensch verbraucht derzeit im weltweiten Durchschnitt 15-mal mehr Energie als vor 150 Jahren.

Die sich abzeichnenden Verknappungstendenzen lösen vor allem eine Diskussion um die folgenden beiden Sachverhalte aus:

1. Beschränktheit fossiler Ressourcen: Durch die bereits in 10 bis 20 Jahren erwartenden Fördermaxima ist der gesicherte Zugang zu preisgünstigen Energieressourcen auf lange Zeit nicht mehr gewährleistet. Schon bald dürften deutlichere Preissteigerungen beim Rohöl, und im Zuge dessen auch beim Erdgas auftreten.
2. Gerechte Verteilung der Ressourcen: Die gerechte Verteilung der Ressourcen zwischen den heutigen und zukünftigen Generationen ist unter den gegebenen Umständen durch die fortschreitende Ausbeutung fossiler und nuklearer Energieträger nicht gesichert.

Durch den geschilderten Sachverhalt wird deutlich, dass der Aufbau einer zukunftsverträglicheren und somit ressourcenschonenden Energieversorgung sowie eine rohstoffsparende Produktverarbeitung und -herstellung durch den Einsatz erneuerbarer Ressourcen zwingend notwendig ist. So kann sich die Menschheit vor Gefahren zukünftiger Konflikte wirtschaftlicher aber auch militärischer Art um Energieressourcen schützen und gleichzeitig auch den Anforderungen des Umwelt- und Klimaschutzes gerecht werden.

---

<sup>41</sup> Quelle: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Erneuerbare Energien – Innovation für die Zukunft, Berlin, 2004

Tabelle 11-8: Bewertung des Bezugsobjektes anhand der Checkliste „Ressourcenschonung“

2. Ressourcenschonung						
Bezugsprodukt LNS-Plattenmaterial						
Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Reduktion des Materialinputs	Das Produkt ist überbemessen.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Die Größe des Produkts steht in einem vertretbaren Verhältnis zu seiner Funktion.		<input type="radio"/>			
	Offensichtliche Reduktion.			<input checked="" type="radio"/>		
2. Wieder- / Weiterverwendung	Komplett neues Produkt	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
	Wieder- / Weiterverwendung von aufgearbeiteten Teilen		<input type="radio"/>			
	Wieder- / Weiterverwendung des aufgearbeiteten Produktes			<input type="radio"/>		
3. Einsatz von Sekundärrohstoffen	Sekundärrohstoffe werden nicht eingesetzt.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
	Einige Primärrohstoffe wurden durch Sekundärrohstoffe ersetzt.		<input type="radio"/>			
	Alle vernünftigen Alternativen für den Einsatz von Sekundärrohstoffen wurden ausgeschöpft.			<input type="radio"/>		

#### **11.5.2.1 Reduktion des Materialinputs**

Im Vergleich zu herkömmlichen Sperrholzplatten können durch den Halmkern hochwertige Hölzer eingespart werden. Im Vergleich zu Sandwichplatten werden meist auf Basis fossiler Rohstoffe, nicht recyclebare, schwierig zu entsorgende sowie energieintensive Werkstoffe ausgetauscht. Es kann also in Bezug auf ähnliche Leichtbauwerkstoffe eine Reduktion des Materialinputs erzielt werden. Somit wird das Kriterium mit C bewertet.

#### **11.5.2.2 Wieder- / Weiterverwendung**

Es ist möglich, sowohl das Produkt als auch einzelne Produktteile wieder- oder weiter zu verwenden. Zum Zeitpunkt der Produktbewertung wird jedoch beabsichtigt, das LNS-Plattenmaterial als Altprodukt zurückzunehmen und in der firmeneigenen Kesselanlage thermisch zu verwerten. Die beiden Hauptkomponenten des Produktes, Holz und Triarrhena, stehen als nachwachsende Rohstoffe in ausreichendem Maß zur Verfügung, so dass eine thermische Verwertung in diesem Zusammenhang zulässig ist. Vor diesem Hintergrund wird dieses Kriterium nicht bewertet.

#### **11.5.2.3 Einsatz von Sekundärrohstoffen**

Ein Einsatz von Sekundärrohstoffen wäre bei der Produktion des LNS-Plattenmaterials anhand von beispielsweise Altholz möglich. Die dabei notwendige hohe Energieaufwendung zur Bereitstellung des Rohstoffes steht aber in keinem Verhältnis zur erzielten Ressourceneinsparung. Deshalb wird dieses Kriterium nicht bewertet.

### 11.5.3 Einsatz erneuerbarer und ausreichend verfügbarer Ressourcen

Bereits im letzten Abschnitt „Ressourcenschonung“ wurde deutlich, dass ein schonender und bewusster Umgang mit den natürlichen Ressourcen der Erde notwendig ist, um die Anforderungen an eine nachhaltige Entwicklung im Hinblick auf den Klimaschutz erfüllen zu können.

Doch darüber hinaus bietet vor allem eine Steigerung des Beitrags erneuerbarer Ressourcen die Chancen einer nachhaltigen Entwicklung sowohl für die Energie- als auch für die industrielle Rohstoffbereitstellung. Neben Möglichkeiten zur Steigerung der Energieeffizienz sowie einer machbaren CO<sub>2</sub>-Rückhaltung im großen Umfang ist der Einsatz erneuerbarer und dabei selbstverständlich ausreichend verfügbarer Ressourcen der einzig verlässliche Garant für eine zukunftsfähige Rohstoffversorgung.

Erneuerbare Ressourcen zeichnen sich meistens durch die Nutzung der Sonnenkraft zur Generierung für die Rohstoff- und Energiebereitstellung aus. Dabei wird ein auf der Erde natürliches Prinzip verfolgt, denn alles Leben auf der Erde bezieht seine Energie aus der Kraft der Sonne. Der Aufbau von Biomasse aus nachwachsenden Rohstoffen erfolgt beispielsweise mit Hilfe der Sonneneinstrahlung und schafft somit eine Grundlage für die Rohstoffbereitstellung in vielen Bereichen der Industrie. Da die Sonne auch Treibkraft für das Wetter ist und für Wind und Niederschläge sorgt, bietet sie auch Voraussetzungen für Wind- und Wasserkraft im Energiesektor. Weitere Beispiele sind Sonnenkollektoren, solarthermische Kraftwerke und Solarzellen, die die Sonnenkraft direkt nutzen.

Erneuerbare Ressourcen wurden schon vor Jahrtausenden von Menschen für sämtliche Einsatzzwecke genutzt, jedoch auf einem sehr geringeren Niveau und mit sehr geringeren Wirkungsgraden. Heute stehen der Menschheit dagegen Technologien zur Verfügung, mit denen sowohl auf dem Energiesektor als auch zur Rohstoffbereitstellung für die Industrie Produkte und Energie auf hohem Niveau angeboten werden können.

Tabelle 11-9: Bewertung des Bezugsobjektes anhand der Checkliste „Einsatz erneuerbarer und ausreichend verfügbarer Ressourcen“

3. Einsatz erneuerbarer und ausreichend verfügbarer Ressourcen						
Bezugsprodukt <b>LNS-Plattenmaterial</b>						
Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Einsatz von nicht erneuerbaren Ressourcen durch erneuerbare	Dieses Kriterium wurde nicht berücksichtigt.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Einige nicht erneuerbare Ressourcen wurden ersetzt.		<input checked="" type="radio"/>			
	Alle vernünftigen Alternativen erneuerbarer Ressourcen wurden berücksichtigt.			<input type="radio"/>		
2. Ersetzen selten vorkommender Materialien durch weniger seltene	Dieses Kriterium wurde nicht berücksichtigt.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Vernünftige Alternativen für seltene Materialien werden angewendet.		<input type="radio"/>			
	Es kommen keine seltenen Materialien zum Einsatz			<input checked="" type="radio"/>		
3. Minimieren des Einsatzes selten vorkommender Materialien	Der Einsatz seltener Materialien wurde nicht reduziert.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
	Der Einsatz seltener Materialien wurde um <b>weniger</b> als 20 % reduziert.		<input type="radio"/>			
	Der Einsatz seltener Materialien wurde um <b>mehr</b> als 20 % reduziert.			<input type="radio"/>		

**11.5.3.1 Ersetzen von nicht erneuerbaren Ressourcen durch erneuerbare**

Bei den eingesetzten Ressourcen handelt es sich fast ausschließlich um nachwachsende Rohstoffe. Lediglich die Klebstoff- und Leimkomponenten werden aus synthetischen Bestandteilen hergestellt. Aus diesem Grund wird das Kriterium mit B bewertet.

**11.5.3.2 Einsetzen selten vorkommender Materialien durch weniger seltene**

Die Hauptkomponenten Holz und das subtropisch bambusähnliche Gras Triarrhena sind ausreichend verfügbar. Lediglich die Klebstoff- und Leimkomponenten bestehen zu einem geringen Anteil aus synthetischen Bestandteilen, die aber im Verhältnis zur Produktherstellung vertretbar sind. Das Kriterium wird deshalb mit C bewertet.

**11.5.3.3 Minimieren des Einsatzes selten vorkommender Materialien**

Dieses Kriterium trifft nicht zu, da keine seltenen Materialien zum Einsatz kamen.

#### 11.5.4 Erhöhung der Langlebigkeit

Die Erhöhung der Langlebigkeit eines Produktes dient dem Zweck der Minimierung bzw. Optimierung produktspezifischer Energie- und Stoffströme entlang des gesamten Produktlebensweges, d.h. von der Produktion bis zur Entsorgung des Produktes.

Wichtig ist in diesem Zusammenhang für die Erhöhung der Langlebigkeit, dem Verbraucher den Nutzen des Produktes in einem möglichst langen Zeitraum zur Verfügung zu stellen, d.h. die Nutzungsdauer des Produktes zu maximieren. Die Bewertung des LNS-Materials ist deshalb bezüglich des Leitkriteriums „Langlebigkeit“ eng mit dem Aspekt der Erhöhung der Nutzungsdauer gekoppelt.

Eine längere Nutzungsdauer durch langlebige, an künftige Anforderungen und neue Technologien anpassbare Produkte führt zu einer Verlangsamung der Stoffströme sowie zu einer effizienteren Nutzung der erforderlichen Ressourcen, zur Abfallverminderung und zur Energieeinsparung. Neben diesen ökologischen Vorteilen eines langlebigen Produktes können sich durch die Erhöhung der Nutzungsdauer jedoch auch Nachteile für das Unternehmen ergeben. So ist es möglich, dass eine Verringerung der Absatzrate durch nicht angebotene Dienstleistungen hervorgerufen werden kann. Auch eine langfristige Abnahme der Absatzrate ist denkbar aufgrund des für den Verbraucher immer uninteressanter werdenden zeitlosen Designs. Weiterhin können möglicherweise positive Effekte, die sich aus Produktumgestaltungen oder -weiterentwicklungen bzw. aus neuen Technologien ergeben, nicht genutzt werden.

Deshalb ist es zweckmäßig, im Zusammenhang mit diesem Kriterium Aspekte für oder gegen die Erhöhung der Nutzungsdauer zu diskutieren und sinnvoll gegeneinander abzuwägen.

Tabelle 11-10: Bewertung des Bezugsobjektes anhand der Checkliste „Erhöhung der Langlebigkeit“

4. Erhöhung der Langlebigkeit						
Bezugsprodukt LNS-Plattenmaterial						
Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Optimieren der Zuverlässigkeit	Die Zuverlässigkeit ist unterdurchschnittlich.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Die Zuverlässigkeit ist durchschnittlich.		<input type="radio"/>			
	Die Zuverlässigkeit ist überdurchschnittlich.			<input checked="" type="radio"/>		
2. Minimieren des Verschleißes	Mehrere Komponenten unterliegen deutlichem Verschleiß.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Einzelne Komponenten unterliegen geringem Verschleiß.		<input type="radio"/>			
	Keine Komponente unterliegt Verschleiß.			<input checked="" type="radio"/>		
3. Zeitloses Design	Das Produkt besitzt ein modebewusstes Kurzzeit-Design.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Das Produkt besitzt ein zeitgemäßes Design.		<input type="radio"/>			
	Das Produkt besitzt ein zeitloses Design.			<input checked="" type="radio"/>		
4. Erweiterbarkeit	Es ist keine Systemanpassung möglich.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Eine Systemanpassung ist möglich.		<input type="radio"/>			
	Eine Systemanpassung für zukünftige Entwicklungen ist möglich.			<input checked="" type="radio"/>		
5. Einfache Reinigung	Eine Reinigung ist nicht möglich.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Eine Reinigung mit akzeptablem Aufwand ist möglich.		<input checked="" type="radio"/>			
	Eine Reinigung ist einfach durchführbar.			<input type="radio"/>		
6. Einfache Wartung	Es besteht ein hoher Wartungsaufwand.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Der Wartungsaufwand ist gering.		<input type="radio"/>			
	Das Produkt ist wartungsfrei.			<input checked="" type="radio"/>		
7. Einfache Reparierbarkeit	Eine Reparatur ist nicht möglich.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Eine Wartung mit akzeptablem Aufwand ist möglich.		<input checked="" type="radio"/>			
	Das Produkt ist wartungsfrei.			<input type="radio"/>		
8. Lange Garantiedauer	Die Garantie beläuft sich auf 2 Jahre.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
	Die Garantie beläuft sich auf weniger als 5 Jahre.		<input type="radio"/>			
	Die Garantie beläuft sich auf 5 Jahre oder mehr.			<input type="radio"/>		

**11.5.4.1 Optimieren der Zuverlässigkeit**

Durch die hohe Biegestabilität und Festigkeit, auch im Vergleich zu anderen Plattentypen, muss man bei sachgemäßer Handhabung mit keinen Beeinträchtigungen rechnen. Somit wird eine C-Bewertung vergeben.

**11.5.4.2 Minimieren des Verschleißes**

Bei sachgemäßer Handhabung sind keine Verschleißerscheinungen zu erwarten. Somit erfolgt bei diesem Kriterium eine Bewertung mit C.

**11.5.4.3 Zeitloses Design**

Das LNS-Plattenmaterial kann je nach Bedarf zur Veredlung mit Naturwachs o.ä. überzogen sowie mit einer Außenverkleidung ummantelt werden. Das Design kann als zeitlos angesehen werden. Das Kriterium wird aus diesem Grund mit C bewertet.

**11.5.4.4 Erweiterbarkeit**

Die Erweiterbarkeit des Produktes ist beispielsweise durch die Stabilisierung mit einer Sperrholzschiicht oder den Austausch einer reparaturbedürftigen Stelle möglich. Zur Erhöhung der Nutzungsdauer sind Produkterweiterungen sowohl bei dem Kernwerkstoff und als auch bei den Deckschichten möglich. Somit wird das Kriterium mit C bewertet.

**11.5.4.5 Einfache Reinigung**

Ein veredeltes Produkt lässt sich mit Hilfe von Wasser und einer geeigneten Bürste reinigen. Aus diesem Grund wird das Kriterium mit B bewertet.

**11.5.4.6 Einfache Wartung**

Eine Wartung des LNS-Plattenmaterial ist aufgrund seiner Konstruktion nicht gegeben. Das Kriterium wird daher mit C bewertet.

**11.5.4.7 Einfache Reparierbarkeit**

Eine Reparatur, z.B. der Ersatz eines Teils des Kernmaterials ist möglich, jedoch mit maschinellem Einsatz verbunden (aufsägen). Das Kriterium wird daher mit B bewertet.

**11.5.4.8 Lange Garantiedauer**

Innerhalb des Untersuchungszeitraumes wurde noch keine Entscheidung bezüglich der Garantiedauer getroffen. Aus diesem Grund wird für das Kriterium keine Bewertung vergeben.

### 11.5.5 Design für Produkt-Wiederverwendung

Nach dem Kreislaufwirtschaftsgesetz wird das Ziel angestrebt, die Wirtschaftsweise von einer „Wegwerfgesellschaft“ hin zu einer Kreislaufwirtschaft zu entwickeln, in der kein Müll mehr anfällt und die Stoffströme effizient genutzt werden können. Eine Maßnahme dafür ist u.a. die recyclinggerechte Konstruktion von industriellen Produkten. Unter dem Begriff Recycling wird das Wiederverwerten, d.h. die Aufarbeitung bzw. die erneute Nutzung von Produkten oder Wertstoffen verstanden, die schon einmal eine Produktentstehungs- oder Nutzungsphase durchlaufen haben. Dabei unterscheidet man zwischen dem Produktrecycling, der Aufarbeitung des Produktes bei dem die Produktgestalt erhalten bleibt und dem Materialrecycling, der Aufbereitung eines Wertstoffes. Das Produktrecycling unterteilt sich wiederum in Wiederverwendung und Weiterverwendung auf und ist durch die Aufarbeitung zu Sekundärwerkstoffen charakterisiert. Nach der VDI Richtlinie 2243, Blatt 1<sup>42</sup> sind die beiden Begriffe wie folgt definiert:

*„Wiederverwendung ist die erneute Benutzung eines gebrauchten Produkts (Altteils) für den gleichen Verwendungszweck wie zuvor unter Nutzung seiner Gestalt ohne bzw. mit beschränkter Veränderung einiger Teile.“*

*„Weiterverwendung ist die erneute Benutzung eines gebrauchten Produkts (Altteils) für einen anderen Verwendungszweck, für den ursprünglich nicht hergestellt wurde. Sie kann unter Nutzung der Gestalt ohne bzw. mit beschränkter Veränderung des Produktes erfolgen. Dabei kann die erneute Benutzung für einen anderen (bestimmten) Verwendungszweck bereits bei der Herstellung des Produktes berücksichtigt worden sein.“*

Um möglichst einen hohen Grad an Wertschöpfung zu erhalten, ist das Produktrecycling durch Wiederverwendung dem Materialrecycling durch Verwertung vorzuziehen. Das Materialrecycling wird im nächsten Abschnitt näher erläutert.

---

<sup>42</sup> Quelle: VDI-Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.): Richtlinie VDI 2243 - Recyclinggerechtes Konstruieren technischer Produkte - Blatt 1, Düsseldorf 1993

Tabelle 11-11: Bewertung des Bezugsobjektes anhand der Checkliste „Design für Produkt-Wiederverwertung“

5. Design für Produkt-Wiederverwertung						
Bezugsprodukt LNS-Plattenmaterial						
Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Modulares Design	Das Produkt besitzt eine komplexe Struktur.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<b>X</b>
	Das Produkt besitzt eine teilweise modulare Struktur.		<input type="radio"/>			
	Das Produkt besitzt eine modulare Struktur.			<input type="radio"/>		
2. Leichter Zugang zu Komponenten	Die Komponenten sind unzugänglich.	<b>X</b>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Die Komponenten sind unter akzeptablem Aufwand zugänglich.		<input type="radio"/>			
	Die Komponenten sind gut zugänglich.			<input type="radio"/>		
3. Korrosionsschutz	Das Produkt verfügt über keinen Korrosionsschutz.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<b>X</b>
	Korrosionsschutz ist im Produkt installiert.		<input type="radio"/>			
	Das Produkt ist resistent gegen Korrosion.			<input type="radio"/>		
4. Standardisierung von Komponenten und Verbindungselementen	Es sind keine oder wenige Komponenten standardisiert.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Einzelne Komponenten sind standardisiert.		<input type="radio"/>			
	Alle Komponenten sind standardisiert.			<b>X</b>		

**11.5.5.1 Modulares Design**

Die Produktdefinition einer Sandwichplatte lässt ein modulares Produktdesign nicht zu, da es sich hier um einen Verbundwerkstoff handelt. Aus diesem Grund ist eine A-, B- oder C-Bewertung dieses Kriteriums nicht sinnvoll.

**11.5.5.2 Leichter Zugang zu Komponenten**

Die einzelnen Komponenten, besonders der Kernwerkstoff, sind durch das Verleimen relativ schwer zugänglich. Der Aufbruch der Platte ist nur unter hohem Arbeitsaufwand möglich und sehr mühsam. Somit wird für das Kriterium eine A-Bewertung vergeben.

**11.5.5.3 Korrosionsschutz**

Das Produkt verfügt über keinen Korrosionsschutz, da die das Produkt abgrenzende Deckschicht aus Holz als natürlicher Baustoff gegenüber chemischen Einflüssen eine gute Widerstandsfähigkeit aufweist. Aus diesem Grund wird das Kriterium Korrosionsschutz nicht gewertet.

**11.5.5.4 Standardisierung von Komponenten und Verbindungselementen**

Die Herstellung und Produktion des LNS-Plattenmaterials erfolgt in einer standardisierten Fertigung mit Komponenten, die alle betriebseigen gefertigt werden. Die Bewertung des Kriteriums erfolgt deshalb mit C.

### 11.5.6 Design für Materialrecycling

Im Rahmen einer nachhaltigen Entwicklung ist es die Aufgabe der Wirtschaft, Material- und Stoffströme zu optimieren bzw. zu minimieren. Auf Grundlage des Kreislaufwirtschaftsgesetzes soll die Kreislaufwirtschaft gefördert werden, d.h. die erneute Zuführung stofflicher Ressourcen in den Produktlebenszyklus und somit die Schonung der Umwelt. Dieses Prinzip zielt auf das Recycling ab, die nach der Vermeidung von Abfällen bisher umweltfreundlichste Alternative. Die Abfallverwertung soll unter ökonomisch vertretbaren und mit der Umwelt verträglichen Maßstäben realisiert werden. Das Materialrecycling spielt dabei eine wichtige Rolle. Die Wiederverwertung bzw. Weiterverwertung von Materialien ist eine sinnvolle Möglichkeit, energetische und stoffliche Ressourcen zu schonen, wenn die Form des Produktes für einen neuen weiteren Lebenszyklus nicht erhalten werden kann. Bei der Wiederverwertung bleibt die Materialidentität des recycelten Wertstoffes bestehen. Die Weiterverwertung zeichnet sich durch die Auflösung der Form bzw. durch den Verlust der Materialidentität bei der Rückführung in den Stoffkreislauf aus.

Weiterhin erfolgt die Definition des Materialrecycling in Bezug auf die Begriffe Produktions-Rücklauf-Recycling und Altstoff-Recycling auf Grundlage der VDI 2243, Blatt 1 wie folgt:

#### Produktions-Rücklauf-Recycling:

*„Produktions-Rücklauf-Recycling ist die Rückführung von Produktionsrückläufen sowie Hilfs- und Betriebsstoffen nach oder ohne Durchlauf eines Behandlungsprozesses – d.h. Aufbereitungsprozesses – in einen neuen Produktionsprozess.“*

#### Altstoff-Recycling:

*„Altstoff-Recycling ist die Rückführung von verbrauchten Produkten bzw. Altstoffen nach oder ohne Durchlauf eines Behandlungsprozesses – d.h. Aufbereitungsprozesses – in einen neuen Produktionsprozess.“*

Die verschiedenen Recyclingverfahren bieten die Möglichkeit, nutzbare Rohstoffe am Ende des Produktlebenszyklus weitestgehend der angestrebten Kreislaufwirtschaft erneut zuzuführen. Die herkömmliche Abfallbeseitigung sollte sich somit zukünftig nur noch auf Sonderabfälle beschränken.

In diesem Zusammenhang sollte noch berücksichtigt werden, dass der Möglichkeit zur Vermeidung von Abfällen im Hinblick auf eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft immer oberste Priorität eingeräumt werden soll.

Tabelle 11-12: Bewertung des Bezugsobjektes anhand der Checkliste „Design für Materialrecycling“

6. Design für Materialrecycling						
Bezugsprodukt LNS-Plattenmaterial						
Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Recyclingfähigkeit	Die Materialien sind kaum oder gar nicht recycelbar (Verbundwerkstoffe)	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Die recycelbaren Materialien sind in anderen Anwendungsbereichen		<input checked="" type="radio"/>			
	Die Materialien sind für hohes Qualitätsrecycling geeignet.			<input type="radio"/>		
2. Einsatz recycelbarer Materialien	Der Anteil an recycelbaren Materialien ist gering.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Es liegt ein mittlerer Anteil an recycelbaren Materialien vor.		<input type="radio"/>			
	Das Produkt verfügt über einen großen Anteil recycelbarer Materialien			<input checked="" type="radio"/>		
3. Geringe Materialkompatibilität	Es liegt eine große Materialvielfalt vor, die nicht zur Steigerung der Produktfunktionalität beiträgt.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Die Materialvielfalt ist der Produktfunktionalität angemessen.		<input checked="" type="radio"/>			
	Es kommt nahezu ein 1-Materialprodukt vor.			<input type="radio"/>		
4. Materialkompatibilität	Das Material ist inkompatibel beim Recycling.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Das Material ist kompatibel beim Recycling.		<input type="radio"/>			
	Es kommt ein 1-Materialprodukt vor.			<input checked="" type="radio"/>		
5. Zusatzstoffe	Die eingesetzten Zusatzstoffe sind recycling-inkompatibel, gesundheitsschädlich und umweltgefährdend.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Die eingesetzten Zusatzstoffe sind leicht abtrennbar und ungiftig.		<input type="radio"/>			
	Die eingesetzten Zusatzstoffe sind recycling-kompatibel und ungiftig.			<input checked="" type="radio"/>		
6. Materialkennzeichnung	Es liegt keine Kennzeichnung vor.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
	Es liegt eine Kennzeichnung gemäß DIN oder ISO vor.		<input type="radio"/>			
	Es liegt eine maschinenlesbare Kennzeichnung vor.			<input type="radio"/>		
7. Lokale Konzentration von Bauteilen mit gleichen Recyclingeigenschaften	Recyclingeigenschaften werden berücksichtigt.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Recyclinggruppen werden berücksichtigt.		<input type="radio"/>			
	Es kommt ein 1-Materialprodukt vor.			<input checked="" type="radio"/>		

#### **11.5.6.1 Recyclingfähigkeit**

Das Produkt ist grundsätzlich recyclingfähig. Das recycelte Material ist in anderen Anwendungsbereichen, wie z.B. bei der Spanplattenherstellung, einsetzbar. Das Kriterium wird deshalb mit B bewertet.

#### **11.5.6.2 Einsatz recyclingfähiger Materialien**

Das LNS-Plattenmaterial besteht zu fast 100 % aus den nachwachsenden Rohstoffen Triarrhena und Holz, so dass der recycelbare Anteil des Produkts sehr hoch ist. Aus diesem Grund wird für das Kriterium eine C-Bewertung vergeben.

#### **11.5.6.3 Geringe Materialvielfalt**

Neben den zwei Hauptkomponenten Holz und Triarrhena werden lediglich nur noch Leim- und Klebstoffe für den Erhalt der Verbundstruktur verwendet. Es kann zwar nicht als 1-Material-Produkt angesehen werden, die Materialvielfalt ist jedoch der Produktfunktionalität angemessen, so dass dieses Kriterium mit B bewertet wird.

#### **11.5.6.4 Materialkompatibilität**

Aufgrund der guten Recyclingeigenschaften des LNS-Plattenmaterials sowie seiner geringen Materialvielfalt ist eine C-Bewertung für dieses Kriterium angemessen.

#### **11.5.6.5 Zusatzstoffe**

Als Zusatzstoffe bei der Herstellung des Sandwichmaterials kommen Klebstoffe auf Basis von pflanzlichen Proteinen sowie ein handelsüblicher Holzleim zur Verwendung. Aufgrund der geringen Massenanteile sind diese Verbindungen als ungiftig und als recyclingkompatibel anzusehen. Die Bewertung dieses Kriteriums erfolgt somit mit C.

#### **11.5.6.6 Materialkennzeichnung**

Innerhalb des Untersuchungszeitraumes wurde noch nicht entschieden, ob das Produkt eine Materialkennzeichnung erhalten soll. Deshalb kann für dieses Kriterium unter den gegebenen Umständen keine Bewertung vergeben werden.

#### **11.5.6.7 Lokale Konzentration von Bauteilen mit gleichen Recyclingeigenschaften**

Bezüglich der gleichen Recyclingeigenschaften von Holz und Triarrhena kann man hinsichtlich dieses Einzelkriteriums bei dem LNS-Plattenmaterial von einem 1-Material-Produkt sprechen. Das Kriterium erhält somit eine C-Bewertung.

### 11.5.7 Minimierung des Einsatzes gefährlicher Stoffe

In Bezug auf den Einsatz von Gefahrstoffen in Unternehmen sollte immer die oberste Priorität sein, die Anzahl der eingesetzten Chemikalien so weit zu begrenzen, wie es die Produktion zulässt. Da während des gesamten Lebensweges das Schadpotential eines Gefahrstoffes erhalten bleibt, stellen Gefahrstoffe bei ihrer Herstellung, Lagerung, ihrem Transport, ihrer Verarbeitung sowie ihrer Verwendung in der Nutzungsphase und der anschließenden Entsorgung ein hohes Risiko für die Umwelt und den Menschen dar.

Gefahrstoffe sind gefährliche Stoffe und Zubereitungen, die nach dem § 3 a Chemikaliengesetz und dem § 4 (1) Gefahrstoffverordnung eine oder mehrere der folgenden Eigenschaften besitzen:

- *explosionsgefährlich*
- *brandfördernd*
- *hochentzündlich*
- *leichtentzündlich*
- *entzündlich*
- *sehr giftig*
- *giftig*
- *gesundheitsschädlich*
- *ätzend*
- *reizend*
- *sensibilisierend*
- *krebserzeugend*
- *fortpflanzungsgefährdend*
- *erbgutverändernd*
- *umweltgefährlich*

Die begrifflichen Bestimmungen der einzelnen Eigenschaften sind im § 4 Gefahrstoffverordnung näher erläutert.

Weiterhin ist der Begriff Gefahrstoff nach § 19 (2) Chemikaliengesetz wie folgt definiert:

- *gefährliche Stoffe und Zubereitungen nach § 3 a,*
- *Stoffe und Zubereitungen, die sonstige chronisch schädigende Eigenschaften besitzen,*
- *Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse, die explosionsfähig sind,*
- *Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse, aus denen bei der Herstellung und Verwendung Stoffe oder Zubereitungen nach 1 oder 2 entstehen oder freigesetzt werden können,*
- *Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse, die erfahrungsgemäß Krankheitserreger sein können.*

Tabelle 11-13: Bewertung des Bezugsobjektes anhand der Checkliste „Minimierung des Einsatzes gefährlicher Stoffe“

7. Minimierung des Einsatzes gefährlicher Stoffe						
Bezugsprodukt LNS-Plattenmaterial						
Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Einsatz von Gefahrstoffen	Es werden viele Gefahrstoffe eingesetzt.	○			○	○
	Es werden wenig Gefahrstoffe bzw. Geringe Konzentrationen eingesetzt.		✕			
	Es werden keine Gefahrstoffe eingesetzt.			○		
2. Einsatz von besonders gefährlichen Stoffen	Es werden viele besonders gefährliche Stoffe eingesetzt.	○			○	○
	Es werden wenig besonders gefährliche Stoffe eingesetzt (keine Alternative).		✕			
	Besonders gefährliche Stoffe kommen zum Einsatz.			○		
3. Abtrennbarkeit von Gefahrstoffen	Die Gefahrstoffe sind nicht abtrennbar.	✕			○	○
	Die Gefahrstoffe sind mit akzeptablem Aufwand abtrennbar.		○			
	Die Gefahrstoffe sind leicht abtrennbar.			○		
4. Gesellschaftliche Akzeptanz	Der Stoff / die Stoffe steht / stehen unter dauerhafter Kritik durch ökologische Anspruchsgruppen.	○			○	○
	Ökologische Anspruchsgruppen fordern schärfere Bestimmungen.		✕			
	Es ist keine öffentliche Kritik bekannt.			○		
5. Gefährdungs- bzw. Störfallpotential	Es besteht sowohl ein hohes ökologisches Gefährdungspotential als auch eine hohe Störfallgefahr.	○			○	○
	Es besteht sowohl ein mittleres ökologisches Gefährdungspotential als auch eine mittlere Störfallgefahr.		○			
	Ein ökologisches Gefährdungspotential sowie Störfallgefahren liegen kaum vor.			✕		

#### **11.5.7.1 Einsatz von Gefahrstoffen**

Die Leim- und Klebstoffkomponenten zur Herstellung des LNS-Plattenmaterials enthalten Inhaltsstoffe, die nach der Gefahrstoffverordnung kennzeichnungspflichtig sind. Die jeweiligen Gefahrstoffe sind in geringen Mengen Bestandteil des Leims, so dass der Leim nicht kennzeichnungspflichtig ist. Der Klebstoff besteht zu einem Drittel aus einer kennzeichnungspflichtigen Teilkomponente. Aufgrund des vorliegenden Sachverhaltes wird das Kriterium mit B bewertet.

#### **11.5.7.2 Einsatz von besonders gefährlichen Stoffen**

Bei der Herstellung der Deckschicht des LNS-Plattenmaterials wird ein methanol- und formaldehydhaltiger Leim verwendet. Beide Inhaltsstoffe sind als giftig nach der Gefahrstoffverordnung gekennzeichnet. Beide Gefahrstoffe sind in geringen Konzentrationen im Leim enthalten. Eine mögliche Produktalternative ist aus finanziellen (höherer Preis von Weißleim) und produkttechnischen Gründen (zu lange Aushärtungszeiten) ausgeschlossen. Die zu einem Drittel im Klebstoff enthaltene Schaumkomponente ist nach der GefStoffV als gesundheitsschädlich klassifiziert. Dementsprechend ist in diesem Zusammenhang eine B-Wertung angemessen.

#### **11.5.7.3 Abtrennbarkeit von Gefahrstoffen**

Die im Produkt enthaltenen Gefahrstoffe sind aufgrund ihrer Bindung als Bestandteil des Leims schlecht abtrennbar und werden mit in die Produktnutzungsphase übernommen. Die Bewertung dieses Kriteriums erfolgt daher mit A.

#### **11.5.7.4 Gesellschaftliche Akzeptanz**

Holzwerkstoffe wie Span- oder Sperrholzplatten sind in der öffentlichen Kritik, weil aus dem enthaltenen Leim gesundheitsschädliche Substanzen wie Formaldehyd entweichen können. Ökologische Anspruchsgruppen fordern schärfere Bestimmungen. Deshalb wird für dieses Kriterium eine B-Bewertung vergeben.

#### **11.5.7.5 Gefährdungs- bzw. Störfallpotential**

Das LNS-Plattenmaterial sowie der zugehörige Herstellungsprozess stellen kaum ökologische Gefährdungspotentiale bzw. Störfallrisiken dar. Dementsprechend wird das Kriterium mit C bewertet.

### 11.5.8 Umweltfreundliche Produktion

Sowie fast alle Handlungen des Menschen beeinflussen auch die wirtschaftlichen Aktivitäten das Ökosystem. Der Treibhauseffekt, die Zerstörung der Ozonschicht sowie der Rückgang der Biodiversität sind nur einige Beispiele von Umweltbelastungen, die durch den anthropogenen Einfluss auf die Natur hervorgerufen werden. Unternehmen sind deshalb gefordert, die Umwelteinwirkungen ihrer Produktionsprozesse, Produkte, Dienstleistungen usw. auf ein mögliches Minimum zu reduzieren und vor dem Hintergrund der nachhaltigen Entwicklung ökologisch verträgliche Produkte und Dienstleistungen anzubieten. Es ist deshalb von großer Bedeutung, den gesamten Lebensweg eines Produktes – von dem Ressourceneinsatz über die Produktionsstufen bis hin zur Gebrauchs-, Entsorgungs- sowie Wiederverwertungsphase – einschließlich der erforderlichen Energie- und Stoffströme zu betrachten. Auf diese Weise ist es möglich, Umweltbelastungen an jeder Stelle des Produktlebenszyklusses zu vermindern und die Öko-Effektivität des Produktes zu erhöhen. Unter Öko-Effektivität versteht man in diesem Zusammenhang den Grad der absoluten Umweltverträglichkeit, d.h. wie gut das angestrebte Ziel der Minimierung von Umwelteinwirkungen erreicht wurde.

Ein Instrument zur Beurteilung von umweltrelevanten produkt- oder produktionsbezogenen Auswirkungen ist die Ökobilanz. Eine Ökobilanz zeigt außerdem Möglichkeiten auf, wie ein Produkt unter Umweltgesichtspunkten verbessert werden kann und fördert somit die Produktentwicklung. Produktbezogene Informationen, die durch eine Produktanalyse in Form einer Ökobilanz erstellt wurden, können in Entscheidungsprozesse einfließen und das betriebliche Umweltmanagementsystem unterstützen.

Tabelle 11-14: Bewertung des Bezugsobjektes anhand der Checkliste „Umweltfreundliche Produktion“

8. umweltfreundliche Produktion						
Bezugsprodukt <b>LNS-Plattenmaterial</b>						
Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Abfallaufkommen	Es herrscht ein hohes Aufkommen an nicht oder kaum recycelbaren Abfällen.	○			○	○
	Es herrscht ein geringes Aufkommen an recycelbaren Abfällen.		○			
	Die Produktion läuft abfallfrei.			✗		
2. Energieverbrauch	Es herrscht ein hoher Energieverbrauch.	✗			○	○
	Die Produktion ist energiesparend.		○			
	Die Produktion ist energiesparend und Abwärme wird genutzt.			○		
3. Wasserverbrauch	Es herrscht ein hoher Wasserverbrauch.	○			○	○
	Die Produktion ist wassersparend.		✗			
	Wasser wird im Kreislauf geführt.			○		
4. Besonders überwachungsbedürftige Abfälle	Es fallen viele besonders überwachungsbedürftige Abfälle an.	○			○	○
	Es fallen wenig besonders überwachungsbedürftige Abfälle an.		○			
	Es fallen keine besonders überwachungsbedürftigen Abfälle an.			✗		
5. Emissionen	Viele Emissionen.	○			○	○
	Wenig Emissionen aufgrund integrierter Lösungen.		✗			
	Keine Emissionen.			○		
6. Gefahrstoffe an den Arbeitsplätzen	Überschreitung der MAK-/BAT-Werte; Einsatz karzinogener und giftiger Stoffe	○			○	○
	MAK-/BAT-Werte werden eingehalten		○			
	Kein Einsatz von Gefahrstoffen bzw. entsprechend 10 % des MAK-Wertes			✗		
7. Umweltrechtliche Anforderungen	Werden nicht eingehalten.	○			○	○
	Einhaltung der Anforderungen; vorgesehene Verschärfungen durch den Gesetzgeber.		○			
	Einhaltung der Anforderungen; keine gesetzlichen Verschärfungen vorgesehen			✗		
8. Verwertungsquote	Das Produkt kann die Verwertungsquote nicht erhöhen.	○			○	○
	Das Produkt kann die Verwertungsquote leicht erhöhen.		○			
	Das Produkt kann die Verwertungsquote deutlich erhöhen.			✗		
9. Funktionierendes Umweltmanagementsystem	Nicht vorhanden.	✗			○	○
	Teilweise vorhanden.		○			
	Zertifizierungsfähig / Zertifiziert.			○		

#### **11.5.8.1 Abfallaufkommen**

Das Herstellungsverfahren des LNS-Plattenmaterials kann als nahezu abfallfrei betrachtet werden, da anfallende Holz- und Triarrhenareste verschiedenen Weiter- und Wiederverwertungsverfahren (hauptsächlich zur thermischen Verwertung der firmeneigenen KWK-Anlage) zugeführt werden können. Das Kriterium wird deshalb mit C bewertet.

#### **11.5.8.2 Energieverbrauch**

Die Kraft-Wärme-Kopplungsanlage des Unternehmens Böker Sperrholz muss immer mit Volllast gefahren werden, da sonst eine kontinuierliche Regulierung des Gegendrucks notwendig wäre, um die Temperatur von 110°C im Trockenofen gewährleisten zu können. Ungenutzte Wärme wird über Konvektoren auf dem Dach abgegeben. Der Energieverbrauch steht deshalb in keinem zurzeit akzeptablem Verhältnis bezüglich der Wärmenutzung.<sup>43</sup> Aus diesem Grund ist eine A-Bewertung angemessen.

#### **11.5.8.3 Wasserverbrauch**

Der Wasserverbrauch der Firma Böker Sperrholz ist durch die anfallenden Wassermengen beim Dämpfungsprozess maßgebend. Eine wassersparende Alternative ist aufgrund von finanziellen und produktionstechnischen Faktoren nicht durchführbar. Die Möglichkeit der Kreislaufführung wird mit Hilfe von Aufbereitungsverfahren für das Kesselwasser der Dampfturbine genutzt. Im Allgemeinen kann man die Produktion als wassersparend bezeichnen, da alle Möglichkeiten zur Minimierung des Wasserverbrauchs ausgenutzt werden. Somit wird das Kriterium mit B bewertet.

#### **11.5.8.4 Besonders überwachungsbedürftige Abfälle**

Bei der Produktion des LNS-Plattenmaterials fallen keine besonders überwachungsbedürftigen Abfälle an. Das Kriterium wird deshalb mit C bewertet.

#### **11.5.8.5 Emissionen**

Die bei der Herstellung des LNS-Werkstoffes entstehenden Emissionen können als gering betrachtet werden. Die Grenzwerte für die genehmigungsbedürftige KWK-Anlage werden eingehalten. Dieses Kriterium wird mit B bewertet.

#### **11.5.8.6 Gefahrstoffe an den Arbeitsplätzen**

Die gesetzlich vorgeschriebenen MAK-Werte der eingesetzten Gefahrstoffe am Arbeitsplatz werden deutlich unterschritten. Aus diesem Grund wird das Kriterium mit C bewertet.

---

<sup>43</sup> Es ist ein Wärmeverbund mit örtlich angrenzenden Stromnutzern geplant, die die ungenutzte Abwärme für ihre Produktion nutzen könnten.

**11.5.8.7 Umweltrechtliche Anforderungen**

Die umweltrechtlichen Anforderungen während der Produktion des LNS-Materials werden eingehalten und erfüllt. Der Gesetzgeber sieht keine Verschärfungen vor. Daraus ergibt sich die Wertung C.

**11.5.8.8 Verwertungsquote**

Das LNS-Plattenmaterial kann am Ende seines Lebensweges annähernd zu 100 % einer Wieder- bzw. Weiterverwertung zugeführt werden. Das Produkt kann somit die Verwertungsquote deutlich erhöhen. Das Kriterium wird dementsprechend mit C bewertet.

**11.5.8.9 Funktionierendes Umweltmanagementsystem**

Ein Umweltmanagementsystem nach beispielsweise DIN EN ISO 14 001 bzw. EMAS ist im Betrieb nicht vorhanden. Aus diesem Grund wird für das Kriterium eine A-Wertung abgegeben.

### 11.5.9 Minimierung der Auswirkung während der Nutzungsphase

Im Hinblick auf eine nachhaltige Produktgestaltung tragen die Hersteller von Produkten gegenüber dem Nutzer die Verantwortung, die Produktauswirkungen insbesondere in gesundheitsschädlicher und umweltbelastender Hinsicht auf ein Minimum zu reduzieren. Produkte, die beim Einsatz in der Nutzungsphase eine Gefahr für den Benutzer oder seine Umwelt darstellen, können nicht als nachhaltig betrachtet werden.

Das LNS-Plattenmaterial soll in diesem Zusammenhang nach den folgenden Kriterien bewertet werden:

- die Menge der bei der Benutzung des Produktes entstehenden gesundheitsgefährdenden Emissionen,
- die Aussagekraft der Verbraucherinformation in Bezug auf die Entsorgung des Produktes,
- der Grad der Unfallgefahr,
- die Menge an umweltgefährdenden Stoffen, die zum Einsatz kommen sowie
- die Verständlichkeit der Gebrauchsanweisung.

Tabelle 11-15: Bewertung des Bezugsobjektes anhand der Checkliste „Minimierung der Auswirkung während der Nutzungsphase“

9. Minimierung der Auswirkung während der Nutzungsphase						
Bezugsprodukt LNS-Plattenmaterial						
Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Gesundheits-schädliche Emissionen	Es treten viele Emissionen auf.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Es treten wenig Emissionen auf.		<input checked="" type="radio"/>			
	Es treten keine Emissionen auf.			<input type="radio"/>		
2. Verbraucher-information	Es werden lediglich Tipps zur Entsorgung oder keine Informationen gegeben.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
	Es werden Tipps zur Entsorgung und zum Recycling gegeben.		<input type="radio"/>			
	Es werden einfache Instruktionen zur Entsorgung und zum Recycling gegeben.			<input type="radio"/>		
3. Unfallgefahr	Die Unfallgefahr ist groß.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Die Unfallgefahr ist gering.		<input type="radio"/>			
	Unfälle werden sicher ausgeschlossen.			<input checked="" type="radio"/>		
4. Folgerucksack, Betriebsmitteleinsatz	Hoch und mit dem Einsatz umweltgefährdender Stoffe verbunden.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Gering und mit wenig Einsatz umweltgefährdender Stoffe verbunden.		<input type="radio"/>			
	Keine und mit keinem Einsatz umweltgefährdender Stoffe verbunden.			<input checked="" type="radio"/>		
5. Verständlichkeit der Gebrauchsanweisung	Unverständlich.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
	Nur bedingt verständlich.		<input type="radio"/>			
	Gut verständlich.			<input type="radio"/>		

**11.5.9.1 Gesundheitsschädliche Emissionen**

Gesundheitsschädliche Emissionen können aufgrund der in geringen Mengen vorhandenen Stoffe Formaldehyd sowie Methanol in der Deckschicht und Isocyanate im Kernwerkstoff auftreten. Deshalb wird das Kriterium mit B bewertet.

**11.5.9.2 Verbraucherinformationen**

Für das LNS-Plattenmaterial lag zum Untersuchungszeitpunkt noch keine Verbraucherinformation vor. Aus diesem Grund wird keine Wertung für das Kriterium verwendet.

**11.5.9.3 Unfallgefahr**

Bei werkstoffgerechtem Einsatz und sachgemäßer Handhabung können Unfälle sicher ausgeschlossen werden. Dementsprechend wird das Kriterium mit C bewertet.

**11.5.9.4 Folgerucksack, Betriebsmitteleinsatz**

Für das LNS-Material sind in der Nutzungsphase keine weiteren Betriebsmittel notwendig. Lediglich kann für die Reinigung des Werkstoffes eine Bürste und Wasser verwendet werden. Aus diesem Grund erfolgt die Bewertung für dieses Kriterium mit C.

**11.5.9.5 Verständlichkeit der Gebrauchsanweisung**

Für das LNS-Plattenmaterial lag zum Untersuchungszeitpunkt noch keine Gebrauchsanweisung vor. Aus diesem Grund wird keine Wertung für das Kriterium verwendet.

### 11.5.10 Umweltfreundliche Verpackung

Aufgrund des großen Abfallaufkommens Anfang der neunziger Jahre wurde 1991 auf Grundlage des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes die Verpackungsverordnung zur Rücknahme- und Verwertungspflicht von Verkaufsverpackungen in Deutschland eingeführt. Die im Sommer 1998 novellierte Verordnung legt weiterhin Verwertungsquoten sowie den Schutz und den Ausbau von Mehrwegsystemen fest. Im Hinblick auf ein funktionierendes Kreislaufwirtschaftssystem ist das Ziel der Verordnung, eine drastische Verringerung der Mülldeponien und die Organisation eines ressourcensparenden Kreislaufsystems für Wertstoffe zu erreichen. Eine Möglichkeit für ressourcenschonende Verpackungen ist beispielsweise die Verwendung von Materialien aus nachwachsenden und biologisch abbaubaren Rohstoffen.

Der Begriff der Verpackung wird nach der Verpackungsverordnung § 3, Abs. 1, Nr. 1 wie folgt definiert:

*„Verpackungen:*

*Aus beliebigen Materialien hergestellte Produkte zur Aufnahme, zum Schutz, zur Handhabung, zur Lieferung oder zur Darbietung von Waren, die vom Rohstoff bis zum Verarbeitungserzeugnis reichen können und vom Hersteller an den Vertreiber oder Endverbraucher weitergegeben werden.“*

Tabelle 11-16: Bewertung des Bezugsobjektes anhand der Checkliste „Umweltfreundliche Verpackung“

10. umweltfreundliche Verpackung						
Bezugsprodukt LNS-Plattenmaterial						
Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Verpackungsdefinition	Verbesserung der Verpackungsdesignkriterien.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Mehrwegverpackungen bei kurzen Transportwegen.		<input checked="" type="radio"/>			
	Es besteht kein Verpackungsbedarf!			<input type="radio"/>		
2. Rücknahmefähige Verpackung	Keine Rücknahme möglich.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Implementierung ist möglich.		<input type="radio"/>			
	Existiert bereits.			<input checked="" type="radio"/>		
3. Wiederverwendbare Verpackungen	Keine Wiederverwendung möglich.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Wiederverwendung ist teilweise möglich.		<input type="radio"/>			
	Verpackung ist komplett wiederverwendbar.			<input checked="" type="radio"/>		
4. Rücknahmesystem	Die Einführung eines R-Systems ist nicht möglich.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Eine Implementierung ist möglich.		<input checked="" type="radio"/>			
	Ein Rücknahmesystem existiert bereits.			<input type="radio"/>		
5. Reduktion von Masse / Volumen	Keine Reduktion ist möglich.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Eine Reduktion ist möglich.		<input type="radio"/>			
	Eine Reduktion ist offensichtlich erfolgt.			<input checked="" type="radio"/>		
6. Schadstoffe auf Verpackungen	Die Verpackung enthält viele Schadstoffe.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Die Verpackung enthält wenig Schadstoffe.		<input type="radio"/>			
	Die Verpackung enthält keine Schadstoffe.			<input checked="" type="radio"/>		
7. Recyclierbare Verpackung	Die Verpackung ist nicht recycelbar.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Ein Low-Quality-Recycling ist möglich.		<input checked="" type="radio"/>			
	Ein High-Quality-Recycling ist möglich.			<input type="radio"/>		
8. Einsatz recycelter Materialien	Einsatz neuer Materialien.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Mittlerer/geringer Anteil an recycelten Materialien		<input type="radio"/>			
	Hoher Anteil an recycelten Materialien.			<input checked="" type="radio"/>		
9. Einsatz biologisch abbaubarer Materialien	Nicht biologisch abbaubar.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Teilweise biologisch abbaubar.		<input checked="" type="radio"/>			
	Biologisch abbaubare Verpackung.			<input type="radio"/>		

**11.5.10.1 Verpackungsdefinition**

Das LNS-Plattenmaterial soll auf handelsüblichen Holzpaletten und mit recycelten Pappkartons als Zwischenlegematerial zum Schutz vor Beschädigungen oder Verschmutzungen transportiert werden. Weiterhin wird das Transportgut mit Stahlbändern zusammengehalten. Das Kriterium wird deshalb mit B bewertet.

**11.5.10.2 Rücknahmefähige Verpackungen**

Die benutzten Verpackungsmaterialien werden im Rahmen des Rücknahmesystems dem zuliefernden Betrieb wieder zur Verfügung gestellt. Dementsprechend erfolgt für dieses Kriterium eine C-Bewertung.

**11.5.10.3 Wieder verwendbare Verpackungen**

Die gebrauchten Verpackungsmaterialien sind im Hinblick auf die Bewertung nach 10.5.10.1 sowie 10.5.10.2 alle wieder verwendbar. Aus diesem Grund erfolgt für dieses Kriterium eine C-Bewertung.

**11.5.10.4 Rücknahmesystem**

Ein Rücknahmesystem auf Basis einer EDV-Überwachung und -Dokumentation ist gegenwärtig noch nicht vorhanden. Eine Implementierung eines solchen Systems wäre aber durchaus denkbar. Das Kriterium wird deshalb mit B bewertet.

**11.5.10.5 Reduktion von Masse / Volumen**

Bei den Verpackungen handelt es sich um kleinvolumige Materialien. Das Gewicht der Verpackungen steht in einem angemessenen Verhältnis zu der Größe des Produktes. Eine C-Bewertung ist somit angemessen.

**11.5.10.6 Schadstoffe auf Verpackungen**

Sowohl die Holzplatten als auch die Pappkartons und die Stahlbänder enthalten keine Schadstoffe. Dementsprechend wird das Kriterium mit C bewertet.

**11.5.10.7 Recyclierbare Verpackungen**

Alle Verpackungsmaterialien können einem entsprechenden Materialrecycling zugeführt werden. Das Kriterium wird mit B bewertet.

**11.5.10.8 Einsatz recycelter Materialien**

Die Verpackungsmaterialien bestehen zu einem großen Teil aus recycelten Materialien. Lediglich die herkömmlichen und zur ständigen Wiederverwendung dienenden Holzpaletten werden nicht aus Sekundärrohstoffen hergestellt. Dementsprechend erfolgt eine C-Bewertung.

**11.5.10.9 Einsatz biologisch abbaubarer Materialien**

Die Verpackungsmaterialien sind bis auf die Stahlbänder zu annähernd 100 % biologisch abbaubar. Das Kriterium wird deshalb mit B bewertet.

### 11.5.11 Umweltfreundliche Beseitigung nicht verwertbarer Materialien

Eine nachhaltige Produktverantwortung schließt eine umweltgerechte Entsorgung nach der Produktnutzungsphase mit ein. Dabei ist schon im Rahmen der Entwicklung und Konstruktion des Produktes auf eine geeignete Werk- und Rohstoffauswahl zu achten. Grundsätzlich sollte die umweltverträglichste Entsorgungsmöglichkeit im Hinblick auf die Produktverantwortung gewählt werden. So sollten Abfälle, die keiner Verwertung zugeführt werden können, weitestgehend minimiert werden.

Abfälle nicht verwertbarer Materialien sind im Sinne der VDI-Richtlinie 2243 Produktkomponenten, die keinem Materialrecycling zugeführt werden und sind im § 3 d Artikel 1 KrW-/AbfG im folgenden Zusammenhang definiert:

*„...Abfälle zur Verwertung sind Abfälle, die verwertet werden; Abfälle, die nicht verwertet werden, sind Abfälle zur Beseitigung.“*

Die unterschiedlichen Bewertungsverfahren sind nach Angaben des § 2 KrW-/AbfG im Anhang II A des KrW-/AbfG aufgelistet. Dabei können Materialien, die nach § 4 KrW-/AbfG als „Abfälle zur energetischen Verwertung“ definiert werden, ausgeschlossen werden.

Stellt das Beseitigungsverfahren gegenüber der Verwertung von Abfällen die umweltschonendere Alternative dar, so ist der Beseitigung Vorrang zu gewähren. Diese Entscheidung muss von den folgenden Faktoren für das jeweilige Verfahren abhängig gemacht werden:

1. die zu erwartenden Emissionen,
2. das Ziel der Schonung der natürlichen Ressourcen,
3. die einzusetzende oder zu gewinnende Energie sowie
4. die Anreicherung von Schadstoffen in Erzeugnissen, Abfällen zur Verwertung oder daraus gewonnenen Erzeugnissen.

Tabelle 11-17: Bewertung des Bezugsobjektes anhand der Checkliste „Umweltfreundliche Beseitigung nicht verwertbarer Materialien“

11. umweltfreundliche Beseitigung nicht verwertbarer Materialien						
Bezugsprodukt <b>LNS-Plattenmaterial</b>						
Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Vermeiden von Schadstoffen bei der Entsorgung (Abbauprodukte, Emissionen bei Verbrennung, usw.)	Komponenten enthalten Schadstoffe.	○			○	○
	Komponenten mit geringem toxischem Potential.		✘			
	Komponenten sind schadstofffrei.			○		
2. Kennzeichnung von schadstoffhaltigen Komponenten	Komponenten werden nicht gekennzeichnet.	✘			○	○
	Komponenten werden teilweise gekennzeichnet,		○			
	Alle Komponenten werden gekennzeichnet.			○		
3. Garantie natürlicher Materialien	Materialien sind inkompatibel mit biochemischen Kreisläufen.	○			○	○
	Materialien sind kompatibel mit biochemischen Kreisläufen.		✘			
	Biologische abbaubare Materialien.			○		

**11.5.11.1 Vermeiden von Schadstoffen bei der Entsorgung (Abbauprodukte, Emissionen bei Verbrennung etc.)**

Durch die schadstoffhaltigen Bestandteile Leim und Klebstoff ist bei der Entsorgung ein geringes toxisches Potential zu erwarten. Aus diesem Grund wird das Kriterium mit B bewertet.

**11.5.11.2 Kennzeichnung von schadstoffhaltigen Komponenten**

Die schadstoffhaltigen Komponenten des Produktes sind nicht gekennzeichnet. Für das Kriterium wird eine A-Bewertung vergeben.

**11.5.11.3 Garantie natürlicher Materialien**

Die schadstoffhaltigen Komponenten können bei der angestrebten thermischen Verwertung des LNS-Plattenmaterials als kompatibel betrachtet werden. Dementsprechend erfolgt für das Kriterium eine B-Bewertung.

### 11.5.12 Einführung umweltfreundlicher Logistik

Der steigende Güterverkehr erfährt durch seine starken ökologischen, wirtschaftlichen und auch sozialen Auswirkungen in vielen Bereichen eine besondere Wichtigkeit im Hinblick auf eine nachhaltige Unternehmensführung.

Nach Angaben von „Umweltdaten Deutschland Online“<sup>44</sup> ist der Straßenverkehr mit Abstand die größte Emissionsquelle im Verkehrssektor. Die CO<sub>2</sub>-Emissionsmengen sind dabei für den Nutzfahrzeugbereich im Zeitraum von 1990 bis 2001 aufgrund des starken Fahrleistungsanstiegs im Straßengüterverkehr um 55 % gestiegen. Die Gründe für diese Entwicklung sind vielfältig und hängen auf der einen Seite mit der Schaffung des Europäischen Binnenmarktes sowie mit der Öffnung der Märkte in Mittel- und Osteuropa zusammen. Verbesserte Technologien auf dem Gebiet der Kommunikation erleichtern den Zugang zu diesen Märkten. Andererseits kommt es zu einem Umdenken in den Betrieben. Unternehmen lagern ihre Produktionsstätten zunehmend in Niedriglohnländer aus. Teure Lagerhaltungen werden durch „Just-in-time“-Lieferungen ersetzt.

Im Zusammenhang mit diesen ökonomischen Handlungsaktivitäten stehen die daraus resultierenden Umwelt- und Gesundheitsbelastungen. Beispiele sind hierfür der Ausstoß der umwelt- und gesundheitsgefährdenden Luftschadstoffe oder der Lärm sowie die Zerstörung von Ökosystemen durch den erforderlichen Straßenbau.

Bezüglich einer nachhaltigen Produktverantwortung sollte somit auch die betriebsinterne Logistik berücksichtigt werden. Im Hinblick auf einen schonenden und effizienten Umgang mit Ressourcen spielt die Wahl des Verkehrsträgers eine wesentliche Rolle. Bei gegebener Infrastruktur sollte der Schienenverkehr demnach dem meist auf fossilen Treibstoffen basierenden Güterverkehr auf der Straße vorgezogen werden. Die Vermeidung von Leerfahrten und die Wahl von Zulieferern und Entsorgern aus dem regionalen Umfeld tragen weiterhin dazu bei, eine umweltfreundliche Logistik zu etablieren.

---

<sup>44</sup> Vergleiche: <http://www.env-it.de/umweltdaten/jsp/dispatcher?event=WELCOME> (Stand: Januar 2003)

Tabelle 11-18: Bewertung des Bezugsobjektes anhand der Checkliste „Einführung umweltfreundlicher Logistik“

12. Einführung umweltfreundlicher Logistik						
Bezugsprodukt <b>LNS-Plattenmaterial</b>						
Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Integration des Transportes in die Umweltpolitik des Unternehmens	Der Transport wird nicht integriert.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Der Transport wird teilweise integriert.		X			
	Der Transport wird vollständig integriert.			<input type="radio"/>		
2. Transportfahrzeuge	Keine Berücksichtigung umweltspezifischer Anforderungen.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Maßnahmen zur Treibstoffeinsparung.		X			
	Ökologische Anforderungen (z.B. feine Ölfiler, Euro-Emissionsnorm 3 usw.) werden berücksichtigt.			<input type="radio"/>		
3. Auswahl von Zulieferbetrieben und Entsorgern	Beanspruchung globaler Zulieferer und Entsorger.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Beanspruchung überregionaler Zulieferer und Entsorger.		<input type="radio"/>			
	Beanspruchung regionaler Zulieferer und Entsorger.			X		
4. Auswahl der Transportmodi	Nutzung von LKW	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Kombination von LKW u.a.		X			
	Nutzung von Schiffen			<input type="radio"/>		
5. Rückfahrten	Leerfahrten werden nicht berücksichtigt.				<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Leerfahrten sind Ausnahmefälle.		<input type="radio"/>			
	Leerfahrten werden vermieden.			X		
6. Ökologisches Logistikkonzept	Just-in-time-Konzept.				<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Es folgen Zwischenlagerungen in Lagern oder Verteilerzentren.		<input type="radio"/>			
	Logistische Langzeitplanung; Verzicht auf Just-in-time.			X		

#### **11.5.12.1 Integration des Transports in die Umweltpolitik des Unternehmens**

Die Integration einer umweltfreundlicheren Logistik erfolgt nur teilweise bei unternehmerischen Entscheidungen. Der wesentliche Bewertungspunkt ist meistens die Kostenersparnis. Aus diesem Grund wird das Kriterium mit B bewertet.

#### **11.5.12.2 Transportfahrzeuge**

Die Firma Böker Sperrholz verfügt lediglich über ein Transportfahrzeug, Baujahr 1986, für Lieferzwecke. Bei einer Neuanschaffung würde die Entscheidung für ein treibstoff- und emissionsarmes Modell fallen. Eine B-Bewertung ist deshalb für dieses Kriterium angemessen.

#### **11.5.12.3 Auswahl von Zulieferbetrieben und Entsorgern**

Die Zuliefererbetriebe für Holz sowie die Entsorgerunternehmen sind im regionalen Bereich ansässig. Nach Angaben des Unternehmens soll die Pflanze Triarrhena auf einem betriebseigenen Feld angebaut werden, so dass keine Transporte zum Produktionsort des LNS-Materials notwendig sind. Das Kriterium erhält dementsprechend eine C-Bewertung.

#### **11.5.12.4 Auswahl der Transportmodi**

Im Rahmen der vorgegebenen Infrastruktur und der Anfahrtsziele kann ausschließlich der Transportmodus LKW eingesetzt werden. Unter Einbeziehung dieses Aspektes ist eine Bewertung des Kriteriums mit B angemessen.

#### **11.5.12.5 Rückfahrten**

Aus Gründen der Kostenersparnis sind Leerfahrten auf ein Minimum zu reduzieren. Leerfahrten sollen grundsätzlich vermieden werden. Aus diesem Grund wird das Kriterium mit C bewertet.

#### **11.5.12.6 Ökologisches Logistikkonzept**

Das Logistikkonzept erfolgt auf Basis einer durchdachten Tourenplanung. „Just-in-time“-Lieferungen sind ausgeschlossen. Dementsprechend erfolgt für dieses Kriterium eine C-Bewertung.

### 11.5.13 Betriebliche Umweltkosten<sup>45</sup>

Um eine nachhaltige Wirtschaftsform in einem Unternehmen zu erzielen, spielen die betrieblichen Umweltkosten eine entscheidende Rolle. Betriebliche Kosten entstehen meistens durch verursachte Umweltbelastungen oder durch betriebliche Umweltschutzaktivitäten des Unternehmens.

Bei den Kosten aufgrund auftretender Umweltbelastungen unterscheidet man zwischen den internen und den externen Umweltkosten. Bei den internen Kosten handelt es sich beispielsweise um die Kosten für umweltrelevante Stoff- und Energieströme, umweltbezogene Steuern, Gebühren und Strafen sowie mögliche Schadensersatzforderungen Dritter, die von dem Unternehmen selbst getragen werden müssen. Externe Umweltkosten werden von der Allgemeinheit getragen.

Kosten seitens betrieblicher Umweltschutzaktivitäten werden z.B. durch Investitions- und Betriebskosten für additive und integrierte Umweltschutztechniken (z.B. Personal- und Sozialkosten, Reparatur- und Instandhaltungskosten, Abschreibungskosten und Zinsen), durch Kosten des Umweltmanagements oder Fremdleistungskosten in Form von behördlichen Überwachungen oder Umweltberatungen verursacht.

Umweltkosten müssen von den anderen Kostenarten eines Unternehmens im Rahmen einer Umweltkostenrechnung klar abgegrenzt werden, so dass der daraus kostensenkende Nutzen klar kenntlich gemacht werden kann.

Mit der Durchführung einer Umweltkostenrechnung können die folgenden Ziele bzw. ein entsprechender Nutzen erreicht werden:

- Förderung eines effizienten und wettbewerbsfähigen Umweltschutzes,
- Unterstützung der Synergieeffekte zwischen Ökonomie und Ökologie,
- höhere Transparenz der Quantifizierung der Umweltkosten,
- verursacherbezogene Zuordnung der Umweltkosten auf Kostenstellen und Kostenträger,
- gezielte Steuerung und Planung der Umweltkosten,
- bessere Entscheidungsgrundlage für operative und strategische unternehmerische Entscheidungen und
- Ermittlung ökonomisch-ökologischer Optimierungs- bzw. Einsparpotentiale zwischen verschiedenen sowie innerhalb der Standorte.

---

<sup>45</sup> Vergleiche: VDI-Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.): VDI 3800 „Ermittlungen der Aufwendungen für Maßnahmen zum betrieblichen Umweltschutz“

Tabelle 11-19: Bewertung des Bezugsobjektes anhand der Checkliste „Betriebliche Umweltkosten“

13. betriebliche Umweltkosten						
Bezugsprodukt LNS-Plattenmaterial						
Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	zu nicht trifft
		A	B	C		
1. Kosten, die das Unternehmen aufbringen muss, um bestimmte Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe zu ersetzen	Es bestehen hohe Umweltkosten.	○			○	○
	Es bestehen mittlere Umweltkosten.		X			
	Es bestehen geringe oder keine Umweltkosten.			○		
2. Ressourcenproduktivitätsverluste	Es bestehen hohe Produktivitätsverluste.	○			○	○
	Es bestehen mittlere Produktivitätsverluste.		X			
	Es bestehen geringe oder keine Produktivitätsverluste.			○		
3. Umweltbezogene Gebühren und Auflagen	Es fallen hohe Umweltfolgekosten an.	○			○	○
	Es fallen mittlere Umweltfolgekosten an.		X			
	Es fallen geringe oder keine Umweltfolgekosten an.			○		

**11.5.13.1 Kosten, die das Unternehmen aufbringen muss, um bestimmte Roh-, Hilfs und Betriebsstoffe zu ersetzen**

Auf Grundlage persönlicher Informationen wurde die Höhe der aufzubringenden Kosten als mäßig bewertet. Aus diesem Grund ergibt sich für dieses Kriterium eine B-Bewertung.

**11.5.13.2 Ressourcenproduktivitätsverluste**

Die Ressourcenproduktivitätsverluste können insgesamt als mäßig bewertet werden. Wasser wird zum Teil in einem Verfahren der Kreislaufführung effizient genutzt. Durch den Betrieb der Kraft-Wärme-Kopplungsanlage können die in der Produktion anfallenden Abfälle energetisch verwertet werden. Die dabei entstehende Wärme wird zur Wärmebereitstellung für die Produktion und zur Beheizung der Bürogebäude verwendet. Durch die Abgabe von ungenutzter Wärme über Konvektoren auf dem Dach entstehen Ressourcenproduktivitätsverluste. Für dieses Kriterium wird deshalb eine B-Bewertung vergeben.

**11.5.13.3 Umweltbezogene Gebühren und Auflagen**

Nach persönlichen Informationen sind die umweltbezogenen Gebühren und Auflagen als mäßig zu betrachten. Dementsprechend wird eine B-Bewertung vergeben.

#### 11.5.14 Allgemeine soziale Nachhaltigkeitsfaktoren<sup>46</sup>

Eine nachhaltige Unternehmensstrategie zeichnet sich durch sowohl durch die Berücksichtigung von ökologischen als auch von sozialen Nachhaltigkeitsfaktoren aus. In diesem Zusammenhang sollten soziale und ökologische Aspekte einerseits systematisch mit ökologischen Methoden gemanagt und andererseits in die konventionelle betriebswirtschaftliche Unternehmensführung integriert werden.

Die grundsätzliche soziale Aufgabe des Managements eines Unternehmens ist die Sicherung der Existenz sowie des Erfolges für den Betrieb sowie die gleichzeitige Berücksichtigung von gesellschaftlichen, kulturellen und individuellen sozialen Ansprüchen. Somit ist die gesellschaftliche Akzeptanz des Unternehmens sowie die Legitimation der unternehmerischen Aktivitäten gewährleistet. Die Legitimationssicherung eines Unternehmens zeichnet sich beispielsweise durch Faktoren wie Gleichberechtigung, Fairness sowie Bedarfs- und Leistungsgerechtigkeit aus.

Unter dem Aspekt der wichtigsten gesellschaftlichen, kulturellen und sozialen Ansprüche sind nach Angaben des BMU die folgenden Faktoren zu nennen, die auch im Rahmen der Produktbewertung bei den nachfolgenden Checklisten als Entscheidungskriterien teilweise verwendet werden:

- Gleichberechtigung (z.B. Frauenförderung, ethnischer Minderheiten, ausländischer Mitarbeiter, Behinderter),
- Kinderarbeit,
- Arbeitsplatzsicherheit und Arbeitsbedingungen,
- Gesetzestreue,
- Betriebsklima,
- Führungsstil im Unternehmen,
- Gehaltsstruktur und Sozialleistungen für Angestellte,
- Gesundheits- und Sicherheitsrisiken am Arbeitsplatz,
- Aus- und Weiterbildung,
- Sozialstandards für Lieferanten,
- Sozialleitbild- und politik,
- kulturelles Engagement,
- Korruptionsbekämpfung sowie
- Mäzenatentum.

---

<sup>46</sup> Vergleiche: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Nachhaltigkeitsmanagement in Unternehmen, 2. Auflage, Berlin, 2002

Tabelle 11-20: Bewertung des Bezugsobjektes anhand der Checkliste „Allgemeine soziale Nachhaltigkeitsfaktoren“

14. Allgemeine soziale Nachhaltigkeitsfaktoren						
Bezugsprodukt LNS-Plattenmaterial						
Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft zu nicht
		A	B	C		
1. Arbeitsbedingungen	Entsprechen nicht den arbeitsrechtlichen Anforderungen.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<b>X</b>
	Entsprechen den arbeitsrechtlichen Anforderungen.		<input type="radio"/>			
	Gehen über die arbeitsrechtlichen Anforderungen hinaus.			<input type="radio"/>		
2. Werden die Mitarbeiter/-innen in betriebliche Entscheidungsprozesse einbezogen?	Keine Einbeziehung.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Geringe Einbeziehung.		<b>X</b>			
	Angemessene Einbeziehung.			<input type="radio"/>		
3. Qualität der Kommunikation, z.B. betriebliches Vorschlagswesen	Die Kommunikation ist deutlich verbesserungswürdig.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Die Kommunikation ist ausreichend.		<input type="radio"/>			
	Die Kommunikation ist angemessen.			<b>X</b>		
4. Umweltmotivation	Die Umweltmotivation ist deutlich verbesserungswürdig.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Die Umweltmotivation ist nicht ausreichend.		<b>X</b>			
	Die Umweltmotivation ist angemessen.			<input type="radio"/>		
5. Soziale Kompetenz des Unternehmens	Die soziale Kompetenz ist deutlich verbesserungswürdig.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Die soziale Kompetenz ist nicht ausreichend.		<input type="radio"/>			
	Die soziale Kompetenz ist angemessen.			<b>X</b>		
6. Integration ausländischer Mitarbeiter	Dieser Aspekt wird nicht berücksichtigt.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Entsprechende Maßnahme sind geplant.		<input type="radio"/>			
	Entsprechende Maßnahmen (z.B. Sprachkurse, mehrsprachige Informationen, usw.) werden umgesetzt			<b>X</b>		
7. Integration behinderter Mitarbeiter	Dieser Aspekt wird nicht berücksichtigt.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Entsprechende Maßnahme sind geplant.		<input type="radio"/>			
	Entsprechende Maßnahmen (z.B. behindertengerechte Sanitärausstattungen, alternatives Speiseangebot usw.) werden umgesetzt.			<b>X</b>		

**11.5.14.1 Arbeitsbedingungen**

Im Unternehmen Böker Sperrholz entsprechen die Arbeitsbedingungen den arbeitsrechtlichen Anforderungen. Eine B-Bewertung ist aus diesen Gründen angemessen.

**11.5.14.2 Werden die Mitarbeiter/ -innen in betriebliche Entscheidungsprozesse einbezogen?**

Im Unternehmen Böker Sperrholz werden die Mitarbeiter nur geringfügig in betriebliche Entscheidungsprozesse eingebunden. Die Bewertung dieses Kriterium erfolgt daher mit B.

**11.5.14.3 Qualität der Kommunikation, z.B. betriebliches Vorschlagswesen**

Die Aufgabe des betrieblichen Vorschlagswesens wird vom Betriebsrat übernommen. Auf regelmäßigen Betriebsversammlungen werden Verbesserungsvorschläge vor allem im Bereich Arbeits- und Gesundheitsschutz näher erörtert. Das Kriterium wird aus diesem Grund mit C bewertet.

**11.5.14.4 Umweltmotivation**

Die Umweltmotivation im Unternehmen ist grundsätzlich vorhanden, jedoch ist diese durchaus noch ausbaufähig. Eine B-Bewertung ist in diesem Fall angemessen.

**11.5.14.5 Soziale Kompetenz des Unternehmens**

Das Unternehmen weist eine geringe Personalwechselquote auf. Somit wird das Kriterium mit C bewertet.

**11.5.14.6 Integration ausländischer Mitarbeiter**

Bei den ausländischen Mitarbeitern der Firma Böker handelt es sich um gut integrierte Mitarbeiter, die z.T. schon mehr als 10 Jahre im Betrieb arbeiten und sich gut integriert haben. Aus diesem Grund wird für das Kriterium eine C-Bewertung vergeben.

**11.5.14.7 Integration behinderter Beschäftigter**

Der Anteil der behinderten Mitarbeiter beträgt im Unternehmen mehr als 10 %. Der Grad der Behinderung lässt die Ausführung der erforderlichen Tätigkeiten am Arbeitsplatz zu. Das Kriterium wird mit C bewertet.

### 11.5.15 Gleichstellung der Geschlechter<sup>47</sup>

Die Gleichberechtigung beider Geschlechter ist eine notwendige Voraussetzung für eine nachhaltige Entwicklung. Im „Kursbuch“ des 21. Jahrhunderts, die AGENDA 21, wird gefordert, Frauen stärker an den gesellschaftlichen und politischen Meinungsbild- und Entscheidungsprozessen zu beteiligen, alle umweltpolitischen Maßnahmen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf Frauen zu überprüfen, den von den Frauen geleisteten Beitrag zur Verwirklichung einer nachhaltigen Entwicklung zu würdigen und sicherzustellen, dass politische Maßnahmen der Geschlechtergerechtigkeit Rechnung tragen.

Obwohl Frauen schon an vielen Orten der Erde nach dem Leitbild der nachhaltigen Entwicklung verantwortungsvolle Aufgaben mit Hilfe ihrer eigenen spezifischen Erfahrungen und Kenntnisse zur Ressourcennutzung und dem sozialen Zusammenleben übernehmen, werden meistens noch solche geschlechterspezifischen Denk- und Handlungsansätze bestritten und nicht beachtet.

Die Vorstellung des Gender Mainstreaming beschreibt bei allen gesellschaftlichen Prozessen eine gleichwertige Berücksichtigung der unterschiedlichen Lebenssituationen und Interessen von Männer und Frauen von vornherein. Dabei sollen alle Lebensbereiche aus Sicht der Frauen und Männer auf mögliche erkennbare Nachteile und Chancen untersucht werden. Einseitig ein Geschlecht belastende Auswirkungen politischer Maßnahmen sollen auf diesem Weg verhindert und so die Gleichstellung beider Geschlechter als Leitprinzip auf allen politischen, normgebenden und verwaltenden Ebenen gefördert werden.

Im Jahr 1996 hat die Europäische Kommission das Konzept des Gender Mainstreamings in allen politischen Bereichen, Maßnahmen und Programmen verankert sowie der gleichberechtigten Teilhabe in allen gesellschaftlichen Bereichen. Ein Jahr später wurde im Amsterdamer Vertrag neben dem Leitbild der Nachhaltigen Entwicklung auch der Umweltschutz und die Gleichberechtigung, die ab diesem Zeitpunkt auf allen politischen Ebenen berücksichtigt werden sollten, aufgenommen.

Die Bundesrepublik Deutschland konkretisiert das Gleichstellungsgebot des Grundgesetzes im Gesetz zur Gleichstellung von Männer und Frauen (Bundesgleichstellungsgesetz) von 2001.

---

<sup>47</sup> Quelle: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und Umweltbundesamt (Hrsg.): *Umwelt – Nachhaltigkeit – Geschlechtergerechtigkeit*, o.J.

Tabelle 11-21: Bewertung des Bezugsobjektes anhand der Checkliste „Gleichstellung der Geschlechter“

15. Gleichstellung der Geschlechter						
Bezugsprodukt LNS-Plattenmaterial						
Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Betriebliche Frauenförderung	Es existieren keine entsprechenden Programme oder Maßnahmen.	X			○	○
	Entsprechende Programme oder Maßnahmen sind geplant.		○			
	Entsprechende Programme oder Maßnahmen werden umgesetzt.			○		
2. Unterstützung der Berufswiederaufnahme nach der Erziehungspause	Dieser Aspekt wird nicht berücksichtigt.	X			○	○
	Entsprechende Maßnahmen sind geplant.		○			
	Entsprechende Maßnahmen (z.B. Rückkehrhilfe, Kinderbetreuung usw.) werden umgesetzt#			○		
3. Angebot an Teilzeitjobs	Teilzeitjobs werden nicht angeboten.	○			○	○
	Teilzeitjobs werden nur sehr bedingt und in Ausnahmefällen angeboten.		○			
	Grundsätzliche Teilzeitjob-Angebot			X		
4. Möglichkeit des Job-Sharings	Diese Möglichkeit existiert nicht.	○			○	○
	Job-Sharing ist nur sehr begrenzt möglich.		○			
	Die Möglichkeit des Job-Sharings ist grundsätzlich gegeben			X		
5. Telearbeitsplätze / Heimarbeit	Diese Möglichkeit existiert nicht.	○			○	X
	Heimarbeit ist nur sehr begrenzt möglich.		○			
	Die Möglichkeit der Heimarbeit ist grundsätzlich gegeben.			○		

**11.5.15.1 Betriebliche Frauenförderung**

Im Rahmen der Unternehmenspolitik existieren keine entsprechenden Programme oder Maßnahmen zur betrieblichen Frauenförderung. Demzufolge wird das Kriterium mit A bewertet.

**11.5.15.2 Unterstützung der Berufswiederaufnahme nach der Erziehungspause**

Maßnahmen wie z.B. Kinderbetreuung usw. zur Unterstützung der Berufswiederaufnahme werden durch die Firma Böker nicht angeboten bzw. unterstützt. Aus diesem Grund wird das Kriterium mit A bewertet.

**11.5.15.3 Angebot an Teilzeitjobs**

Teilzeitjobs werden im Unternehmen angeboten. Somit wird das Kriterium mit C bewertet.

**11.5.15.4 Möglichkeit des Job-Sharings**

Eine grundsätzliche Möglichkeit des Job-Sharings ist gegeben. Aus diesem Grund wird das Kriterium mit C bewertet.

**11.5.15.5 Telearbeitsplätze / Heimarbeit**

Durch die Produktion vor Ort im Schichtbetrieb ist die Einrichtung eines Telearbeitsplatzes nicht gewährleistet. Das Kriterium wird deshalb nicht bewertet.

### 11.5.16 Globales Verantwortungsbewusstsein bei der Zusammenarbeit mit internationalen Lieferanten / Auftragnehmern<sup>48</sup>

Durch den fortschreitenden Prozess der Globalisierung haben ausländische Direktinvestitionen in den letzten Jahren einen starken Anstieg zu verzeichnen. Der größte Anteil dieser Investitionen entfällt nach wie vor auf die Industrieländer. Doch auch in den Entwicklungs- und Schwellenländern nimmt der Anteil ausländischer Direktinvestitionen durch global agierende Unternehmen stetig zu. Durch die Finanzierung von Produktionsstätten oder den Einkauf von Waren und Vorprodukten bei lokalen Firmen in Entwicklungs- oder Schwellenländern können international operierende Unternehmen zur Schaffung und Sicherung von Arbeitsplätzen, zur Finanzierung sozialer Einrichtungen, zur Verbesserung des Ausbildungsstandes, zum Strukturwandel und somit zu einer Stärkung der regionalen Wirtschaft beitragen.

Andererseits muss beachtet werden, dass das Wohlstandsgefälle zu den Industrieländern immer noch sehr groß ist. Die vorherrschenden Arbeitsbedingungen in den Entwicklungsländern sind oft durch die niedrige Leistungsfähigkeit und die teilweise instabilen politischen Strukturen im Land unzureichend. Beispiele dafür sind inakzeptable Formen der Kinderarbeit, sehr niedrige Löhne, die Unterdrückung von Gewerkschaften sowie gesundheitsschädliche Arbeitsbedingungen.

Ausländische Unternehmen mit einer nachhaltigen Unternehmensstrategie stehen deshalb in der Pflicht, als Investor in einem Entwicklungs- oder Schwellenland auf eine nachhaltige Gestaltung des Produktionsstandortes Einfluss zu nehmen. Kapital, Wissen und Managementfähigkeiten sowie die Einführung und Weiterentwicklung von Umwelt- und Sozialstandards sind Faktoren, die einen wichtigen Beitrag für eine nachhaltige und zukunftsgerechte Entwicklung auf den drei Ebenen Ökonomie, Ökologie und Soziales sicherstellen.

---

<sup>48</sup> Vergleiche: [http://www.econsense.de/pdfs/1\\_ueber\\_econsense/151\\_dialogpier\\_deutsch.pdf](http://www.econsense.de/pdfs/1_ueber_econsense/151_dialogpier_deutsch.pdf) (Stand: 30.08.04)

Tabelle 11-22: Bewertung des Bezugsobjektes anhand der Checkliste „Globales Verantwortungsbewusstsein bei der Zusammenarbeit mit internationalen Lieferanten / Auftragnehmern“

16. globales Verantwortungsbewusstsein bei der Zusammenarbeit mit internationalen Lieferanten / Auftragnehmern						
Bezugsprodukt <b>LNS-Plattenmaterial</b>						
Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Einhaltung der ILO 146-Empfehlungen zur Kinderarbeit	ILO 146-Empfehlungen werden nicht eingehalten.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<b>X</b>
	-		<input type="radio"/>			
	ILO 146-Empfehlungen werden eingehalten.			<input type="radio"/>		
2. Berücksichtigung kultureller Gegebenheiten am jeweiligen Standort	Kulturelle Aspekte werden nicht berücksichtigt.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<b>X</b>
	-		<input type="radio"/>			
	Kulturelle Aspekte werden berücksichtigt.			<input type="radio"/>		
3. Unterstützung von Betrieben in Entwicklungs-ländern	Das Unternehmen leistet keinerlei Unterstützung.	<b>X</b>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Das Unternehmen leistet geringe Unterstützung.		<input type="radio"/>			
	Das Unternehmen leistet große Unterstützung, z.B. durch Know-How-Transfer, Kooperationsprojekte, Partnerschaften usw.			<input type="radio"/>		

**11.5.16.1 Einhaltung der ILO 146-Empfehlungen zur Kinderarbeit**

Das Unternehmen beschäftigt keine Arbeitnehmer, auf die dieses Kriterium angewendet werden könnte. Aus diesem Grund erfolgt für das Kriterium keine Bewertung.

**11.5.16.2 Berücksichtigung kultureller Gegebenheiten am jeweiligen Standort**

Der Standort des Unternehmens wird nicht mit besonders kulturellen Gegebenheiten konfrontiert. Das Kriterium ist deshalb nicht zutreffend.

**11.5.16.3 Unterstützung von Betrieben in Entwicklungsländern**

Das Unternehmen leistet keine Unterstützung von Betrieben in Entwicklungsländern. Dementsprechend wird das Kriterium mit A bewertet.

### 11.5.17 Ökonomische Aspekte / langfristige Unternehmenssicherung<sup>49</sup>

Die Grundlage für die Erreichung ökologischer und sozialer Ziele eines Unternehmens im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung ist der wirtschaftliche Erfolg, der sich nicht nur an der Steigerung des quantitativen Wachstums, sondern vor allem auch an seiner Qualität bemisst. Eine Wirtschaftsform, die den Abbau der natürlichen Lebensgrundlagen und die Reparatur zuvor verursachter Schäden als Wirtschaftswachstum betrachtet, kann nicht der Weg zu einer nachhaltigen Entwicklung sein. Der Einsatz neuer Technologien sowie die Kreislaufführung von Stoffen sind Beispiele für eine zukunftsgerechte Steigerung der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit, ohne den Ressourcen- und Energieverbrauch zu erhöhen und somit die Umwelt zu belasten.

In einer heranwachsenden Wissen- und Dienstleistungsgesellschaft zeichnet sich wirtschaftlicher Erfolg in Zukunft nicht mehr durch den Einsatz von Materialien und Ressourcen aus, sondern basiert immer mehr auf Wissen und Informationen. Grundlage für ein wissensbasiertes Wachstum und die Schaffung neuer Arbeitsplätze sind Bildung, Forschung, Technologietransfer und Kompetenznetzwerke zwischen Unternehmen sowie Unternehmen und Forschungseinrichtungen.

Zusammenfassend ergeben sich für eine nachhaltige Entwicklung, die eine langfristige Unternehmenssicherung gewährleistet, folgende Ansprüche:

- sparsamer Umgang mit Natur und Kapital,
- Befriedigung Bedürfnisse - Steigerung der menschlichen Lebensqualität,
- verantwortungsbewusste Unternehmensführung,
- Schaffung und langfristige Sicherung von Arbeitsplätzen,
- für die Erde langfristig verträgliches Konsumverhalten,
- bestmögliche Schonung von Ressourcen bei der Herstellung von Produkten, dem Energieverbrauch sowie
- der Bereitstellung von Dienstleistungen.

---

<sup>49</sup> Vergleiche: <http://www.datteln.de/Veroeffentlichungen/Agenda/leitbild.htm> (Stand: 30.08.04)

Tabelle 11-23: Bewertung des Bezugsobjektes anhand der Checkliste „Ökonomische Aspekte; langfristige Unternehmenssicherung“

17. ökonomische Aspekte; langfristige Unternehmenssicherung						
Bezugsprodukt LNS-Plattenmaterial						
Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft zu nicht
		A	B	C		
1. Stabilität der Marktposition	Die Marktposition des Unternehmens ist instabil.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Die Marktposition des Unternehmens ist im Vergleich zu Wettbewerbern relativ sicher.		<input type="radio"/>			
	Das Unternehmen erweitert seine Marktanteile bzw. erschließt neue (zukunftsfähige) Märkte			<input checked="" type="radio"/>		
2. Anteil von Fremdkapital	Hohe Fremdkapitalquote	<input checked="" type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Geringe Fremdkapitalquote		<input type="radio"/>			
	Es liegen keine Fremdkapitalanlagen vor.			<input type="radio"/>		
3. Ökonomische Handlungsgrundsätze	Das Unternehmen räumt kurzfristigen Gewinnen oberste Priorität ein.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	-		<input type="radio"/>			
	Das Unternehmen verfolgt eine langfristige Unternehmenssicherung.			<input checked="" type="radio"/>		
4. Minimierung von Transportwegen	Maßnahmen zur Minimierung der Transportwege werden nicht umgesetzt	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Maßnahmen zur Minimierung der Transportwege werden teilweise umgesetzt.		<input type="radio"/>			
	Maßnahmen zur Minimierung von Transportwegen werden stetig erarbeitet und umgesetzt.			<input checked="" type="radio"/>		
5. Erhöhung der Energie- und Ressourcenproduktivität	Energie- und Ressourcenproduktivität werden nicht erhöht.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
	Erhöhung der Energie- und Ressourcenproduktivität um den Faktor 4		<input type="radio"/>			
	Erhöhung der Energie- und Ressourcenproduktivität um den Faktor 10			<input type="radio"/>		
6. Innovative Wirtschaftspolitik	Umsetzen einer traditionellen / konservativen Wirtschaftspolitik	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Umsetzen einer teilweisen traditionellen / konservativen Wirtschaftspolitik		<input type="radio"/>			
	Innovation ist (ein) Grundsatz der unternehmerischen Wirtschaftspolitik			<input checked="" type="radio"/>		
7. Sicherung der Konjunkturtragfähigkeit	Ökonomische Aktivitäten werden kaum geplant.	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
	Ökonomische Aktivitäten werden in Maßen geplant.		<input type="radio"/>			
	Massive Planung ökonomischer Aktivitäten zur Sicherung der Konjunkturtragfähigkeit.			<input type="radio"/>		

**11.5.17.1 Stabilität der Marktposition**

Das Unternehmen erweitert durch innovative Produktideen seine Marktanteile. Dementsprechend wird das Kriterium mit C bewertet.

**11.5.17.2 Anteil von Fremdkapital**

Auf Basis persönlicher Informationen wird der Anteil der Fremdkapitalquote des Unternehmens sehr hoch eingeschätzt. Aus diesem Grund wird das Kriterium mit A bewertet.

**11.5.17.3 Ökonomische Handlungsgrundsätze**

Das Unternehmen Böker Sperrholz strebt nicht nach einer kurzfristigen Gewinnmaximierung, sondern verfolgt eine langfristige Unternehmenssicherung durch beispielsweise innovative und ressourcen- sowie energiesparende Produkttechnologien. Somit wird für das Kriterium eine C-Wertung vergeben.

**11.5.17.4 Minimierung von Transportwegen**

Das Unternehmen strebt ein möglichst gut optimiertes Logistikkonzept, besonders vor dem Hintergrund der Kostenersparnis, an. Für das Kriterium erfolgt aus diesem Grund eine C-Wertung.

**11.5.17.5 Erhöhung der Energie- und Ressourcenproduktivität**

In Bezug auf die Energie- und Ressourcenproduktivität stehen keine Daten zur Verfügung. Das Kriterium wird deshalb nicht bewertet.

**11.5.17.6 Innovative Wirtschaftspolitik**

Innovation stellt in der Wirtschaftspolitik des Unternehmens einen wesentlichen Grundsatz dar und zeigt sich durch Investitionen in Forschungsprojekte und neue Produkttechnologien. Eine C-Bewertung ist in diesem Zusammenhang angemessen.

**11.5.17.7 Sicherung der Konjunkturtragfähigkeit**

Es sind keine Daten zur Sicherung der Konjunkturfähigkeit des Unternehmens vorhanden. Aus diesem Grund wird das Kriterium nicht bewertet.

### 11.5.18 Kooperationsbereitschaft mit stakeholder

Das Prinzip der stakeholder ist die Verpflichtung eines Unternehmens die Interessen, Bedürfnisse und Rechte von unterschiedlichsten Anspruchsgruppen in Einklang zu bringen, um so einen langfristigen Unternehmenserfolg erreichen zu können. Bei den stakeholdern handelt es sich um Eigenkapitalgeber, Fremdkapitalgeber, Arbeitnehmer, Management, Kunden, Lieferanten und die allgemeine Öffentlichkeit.

Bezüglich der ökologischen Nachhaltigkeitsdimension beschreibt das Prinzip der stakeholder, dass durch die steigenden Umweltbelastungen seitens einer stärker sensibilisierten Gesellschaft die Einbindung des Umweltschutzes in die Unternehmenspolitik gefordert wird. Beispielsweise werden zunehmend von Lieferanten und Kunden hohe Anforderungen an die Umweltverträglichkeit sowohl an das Produkt selbst als auch an den Produktionsprozess gestellt. Aufgrund eines steigenden Umweltbewusstseins wird seitens der Endverbraucher und auch Firmenkunden auf die Umweltverträglichkeit des Produktes geachtet. Dem Unternehmen wird somit die Chance geboten durch Berücksichtigung ökologischer Ansprüche auf Seiten der Öffentlichkeit Kundenvertrauen zu schaffen und dadurch die Marktposition weiter zu stärken und auszubauen.

Auch die Mitarbeiter eines Unternehmens zeigen zunehmend Interessen an einem umweltschonenden Image ihrer Arbeitsstätte. Der Gesundheits- und Arbeitsschutz und somit die Sensibilisierung bezüglich der Gefahrstoffe und gesundheitsgefährdenden Verfahrenstechnologien spielen am Arbeitsplatz eine wichtige Rolle.

Das Unternehmen kann auf Grundlage dieser Forderungen seine umweltbezogenen Wertvorstellungen anhand von entsprechenden Unternehmensleitlinien nach innen und nach außen hin festlegen und die Bedürfnisse der einzelnen Anspruchsgruppen darin berücksichtigen.

Tabelle 11-24: Bewertung des Bezugsobjektes anhand der Checkliste „Kooperationsbereitschaft mit Anspruchsgruppen (stakeholder)“

18. Kooperationsbereitschaft mit Anspruchsgruppen (stakeholder)						
Bezugsprodukt LNS-Plattenmaterial						
Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Kundenanforderungen hinsichtlich ökologischen, sozialen und ökonomischen Aspekten	Kundenanforderungen werden nicht berücksichtigt.	O			O	O
	Kundenanforderungen werden teilweise berücksichtigt.		O			
	Kundenanforderungen werden ermittelt und in vollem Umfang berücksichtigt.			X		
2. Beteiligung an der Erstellung (kommunaler) ökologischer oder sozialer Aktionsprogramme; z.B. lokale AGENDA 21	Das Unternehmen beteiligt sich an keinen ökologischen oder sozialen	X			O	O
	Das Unternehmen beteiligt sich sehr bedingt an ökologischen oder sozialen Aktionsprogrammen.		O			
	Das Unternehmen beteiligt sich stark an ökologischen oder sozialen Aktionsprogrammen			O		
3. Behördliche Kooperation	Keine Zusammenarbeit mit den Behörden.	O			O	O
	Geringfügige Zusammenarbeit mit den Behörden.		O			
	Verstärkte Zusammenarbeit mit den Behörden.			X		
4. Einbeziehung der Anwohner	Die Anforderungen von Anwohnern werden (ohne behördliche Auflagen) nicht	O			O	O
	Die Anforderungen von Anwohnern werden (ohne behördliche Auflagen) geringfügig		O			
	Das Unternehmen reagiert (ohne behördliche Auflagen) umgehend auf Anforderungen / Beschwerden der Anwohner.			X		

**11.5.18.1 Kundenanforderungen hinsichtlich ökologischen, sozialen und ökonomischen Anforderungen**

Das Unternehmen ist bezüglich der Ermittlung der Kundenanforderungen stets bemüht. Dementsprechend wird das Kriterium mit C bewertet.

**11.5.18.2 Beteiligung an Erstellung (kommunaler) ökologischer oder sozialer Aktionsprogramme, z.B. lokale Agenda 21**

Das Unternehmen beteiligt sich nicht an ökologischen und sozialen Aktionsprogrammen. Deshalb wird das Kriterium mit A bewertet.

**11.5.18.3 Behördliche Kooperation**

Das Unternehmen steht in enger Zusammenarbeit mit behördlichen Institutionen. Das Kriterium wird deshalb mit C bewertet.

**11.5.18.4 Einbeziehung der Anwohner**

Das Unternehmen reagiert umgehend auf Anforderungen oder Beschwerden von Anwohnern, ohne dass behördliche Auflagen verhängt werden müssen. Das Kriterium wird dementsprechend mit C bewertet.

## 12 BEWERTUNG DES „LNS-PLATTENMATERIALS“

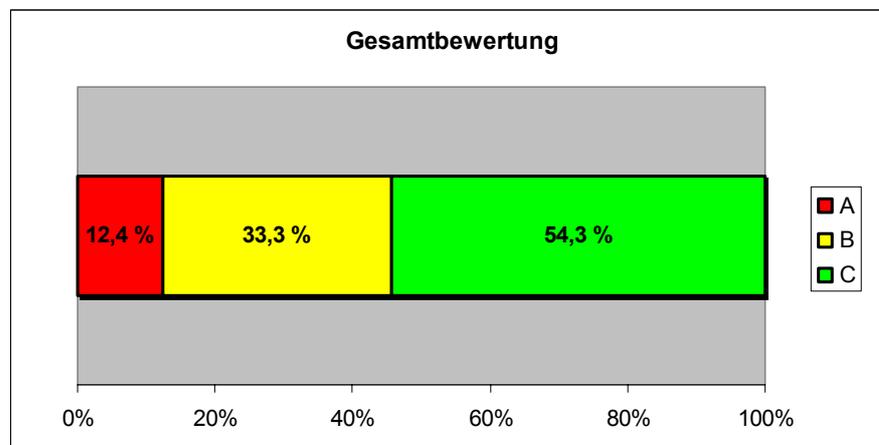
### 12.1 Auswertung der Untersuchung und Darstellung der Ergebnisse

Bei der Anwendung des Checklistsensystems im Rahmen der Beurteilung des LNS-Plattenmaterials wurde jeweils für insgesamt 81 Kriterien (von insgesamt 95 Kriterien) eine Bewertung vergeben. Aus der folgenden Übersicht ergibt sich die daraus resultierende A-, B- und C-Verteilung der Kriterien.

**Tabelle 12-1: Quantitative Aufgliederung der A-, B- und C-Verteilung**

<i>Bewertungskategorie</i>	<i>absolute Anzahl</i>
A	10
B	27
C	44
<b>Summe</b>	<b>81</b>

Dementsprechend erfolgt eine Verteilung in Abhängigkeit der jeweiligen Bewertungskategorie zu 12,4 % (A), 33,3 % (B) und 54,3 % (C). Die prozentuale Verteilung lässt sich wie folgt darstellen:

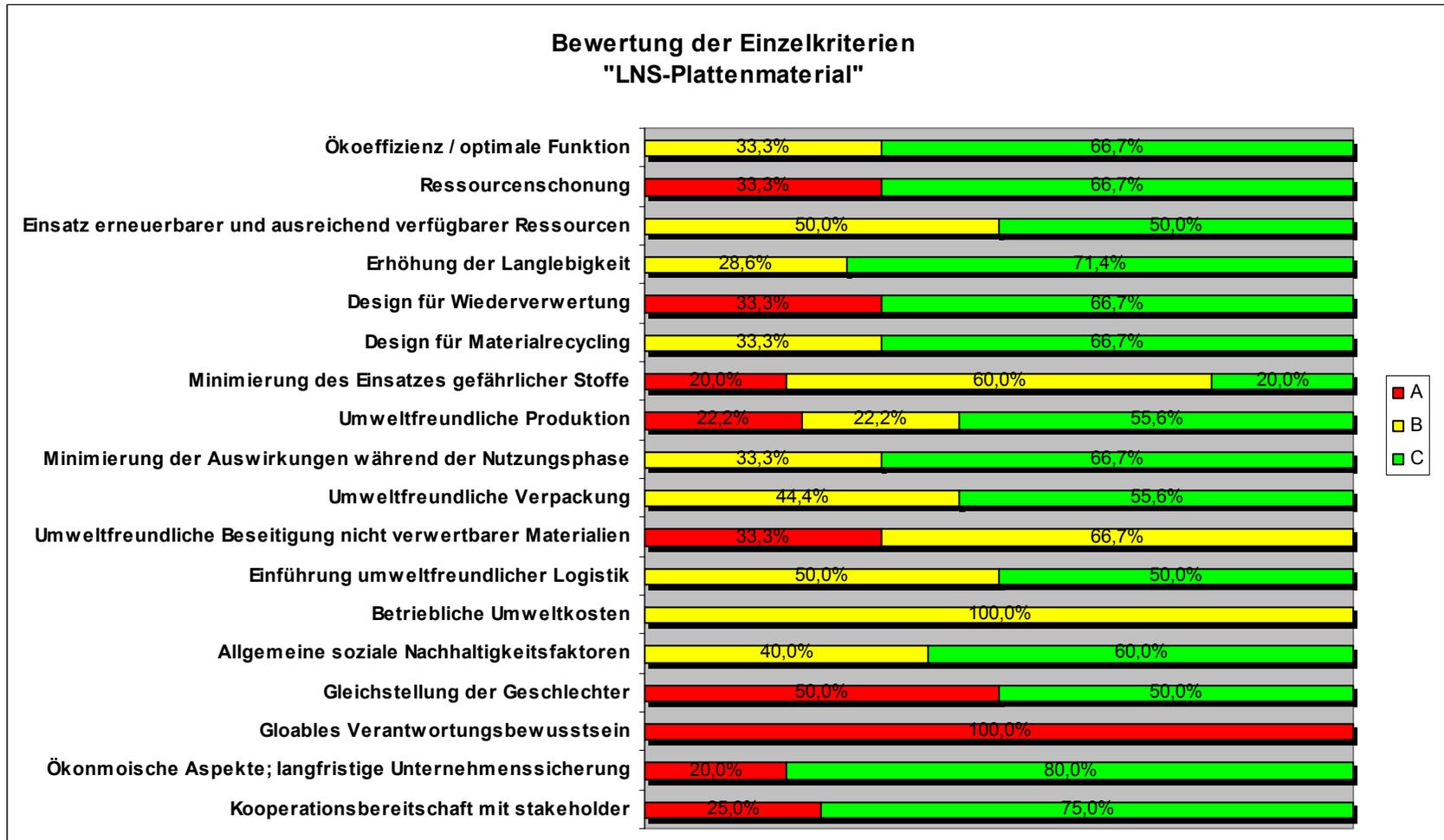


**Abbildung 12-1: Prozentuale Verteilung der A-, B- und C-Wertungen im Rahmen der Bewertung für das LNS-Plattenmaterial**

Auf der Basis des schon erläuterten Bewertungsschlüssels ergibt sich nach der Aggregation der Ergebnisse eine Gesamtbewertung des LNS-Plattenmaterials mit B (akzeptable Situation). Das erlaubte Maxima von 20 % des A-Anteils wird mit dem Wert von 12,4 % deutlich unterschritten. Der erforderliche C-Anteil von > 50 % wird mit dem erreichten Anteil von 54,3 % erreicht.

Die A-, B- und C-Verteilung der Einzelkriterien in Bezug auf die jeweilig geltenden übergeordneten Leitkriterien stellt die folgende Abbildung dar.

Abbildung 12-2: Darstellung der A-, B- und C-Verteilung für die einzelnen Leitkriterien



## 12.2 Erläuterung der Ergebnisse und Maßnahmenvorschläge

Die Auswertung des Checklistsensystems ergibt eine abschließende Produktbewertung mit B (akzeptable Situation). Anhand dieses Abschnittes soll das Resultat der Beurteilung, besonders im Hinblick auf sich ergebende widersprüchliche oder verzerrte Zusammenhänge, noch einmal näher erläutert werden. Vor dem Hintergrund der ökologischen Nachhaltigkeitsdimension müssen vor allem noch mal die drei Einzelkriterien „Energieverbrauch“ und „Leichter Zugang zu Komponenten“ betrachtet werden. Anschließend wird eine Liste mit Maßnahmenvorschlägen zur Verbesserung der Produktion des LNS-Plattenmaterials vorgestellt.

Die Bewertung des Einzelkriteriums „Energieverbrauch“ unter dem Leitkriterium „Umweltfreundliche Produktion“ ergab eine A-Bewertung. Grundsätzlich ist die Produktion des LNS-Plattenmaterials aber als sehr energiesparend (ca. 30% dessen einer Spanplatte) zu betrachten, da die in der Natur vorhandenen Leichtbaustrukturen bei der Herstellung genutzt werden können. Der hohe Energieverbrauch resultiert in diesem Zusammenhang aus der Verfahrenstechnik der KWK-Anlage des Unternehmens. Zur Erreichung der hohen Temperaturen von 110 °C im Trockenofen für die Sperrholzplattenherstellung muss die Anlage immer mit Volllast gefahren werden, da sonst eine kontinuierliche Regulierung des Gegendrucks notwendig wäre. Die dabei anfallende überschüssige Wärme wird derzeit über Konvektoren auf dem Dach ungenutzt abgegeben. In Zukunft ist geplant, einen möglichen an das Unternehmen angrenzenden Abnehmer der Wärme zu finden und somit einen Nahwärmeverbund aufzubauen.

Das Einzelkriterium „Leichter Zugang zu Komponenten“ wurde unter dem Leitkriterium „Design für Wiederverwertung“ mit A bewertet. Aufgrund der Produktdefinition handelt es sich bei Sandwichmaterialien um Verbundwerkstoffe, so dass eine Verleimung der einzelnen Werkstoffkomponenten erforderlich ist, um sowohl die gewünschte Biege- als auch die notwendige Querdruckfestigkeit erreichen zu können. Da für das Produkt im Rahmen der Weiterverwertung nicht die stoffliche, sondern die thermische Alternative gewählt werden soll, ist der Verbundwerkstoff im Hinblick auf eine umweltschonende Kreislaufführung akzeptabel. Der thermischen Verwertung kommen bezüglich des LNS-Plattenmaterials die guten Heizwertigenschaften des bambusähnlichen Grases *Triarrhena* zugute. Beispielsweise können ca. 200 Tonnen *Miscanthus*, das in enger verwandtschaftlicher Beziehung zu *Triarrhena* steht und nahezu die gleichen Vorteile besitzt, 70.000 Liter Heizöl ersetzen.<sup>50</sup>

Kritisch zu betrachten ist der Einsatz der unter die Gefahrstoffverordnung fallenden Inhaltsstoffe. Auch wenn der Anteil der Schadstoffe eher gering ist, sollte man sich,

---

<sup>50</sup> Vergleiche: [http://www.br-online.de/umwelt-gesundheit/unserland/landwirtschaft\\_forst/landw\\_verbraucher/miscanthus-chinaschilf.shtml](http://www.br-online.de/umwelt-gesundheit/unserland/landwirtschaft_forst/landw_verbraucher/miscanthus-chinaschilf.shtml) (Stand: 02.04.04)

wenn finanziell und produktionstechnisch möglich, für eine umweltfreundlichere Alternative entscheiden. Das bezieht sich vor allem auf die isocyanathaltige Schaumkomponente des Klebstoffes, aber auch auf den Leim zur Verbindung der Sperrholzplatten.

Für die beiden Leitkriterien „Gleichstellung der Geschlechter“ und „Globales Verantwortungsbewusstsein“ der sozialen Nachhaltigkeitsanforderungen ergibt sich jeweils eine A-Bewertung unter der Berücksichtigung der jeweiligen Einzelkriterien. Dabei muss aber berücksichtigt werden, dass die Anzahl fest angestellter Frauen im Unternehmen sehr gering ist. Die Bewertung des Kriteriums „Globales Verantwortungsbewusstsein“ ergibt sich aus der Bewertung des nur einen zutreffenden Kriteriums „Globales Verantwortungsbewusstsein bei der Zusammenarbeit mit internationalen Lieferanten/Auftragnehmern“ mit A von insgesamt drei Einzelkriterien und kann somit als nicht sehr repräsentativ betrachtet werden.

Hervorzuheben ist die verbesserungswürdige Umweltmotivation der Mitarbeiter im Unternehmen. Hierbei ist es vor allem wichtig, seitens der Unternehmensleitung den Mitarbeitern kenntlich zu machen, dass der Umwelt- und auch Arbeitsschutz wichtiger Bestandteil der Unternehmensphilosophie ist und einen Grundsatz zum nachhaltigen Wirtschaften darstellt und somit einen Beitrag zur langfristigen Unternehmens- und Arbeitsplatzsicherung leistet. Diese Art der Mitarbeitermotivation kann durch Maßnahmen wie z.B. Energiesparwochen, Schulungen zum Thema Nachhaltigkeit oder durch die aktuellen Umweltinformationen an einem „grünen Brett“ erfolgen. Zur Verbesserung der Umweltmotivation trägt auch die Implementierung eines zertifizierungsfähigen Umweltmanagementsystems bei.

Die hier erläuterten Maßnahmenvorschläge unter Berücksichtigung der drei Nachhaltigkeitsdimensionen werden in der folgenden Tabelle zusammenfassend dargestellt:

Tabelle 12-2: Zusammenstellung der Maßnahmenvorschläge im Rahmen der Bewertung des LNS-Plattenmaterials

<b>Maßnahmenvorschläge</b>
<i>ökologische Dimension</i>
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Umsetzung eines geplanten Nahwärmesystems für einen geeigneten Abnehmer</li><li>▪ Reduzierung der Gefahrstoffe im Produktsystem</li><li>▪ Implementierung eines zertifizierungsfähigen Umweltmanagementsystems</li><li>▪ Entscheidungsfindung bezüglich Garantiedauer sowie Anfertigung einer Verbraucherinformation und einer Gebrauchsanweisung</li></ul>
<i>ökonomische Dimension</i>
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Implementierung eines zertifizierungsfähigen Umweltmanagementsystems</li><li>▪ Erhöhung der Energieeffizienz durch die Umsetzung eines geplanten Nahwärmesystems</li></ul>
<i>soziale Dimension</i>
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Förderung der Umweltmotivation der Mitarbeiter</li></ul>

### 12.3 Abschließende Bewertung

Insgesamt lässt sich das LNS-Plattenmaterial als Idee für eine nachhaltige und innovative Produkttechnologie beschreiben. Die schon in der Natur vorzufindenden Leichtbaustrukturen in Form der stabilen und trotzdem biegsamen Halme der Triarrhenapflanze bieten eine umweltfreundliche und ressourcensparende Lösung, Sandwichkonstruktionen auf Basis natürlicher Rohstoffe herzustellen. Durch den Einsatz der schnell wachsenden und somit reichlich verfügbaren Pflanze Triarrhena als Kernwerkstoffkomponente können sowohl synthetische Rohstoffe als auch hochwertige Hölzer eingespart werden, so dass seltene Materialien bei der Produktion nicht zum Einsatz kommen. Zugleich kann man in diesem Zusammenhang auch von einer Reduktion des Materialinputs sprechen.

Die Herstellung des LNS-Plattenmaterials zeichnet sich durch eine umweltfreundliche Produktion aus. Der Werkstoff lässt sich unter geringem Energieaufwand herstellen. Außerdem lässt sich das Herstellungsverfahren als annähernd abfallfrei bezeichnen. Holz- und Triarrhenareste können in der firmeneigenen KWK-Anlage thermisch verwertet und auf diese Weise im Rahmen einer Kreislaufwirtschaft in den natürlichen Stoffkreislauf wieder integriert werden.

Aufgrund der hohen Biegestabilität und Festigkeit des LNS-Materials sowie durch minimierten Verschleiß und Wartungsfreiheit ist bei einem werkstoffgerechten Einsatz eine hohe Langlebigkeit gewährleistet.

Durch die Reduzierung der Gefahrstoffe bei der Produktion des LNS-Plattenmaterials bietet sich die Möglichkeit, eine umweltverträgliche und nachhaltige Produktalternative zum herkömmlichen synthetischen Sandwichmaterial zu schaffen und somit zur Ressourcenschonung und zum Klimaschutz beizutragen.

Im Hinblick auf die soziale Nachhaltigkeitsdimension sind vor allem die geringe Personalwechselquote sowie die Integration von ausländischen und behinderten Mitarbeitern herauszustellen. Das Beseitigen der Schwachstellen, besonders im Hinblick auf die Umweltmotivation, lässt sich durch geeignete Maßnahmen einfach durchführen.

Die Erfüllung der ökonomischen Nachhaltigkeitsanforderungen wird durch eine langfristige Unternehmenssicherung erreicht. Innovation ist ein wesentlicher Grundsatz des Unternehmens und wird durch Produktinnovationen am Beispiel des LNS-Plattenmaterials oder durch das damit in Verbindung stehende Forschungsprojekt zur Entwicklung und zum Betrieb einer Demonstrationsanlage zur Herstellung des LNS-Kernstoffes deutlich. Auf diese Weise kann die Marktposition stabilisiert sowie neue Marktanteile und Kunden gewonnen werden.

## V. LITERATURVERZEICHNIS

### Printmedien

Beck, M. (Hrsg.): *Umweltrecht* 1. Aufl. Würzburg: Vogel 1994

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): *Erneuerbare Energien und nachhaltige Entwicklung*, Berlin 2002

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): *Aus Verantwortung für die Zukunft – Umweltpolitik als globale Herausforderung*, Berlin 2002

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): *Nachhaltigkeitsmanagement in Unternehmen*, 2. Auflage, Berlin, 2002

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und Umweltbundesamt (Hrsg.): *Umwelt – Nachhaltigkeit – Geschlechtergerechtigkeit*, o.J.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): *Umweltpolitik, Erneuerbare Energie in Zahlen*, Berlin 2004

CMA Centrale Marketing-Gesellschaft der deutschen Agrarwirtschaft mbH (Hrsg.): *Dämmstoffe aus der heimischen Natur*: Bonn 2002

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hrsg.): *Pflanzen für die Industrie*, Gülzow 2001

Förstner, U.: *Umweltschutztechnik* 5. Aufl. Berlin: Springer 1995

Merian, L.: *Bambus als Universalwerkstoff* HSR Rapperswil: L4 Fach Technik / Materialkunde SS 2001

Möller, F.: *Leichtbauwerkstoff LNS* Institut für Betriebstechnik und Bauforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Informationsblatt, Braunschweig, o.J.

Möller, F., Schwarz, K.-U., Projektantrag: Entwicklung und Betrieb einer Demonstrationsanlage zur Herstellung von LNS-Kernstoffen, sowie Produktentwicklung für LNS-Plattenmaterialien in: Projektantrag an die Deutsche Bundesstiftung umwelt, o.J. -nicht veröffentlicht-

Karafyllis, N. C.: *Nachwachsende Rohstoffe*, Opladen: Leske + Budrich: 2000

Öko-Institut e.V., Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung u.a. (Hrsg.): *Auswirkungen des europäischen Emissionshandelssystems auf die deutsche Industrie*, Berlin/Köln 2003

Recht C., Wetterwald M.F.: *Bambus*, Stuttgart: Ulmer Verlag 1988

Sietz, M.u.a.: *Handbuch zur Gestaltung und Entwicklung umweltgerechter Möbel* 1. Aufl. Frankfurt am Main: Verlag Harri Deutsch 2001

TÜV Akademie GmbH, *EU-Emissionshandel – Wegweiser für Emittenten und Technologieanbieter*, Fachtagung 29. – 30. Oktober 2003, München

Umweltbundesamt (Hrsg.): *Energiesparen im Haushalt*, Berlin 2004

Umweltbundesamt (Hrsg.): *Nachhaltige Entwicklung in Deutschland* Kurzfassung: Erich Schmidt Verlag 2002

Umweltbundesamt (Hrsg.): *Verkehr im Umweltmanagement* Berlin 1999

VDI-Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.): Richtlinie VDI 2243 - Recyclinggerechtes Konstruieren technischer Produkte - Blatt 1, Düsseldorf 1993

VDI-Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.): Richtlinie VDI 3800 – Ermittlung der Aufwendungen für Maßnahmen zum betrieblichen Umweltschutz - Entwurf, Düsseldorf 2000

Xi, Qingguo: *Investigation on the Distribution and Potential of Giant Grasses in China* 1. Aufl. Göttingen: Cuvillier Verlag, 2000

### **Elektronische Medien**

<http://www.bmwi.de/Navigation/Technologie-und-Energie/energiepolitik,did=9556.html> (Stand: 30.08.04)

<http://www.bmwi.de/Navigation/Technologie-und-Energie/energiepolitik,did=9406.html> (Stand: 30.08.04)

[http://www.br-online.de/umwelt-gesundheit/unserland/landwirtschaft\\_forst/landw\\_verbraucher/miscanthus-chinaschilf.shtml](http://www.br-online.de/umwelt-gesundheit/unserland/landwirtschaft_forst/landw_verbraucher/miscanthus-chinaschilf.shtml) (Stand: 02.04.04)

<http://www.datteln.de/Veroeffentlichungen/Agenda/leitbild.htm> (Stand: 30.08.04)

[http://www.dehst.de/nm\\_76358/DE/Emissionshandel/emissionshandelNode.html](http://www.dehst.de/nm_76358/DE/Emissionshandel/emissionshandelNode.html)... (Stand 30.08.04)

[http://www.econsense.de/pdfs/1\\_ueber\\_econsense/151\\_dialogpier\\_deutsch.pdf](http://www.econsense.de/pdfs/1_ueber_econsense/151_dialogpier_deutsch.pdf) (Stand: 30.08.04)

<http://www.env-it.de/umweltdaten/jsp/dispatcher?event=WELCOME> (Stand: Januar 2003)

[http://www.emissionshandel-fichtner.de/emissionshandel\\_funktion.html](http://www.emissionshandel-fichtner.de/emissionshandel_funktion.html) (Stand: 30.08.04)

[www.fnr.de](http://www.fnr.de) (Stand: 30.08.04)

<http://www.germanwatch.org/fohlen/ee/foлие009.htm> (Stand: 30.08.04)

[http://www.greenpeace-energy.de/content/hintergrund/tipps\\_buero.php4](http://www.greenpeace-energy.de/content/hintergrund/tipps_buero.php4) (Stand: 30.08.04)

- [http://www.inaro.de/Deutsch/Pflanzen\\_index.htm](http://www.inaro.de/Deutsch/Pflanzen_index.htm) (Stand: 30.08.04)
- [www.infoholz.de/html/f\\_page.phtml?p1=1093878574&p3=1005](http://www.infoholz.de/html/f_page.phtml?p1=1093878574&p3=1005) (Stand: 30.08.04)
- [http://www.infoholz.de/html/f\\_page.phtml?p1=1093878493&p3=1003](http://www.infoholz.de/html/f_page.phtml?p1=1093878493&p3=1003) (Stand: 30.08.04)
- <http://l.hsr.ch/skripte/wwwtechnikseiten/bautechnik/materialberichte/L00/tmichaelis/sperrholz.PDF> (Stand: 04.06.2002)
- <http://www.learn-line.nrw.de/angebote/agenda21/info/nachhalt.htm> (Stand: 30.08.04)
- <http://www.miscanthus.de/zuechtung.htm> (Stand 15.07.02)
- <http://www.miscanthus.de/anbau.htm> (Stand: 30.08.04)
- <http://www.nachhaltigkeit.aachener-stiftung.de/110135995721445/Geschichte/Weltgipfel%20Rio%20de%20Janeiro%201992/Agenda%2021.htm> (Stand: 30.08.04)
- <http://www.oeko.de/service/gemis/de/index.htm> (Stand: 30.08.04)
- [http://www.slb.tu-chemnitz.de/pdf/Kap3\\_script\\_oH.pdf](http://www.slb.tu-chemnitz.de/pdf/Kap3_script_oH.pdf) (Stand 30.08.04)
- <http://www.stadtwerke-luebeck.de/index.php?seid=5724> (Stand: 12.09.2004)
- [www.testo.de/DE/de/lib/upload/mwmlde\\_1075107488312\\_1.pdf](http://www.testo.de/DE/de/lib/upload/mwmlde_1075107488312_1.pdf) (Stand: 03.09.04)
- [vsem.oec.uni-osnabrueck.de](http://vsem.oec.uni-osnabrueck.de)
- [www.vzth.de/text\\_print.php?id=183](http://www.vzth.de/text_print.php?id=183) (Stand: 10.06.04)
- [http://www.zeri-deutschland.de/about/hauptteil\\_expo.htm](http://www.zeri-deutschland.de/about/hauptteil_expo.htm) (Stand 30.08.04)