

# **DIPLOMARBEIT**

„Erstellung einer vergleichenden  
Nachhaltigkeitsbewertung von zwei Glassorten bei  
der Interpane Glas Industrie AG, Lauenförde“

vorgelegt von  
Sebastian Massolle,  
Matr.-Nr. 16036061

Erster betreuender Professor: Herr Prof. Dr. phil. nat. M. Sietz  
Zweite betreuende Professorin: Frau Prof. Dr. agr. M. Grupe

„Wir haben unsere Welt so radikal verändert,  
dass wir uns jetzt selber ändern müssen,  
um in dieser neuen Welt existieren zu können.“

*Norbert Wiener*

## Danksagung

Mein Dank gilt Herrn Prof. Dr. Sietz, der mir die Bearbeitung dieses Themas ermöglichte sowie Frau Prof. Dr. Grupe für ihr Co-Referat.

Weiterhin danke ich Herrn Dr. Herlitze, Geschäftsführer der *Interpane Glas Industrie AG, Lauenförde*, ohne dessen Hilfe und Bemühungen diese Arbeit nicht zustande gekommen wäre. Ich danke des weiteren den Mitarbeitern des Unternehmens Interpane, insbesondere Herrn Dr. Belgardt, Herrn Vollert, Herrn Böwer sowie Herrn Quetscher für die gute Zusammenarbeit. Ein besonderer Dank geht an Herrn Menger, der mich stetig durch kompetente Beratung und die Bereitstellung von Unternehmensunterlagen unterstützte. Im Rahmen meines Aufenthaltes am Unternehmens-Standort *Seingbouse (Frankreich)* sei in besonderem Maße Herrn Ritleng gedankt, der mich mit all seinen Mitteln unterstützte.

Für die gute Kooperation sei Ihnen und allen, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben, herzlichst gedankt.

Höxter, im November 2003

SEBASTIAN MASSOLLE



**I Inhaltsverzeichnis****II Abkürzungsverzeichnis****III Abbildungsverzeichnis****IV Tabellenverzeichnis**

1	Einleitung .....	32
1.1	Theoretische Ausführungen zur Nachhaltigkeit .....	32
1.2	Anlass und Ziel der Arbeit.....	34
2	Erläuterung der Bewertungsmethode .....	36
2.1	Allgemeine Beschreibung .....	36
2.2	Anpassung der Checklistenmatrix.....	37
2.3	Ergebnisauswertung und –darstellung.....	39
3	Recherche zur Bewertung von Produkten unter nachhaltigen Aspekten ..	41
3.1	Ökoeffizienz / optimale Funktion.....	41
3.1.1	Bedürfnisse und Anforderungen der Konsumenten .....	43
3.1.2	Serviceangebot (z.B.) Mieten oder Leasen.....	44
3.1.3	Ressourcen-Kaskade .....	44
3.1.4	Produktsystem .....	46
3.2	Ressourcenschonung .....	47
3.2.1	Reduktion des Materialinputs .....	49
3.2.2	Wieder- / Weiterverwendung .....	49
3.2.3	Einsatz von Sekundärrohstoffen .....	50
3.3	Einsatz erneuerbarer und ausreichend verfügbarer Ressourcen.....	51
3.3.1	Ersetzen von nicht erneuerbaren Ressourcen durch erneuerbare 52	
3.3.2	Ersetzen selten vorkommender Materialien durch weniger seltene 54	
3.3.3	Minimieren des Einsatzes selten vorkommender Materialien .....	54
3.4	Erhöhung der Langlebigkeit .....	55
3.4.1	Optimieren der Zuverlässigkeit .....	57
3.4.2	Minimieren des Verschleißes.....	57
3.4.3	zeitloses Design.....	58
3.4.4	Erweiterbarkeit.....	59
3.4.5	Einfache Reinigung.....	59
3.4.6	Einfache Wartung .....	60
3.4.7	Einfache Reparierbarkeit .....	61
3.4.8	Lange Garantiedauer.....	61
3.5	Design für Produkt-Wiederverwendung .....	62
3.5.1	Modulares Design.....	64
3.5.2	Leichter Zugang zu Komponenten.....	65
3.5.3	Korrosionsschutz .....	66
3.5.3.1	Elektrochemische Korrosionsvorgänge .....	66
3.5.3.2	Chemische Korrosionsvorgänge .....	67

3.5.4	Standardisierung von Verbindungselementen .....	68
3.6	Design für Materialrecycling .....	69
3.6.1	Recyclingfähigkeit .....	71
3.6.2	Einsatz recycelbarer Materialien .....	71
3.6.3	geringe Materialvielfalt .....	72
3.6.4	Materialkompatibilität .....	73
3.6.5	Zusatzstoffe.....	73
3.6.6	Materialkennzeichnung .....	74
3.6.7	Lokale Konzentration von Bauteilen mit gleichen Recyclingeigenschaften.....	75
3.7	Design für leichte Zerlegbarkeit.....	76
3.7.1	Produktstruktur.....	76
3.7.2	Erkennbarkeit von Verbindungselementen .....	77
3.7.3	Zugang zu Verbindungselementen .....	78
3.7.4	Lösbarkeit von Verbindungen.....	78
3.7.5	Anzahl der Verbindungselemente .....	80
3.7.6	Verzicht auf verbundähnliche Materialkomplexe .....	81
3.7.7	Anzahl der Komponenten.....	82
3.7.8	Werkzeugbedarf.....	83
3.7.9	automatische Zerlegbarkeit.....	83
3.8	Minimierung des Einsatzes gefährlicher Stoffe .....	84
3.8.1	Einsatz von Gefahrstoffen.....	86
3.8.2	Einsatz von besonders gefährlichen Stoffen .....	86
3.8.3	Abtrennbarkeit von Gefahrstoffen .....	87
3.8.4	Gesellschaftliche Akzeptanz .....	88
3.8.5	Gefährdungs- / Störfallpotenzial.....	88
3.9	Umweltfreundliche Produktion.....	89
3.9.1	Abfallaufkommen .....	90
3.9.2	Energieverbrauch.....	92
3.9.3	Wasserverbrauch.....	93
3.9.4	Besonders überwachungsbedürftige Abfälle .....	95
3.9.5	Emissionen.....	95
3.9.5.1	Anthropogener Treibhauseffekt .....	96
3.9.5.2	Abbau stratosphärischen Ozons.....	97
3.9.5.3	Saure Niederschläge .....	98
3.9.5.4	Toxikologische bzw. gesundheitsschädigende Effekte .....	98
3.9.6	Gefahrstoffe an Arbeitsplätzen.....	100
3.9.7	Umweltrechtliche Anforderungen .....	101
3.9.8	Verwertungsquote (erhöht das Produkt die Verwertungsquote?) 103	
3.9.9	Funktionierendes Umweltmanagementsystem.....	105
3.10	Minimierung der Auswirkungen während der Nutzungsphase .....	106
3.10.1	Gesundheitsschädliche Emissionen.....	106
3.10.2	Verbraucherinformation.....	107
3.10.3	Unfallgefahr.....	108
3.10.4	Folgerucksack, Betriebsmitteleinsatz .....	108
3.10.5	Verständlichkeit der Gebrauchsanweisung .....	109

3.11	Umweltfreundliche Verpackung .....	110
3.11.1	Verpackungsdefinition .....	111
3.11.2	Rücknahmefähige Verpackung.....	112
3.11.3	Wiederverwendbare Verpackung.....	114
3.11.4	Rücknahmesystem .....	115
3.11.5	Gewichts- Volumenreduktion.....	116
3.11.6	Schadstoffe auf Verpackungen.....	116
3.11.7	Recyclierbare Verpackung.....	117
3.11.8	Einsatz recycelter Materialien .....	118
3.11.9	Einsatz biologisch abbaubarer Materialien .....	118
3.12	Umweltfreundliche Beseitigung nicht verwertbarer Materialien.....	119
3.12.1	Vermeiden von Schadstoffen bei der Entsorgung (Abbauprodukte, Emissionen bei Verbrennung usw.) .....	120
3.12.2	Kennzeichnung von Komponenten, die Schadstoffe enthalten.	120
3.13	Garantie natürlicher Materialien.....	121
3.14	Betriebliche Umweltkosten.....	122
3.14.1	Kosten, die das Unternehmen aufbringen muss, um bestimmte Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe zu ersetzen.....	122
3.14.2	Ressourcenproduktivitätsverluste .....	123
3.14.3	Umweltbezogene Gebühren und Auflagen .....	124
3.15	Allgemeine soziale Nachhaltigkeitsfaktoren.....	126
3.15.1	Arbeitsbedingungen.....	126
3.15.2	Einbeziehung der Mitarbeiter in betriebliche Entscheidungsprozesse .....	127
3.15.3	Qualität der Kommunikation, z.B. betriebliches Vorschlagswesen	129
3.15.4	Umweltmotivation .....	130
3.15.5	Soziale Kompetenz des Unternehmens.....	132
3.15.6	Integration ausländischer Mitarbeiter.....	132
3.15.7	Integration behinderter Beschäftigter.....	133
3.16	Gleichstellung der Geschlechter .....	134
3.16.1	Betriebliche Frauenförderung .....	135
3.16.2	Unterstützung der Berufswiederaufnahme nach der Erziehungspause .....	136
3.16.3	Angebot an Teilzeitjobs .....	137
3.16.4	Möglichkeit des Job-Sharings.....	138
3.16.5	Telearbeitsplätze / Heimarbeit .....	138
3.17	Globales Verantwortungsbewusstsein bei der Zusammenarbeit mit internationalen Lieferanten / Auftragnehmern.....	139
3.17.1	Einhaltung der ILO 146-Empfehlungen zur Kinderarbeit .....	140
3.17.2	Berücksichtigung kultureller Gegebenheiten am jeweiligen Standort	141
3.17.3	Unterstützung von Betrieben in Entwicklungsländern.....	141
3.18	Ökonomische Aspekte / langfristige Unternehmenssicherung.....	143
3.18.1	Stabilität der Marktposition .....	144
3.18.2	Fremdkapitalanteil .....	145
3.18.3	ökonomische Handlungsgrundsätze.....	146

3.18.4	Minimierung von Transportwegen .....	146
3.18.5	Erhöhung der Energie- und Ressourcenproduktivität.....	147
3.18.6	Innovative Wirtschaftspolitik.....	150
3.18.7	Sicherung der Konjunkturtragfähigkeit .....	151
3.19	Kooperationsbereitschaft mit Anspruchsgruppen (stakeholder) .....	152
3.19.1	Kundenanforderungen hinsichtlich ökologischen, sozialen und ökonomischen Aspekten .....	153
3.19.2	Beteiligung an der Erstellung (kommunaler) ökologischer oder sozialer Aktionsprogramme; z.B. lokale Agenda 21 .....	153
3.19.3	Behördliche Kooperation .....	154
3.19.4	Einbeziehung der Anwohner .....	155
4	Ausführungen zum Werkstoff Glas .....	156
4.1	Geschichte des Glases .....	156
4.2	Glasdefinition .....	157
5	Das Bezugsobjekt „iplus S“ .....	159
5.1	Das Unternehmen Interpane .....	159
5.2	Der Interpane-Standort Lauenförde.....	164
5.3	Produktbeschreibung .....	166
5.3.1	Terminologie .....	166
5.3.1.1	Isolierglas.....	166
5.3.1.2	Der U-Wert:.....	166
5.3.1.3	Der g-Wert: .....	166
5.3.1.4	Emissionsvermögen.....	167
5.3.2	Das Interpane Isolierglassystem .....	167
5.3.2.1	Wärmedämmglas.....	168
5.3.2.2	Das Warmglasprodukt „iplus neutral S“ .....	169
5.4	Verfahrensbeschreibung .....	170
5.4.1	Einteilung der Veredelungsprozesse für Flachglas .....	170
5.4.2	Beschichtungsverfahren.....	170
5.4.2.1	Allgemeine Erläuterungen zu Beschichtungen .....	170
5.4.2.2	Die Flachglasoberfläche .....	171
5.4.2.3	Verschiedene Beschichtungsverfahren.....	172
5.5	Energie- und Stoffströme .....	176
5.5.1	Wasserbedarf.....	176
5.5.2	Energiebedarf.....	177
5.5.2.1	Elektrischer, prozessbezogener Energieverbrauch.....	177
5.5.2.2	Prozessexterner thermischer Energiebedarf.....	178
5.5.2.3	Gesamtenergieverbrauch .....	179
5.5.3	Abfallaufkommen .....	179
5.5.3.1	Aufkommen an Wismut-Abfall.....	180
5.5.3.2	Aufkommen an Silber-Abfall .....	180
5.5.3.3	Aufkommen an Titan-Abfall.....	180
5.5.3.4	Aufkommen an Zink/Aluminium-Abfall .....	181
5.5.3.5	Gesamt-Metallabfallaufkommen .....	181
5.5.3.6	Emissionen .....	183
5.5.3.7	Fehlerbetrachtung bezüglich der Ermittlung der produktspezifischen Energie- und Stoffströme .....	185

5.6	Bewertung des Produktes „iplus S“ durch Anwendung des Checklistsensystems.....	188
5.6.1	Ökoeffizienz / optimale Funktion.....	188
5.6.1.1	optimale Funktion.....	189
5.6.1.2	Serviceangebot (z.B. Mieten oder Leasen).....	189
5.6.1.3	Ressourcenkaskade.....	189
5.6.1.4	Produktsystem.....	189
5.6.2	Ressourcenschonung.....	190
5.6.2.1	Reduktion des Materialinputs.....	191
5.6.2.2	Wieder- / Weiterverwendung.....	191
5.6.2.3	Einsatz von Sekundärrohstoffen.....	191
5.6.3	Einsatz erneuerbarer und ausreichend verfügbarer Ressourcen	192
5.6.3.1	Ersetzen von nicht erneuerbaren Ressourcen durch erneuerbare	193
5.6.3.2	Ersetzen selten vorkommender Materialien durch weniger seltene	193
5.6.3.3	Minimieren des Einsatzes selten vorkommender Materialien...	193
5.6.4	Erhöhung der Langlebigkeit.....	194
5.6.4.1	Optimieren der Zuverlässigkeit.....	195
5.6.4.2	Minimieren des Verschleißes.....	195
5.6.4.3	Zeitloses Design.....	195
5.6.4.4	Erweiterbarkeit.....	195
5.6.4.5	Einfache Reinigung.....	195
5.6.4.6	Einfache Wartung.....	195
5.6.4.7	Einfache Reparierbarkeit.....	195
5.6.4.8	Lange Garantiedauer.....	195
5.6.5	Design für Produkt-Wiederverwendung.....	196
5.6.5.1	Modulares Design.....	197
5.6.5.2	Leichter Zugang zu Komponenten.....	197
5.6.5.3	Korrosionsschutz.....	197
5.6.5.4	Standardisierung von Komponenten und Verbindungselementen	197
5.6.6	Design für Materialrecycling.....	198
5.6.6.1	Recyclingfähigkeit.....	199
5.6.6.2	Einsatz recycelbarer Materialien.....	199
5.6.6.3	geringe Materialvielfalt.....	199
5.6.6.4	Materialkompatibilität.....	199
5.6.6.5	Zusatzstoffe.....	199
5.6.6.6	Materialkennzeichnung.....	199
5.6.6.7	lokale Konzentration von Bauteilen mit gleichen Recyclingeigenschaften.....	199
5.6.7	Design für leichte Zerlegbarkeit.....	200
5.6.7.1	Produkt-Struktur.....	201
5.6.7.2	Erkennbarkeit von Verbindungselementen.....	201
5.6.7.3	Zugang zu Verbindungselementen.....	201
5.6.7.4	Lösbarkeit von Verbindungen.....	201

5.6.7.5	Anzahl der Verbindungselemente .....	201
5.6.7.6	Verzicht auf verbundähnliche Materialkomplexe .....	201
5.6.7.7	Anzahl der Komponenten .....	201
5.6.7.8	Werkzeugbedarf .....	201
5.6.7.9	automatische Zerlegbarkeit .....	201
5.6.8	Minimierung des Einsatzes gefährlicher Stoffe .....	202
5.6.8.1	Einsatz von Gefahrstoffen .....	203
5.6.8.2	Einsatz von besonders gefährlichen Stoffen .....	203
5.6.8.3	Abtrennbarkeit von Gefahrstoffen .....	203
5.6.8.4	gesellschaftliche Akzeptanz .....	203
5.6.8.5	Gefährdungs- bzw. Störfallpotential .....	203
5.6.9	Umweltfreundliche Produktion .....	204
5.6.9.1	Abfallaufkommen .....	205
5.6.9.2	Energieverbrauch .....	205
5.6.9.3	Wasserverbrauch .....	205
5.6.9.4	Besonders überwachungsbedürftige Abfälle .....	205
5.6.9.5	Emissionen .....	205
5.6.9.6	Gefahrstoffe an den Arbeitsplätzen .....	205
5.6.9.7	Umweltrechtliche Anforderungen .....	205
5.6.9.8	Verwertungsquote .....	205
5.6.9.9	Funktionierendes Umweltmanagementsystem .....	205
5.6.10	Minimierung der Auswirkung während der Nutzungsphase .....	206
5.6.10.1	gesundheitsschädliche Emissionen .....	207
5.6.10.2	Verbraucherinformation .....	207
5.6.10.3	Unfallgefahr .....	207
5.6.10.4	Folgerucksack, Betriebsmitteleinsatz .....	207
5.6.10.5	Verständlichkeit der Gebrauchsanweisung .....	207
5.6.11	Umweltfreundliche Verpackung .....	208
5.6.11.1	Verpackungsdefinition .....	209
5.6.11.2	Rücknahmefähige Verpackung .....	209
5.6.11.3	Wiederverwendbare Verpackung .....	209
5.6.11.4	Rücknahmesystem .....	209
5.6.11.5	Reduktion von Masse und Volumen .....	209
5.6.11.6	Schadstoffe auf Verpackungen .....	209
5.6.11.7	Recyclierbare Verpackung .....	209
5.6.11.8	Einsatz recycelter Materialien .....	209
5.6.11.9	Einsatz biologisch abbaubarer Materialien .....	209
5.6.12	Umweltfreundliche Beseitigung nicht verwertbarer Materialien .....	210
5.6.12.1	Vermeiden von Schadstoffen bei der Entsorgung (Abbauprodukte, Emissionen bei Verbrennung etc.) .....	211
5.6.12.2	Kennzeichnung von schadstoffhaltigen Komponenten .....	211
5.6.12.3	Garantie natürlicher Materialien .....	211
5.6.13	Einführung umweltfreundlicher Logistik .....	212
5.6.13.1	Integration des Transports in die Umweltpolitik des Unternehmens .....	213
5.6.13.2	Transportfahrzeuge .....	213
5.6.13.3	Auswahl von Zulieferbetrieben und Entsorgern .....	213

5.6.13.4	Auswahl der Transportmodi.....	213
5.6.13.5	Rückfahrten .....	213
5.6.13.6	ökologisches Logistikkonzept .....	213
5.6.14	Betriebliche Umweltkosten .....	214
5.6.14.1	Kosten, die das Unternehmen aufbringen muss, um bestimmte Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe zu ersetzen.....	215
5.6.14.2	Ressourcenproduktivitätsverluste .....	215
5.6.14.3	Umweltbezogene Gebühren und Auflagen .....	215
5.6.15	Allgemeine soziale Nachhaltigkeitsfaktoren.....	216
5.6.15.1	Arbeitsbedingungen.....	217
5.6.15.2	Einbeziehung der Mitarbeiter in betriebliche Entscheidungsprozesse .....	217
5.6.15.3	Qualität der Kommunikation, z.B. betriebliches Vorschlagswesen .....	217
5.6.15.4	Umweltmotivation .....	217
5.6.15.5	Soziale Kompetenz des Unternehmens .....	217
5.6.15.6	Integration ausländischer Mitarbeiter.....	217
5.6.15.7	Integration behinderter Beschäftigter.....	217
5.6.16	Gleichstellung der Geschlechter .....	218
5.6.16.1	betriebliche Frauenförderung.....	219
5.6.16.2	Unterstützung der Berufswiederaufnahme nach der Erziehungspause.....	219
5.6.16.3	Angebot von Teilzeitjobs .....	219
5.6.16.4	Möglichkeit des Job-Sharings.....	219
5.6.16.5	Telearbeitsplätze / Heimarbeit .....	219
5.6.17	Globales Verantwortungsbewusstsein bei der Zusammenarbeit mit internationalen Lieferanten / Auftragnehmern .....	220
5.6.17.1	Einhaltung der ILO 146-Empfehlungen zur Kinderarbeit ...	221
5.6.17.2	Berücksichtigung kultureller Gegebenheiten am jeweiligen Standort.....	221
5.6.17.3	Unterstützung von Betrieben in Entwicklungsländern.....	221
5.6.18	Ökonomische Aspekte / langfristige Unternehmenssicherung..	222
5.6.18.1	Stabilität der Marktposition .....	223
5.6.18.2	Fremdkapitalanteil .....	223
5.6.18.3	Ökonomische Handlungsgrundsätze .....	223
5.6.18.4	Minimierung von Transportwegen .....	223
5.6.18.5	Erhöhung der Energie- und Ressourcenproduktivität .....	223
5.6.18.6	Innovative Wirtschaftspolitik .....	223
5.6.18.7	Sicherung der Konjunktur-Tragfähigkeit .....	223
5.6.19	Kooperationsbereitschaft mit Anspruchsgruppen (stakeholder)	224
5.6.19.1	Kundenanforderungen hinsichtlich ökologischen, sozialen und ökonomischen Aspekten .....	225
5.6.19.2	Beteiligung an der Erstellung (kommunaler) ökologischer oder sozialer Aktionsprogramme; z. B. lokale Agenda 21 .....	225
5.6.19.3	Behördliche Kooperation .....	225
5.6.19.4	Einbeziehung der Anwohner.....	225
6	Das Bezugsobjekt „Floatglas“ .....	226

6.1	Das Unternehmen Pilkington.....	226
6.2	Produkt- / Verfahrensbeschreibung.....	228
6.2.1	Definition des Begriffes „Floatglas“ .....	228
6.2.2	Der Floatprozess.....	228
6.2.2.1	Gemengezubereitung .....	229
6.2.2.2	Schmelzofen .....	229
6.2.2.3	Floatbad.....	229
6.2.2.4	Kühlkanal .....	229
6.2.2.5	Zuschneiden .....	229
6.3	Energie- und Stoffströme .....	231
6.3.1	Wasserbedarf.....	231
6.3.2	Energiebedarf.....	233
6.3.2.1	Prozessbezogener Energiebedarf.....	233
6.3.2.2	Produkt- bzw. prozessbezogener Gesamtenergiebedarf .....	235
6.3.2.3	Prozessexterner thermischer Energiebedarf.....	236
6.3.3	Emissionen.....	236
6.3.3.1	Prozessbezogene Emissionen.....	236
6.3.3.2	Prozessbezogene Kohlendioxid-Emission .....	237
6.3.3.3	Prozessexterne Kohlendioxid-Emission.....	239
6.3.4	Abfallaufkommen .....	241
6.3.4.1	Fehlerbetrachtung bezüglich der Ermittlung der produktspezifischen Energie- und Stoffströme .....	243
6.4	Bewertung des Produktes „Floatglas“ durch Anwendung der Checklisten .....	246
6.4.1	Ökoeffizienz / optimale Funktion .....	246
6.4.1.1	Optimale Funktion.....	247
6.4.1.2	Serviceangebot (z.B. Mieten oder Leasen).....	247
6.4.1.3	Ressourcenkaskade .....	247
6.4.1.4	Produktsystem .....	247
6.4.2	Ressourcenschonung .....	248
6.4.2.1	Reduktion des Materialinputs.....	249
6.4.2.2	Wieder- / Weiterverwendung .....	249
6.4.2.3	Einsatz von Sekundärrohstoffen .....	249
6.4.3	Einsatz erneuerbarer und ausreichend verfügbarer Ressourcen 250	
6.4.3.1	Ersetzen von nicht erneuerbaren Ressourcen durch erneuerbare 251	
6.4.3.2	Ersetzen selten vorkommender Materialien durch weniger seltene 251	
6.4.3.3	Minimierung des Einsatzes selten vorkommender Materialien .	251
6.4.4	Erhöhung der Langlebigkeit .....	252
6.4.4.1	Optimieren der Zuverlässigkeit .....	253
6.4.4.2	Minimieren des Verschleißes .....	253
6.4.4.3	Zeitloses Design .....	253
6.4.4.4	Erweiterbarkeit.....	253
6.4.4.5	Einfache Reinigung.....	253
6.4.4.6	Einfache Wartung .....	253

6.4.4.7	Einfache Reparierbarkeit .....	253
6.4.4.8	Lange Garantiedauer.....	253
6.4.5	Design für Produkt-Wiederverwendung .....	254
6.4.5.1	Modulares Design.....	255
6.4.5.2	Leichter Zugang zu Komponenten.....	255
6.4.5.3	Korrosionsschutz.....	255
6.4.5.4	Standardisierung von Komponenten und Verbindungselementen 255	
6.4.6	Design für Materialrecycling .....	256
6.4.6.1	Recyclingfähigkeit.....	257
6.4.6.2	Einsatz recycelbarer Materialien.....	257
6.4.6.3	Geringe Materialvielfalt.....	257
6.4.6.4	Materialkompatibilität.....	257
6.4.6.5	Zusatzstoffe.....	257
6.4.6.6	Materialkennzeichnung.....	257
6.4.6.7	Lokale Konzentration von Bauteilen mit gleichen Recyclingeigenschaften.....	257
6.4.7	Design für leichte Zerlegbarkeit .....	258
6.4.7.1	Produkt-Struktur .....	259
6.4.7.2	Erkennbarkeit von Verbindungselementen.....	259
6.4.7.3	Zugang zu Verbindungselementen.....	259
6.4.7.4	Lösbarkeit von Verbindungen.....	259
6.4.7.5	Anzahl der Verbindungselemente.....	259
6.4.7.6	Verzicht auf verbundähnliche Materialkomplexe .....	259
6.4.7.7	Anzahl der Komponenten .....	259
6.4.7.8	Werkzeugbedarf .....	259
6.4.7.9	Automatische Zerlegbarkeit.....	259
6.4.8	Minimieren des Einsatzes gefährlicher Stoffe .....	260
6.4.8.1	Einsatz von Gefahrstoffen .....	261
6.4.8.2	Einsatz von besonders gefährlichen Stoffen .....	261
6.4.8.3	Abtrennbarkeit von Gefahrstoffen.....	261
6.4.8.4	Gesellschaftliche Akzeptanz.....	261
6.4.8.5	Gefährdungs- bzw. Störfallpotential.....	261
6.4.9	Umweltfreundliche Produktion .....	262
6.4.9.1	Abfallaufkommen.....	263
6.4.9.2	Energieverbrauch .....	263
6.4.9.3	Wasserverbrauch .....	263
6.4.9.4	Besonders überwachungsbedürftige Abfälle .....	263
6.4.9.5	Emissionen.....	263
6.4.9.6	Gefahrstoffe an den Arbeitsplätzen .....	263
6.4.9.7	Umweltrechtliche Anforderungen .....	263
6.4.9.8	Verwertungsquote .....	263
6.4.9.9	Funktionierendes Umweltmanagementsystem.....	263
6.4.10	Minimierung der Auswirkung während der Nutzungsphase .....	264
6.4.10.1	Gesundheitsschädliche Emissionen .....	265
6.4.10.2	Verbraucherinformation .....	265
6.4.10.3	Unfallgefahr .....	265

6.4.10.4	Folgerucksack, Betriebsmitteleinsatz.....	265
6.4.10.5	Verständlichkeit der Gebrauchsanweisung.....	265
6.4.11	Umweltfreundliche Verpackung.....	266
6.4.11.1	Verpackungsdefinition.....	267
6.4.11.2	Rücknahmefähige Verpackung.....	267
6.4.11.3	Wiederverwendbare Verpackung.....	267
6.4.11.4	Rücknahmesystem.....	267
6.4.11.5	Reduktion von Masse / Volumen.....	267
6.4.11.6	Schadstoffe auf Verpackungen.....	267
6.4.11.7	Recyclierbare Verpackung.....	267
6.4.11.8	Einsatz recycelter Materialien.....	267
6.4.11.9	Einsatz biologisch abbaubarer Materialien.....	267
6.4.12	Umweltfreundliche Beseitigung nicht verwertbarer Materialien.....	268
6.4.12.1	Vermeiden von Schadstoffen bei der Entsorgung (Abbauprodukte, Emissionen bei Verbrennung etc.).....	269
6.4.12.2	Kennzeichnung von schadstoffhaltigen Komponenten.....	269
6.4.12.3	Garantie natürlicher Materialien.....	269
6.4.13	Einführung umweltfreundlicher Logistik.....	270
6.4.13.1	Integration des Transports in die Umweltpolitik des Unternehmens.....	271
6.4.13.2	Transportfahrzeuge.....	271
6.4.13.3	Auswahl von Zulieferbetrieben und Entsorgern.....	271
6.4.13.4	Auswahl der Transportmodi.....	271
6.4.13.5	Rückfahrten.....	271
6.4.13.6	ökologisches Logistikkonzept.....	271
6.4.14	Betriebliche Umweltkosten.....	272
6.4.14.1	Kosten, die das Unternehmen aufbringen muss, um bestimmte Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe zu ersetzen.....	273
6.4.14.2	Ressourcenproduktivitätsverluste.....	273
6.4.14.3	Umweltbezogene Gebühren und Auflagen.....	273
6.4.15	Allgemeine soziale Nachhaltigkeitsfaktoren.....	274
6.4.15.1	Arbeitsbedingungen.....	275
6.4.15.2	Einbeziehung der Mitarbeiter in betriebliche Entscheidungsprozesse.....	275
6.4.15.3	Qualität der Kommunikation, z.B. betriebliches Vorschlagwesen.....	275
6.4.15.4	Umweltmotivation.....	275
6.4.15.5	Soziale Kompetenz des Unternehmens.....	275
6.4.15.6	Integration ausländischer Mitarbeiter.....	275
6.4.15.7	Integration behinderter Beschäftigter.....	275
6.4.16	Gleichstellung der Geschlechter.....	276
6.4.16.1	16.1 betriebliche Frauenförderung.....	277
6.4.16.2	Unterstützung der Berufswiederaufnahme nach der Erziehungspause.....	277
6.4.16.3	Angebot von Teilzeitjobs.....	277
6.4.16.4	Möglichkeit des Job-Sharings.....	277
6.4.16.5	Telearbeitsplätze / Heimarbeit.....	277

6.4.17	globales Verantwortungsbewusstsein bei der Zusammenarbeit mit internationalen Lieferanten / Auftragnehmern .....	278
6.4.17.1	Einhaltung der ILO 146-Empfehlungen zur Kinderarbeit ...	279
6.4.17.2	Berücksichtigung kultureller Gegebenheiten am jeweiligen Standort.....	279
6.4.17.3	Unterstützung von Betrieben in Entwicklungsländern.....	279
6.4.18	Ökonomische Aspekte / langfristige Unternehmenssicherung..	280
6.4.18.1	Stabilität der Marktposition .....	281
6.4.18.2	Fremdkapitalanteil .....	281
6.4.18.3	Ökonomische Handlungsgrundsätze .....	281
6.4.18.4	Minimierung von Transportwegen .....	281
6.4.18.5	Erhöhung der Energie- und Ressourcenproduktivität .....	281
6.4.18.6	Innovative Wirtschaftspolitik .....	281
6.4.18.7	Sicherung der Konjunktur-Tragfähigkeit .....	281
6.4.19	Kooperationsbereitschaft mit Anspruchsgruppen (stakeholder)	282
6.4.19.1	Kundenanforderungen hinsichtlich ökologischen, sozialen und ökonomischen Aspekten .....	283
6.4.19.2	Beteiligung an der Erstellung (kommunaler) ökologischer oder sozialer Aktionsprogramme; z. B. lokale Agenda 21 .....	283
6.4.19.3	Behördliche Kooperation .....	283
6.4.19.4	Einbeziehung der Anwohner.....	283
7	Zusammenfassende Bewertung .....	284
7.1	Bewertung des Bezugsobjektes „Floatglas“ .....	284
7.1.1	Auswertung der Ergebnisse.....	284
7.1.2	Diskussion der Ergebnisse für „Floatglas“ und Maßnahmenvorschläge.....	286
7.2	Bewertung des Bezugsobjektes „iplus S“ .....	289
7.2.1	Auswertung der Ergebnisse.....	289
7.2.2	Diskussion der Ergebnisse für „iplus S“ und Maßnahmenvorschläge.....	291
7.3	Vergleichende Gesamtbewertung .....	293
7.4	Abschließende Bewertung des „iplus S“-Halbzeugs .....	297

## V Literaturverzeichnis

Printmedien

Elektronische Medien

## II Abkürzungsverzeichnis

°C	Grad Celsius
a	Jahr
AbfVerbrG	Abfallverbringungsgesetz
AbwV	Abwasserverordnung
Ag	Silber
Al	Aluminium
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Aluminiumoxid
Ar	Argon
AsiG	Arbeitssicherheitsgesetz
BartSchV	Bundesartenschutzverordnung
BAT	Biologischer Arbeitsplatztoleranzwert
BbodSchG	Bundes-Bodenschutzgesetz
BbodSchV	Bundes-Bodenschutzverordnung
BestbüAbfV	Verordnung zur Bestimmung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen
BGleiG	Bundes-Gleichstellungsgesetz
Bi	Wismut
BimSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
BimSchV	Bundesimmissionsschutzverordnung
BnatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BVW	betriebliches Vorschlagswesen
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	Benzol
CaCO <sub>3</sub>	Kalk
CaCO <sub>3</sub> /MgCO <sub>3</sub>	Dolomit
CaO	Kalziumoxid
Cd	Cadmium
CH <sub>4</sub>	Methan
ChemG	Chemikaliengesetz
Cl <sub>2</sub>	Chlor
cm	Zentimeter
CO	Kohlenmonoxid
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
CVD	chemical vapour deposition
d.h.	das heißt
DENO <sub>x</sub>	Entstickung von Rauchgasen
DIN	Deutsches Institut für Normung
EAKV	Verordnung über die Einführung des Europäischen Abfallkatalogs
EfbV	Entsorgungsfachbetriebe-Verordnung
EMAS	Environmental Management Audit System
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
GefStoffV	Gefahrstoffverordnung
GrWV	Grundwasserverordnung

h	Stunde
H <sub>2</sub> O	Wasser
H <sub>2</sub> S	Schwefelwasserstoff
HCHO	Formaldehyd
HCl	Chlorwasserstoff
HF	Fluorwasserstoff
i.d.R.	in der Regel
ILO	International Labour Organisation
ISO	International Standardizing Organization
K	Kelvin
K <sub>2</sub> O	Kaliumoxid
kg	Kilogramm
KrW-AbfG	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz
KVP	kontinuierlichen Verbesserungsprozess
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
L	Liter
LMBG	Lebensmittel- und Bedarfsgegenstände- gesetz
m <sup>2</sup>	Quadratmeter
m <sup>3</sup>	Kubikmeter
MAK	Maximale Arbeitsplatzkonzentration
mbar	millibar
Mg	Megagramm
MgO	Magnesiumoxid
MIPS	Materialinput pro Serviceeinheit
N <sub>2</sub> O	Distickstoffoxid (Lachgas)
Na <sub>2</sub> O	Natriumoxid
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Natriumsulfat (Hüttenrauch)
NachwV	Verordnung über Verwertungs- und Beseitigungsnachweise
NaCO <sub>3</sub>	Soda
NaO <sub>2</sub>	Natriumoxid
NaOH	Natriumhydroxid
Nm <sup>3</sup>	Normkubikmeter
NO	Stickstoffmonoxid
NO <sub>2</sub>	Stickstoffdioxid
NO <sub>x</sub>	Stickoxide
O <sub>3</sub>	Ozon
PAK	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe
Pb	Blei
PCB	polychlorierte Biphenyle
SiO <sub>2</sub>	Siliziumdioxid
SO <sub>2</sub>	Schwefeldioxid
SprG	Sprengstoffgesetz
TA Abfall	Technische Anleitung für Abfall

---

TA Lärm	Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm
TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
TASi	Technische Anleitung für Siedlungsabfall
TgV	Transportgenehmigungs-Verordnung
Ti	Titan
TRK	Technische Richtkonzentration
TVO	Trinkwasserverordnung
TzBfG	Gesetzes über Teilzeitarbeit und befristete Arbeitsverträge
u.ä.	und ähnliches
u.a.	unter anderem
UPB	Umweltorientiertes-Produkt-Bewertungs-system
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VerpackV	Verpackungsverordnung
Vol. %	Volumenprozent
WBCSD	Councils for Sustainable Development
WCED	Internationale Kommission für Umwelt und Entwicklung
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
Zn	Zink

### III Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 2-1: MUSTERDARSTELLUNG AGGREGIERTER ERGEBNISSE DES LEITKRITERIUMS X.....	39
ABBILDUNG 3-1: SCHEMATISCHE DARSTELLUNG EINER RESSOURCEN-KASKADE FÜR DREI NACHFOLGEPRODUKTE .....	45
ABBILDUNG 3-2: ERGEBNIS EINES STANDARD DURCHLAUFS DES CLUB OF ROME-WACHSTUMSMODELLS; QUELLE: E. U. WEIZSÄCKER U. A., FAKTOR VIER, DOPPELTER WOHLSTAND – HALBIERTER NATURVERBRAUCH, 1996 .....	52
ABBILDUNG 3-3: GRUNDSÄTZLICHE MÖGLICHKEITEN ZUR NUTZUNG DES REGENERATIVEN ENERGIEANGEBOTS; QUELLE: M. KALTSCHMITT, A. WIESE; ERNEUERBARE ENERGIEN, 1997 .....	53
ABBILDUNG 3-4: ÖKOLOGISCHE EFFEKTE WÄHREND EINES PRODUKTLEBENS; VERÄNDERT NACH WWW.WUPPERINST.ORG.....	56
ABBILDUNG 3-5: PRINZIP DER KREISLAUFWIRTSCHAFT; NACH WWW.IQ.UNI-HANNOVER.DE .....	62
ABBILDUNG 3-6: BILDZEICHEN RECYCLING ALLGEMEIN NACH DIN 30600 (LINKS) / VEREINFACHTES BILDZEICHEN RECYCLING NACH DIN 30600 (RECHTS); QUELLE: DIN 6120-1 – KENNZEICHNUNG VON PACKMITTELN UND PACKSTOFFEN ZU DEREN VERWERTUNG, DEZEMBER 1996 .....	74
ABBILDUNG 3-7: METALLSCHAUMPLATTE MIT SANDWICHSTRUKTUR; QUELLE: WWW.HMI.DE.....	76
ABBILDUNG 3-8: DEMONTAGEFREUNDLICHE SCHNAPPVERBINDUNGEN; QUELLE: WWW.C-WILLMANN.DE.....	79
ABBILDUNG 3-9: RECYCLINGGERECHTE VERBINDUNGSELEMENTE; QUELLE: VDI RICHTLINIE 2243 BLATT 1 .....	81
ABBILDUNG 3-10: AUTOMATISCHE ENTSTÜCKUNGSANLAGE ZUR DEMONTAGE VON ELEKTRONIKSCHROTT; QUELLE: WWW.RIF.FUEDO.DE.....	83
ABBILDUNG 3-11: WIRKUNGSKATEGORIEN INDUSTRIELLER PROZESSE; QUELLE: G. FLEISCHER, PRODUKTIONSINTEGRIERTER UMWELTSCHUTZ, 1994 .....	90
ABBILDUNG 3-12: PRINZIPIELLE DARSTELLUNG OFFENER SYSTEME (LINKS), VERWERTUNGSKASKADEN (MITTE) UND GESCHLOSSENER SYSTEME (RECHTS); QUELLE: M. BANK, BASISWISSEN UMWELTTECHNIK, 2000 .....	91
ABBILDUNG 3-13: NATÜRLICHER WASSERKREISLAUF (VEREINFACHT) MIT DIREKTEN ANTHROPOGENEN EINGRIFFEN; QUELLE: M. BANK, BASISWISSEN UMWELTTECHNIK, 2000.....	94
ABBILDUNG 3-14: SCHEMATISCHE DARSTELLUNG KLIMARELEVANTER EFFEKTE; QUELLE WWW.UPI-INSTITUT.DE.....	97
ABBILDUNG 3-15: ENTWICKLUNG VON MENGEN UND QUOTEN VERWERTETER VERKAUFSVERPACKUNGEN; QUELLE: WWW.MUF.RLP.DE .....	104
ABBILDUNG 3-16: ÜBERSICHT DER RÜCKNAHMEBESTIMMUNGEN DER VERPACKUNGSVERORDNUNG, NACH M. BANK, BASISWISSEN UMWELTTECHNIK, 2000 .....	113
ABBILDUNG 3-17: DIE VERSCHIEDENEN ANSATZPUNKTE VON UMWELTAUFLAGEN; QUELLE: WICKE, L., VAHLENS HANDBÜCHER DER WIRTSCHAFTS- UND SOZIALWISSENSCHAFTEN, IN: UMWELTÖKONOMIE, 1993.....	125

ABBILDUNG 3-18: SCHEMATISCHE DARSTELLUNG EXEMPLARISCHER, DURCH DIE EINBEZIEHUNG VON MITARBEITERN ERZIELBARER EFFEKTE; QUELLE: VERÄNDERT NACH WWW.SYMPOSION.D .....	127
ABBILDUNG 3-19: FORMEN DER MITARBEITER-EINBEZIEHUNG; QUELLE: WWW.UMSETZUNGSBERATUNG.DE .....	128
ABBILDUNG 3-20: UMSETZUNG DES BETRIEBLICHEN VORSCHLAGSWESENS; NACH WWW.QM-TREND.DE .....	129
ABBILDUNG 3-21: AUFGABENFELD DES BETRIEBSBEAUFTRAGTEN FÜR UMWELTSCHUTZ IM RAHMEN DER MITARBEITERMOTIVATION; QUELLE: NACH SIETZ, M., LEITFADEN FÜR UMWELTHANDBÜCHER MIT PRAXISBEISPIELEN, 1995 .....	131
ABBILDUNG 3-22: SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DES TRANSFAIR-PRINZIPS; QUELLE: WWW.TRANSFAIR.ORG .....	142
ABBILDUNG 3-23: WECHSELWIRKUNGEN ZWISCHEN SOZIAL / POLITISCHEN, WIRTSCHAFTLICHEN UND ÖKOLOGISCHEN SYSTEMEN; QUELLE: W. HERMANN, LOKALE AGENDA 21 – ANSTÖßE ZUR ZUKUNFTSFÄHIGKEIT, 2000) .....	144
ABBILDUNG 3-24: IDEALISIERTER KONJUNKTURABLAUF; QUELLE: A. WOLL, ALLGEMEINE VOLKSWIRTSCHAFTSLEHRE, 1993 .....	151
ABBILDUNG 4-1: KRISTALLINES SiO <sub>2</sub> (LINKS), GLASIGES SiO <sub>2</sub> (RECHTS); QUELLE: WWW.UNI-BAYREUTH.DE .....	157
ABBILDUNG 4-2: EINLAGERUNG VON NATRIUM IN DAS SILICIUMDIOXID-GERÜST; QUELLE: WWW.A-M.DE .....	158
ABBILDUNG 4-3: ZUSTANDSDIAGRAMM VON GLAS (V-T-DIAGRAMM SCHEMATISCH) MIT: T <sub>L</sub> = LIQUIDUSTEMPERATUR; T <sub>F1</sub> UND T <sub>F2</sub> = FIKTIVE TEMPERATUREN UNTERSCHIEDLICH SCHNELL ABGECÜHLTER SCHMELZEN. DOPPELT GEZEICHNETE LINIEN KENNZEICHNEN THERMODYNAMISCH STABILE ZUSTÄNDE; QUELLE: G. NÖLLE, TECHNIK DER GLASHERSTELLUNG, 1997 .....	158
ABBILDUNG 5-1: INTERPANE-STANDORT IN LIEBERSEE / BELGERN; QUELLE: WWW.INTERPANE.DE .....	160
ABBILDUNG 5-2: INTERPANE-STANDORT HÄSEN; QUELLE: WWW.INTERPANE.DE ....	160
ABBILDUNG 5-3: INTERPANE-STANDORT PLATTLING; QUELLE: WWW.INTERPANE.DE .....	161
ABBILDUNG 5-4: INTERPANE-WERK IN HOERDT, FRANKREICH .....	161
ABBILDUNG 5-5: INTERPANE-STANDORT SEINGBOUSE (FRANKREICH) .....	162
ABBILDUNG 5-6: INTERPANE-STANDORT WESTENDORF; QUELLE: WWW.INTERPANE.DE .....	162
ABBILDUNG 5-7: INTERPANE-STANDORT LAUENFÖRDE; QUELLE: INTERPANE-BROSCHÜRE „WIR MACHEN MEHR AUS GLAS“, 2003 .....	164
ABBILDUNG 5-8: UMWELTORGANISATION DES UNTERNEHMENS INTERPANE, STANDORT LAUENFÖRDE; QUELLE: INTERPANE, UMWELTERKLÄRUNG 2000 .....	165
ABBILDUNG 5-9: SCHNITT DURCH EINE INTERPANE ISOLIERGLAS-EINHEIT; QUELLE: INTERPANE - GESTALTEN MIT GLAS, 2002 .....	168
ABBILDUNG 5-10: AUFBAU DER IPLUS S-FUNKTIONSSCHICHT; QUELLE: INTERPANE – VERARBEITUNG VON BESCHICHTETEM BASISGLAS ZU WARMGLAS, 2002 .....	169
ABBILDUNG 5-11: SCHNITT DURCH DAS IPLUS NEUTRAL S-WARMGLASSYSTEM; QUELLE: INTERPANE – GESTALTEN MIT GLAS, 2002 .....	169

ABBILDUNG 5-12: PROZESSE BEIM SPUTTERN MIT EINEM METALLTARGET IN REINER ARGONATMOSPHERE; QUELLE: GLÄSER, J., DÜNNFILMTECHNOLOGIE AUF FLACHGLAS, 1999.....	174
ABBILDUNG 5-13: SPUTTERANLAGE IM HAUSE INTERPANE, LAUFENFÖRDE .....	175
ABBILDUNG 5-14: EINSCHLEUSUNG DES FLOATGLASES IN DIE SPUTTERANLAGE ....	175
ABBILDUNG 5-15: KREISLAUFFÜHRUNG DES WASCHWASSERS .....	176
ABBILDUNG 6-1: FLOATHERSTELLUNG AM STANDORT SEINGBOUSE (FRANKREICH) DES JOINT-VENTURES PILKINGTON / INTERPANE.....	227
ABBILDUNG 6-2: SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DES FLACHGLASHERSTELLUNGSPROZESSES NACH DEM FLOAT-VERFAHREN, MIT A) SEITENANSICHT; B) AUFSICHT; QUELLE: GLÄSER, L., DÜNNFILMTECHNOLOGIE AUF FLACHGLAS, 1999 .....	228
ABBILDUNG 6-3: DARSTELLUNG DER BEIM FLOATPROZESS RELEVANTEN ROHSTOFFSTRÖME.....	230
ABBILDUNG 6-4: QUALITATIVE DARSTELLUNG VON WASSEREINSATZ UND EMISSIONEN WÄHREND DES FLOATPROZESSES .....	231
ABBILDUNG 6-5: DARSTELLUNG DER REGENERATIVEN FRISCHLUFT- UND RAUCHGASSTRÖME WÄHREND DES SCHMELZPROZESSES .....	234
ABBILDUNG 7-1: PROZENTUALE VERTEILUNG DER A-, B- UND C-WERTUNGEN IM RAHMEN DER FLOATGLAS-BEWERTUNG .....	284
ABBILDUNG 7-2: DARSTELLUNG DER A-, B-, C-VERTEILUNG BEZÜGLICH DER EINZELNEN LEITKRITERIEN IM RAHMEN DER FLOATGLAS-BEWERTUNG.....	285
ABBILDUNG 7-3: PROZENTUALE VERTEILUNG DER A-, B- UND C-WERTUNGEN IM RAHMEN DER „IPLUS S“-BEWERTUNG.....	289
ABBILDUNG 7-4: DARSTELLUNG DER A-, B-, C-VERTEILUNG BEZÜGLICH DER EINZELNEN LEITKRITERIEN IM RAHMEN DER „IPLUS S“-BEWERTUNG.....	290
ABBILDUNG 7-5: GESAMTBEWERTUNGEN DER PRODUKTE „FLOATGLAS“ UND „IPLUS S“ .....	293
ABBILDUNG 7-6: GEGENÜBERSTELLUNG DER PROZENTUALEN ANTEILE DER C-WERTUNGEN HINSICHTLICH DER BEZUGSOBJEKTE „FLOATGLAS“ UND „IPLUS S“ .....	295
ABBILDUNG 7-7: GEGENÜBERSTELLUNG DER PROZENTUALEN ANTEILE DER A-WERTUNGEN HINSICHTLICH DER BEZUGSOBJEKTE „FLOATGLAS“ UND „IPLUS S“ .....	296

## IV Tabellenverzeichnis

TABELLE 2-1: ALLGEMEINES BEWERTUNGSPRINZIP .....	36
TABELLE 2-2: EXEMPLARISCHES BEWERTUNGSMUSTER.....	37
TABELLE 2-3: BEWERTUNGSSCHLÜSSEL FÜR DIE ZUSAMMENFASSENDE PRODUKTBEWERTUNG.....	39
TABELLE 3-1: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „BEDÜRFNISSE UND ANFORDERUNGEN DER KONSUMENTEN.....	43
TABELLE 3-2: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „SERVICEANGEBOT (Z.B. MIETEN ODER LEASEN)“ .....	44
TABELLE 3-3: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „RESSOURCEN-KASKADE“ ....	46
TABELLE 3-4: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „PRODUKTSYSTEM“ .....	46
TABELLE 3-5: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „REDUKTION DES MATERIALINPUTS“ .....	49
TABELLE 3-6: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „WIEDER- / WEITERVERWENDUNG“ .....	50
TABELLE 3-7: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „EINSATZ VON SEKUNDÄRROHSTOFFEN“ .....	51
TABELLE 3-8: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „ERSETZEN VON NICHT ERNEUERBAREN RESSOURCEN DURCH ERNEUERBARE“ .....	53
TABELLE 3-9: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „ERSETZEN SELTEN VORKOMMENDER MATERIALIEN DURCH WENIGER SELTENE“ .....	54
TABELLE 3-10: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „MINIMIEREN DES EINSATZES SELTEN VORKOMMENDER MATERIALIEN“ .....	55
TABELLE 3-11: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „OPTIMIEREN DER ZUVERLÄSSIGKEIT“ .....	57
TABELLE 3-12: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „MINIMIEREN DES VERSCHLEIßES“ .....	58
TABELLE 3-13: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „ZEITLOSES DESIGN“ .....	58
TABELLE 3-14: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „ERWEITERBARKEIT“ .....	59
TABELLE 3-15: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „EINFACHE REINIGUNG“ .....	60
TABELLE 3-16: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „EINFACHE WARTUNG“ .....	60
TABELLE 3-17: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „EINFACHE REPARIERBARKEIT“ .....	61
TABELLE 3-18: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „LANGE GARANTIEDAUER“ ..	62
TABELLE 3-19: BEISPIELE ZUM RECYCLING; QUELLE: NACH VDI-RICHTLINIE 2243 BLATT 1 .....	64
TABELLE 3-20: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „MODULARES DESIGN“ .....	65
TABELLE 3-21: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „LEICHTER ZUGANG ZU KOMPONENTEN“ .....	65
TABELLE 3-22: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „KORROSIONSSCHUTZ“ .....	68
TABELLE 3-23: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „STANDARDISIERUNG VON KOMPONENTEN UND VERBINDUNGSELEMENTEN“ .....	69
TABELLE 3-24: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „RECYCLINGFÄHIGKEIT“ .....	71
TABELLE 3-25: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „EINSATZ RECYCLIERBARER MATERIALIEN“ .....	72

TABELLE 3-26: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „GERINGE MATERIALVIELFALT“ .....	72
TABELLE 3-27: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „MATERIALKOMPATIBILITÄT“ .....	73
TABELLE 3-28: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „ZUSATZSTOFFE“ .....	74
TABELLE 3-29: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „MATERIALKENNZEICHNUNG“ .....	75
TABELLE 3-30: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „LOKALE KONZENTRATION VON BAUTEILEN MIT GLEICHEN RECYCLINGEIGENSCHAFTEN“ .....	75
TABELLE 3-31: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „PRODUKT-STRUKTUR“ .....	77
TABELLE 3-32: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „ERKENNBARKEIT VON VERBINDUNGSELEMENTEN“ .....	77
TABELLE 3-33: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „ZUGANG ZU VERBINDUNGSELEMENTEN“ .....	78
TABELLE 3-34: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „LÖSBARKEIT VON VERBINDUNGEN“ .....	80
TABELLE 3-35: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „ANZAHL DER VERBINDUNGSELEMENTE“ .....	80
TABELLE 3-36: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „VERZICHT AUF VERBUNDÄHNLICHE MATERIALKOMPLEXE“ .....	82
TABELLE 3-37: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „ANZAHL DER KOMPONENTEN“ .....	82
TABELLE 3-38: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „WERKZEUGBEDARF“ .....	83
TABELLE 3-39: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „AUTOMATISCHE ZERLEGBARKEIT“ .....	84
TABELLE 3-40: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „EINSATZ VON GEFÄHRSTOFFEN“ .....	86
TABELLE 3-41: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „EINSATZ VON BESONDERS GEFÄHRLICHEN STOFFEN“ .....	87
TABELLE 3-42: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „ABTRENNBARKEIT VON GEFÄHRSTOFFEN“ .....	87
TABELLE 3-43: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „GESELLSCHAFTLICHE AKZEPTANZ“ .....	88
TABELLE 3-44: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „GEFÄHRDUNGS- BZW. STÖRFALLPOTENZIAL“ .....	89
TABELLE 3-45: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „ABFALLAUFKOMMEN“ .....	92
TABELLE 3-46: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „ENERGIEVERBRAUCH“ .....	93
TABELLE 3-47: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „WASSERVERBRAUCH“ .....	94
TABELLE 3-48: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „BESONDERS ÜBERWACHUNGSBEDÜRFTIGE ABFÄLLE“ .....	95
TABELLE 3-49: WICHTIGE LUFTSCHADSTOFFE UND IHRE WIRKUNGEN AUF DIE MENSCHLICHE GESUNDHEIT; VERÄNDERT NACH G. BAUMBACH, LUFTREINHALTUNG, 1994 .....	99
TABELLE 3-50: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „EMISSIONEN“ .....	100
TABELLE 3-51: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „GEFÄHRSTOFFE AN DEN ARBEITSPLÄTZEN“ .....	101
TABELLE 3-52: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „UMWELTRECHTLICHE ANFORDERUNGEN“ .....	102

TABELLE 3-53: BERECHNUNGSFORMEL DER VERWERTUNGSQUOTE; QUELLE: VERÄNDERT NACH WWW.UMWELTMINISTERIUM.BAYERN.DE .....	103
TABELLE 3-54: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „VERWERTUNGSQUOTE“ ...	104
TABELLE 3-55: KRITERIEN AN DAS UMWELTMANAGEMENTSYSTEM NACH EMAS UND DIN EN ISO 14001; QUELLE: NACH M. BANK, BASISWISSEN UMWELTECHNIK, 2000 .....	105
TABELLE 3-56: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „FUNKTIONIERENDES UMWELTMANAGEMENT-SYSTEM“ .....	106
TABELLE 3-57: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „GESUNDHEITSSCHÄDLICHE EMISSIONEN“ .....	107
TABELLE 3-58: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „VERBRAUCHERINFORMATION“ .....	107
TABELLE 3-59: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „UNFALLGEFAHR“ .....	108
TABELLE 3-60: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „FOLGERUCKSACK, BETRIEBSMITTELEINSATZ“ .....	109
TABELLE 3-61: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „VERSTÄNDLICHKEIT DER GEBRAUCHS-ANWEISUNG“ .....	109
TABELLE 3-62: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „VERPACKUNGSDEFINITION“ .....	112
TABELLE 3-63: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „RÜCKNAHMEFÄHIGE VERPACKUNG“ .....	114
TABELLE 3-64: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „WIEDERVERWENDBARE VERPACKUNG“ .....	114
TABELLE 3-65: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „RÜCKNAHMESYSTEM“ .....	115
TABELLE 3-66: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „REDUKTION VON MASSE UND VOLUMEN“ .....	116
TABELLE 3-67: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „SCHADSTOFFE AUF VERPACKUNGEN“ .....	117
TABELLE 3-68: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „RECYCLIERBARE VERPACKUNG“ .....	117
TABELLE 3-69: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „EINSATZ RECYCLIERTER MATERIALIEN“ .....	118
TABELLE 3-70: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „EINSATZ BIOLOGISCH ABBAUBARER MATERIALIEN“ .....	119
TABELLE 3-71: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „VERMEIDEN VON SCHADSTOFFEN BEI DER ENTSORGUNG“ .....	120
TABELLE 3-72: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „KENNZEICHNUNG VON SCHADSTOFFHALTIGEN KOMPONENTEN“ .....	121
TABELLE 3-73: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „GARANTIE NATÜRLICHER MATERIALIEN“ .....	121
TABELLE 3-74: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „KOSTEN, DIE DAS UNTERNEHMEN AUFBRINGEN MUSS, UM BESTIMMTE ROH-, HILFS- ODER BETRIEBSSTOFFE ZU ERSETZEN“ .....	123
TABELLE 3-75: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „RESSOURCENPRODUKTIVITÄTSVERLUSTE“ .....	123
TABELLE 3-76: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „UMWELTBEOZUGENE GEBÜHREN UND AUFLAGEN“ .....	125

TABELLE 3-77: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „ARBEITSBEDINGUNGEN“	126
TABELLE 3-78: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „EINBEZIEHUNG DER MITARBEITER IN BETRIEBLICHE ENTSCHEIDUNGSPROZESSE“	128
TABELLE 3-79: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „QUALITÄT DER KOMMUNIKATION, Z.B. BETRIEBLICHES VORSCHLAGSWESEN“	130
TABELLE 3-80: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „UMWELTMOTIVATION“	131
TABELLE 3-81: AUSBILDUNG SOZIALER KOMPETENZ; QUELLE: GEÄNDERT NACH WWW.AWM-CONSULTING.DE	132
TABELLE 3-82: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „SOZIALE KOMPETENZ DES UNTERNEHMENS“	132
TABELLE 3-83: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „INTEGRATION AUSLÄNDISCHER MITARBEITER“	133
TABELLE 3-84: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „INTEGRATION BEHINDERTER BESCHÄFTIGTER“	134
TABELLE 3-85: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „BETRIEBLICHE FRAUENFÖRDERUNG“	135
TABELLE 3-86: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „UNTERSTÜTZUNG DER BERUFSWIEDER-AUFNAHME NACH DER ERZIEHUNGSPAUSE“	136
TABELLE 3-87: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „ANGEBOT VON TEILZEITJOBS“	137
TABELLE 3-88: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „MÖGLICHKEIT DES JOB-SHARINGS“	138
TABELLE 3-89: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „TELEARBEITSPLÄTZE / HEIMARBEIT	139
TABELLE 3-90: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „EINHALTUNG DER ILO 146-EMPFEHLUNGEN ZUR KINDERARBEIT“	140
TABELLE 3-91: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „BERÜCKSICHTIGUNG KULTURELLER GEGEBENHEITEN AM JEWEILIGEN STANDORT“	141
TABELLE 3-92: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „UNTERSTÜTZUNG VON BETRIEBEN IN ENTWICKLUNGSLÄNDERN“	143
TABELLE 3-93: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „STABILITÄT DER MARKTPPOSITION“	144
TABELLE 3-94: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „FREMDKAPITALANTEIL“	145
TABELLE 3-95: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „ÖKONOMISCHE HANDLUNGSGRUNDSÄTZE“	146
TABELLE 3-96: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „MINIMIERUNG VON TRANSPORTWEGEN“	147
TABELLE 3-97: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „ERHÖHUNG DER ENERGIE- UND RESSOURCENPRODUKTIVITÄT“	150
TABELLE 3-98: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „INNOVATIVE WIRTSCHAFTSPOLITIK“	151
TABELLE 3-99: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „SICHERUNG DER KONJUNKTURTRAGFÄHIGKEIT“	152
TABELLE 3-100: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „KUNDENANFORDERUNGEN HINSICHTLICH ÖKOLOGISCHEN, SOZIALEN UND ÖKONOMISCHEN ASPEKTEN“	153

TABELLE 3-101: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „BETEILIGUNG AN DER ERSTELLUNG (KOMMUNALER) ÖKOLOGISCHER ODER SOZIALER AKTIONSPROGRAMME; Z.B. LOKALE AGENDA 21 .....	154
TABELLE 3-102: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „BEHÖRDLICHE KOOPERATION“ .....	155
TABELLE 3-103: BEWERTUNGSMUSTER DES KRITERIUMS „EINBEZIEHUNG DER ANWOHNER“ .....	155
TABELLE 4-1: ZUSAMMENSETZUNG; NACH WWW.A-M.DE .....	157
TABELLE 5-1: PRODUKTIONSMENGEN IM JAHR 2002 .....	177
TABELLE 5-2: AUFTEILUNG VON ABFALLMENGEN BEI DER PRODUKTION VON JEWEILS EINER EINHEIT IPLUS R UND IPLUS S .....	179
TABELLE 5-3: AUS DER PRODUKTION VON IPLUS R UND IPLUS S RESULTIERENDE METALLSTAUBABFÄLLE .....	179
TABELLE 5-4: PRODUKTBEZOGENES GESAMTABFALLAUFKOMMEN .....	181
TABELLE 5-5: SONSTIGE ABFÄLLE IM JAHR 2002 .....	181
TABELLE 5-6: GLIEDERUNG DER GESAMTPRODUKTION IM JAHR 2002 .....	182
TABELLE 5-7: ABSOLUTES ABFALLAUFKOMMEN BEZÜGLICH IPLUS S IM JAHR 2002 .....	182
TABELLE 5-8: PRODUKTBEZOGENES ABFALLAUFKOMMEN BEZÜGLICH IPLUS S .....	182
TABELLE 5-9: PRODUKTBEZOGENES GESAMTABFALLAUFKOMMEN BEZÜGLICH IPLUS S .....	183
TABELLE 5-10: ABSOLUTE SCHADSTOFFEMISSIONEN IM JAHR 2002 .....	183
TABELLE 5-11: BEWERTUNGEN DES BEZUGSOBJEKTS „IPLUS S“ ANHAND DER CHECKLISTE „ÖKOEFFIZIENZ / OPTIMALE FUNKTION“ .....	188
TABELLE 5-12: BEWERTUNG DES BEZUGSOBJEKTS „IPLUS S“ ANHAND DER CHECKLISTE „RESSOURCENSCHONUNG“ .....	190
TABELLE 5-13: BEWERTUNG DES BEZUGSOBJEKTES „IPLUS S“ ANHAND DER CHECKLISTE „EINSATZ ERNEUERBARER UND AUSREICHEND VERFÜGBARER RESSOURCEN“ .....	192
TABELLE 5-14: BEWERTUNG DES BEZUGSOBJEKTES „IPLUS S“ ANHAND DER CHECKLISTE „ERHÖHUNG DER LANGLEBIGKEIT“ .....	194
TABELLE 5-15: BEWERTUNG DES BEZUGSOBJEKTES „IPLUS S“ ANHAND DER CHECKLISTE „DESIGN FÜR PRODUKT-WIEDERVERWENDUNG“ .....	196
TABELLE 5-16: BEWERTUNG DES BEZUGSOBJEKTES „IPLUS S“ ANHAND DER CHECKLISTE „DESIGN FÜR MATERIALRECYCLING“ .....	198
TABELLE 5-17: BEWERTUNG DES BEZUGSOBJEKTES „IPLUS S“ ANHAND DER CHECKLISTE „DESIGN FÜR LEICHTE ZERLEGBARKEIT“ .....	200
TABELLE 5-18: BEWERTUNG DES BEZUGSOBJEKTES „IPLUS S“ ANHAND DER CHECKLISTE „MINIMIERUNG DES EINSATZES GEFÄHRLICHER STOFFE“ .....	202
TABELLE 5-19: BEWERTUNG DES BEZUGSOBJEKTES „IPLUS S“ ANHAND DER CHECKLISTE „UMWELTFREUNDLICHE PRODUKTION“ .....	204
TABELLE 5-20: BEWERTUNG DES BEZUGSOBJEKTES „IPLUS S“ ANHAND DER CHECKLISTE „MINIMIERUNG DER AUSWIRKUNG WÄHREND DER NUTZUNGSPHASE“ .....	206
TABELLE 5-21: BEWERTUNG DES BEZUGSOBJEKTES „IPLUS S“ ANHAND DER CHECKLISTE „UMWELTFREUNDLICHE VERPACKUNG“ .....	208

TABELLE 5-22: BEWERTUNG DES BEZUGSOBJEKTES „IPLUS S“ ANHAND DER CHECKLISTE „UMWELTFREUNDLICHE BESEITIGUNG NICHT VERWERTBARER MATERIALIEN“ .....	210
TABELLE 5-23: BEWERTUNG DES KRITERIUMS „UMWELTFREUNDLICHE LOGISTIK“ ..	212
TABELLE 5-24: BEWERTUNG DES BEZUGSOBJEKTES „IPLUS S“ ANHAND DER CHECKLISTE „BETRIEBLICHE UMWELTKOSTEN“ .....	214
TABELLE 5-25: BEWERTUNG DES BEZUGSOBJEKTES „IPLUS S“ ANHAND DER CHECKLISTE „ALLGEMEINE SOZIALE NACHHALTIGKEITSAKTOREN“ .....	216
TABELLE 5-26: BEWERTUNG DES BEZUGSOBJEKTES „IPLUS S“ ANHAND DER CHECKLISTE „GLEICHSTELLUNG DER GESCHLECHTER“ .....	218
TABELLE 5-27: BEWERTUNG DES BEZUGSOBJEKTES „IPLUS S“ ANHAND DER CHECKLISTE „GLOBALES VERANTWORTUNGSBEWUSSTSEIN BEI DER ZUSAMMENARBEIT MIT INTERNATIONALEN LIEFERANTEN / AUFTRAGNEHMERN“	220
TABELLE 5-28: BEWERTUNG DES BEZUGSOBJEKTES „IPLUS S“ ANHAND DER CHECKLISTE „ÖKONOMISCHE ASPEKTE; LANGFRISTIGE UNTERNEHMENS SICHERUNG“ .....	222
TABELLE 5-29: BEWERTUNG DES BEZUGSOBJEKTES „IPLUS S“ ANHAND DER CHECKLISTE „KOOPERATIONSBEREITSCHAFT MIT ANSPRUCHSGRUPPEN (STAKEHOLDER)“ .....	224
TABELLE 6-1: PROZESSBEZOGENE EMISSIONSMASSENSTRÖME UND - KONZENTRATIONEN DER FLOATANLAGE .....	236
TABELLE 6-2: PRODUKT- BZW. PROZESSBEZOGENE SCHADSTOFFMASSENSTRÖME	239
TABELLE 6-3: QUALITATIVES UND QUANTITATIVES AUFKOMMEN RECYCLEBARER BZW. WIEDERVERWENDBARER ABFÄLLE.....	241
TABELLE 6-4: QUALITATIVES UND QUANTITATIVES AUFKOMMEN VORZUBEHANDELNDER ABFÄLLE .....	241
TABELLE 6-5: QUALITATIVES UND QUANTITATIVES AUFKOMMEN DIREKT ENTSORGTER ABFÄLLE .....	242
TABELLE 6-6: PRODUKTBEZOGENES ABFALLAUFKOMMEN .....	243
TABELLE 6-7: BEWERTUNG DES BEZUGSOBJEKTES „FLOATGLAS“ ANHAND DER CHECKLISTE „ÖKOEFFIZIENZ / OPTIMALE FUNKTION“ .....	246
TABELLE 6-8: BEWERTUNG DES BEZUGSOBJEKTES „FLOATGLAS“ ANHAND DER CHECKLISTE „RESSOURCENSCHONUNG“ .....	248
TABELLE 6-9: BEWERTUNG DES BEZUGSOBJEKTES „FLOATGLAS“ ANHAND DER CHECKLISTE „EINSATZ ERNEUERBARER UND AUSREICHEND VERFÜGBARER RESSOURCEN“ .....	250
TABELLE 6-10: BEWERTUNG DES BEZUGSOBJEKTES „FLOATGLAS“ ANHAND DER CHECKLISTE „ERHÖHUNG DER LANGLEBIGKEIT“ .....	252
TABELLE 6-11: BEWERTUNG DES BEZUGSOBJEKTES „FLOATGLAS“ ANHAND DER CHECKLISTE „DESIGN FÜR PRODUKT-WIEDERVERWENDUNG“ .....	254
TABELLE 6-12: BEWERTUNG DES BEZUGSOBJEKTES „FLOATGLAS“ ANHAND DER CHECKLISTE „DESIGN FÜR MATERIALRECYCLING“ .....	256
TABELLE 6-13: BEWERTUNG DES BEZUGSOBJEKTES „FLOATGLAS“ ANHAND DER CHECKLISTE „DESIGN FÜR LEICHTE ZERLEGBARKEIT“ .....	258
TABELLE 6-14: BEWERTUNG DES BEZUGSOBJEKTES „FLOATGLAS“ ANHAND DER CHECKLISTE „MINIMIERUNG DES EINSATZES GEFÄHRLICHER STOFFE“ .....	260

TABELLE 6-15: BEWERTUNG DES BEZUGSOBJEKTS „FLOATGLAS“ ANHAND DER CHECKLISTE „UMWELTFREUNDLICHE PRODUKTION“ .....	262
TABELLE 6-16: BEWERTUNG DES BEZUGSOBJEKTS „FLOATGLAS“ ANHAND DER CHECKLISTE „MINIMIERUNG DER AUSWIRKUNG WÄHREND DER NUTZUNGSPHASE“ .....	264
TABELLE 6-17: BEWERTUNG DES BEZUGSOBJEKTS „FLOATGLAS“ ANHAND DER CHECKLISTE „UMWELTFREUNDLICHE VERPACKUNG“ .....	266
TABELLE 6-18: BEWERTUNG DES BEZUGSOBJEKTS „FLOATGLAS“ ANHAND DER CHECKLISTE „UMWELTFREUNDLICHE BESEITIGUNG NICHT VERWERTBARER MATERIALIEN“ .....	268
TABELLE 6-19: BEWERTUNG DES BEZUGSOBJEKTS „FLOATGLAS“ ANHAND DER CHECKLISTE „EINFÜHRUNG UMWELTFREUNDLICHER LOGISTIK“ .....	270
TABELLE 6-20: BEWERTUNG DES BEZUGSOBJEKTS „FLOATGLAS“ ANHAND DER CHECKLISTE „BETRIEBLICHE UMWELTKOSTEN“ .....	272
TABELLE 6-21: BEWERTUNG DES BEZUGSOBJEKTS „FLOATGLAS“ ANHAND DER CHECKLISTE „ALLGEMEINE SOZIALE NACHHALTIGKEITSAKTOREN“ .....	274
TABELLE 6-22: BEWERTUNG DES BEZUGSOBJEKTS „FLOATGLAS“ ANHAND DER CHECKLISTE „GLEICHSTELLUNG DER GESCHLECHTER“ .....	276
TABELLE 6-23: BEWERTUNG DES BEZUGSOBJEKTS „FLOATGLAS“ ANHAND DER CHECKLISTE „GLOBALES VERANTWORTUNGSBEWUSSTSEIN BEI DER ZUSAMMENARBEIT MIT INTERNATIONALEN LIEFERANTEN / AUFTRAGNEHMERN. ....	278
TABELLE 6-24: BEWERTUNG DES BEZUGSOBJEKTS „FLOATGLAS“ ANHAND DER CHECKLISTE „ÖKONOMISCHE ASPEKTE; LANGFRISTIGE UNTERNEHMENS SICHERUNG“ .....	280
TABELLE 6-25: BEWERTUNG DES BEZUGSOBJEKTS „FLOATGLAS“ ANHAND DER CHECKLISTE „KOOPERATIONSBEREITSCHAFT MIT ANSPRUCHSGRUPPEN (STAKEHOLDER)“ .....	282
TABELLE 7-1: QUANTITATIVE AUFGLIEDERUNG DER A-, B- UND C-KATEGORIEN IM RAHMEN DER FLOATGLAS-BEWERTUNG .....	284
TABELLE 7-2: ZUSAMMENFASSUNG DER MAßNAHMENVORSCHLÄGE IM RAHMEN DER FLOATGLAS-BEWERTUNG .....	288
TABELLE 7-3: QUANTITATIVE AUFGLIEDERUNG DER A-, B- UND C-KATEGORIEN IM RAHMEN DER IPLUS S-BEWERTUNG .....	289
TABELLE 7-4: ZUSAMMENFASSUNG DER MAßNAHMENVORSCHLÄGE IM RAHMEN DER „IPLUS S“-BEWERTUNG .....	292
TABELLE 7-5: GEGENÜBERSTELLUNG DER PRODUKTSPEZIFISCHEN DIREKTEN CO <sub>2</sub> -EMISSIONEN .....	293
TABELLE 7-6: GEGENÜBERSTELLUNG DER STANDORTSPEZIFISCHEN DIREKTEN CO <sub>2</sub> -EMISSIONEN .....	294
TABELLE 7-7: AUFGLIEDERUNG DER JEWEILIGEN PRODUKTSPEZIFISCHEN ENERGIEBEDARFS .....	294
TABELLE 7-8: ZUORDNUNG DER NUMMERIERUNG DER LEITKRITERIEN AUS .....	295



## Zusammenfassung

Im Rahmen der Arbeit wird die Veredelung von Flachglas durch das Sputterverfahren als zweites Glied der Wertschöpfungskette zur Fertigung des „iplus S“-Wärmedämmglassystems im Hause der Interpane Glasbeschichtungsgesellschaft Lauenförde bewertet. Die Bewertung erfolgt mittels des Umweltorientierten-Produkt-Bewertungs-Systems (UPB) und berücksichtigt essentielle Anforderungen an ein nachhaltiges Produktdesign vor dem Hintergrund des gesamten Lebenszyklus. Die jeweiligen Bewertungskriterien erfahren im Vorfeld der Checklistenanwendung eine detaillierte Erläuterung. Im Rahmen der Bewertung wird ein vergleichender Bezug zum unbeschichteten Floatglasprodukt hergestellt. Die vergleichende Produkt-Bewertung erfolgt vor dem Hintergrund des wärmedämmglas-charakteristischen Energie- bzw. CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzials während der Nutzungsphase. Primäres Ziel ist dabei die Bewertung der Verhältnismäßigkeit des aus der Glasbeschichtung resultierenden Mehraufwandes in Bezug auf die Verwendung von unbeschichtetem Floatglas im Zuge der Isolierglasfertigung.

Im Rahmen der Umweltorientierten-Produkt-Bewertung erreichen beide Bezugsobjekte die Gesamt-Wertung B (akzeptable Situation). Dabei weist das „iplus S“-Halbzeug im Vergleich zum Floatglas deutlich mehr C-Bewertungen (ideale Situation) bei einem zugleich wesentlich geringeren A-Anteil (dringender Handlungsbedarf) auf. Diesbezüglich ergeben sich bei „iplus S“ 75,0 % C- und 7,1 % A-Anteile gegenüber 50,6 % C- und 13,6 % A-Anteilen beim unbeschichteten Floatglasprodukt.

Die Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass der Mehraufwand des Beschichtungsprozesses in einem hervorragenden Verhältnis zu den spezifischen Wärmedämmeigenschaften des „iplus S“-Produktes steht. Dieser Schluss ergibt sich bereits auf der Basis der rein quantitativen Werte-Aggregation und Ergebnisdarstellung.

Im Kontext der Ergebnis-Diskussion wird diese Folgerung zusätzlich unterstrichen. Diesbezüglich wird der Aspekt des produktspezifischen Energiebedarfs sowie der produkt- und standortbezogenen Kohlendioxid-Emission herausgestellt. Der gesamte produktspezifische Energieverbrauch des Floatproduktes beträgt 18,72 [kWh / m<sup>2</sup><sub>Float</sub>] gegenüber 1,81 [kWh / m<sup>2</sup><sub>iplus S</sub>] der „iplus S“-Beschichtung. Hinsichtlich der produktspezifischen CO<sub>2</sub>-Emission stehen 1.892,0 [g / m<sup>2</sup><sub>Float</sub>] im Rahmen der Floatglasherstellung lediglich 1,800 [g / m<sup>2</sup><sub>iplus S</sub>] des „iplus S“-Produktes gegenüber. Die standortspezifischen direkten Kohlendioxidemissionen ergeben sich bezüglich des Floatglases zu 57.544 [Mg / a]. Dagegen resultieren aus der Produktion des „iplus S“-Halbzeugs 9,65 [Mg / a].

Zudem kann das „iplus“-Produkt wesentliche Anforderungen sowohl der ökonomischen als auch der sozialen Nachhaltigkeits-Dimension erfüllen.

Die im Rahmen der Bewertung aufgedeckten Schwachstellen können durch die Umsetzung entsprechender Maßnahmen relativ einfach ausgebessert werden.

# 1 Einleitung

## 1.1 Theoretische Ausführungen zur Nachhaltigkeit

Seinen Ursprung hat der Begriff der Nachhaltigkeit im Sachsen des frühen achtzehnten Jahrhunderts, in dem er vom Oberberghauptmann Hans Carl von Carlowitz „erfunden“ wurde. Dieser erkannte die Zusammenhänge, die zu der sich damals verschärfenden Holzknappheit führten und erarbeitete ein Nachhaltigkeitskonzept, das die Verfügbarkeit der Ressource Holz dauerhaft sichern sollte. Der Leitsatz „nur soviel Holz schlagen, wie durch Wiederaufforstung nachwachsen kann“ ist bis heute eine der grundlegenden Handlungsmaximen der Forstwirtschaft.

Der zukunftsfähige Umgang mit Ressourcen stellt bis heute einen wichtigen Aspekt des modernen Nachhaltigkeitsgedankens dar. In diesem Kontext hat der Begriff der „Ressourcen“ allerdings eine erhebliche Ausweitung erfahren. Im Rahmen einer nachhaltigen Entwicklung (sustainable development) umfasst er nicht nur die endlichen und nachwachsenden Rohstoffe, sondern „schließt die vielfältig vernetzten lokalen, regionalen und globalen Ökosysteme und letztendlich die gesamte Erde mit ihrer Atmosphäre ein“ (Brauer, H.: Produktions- und produktintegrierter Umweltschutz, 1996).

Die Entwicklung dieser Erkenntnis fußt in der 1972 einberufenen Stockholmer Konferenz für menschliche Umwelt der UNO („Umweltschutzkonferenz 1972“), in der erste Versuche eines gemeinsamen internationalen Vorgehens zum Schutz der Umwelt unternommen wurden. Ein Resultat war u.a. die Gründung des UN-Umweltprogramms (UNEP) durch die UN-Vollversammlung.

Ein weiterer Schritt in Richtung einer zukunftsfähigen Entwicklung war die 1983 durch die Vereinten Nationen gegründete *Internationale Kommission für Umwelt und Entwicklung* (WCED). Die Arbeit dieser Organisation brachte 1987 den Zukunftsbericht „*Our Common Future*“ hervor, der, benannt nach ihrer Vorsitzenden, auch als *Brundtland-Report* bekannt werden sollte. Die Brundtland-Kommission definierte „nachhaltige Entwicklung“ über zwei Hauptaspekte:

- Befriedigung der Grundbedürfnisse der Armen weltweit
- Verfolgen eines Entwicklungsmusters, das die Verfügbarkeit der endlichen Naturressourcen auch zukünftigen Generationen sichert

*„Die Menschheit ist einer nachhaltigen Entwicklung fähig – sie kann gewährleisten, dass die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt werden, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zur Befriedigung ihrer eigenen Bedürfnisse zu beeinträchtigen.“* (Brundtland-Report, 1987).

Insbesondere der Brundtlandbericht bildete die Basis für die Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung 1992 in Rio de Janeiro.

Auf der Konferenz, die bis heute als *die* Umweltkonferenz schlechthin gilt, wiesen 10.000 Delegierte aus 178 Staaten auf den dringenden Handlungsbedarf zur Rettung der Erde hin. Durch das Kerndokument der internationalen Vereinbarungen zur Förderung einer nachhaltigen und umweltgerechten Entwicklung, der *Rio-Agenda 21*, wurde der Begriff der Nachhaltigkeit endgültig zur globalen Leitlinie zukunftsfähigem Handelns.

Die Agenda 21 liefert konkrete Handlungsgrundsätze, die eine zunehmende Verschlechterung der Situation des Menschen und der Umwelt verhindern und eine nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen sichern sollen.

In der Präambel der Agenda 21 heißt es:

*„Durch eine Vereinigung von Umwelt- und Entwicklungsinteressen und ihre stärkere Beachtung kann es uns jedoch gelingen, die Deckung der Grundbedürfnisse, die Verbesserung des Lebensstandards aller Menschen, einen größeren Schutz und eine bessere Bewirtschaftung der Ökosysteme und eine gesicherte, gedeihlichere Zukunft zu gewährleisten“.*

Aus diesem Wortlaut geht hervor, dass Nachhaltigkeit mehr ist als ein reines „Umweltthema“. Das Aktionsprogramm zielt vielmehr darauf ab, Umweltaspekte in alle anderen politischen Bereiche zu integrieren und enthält u. a. wichtige Aspekte wie die Armutsbekämpfung, Bevölkerungspolitik, Abfall-, Klima- und Energiepolitik, sowie die finanzielle und technische Kooperation von Industrie- und Entwicklungsländern. Eine Bündelung der in diesem Programm enthaltenen Festlegungen führt zu den drei Zieldimensionen der Ökonomie, der Ökologie und des Sozialen, deren übergreifendes Optimierungskonzept die Nachhaltigkeit darstellt.

## 1.2 Anlass und Ziel der Arbeit

Vor dem Hintergrund der sich fortschreitend verschärfenden globalen Situation von Mensch und Umwelt wurde im Rahmen der Konferenz der Vereinten Nationen im Juni 1992 in Rio die Nachhaltigkeit als Leitlinie zukunftsfähigem Handelns allseitig anerkannt. Die marginale Nutzung der Effizienzpotentiale bezüglich des Ressourcenverbrauchs, der sich stetig beschleunigende Klimawandel, die Verknappung essentieller Güter wie Trinkwasser und Boden, die drastische Abnahme der biologischen Vielfalt sowie die sich ausbreitende Kluft zwischen Arm und Reich fordern gerade in den industrialisierten Nationen ein völlig neues ökologisches, ökonomisches sowie soziales Verantwortungsbewusstsein. Es bedarf u.a. der Erkenntnis, dass anthropogenes Handeln systemisch auf die zahllosen, vernetzten Ökosysteme eines Gesamtsystems wirkt, und Nachhaltigkeit nicht kurz- oder mittelfristig durch die punktuelle Beeinflussung von Teilsystemen erreicht werden kann. Nachhaltigkeit stellt vielmehr eine „unbedingt notwendige Entscheidungsorientierung für die Zukunft“ dar (H. Brauer, Handbuch des Umweltschutzes und der Umweltschutztechnik, Band 2, 1996). Es gilt somit Entwicklungen zu fördern, die in Richtung Nachhaltigkeit weisen. Der Kreislaufwirtschaftsgedanke, der im Wesentlichen auf die Reduzierung anthropogener Stoffströme abzielt, stellt in diesem Zusammenhang einen wichtigen Ansatz dar. Die Forderung der Reduzierung des energetischen und stofflichen Ressourcenverbrauchs sowie der erzeugten Abfälle und Emissionen richtet sich dabei besonders an die nördlichen Industrienationen. Einen richtungsweisenden Schritt zur Minimierung der durch Produkte, Dienstleistungen, Betriebe und Prozesse verursachten Umweltbelastungen bildet z.B. der produkt- bzw. produktionsintegrierte Umweltschutz. Dieser verfolgt das Ziel, die spezifischen Umweltbelastungen eines industriellen Produktes zu minimieren und, im Gegensatz zu additiven Umweltschutzmaßnahmen (end-of-pipe-technologies), gar nicht erst entstehen zu lassen. Eine nachhaltige Produktentwicklung geht jedoch über die rein ökologische Beleuchtung produktspezifischer Wirkungsmechanismen hinaus. Da der Begriff der Nachhaltigkeit u.a. eng an den Aspekt der Befriedigung globaler Bedürfnisse sowohl heutiger als auch zukünftiger Generationen gebunden ist, muss die Entwicklung von Produkten unter dem Leitbild der Nachhaltigkeit zudem soziale und wirtschaftliche Effekte berücksichtigen. So kann der Vertrieb eines Produktes z.B. nicht durch seine hohe ökologische Verträglichkeit gerechtfertigt werden, wenn die dazu erforderliche, vollständig automatisierte Produktion zum Abbau zahlreicher Arbeitsplätze führt.

An dieser Stelle wird bereits deutlich, dass die Umsetzung in Richtung Nachhaltigkeit weisender Maßnahmen sehr oft kompromissbehaftet ist. Sie erfordern ein sinnvolles Abwägen für und gegen einen Aspekt sprechender Kriterien mit Ausblick auf langfristige ökologische, ökonomische und soziale Auswirkungen. Da die Fristigkeit der Umsetzung nachhaltiger Entwicklungsvorgänge nicht abschätzbar ist, sollten richtungsweisende Handlungen so früh wie möglich realisiert werden.

Basierend auf diesem Tatbestand ergibt sich der Anlass der Diplomarbeit, ein industriell gefertigtes Produkt unter dem übergeordneten Leitmotiv der Nachhaltigkeit zu bewerten, Schwachstellen aufzuzeigen und geeignete Maßnahmen zu erarbeiten.

In diesem Kontext soll das Isolierglasprodukt „iplus S“ der Firma Interpane bewertet werden. Die Bewertung erfolgt mittels eines Checklistsensystems und erfasst wesentliche Aspekte der ökologischen, wirtschaftlichen und der sozialen Zielebene entlang des gesamten Produktlebenszyklus. Um die erarbeiteten Bewertungen insbesondere quantitativ transparenter darzustellen, wird dementsprechend ein vergleichender Bezug zum Ausgangsprodukt „Floatglas“ des beliefernden Unternehmens Interpane/Pilkington hergestellt. Der Vergleich beider Glastypen zielt im Wesentlichen darauf ab, den zur Beschichtung des Floatglases aufzubringenden Mehraufwand dahingehend zu beurteilen, ob dieser, hinsichtlich des Energie- bzw. CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzials während der Nutzungsphase des Isolierglases, verhältnismäßig ist. Im Folgenden soll unter dem Bezugsobjekt „iplus S“ das zur Fertigung des gleichnamigen Wärmedämmglasprodukts erforderliche Basisglas verstanden werden, um die Vergleichbarkeit beider Produkte unter der gemeinsamen Produktdefinition „Flachglas“ zu ermöglichen.

#### Wortlaut der Aufgabenstellung

*„Erstellung einer vergleichenden Nachhaltigkeitsbewertung von zwei Glassorten bei der Interpane Glas Industrie AG, Lauenförde.*

*Die Nachhaltigkeitsbewertung soll anhand des A,B,C-Schemas erfolgen und graphisch dargestellt werden. Es bedarf einer vorwegzunehmenden Recherche zur Nachhaltigkeitsbewertung von Produkten sowie im zusammenfassenden Ausblick einer Diskussion der Bewertungsergebnisse mit Maßnahmenvorschlägen.“*

## 2 Erläuterung der Bewertungsmethode

### 2.1 Allgemeine Beschreibung

Grundlage der Bewertung des Bezugsobjekts ist das Umweltorientierte-Produkt-Bewertungssystem (UPB), eine Checklistenmatrix, die im Rahmen des Forschungsprojekts „Umweltfreundliche Möbel“ an der Fachhochschule Lippe und Höxter im Jahr 2000 erarbeitet und vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeit um verschiedene Bewertungsaspekte erweitert wurde.

Die Methode basiert im Wesentlichen auf den Prinzipien des Bewertungssystems nach Betz/Vogl, dem Life Cycle Design System sowie dem ABC-System des Umweltbundesamtes. Die Verknüpfung ausgewählter Kriterien dieser drei Bewertungsvorlagen führt zu einem System, das die Bewertung des Bezugsobjekts im Rahmen der ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Zieldimension auf verbal-argumentativer Ebene ermöglicht. Die wesentlichen Vorteile dieser Methodik sind:

- gute Daten-Verfügbarkeit
- relativ geringer Zeit-/Arbeitsaufwand
- erforderliche Sachkenntnis des Bewertungssubjekts
- Aufdecken von Schwachstellen und Generieren von Verbesserungen
- Berücksichtigung von Umwelteigenschaften
- Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus
- Flexibilität und Erweiterbarkeit

(Quelle: nach M. Sietz; Handbuch zur Gestaltung und Entwicklung umweltgerechter Möbel, 2001)

Der wesentliche Nachteil der Methode liegt in der, wenngleich auch relativ geringen, Subjektivität der Bewertungsperson.

Die Anlage des Bewertungssystems bilden 19 Checklisten mit jeweils einem übergeordneten Kriterium. Jedes dieser Leitkriterien gliedert sich in mehrere untergeordnete Merkmale, von denen jedes eine eigene ABC-Einteilung besitzt. Die allgemeine Bewertung erfolgt gemäß dem nachstehend dargestellten Prinzip:

**Tabelle 2-1: Allgemeines Bewertungsprinzip**

A	dringender Handlungsbedarf
B	akzeptable Situation
C	ideale Situation

In der folgenden Tabelle ist das exemplarische Muster einer Checkliste dargestellt:

**Tabelle 2-2: Exemplarisches Bewertungsmuster**

Leitkriterium						
Bezugsprodukt:						
Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Kriterium	Merkmal für die Einordnung in A	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Merkmal für die Einordnung in B		<input type="radio"/>			
	Merkmal für die Einordnung in C			<input type="radio"/>		

## 2.2 Anpassung der Checklistenmatrix

Im Kontext dieser Arbeit wurde das UPB-System um die folgenden Leitkriterien erweitert:

- Gleichstellung der Geschlechter
- Globales Verantwortungsbewusstsein bei der Zusammenarbeit mit internationalen Lieferanten / Auftragnehmern
- Ökonomische Aspekte / langfristige Unternehmenssicherung
- Kooperationsbereitschaft mit Anspruchsgruppen (stake holder)

### Gleichstellung der Geschlechter

Diese Checkliste umfasst die folgenden Merkmale:

- Anteil der Frauen in führenden Positionen
- betriebliche Frauenförderung
- Unterstützung der Berufswiederaufnahme nach Erziehungspause
- Angebot von Teilzeitbeschäftigung
- Möglichkeit des Job-Sharings
- Angebot von Telearbeitsplätzen / Heimarbeit

### Globales Verantwortungsbewusstsein bei der Zusammenarbeit mit internationalen Lieferanten / Auftragnehmern

Dieses Leitkriterium gliedert sich in die Merkmale:

- Einhaltung der ILO 146-Empfehlungen zur Kinderarbeit
- Berücksichtigung kultureller Gegebenheiten am jeweiligen Standort
- Unterstützung von Betrieben in Entwicklungsländern

### Ökonomische Aspekte / langfristige Unternehmenssicherung

Die diesem Leitmerkmal untergeordneten Kriterien sind:

- Stabilität der Marktposition
- Anteil von Fremdkapital
- ökonomische Handlungsgrundsätze
- Minimierung von Transportwegen
- Erhöhung der Energie- und Ressourcenproduktivität
- innovative Wirtschaftspolitik
- Sicherung der Konjunktur-Tragfähigkeit

### Kooperationsbereitschaft mit Anspruchsgruppen (stakeholder)

Das der letzten Checkliste übergeordnete Kriterium umfasst die Merkmale:

- Kundenanforderungen hinsichtlich ökologischer, sozialer und ökonomischer Aspekte
- Beteiligung an der Erstellung (kommunaler) ökologischer oder sozialer Aktionsprogramme; z.B. lokale Agenda 21
- behördliche Kooperation
- Einbeziehung der Anwohner

Des weiteren wurde das Kriterium „allgemeine soziale Nachhaltigkeitsfaktoren“ um die Merkmale „Integration ausländischer Mitarbeiter“ und „Integration behinderter Mitarbeiter“ ergänzt.

### 2.3 Ergebnisauswertung und –darstellung

Nach der A-, B- und C-Einteilung der einzelnen Kriterien erfolgt die Aggregation der Bewertungsergebnisse bezüglich der jeweiligen Leitkriterien. Zu diesem Zweck werden alle mit A, B bzw. C bewerteten Aspekte addiert und auf die Gesamtanzahl der bewerteten Kriterien bezogen. Nicht zutreffende Kriterien und solche, für die keine Daten erhoben werden können, scheiden aus der Bewertung aus. Die Aggregation der Ergebnisse liefert die Bewertung des einzelnen Leitkriteriums. Die Darstellung erfolgt mittels eines Ampeldiagramms, in dem die prozentualen Anteile der A-Bewertungen rot, der B-Bewertungen gelb und der C-Bewertungen grün aufgeführt werden. Das folgende Musterbeispiel stellt die Bewertung des Leitkriteriums X dar. Die drei Bewertungskategorien sind zu diesem Zweck in 20 % A-Bewertung, 50 % B-Bewertung und 30 % C-Bewertung aufgeteilt.

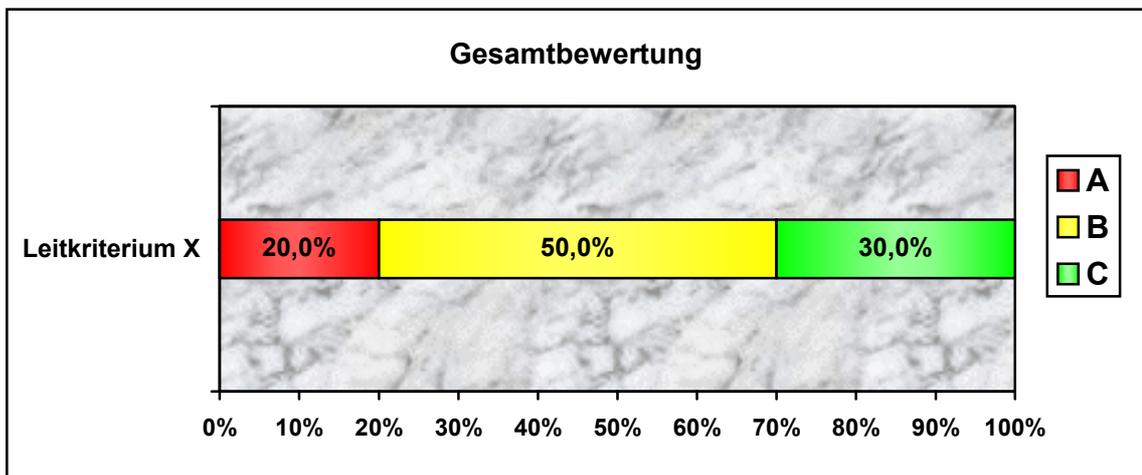


Abbildung 2-1: Musterdarstellung aggregierter Ergebnisse des Leitkriteriums X

Anschließend erfolgt die Zusammenfassung der A-, B-, C-Einteilung zu einem einzigen, das Gesamtprodukt charakterisierenden Wert. Unter Berücksichtigung mehrerer sich eventuell gegenseitig beeinflussender Kriterien erfolgt die Zusammenfassung in Anlehnung an das Betz-Vogl-System. In diesem Zusammenhang entspricht eine abschließende C-Bewertung einem als unbedenklich einzustufenden, 80%igen Umwelterfüllungsgrad nach Betz/Vogl. Der Bewertungsschlüssel nach dem die zusammenfassende Bewertung des Gesamtprodukts unter Berücksichtigung der jeweiligen A-, B-, C-Verteilung erfolgt, ist in der folgenden Tabelle dargestellt:

Tabelle 2-3: Bewertungsschlüssel für die zusammenfassende Produktbewertung

A-Werte	C-Werte	Verknüpfung	Gesamtbewertung
> 20 %	< 50 %	Und / Oder	A
≤ 20 %	> 50 %	Und	B
≤ 10 %	> 80 %	Und	C

Nach diesem Bewertungsmuster kann das Produkt als kritisch (A) bewertet werden, wenn der Anteil der A-Wertungen mehr als 20 % und/oder der Anteil der C-Wertungen weniger als 50 % beträgt. Aufgrund der Gleichgewichtung der einzelnen Kriterien ist eine abschließende, sich ausschließlich auf die aggregierten Werte stützende Beurteilung nicht immer sinnvoll. Vielmehr erscheint es zweckmäßiger, ausgewählten Kriterien unter Berücksichtigung von produktspezifischen Funktionen und Eigenschaften eine jeweils eigene Gewichtung beizumessen und diese mit der rein mathematischen Werte-Aggregation zu einer sinnvollen Bewertung zu verknüpfen.

### 3 Recherche zur Bewertung von Produkten unter nachhaltigen Aspekten

Im Folgenden sollen die Leit- und Einzelkriterien, die die Grundlage des anzuwendenden Checklistsensystems bilden, vorgestellt und im Hinblick auf ihre jeweilige Bedeutung im Rahmen einer Bewertung industrieller Produkte vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeit ausgeführt werden.

#### 3.1 Ökoeffizienz / optimale Funktion

Der Ursprung des allgemeingültig nicht definierten Begriffs der „Ökoeffizienz“ basiert auf den Ansätzen nach Schaltegger und Sturm sowie nach Frank Bossardt, Gründungsmitglied des World Business Councils for Sustainable Development (WBCSD), der den Begriff im Rahmen einer Ausschreibung zur Vorbereitung der Rio-Konferenz 1992 als Schlagwort befürwortete. Beide Ansätze zielen auf die Entwicklung umweltschonender und gleichzeitig profitabler Strategien auf der einzelwirtschaftlichen Ebene ab. Nach Schaltegger / Sturm lässt sich der Begriff der Ökoeffizienz durch die folgenden Formeln beschreiben. Dabei soll unter dem allgemeingültig nicht definierten Begriff der „Schadschöpfung“ die aus der Produkterzeugung und der Produktnutzung resultierenden direkten und indirekten ökologischen Effekte verstanden werden.

$$\Rightarrow \text{Ökoeffizienz} = \frac{\text{Wertschöpfung}}{\text{Schadschöpfung}} \quad \text{Gl. 3-1}$$

bzw.

$$\Rightarrow \text{Ökoeffizienz} = \frac{\text{Deckungsbetrag}}{\text{Schadschöpfungsbetrag}} \quad \text{Gl. 3-2}$$

In diesem Sinne kann „Ökoeffizienz“ definiert werden als:

*„Das Verhältnis von Schadschöpfung pro erzieltm Deckungsbetrag bzw. die Reduktion von erzieltm Deckungsbetrag (Wertschöpfung) pro verursachte Schadschöpfung.“* (Quelle: [www.eco-effizienz.de](http://www.eco-effizienz.de))

Die Definition von Ökoeffizienz nach WBCSD lautet:

*„Eco-Efficiency is reached by the delivery of competitively priced goods and services that satisfy human needs and bring least in line the earth's estimated carrying capacity.“* (Quelle: World Business Councils for Sustainable Development, 1996)

Aufgrund übergeordneter Ziele, wie der Befriedigung menschlicher Grundbedürfnisse (human needs), geht diese Definition über die rein betriebswirtschaftliche Dimension hinaus und stellt einen deutlichen Bezug zu den Anforderungen an eine nachhaltige Entwicklung her. In diesem Zusammenhang sind nach den WBCSD-Empfehlungen folgende Grundsätze zu berücksichtigen:

- Reduzierung der Materialintensität von Gütern und Dienstleistungen
- Reduzierung der Energieintensität von Gütern und Dienstleistungen
- Reduzierung der Verteilung giftiger Stoffe
- Erhöhung der Wiederverwertbarkeit der eingesetzten Materialien
- Maximierung der nachhaltigen / zukunftsfähigen Nutzung erneuerbarer Ressourcen
- Erhöhung der Produktlebensdauer
- Erhöhung der Serviceintensität von Gütern und Dienstleistungen

Im Sinne des WBCSD handelt es sich bei dem Ökoeffizienz-Konzept um einen mittel- bis langfristig angelegten Entwicklungsprozess. Nach dem WBCSD-Ansatz sind im Wesentlichen die drei folgenden Entwicklungsstufen anzustreben:

- Die Steigerung der Prozesseffizienzen betrieblicher Herstellungsverfahren
- Die Entwicklung und Gestaltung von neuen, besseren und effizienteren Produkten
- Die Veränderung der Marktmechanismen. Diese schafft den Rahmen für neue Dienstleistungen anstatt materialintensiver Produkte, reduziert damit den Materialverbrauch, ändert das Konsumverhalten und schafft so nachhaltige Märkte

(Quelle: nach [www.oekoeffizienz.de](http://www.oekoeffizienz.de); [www.eco-effizienz.de](http://www.eco-effizienz.de))

Im Zuge einer massiven Auseinandersetzung mit dem Ökoeffizienz-Konzept seitens Unternehmen innerhalb und außerhalb des WBCSD hat sich die folgende Kurzdefinition als allgemein anerkannt erwiesen:

*„Mehr Werte schaffen und dabei die Umwelt weniger belasten und weniger Ressourcen verwenden“.* (Quelle: [www.eco-effizienz.de](http://www.eco-effizienz.de))

### 3.1.1 Bedürfnisse und Anforderungen der Konsumenten

Im Rahmen dieses Kriteriums erfolgt die Beurteilung der Ökoeffizienz (siehe oben) eines Produktes, wobei die zeitlichen Bilanzgrenzen um dessen Nutzungsphase gefasst werden. Die Bewertung geschieht dementsprechend in Anlehnung an die unter 3.1 aufgeführte Begriffsdefinition. Entscheidend für die Bewertung ist die Verhältnismäßigkeit des Nutzens bzw. der Funktionalität des jeweiligen Produkts bezüglich des produktspezifischen Unterhaltungs- und Folgekostenaufwandes. Die folgende Gleichung soll dies verdeutlichen:

$$\Rightarrow \text{Ökoeffizienz}_{\text{Nutzungsphase}} = \frac{\text{Nutzen; Funktionalität}}{\text{Folgekostenaufwand}} \quad \text{Gl. 3-3}$$

Ist dieses Verhältnis als  $< 1$  anzusehen, hat die (bestimmungsgemäße) Nutzung des Produktes eine Mobilisierung zusätzliche Stoff- und Energieströme zur Folge. Aufgrund der in ökologisch unzumutbarer Weise erhöhten „indirekten“ Materialintensität widerspricht das Produkt u.a. vor dem Hintergrund der Ressourcenschonung den Anforderungen der Nachhaltigkeit und erfährt entsprechend die Wertung A. Idealerweise kann das aufgeführte Verhältnis als  $> 1$  angesehen werden. In diesem Fall hat die Nutzung des Produktes eine Reduzierung der Konsumentenbedürfnisse zur Folge, was eine Bewertung dieses Kriteriums mit C rechtfertigt. Das allgemeine Bewertungsmuster ist nachfolgend dargestellt:

**Tabelle 3-1: Bewertungsmuster des Kriteriums „Bedürfnisse und Anforderungen der Konsumenten“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Bedürfnisse und Anforderungen der Konsumenten	Das Produkt führt zu einer Vergrößerung der Konsumentenbedürfnisse	o			o	o
	Die Konsumentenbedürfnisse werden nicht beeinflusst		o			
	Die Produktstrategie führt zu einer Verringerung der Konsumentenbedürfnisse			o		

### 3.1.2 Serviceangebot (z.B.) Mieten oder Leasen

Die Reduzierung produkt- bzw. produktionsspezifischer Energie- und Materialströme stellt eine der wesentlichen Anforderungen an eine nachhaltige Unternehmens- bzw. Wirtschaftsentwicklung dar. In diesem Kontext muss gemäß der dritten Entwicklungsstufe des WBCSD-Ökoeffizienz-Ansatzes (siehe Kapitel 3.1) der Schritt von der materialintensiven Sachgüterwirtschaft in Richtung Dienstleistungsgesellschaft eingeschlagen werden. Der Produktwert muss dem zur Folge zu möglichst großen Anteilen durch begleitende Serviceangebote und Dienstleistungen anstatt durch produktspezifische Merkmale und Eigenschaften geprägt werden, so dass die betriebliche Absatzrate langfristig eine untergeordnetere Rolle einnimmt. Sofern die jeweiligen Dienstleistungen weniger energie- und materialintensiv sind als die Neufertigung des Produkts (wovon i.d.R. ausgegangen werden kann), lassen sich die produkt- bzw. produktionsspezifischen Energie- und Stoffströme erheblich reduzieren. In diesem Sinne lässt sich ein Produkt idealerweise komplett durch eine Dienstleistung ersetzen. Entsprechend ergibt sich das folgende Bewertungsmuster:

**Tabelle 3-2: Bewertungsmuster des Kriteriums „Serviceangebot (z.B. Mieten oder Leasen)“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
2. Serviceangebot (z.B. Mieten oder Leasen)	Das Produkt kann nicht durch eine Dienstleistung ersetzt werden bzw. es gibt keine produktbegleitenden Serviceangebote	o			o	o
	Ein Teil des Produkts kann durch eine Dienstleistung / die Nutzung verschiedener Verbraucher ersetzt werden bzw. wird teilweise durch ein zusätzliches Serviceangebot ergänzt		o			
	Das Produkt wird durch eine Dienstleistung ersetzt bzw. durch ein zusätzliches Serviceangebot ergänzt			o		

### 3.1.3 Ressourcen-Kaskade

Die Schonung energetischer und stofflicher Ressourcen stellt einen der wesentlichen Ansprüche einer (ökologisch) nachhaltigen Entwicklung dar. Ein essentieller Ansatz besteht diesbezüglich in der Reduktion der Materialintensität industrieller Produkte. Die Grundsätze dieser Handlungsmaxime sind bereits im Rahmen des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes verankert, welches die Abfallwirtschaft als ein Instrumentarium ordnungsgemäßer Abfallentsorgung

sowie zur Schonung natürlicher Ressourcen durch die Verwendung von Abfall als Substitut für primäre Rohstoffe verstehen lässt. Zum Zwecke einer Maximierung der Produktwertschöpfung unter paralleler Minimierung der produktspezifischen Umweltauswirkungen muss bereits im Rahmen der Produktentwicklungsphase auf eine kreislauffähige Konstruktion abgezielt werden, die den Aspekt einer Materialverwertung (siehe Kapitel 3.6 „Design für Materialrecycling“) nach der Produktnutzungsphase in hinreichendem Maße berücksichtigt. Die Vermeidung linearer Stoffströme verlangt dabei eine möglichst vielfache Nutzung der eingesetzten Materialien im Zuge mehrerer Verwertungszyklen, die entweder der erneuten Fertigung des jeweiligen Produkts (Wiederverwertung) oder anderweitigen Zwecken (Weiterverwertung) dienen können. Technische Grenzen liegen vor allem in den Effekten eines Downcyclings, die in Form stetiger Qualitätsverluste der verwerteten Materialien in Erscheinung treten. Die folgende Abbildung zeigt das Prinzip einer Ressourcen-Kaskade, die eine Materialverwertung für drei Nachfolgeprodukte beliebigen Typs zulässt:

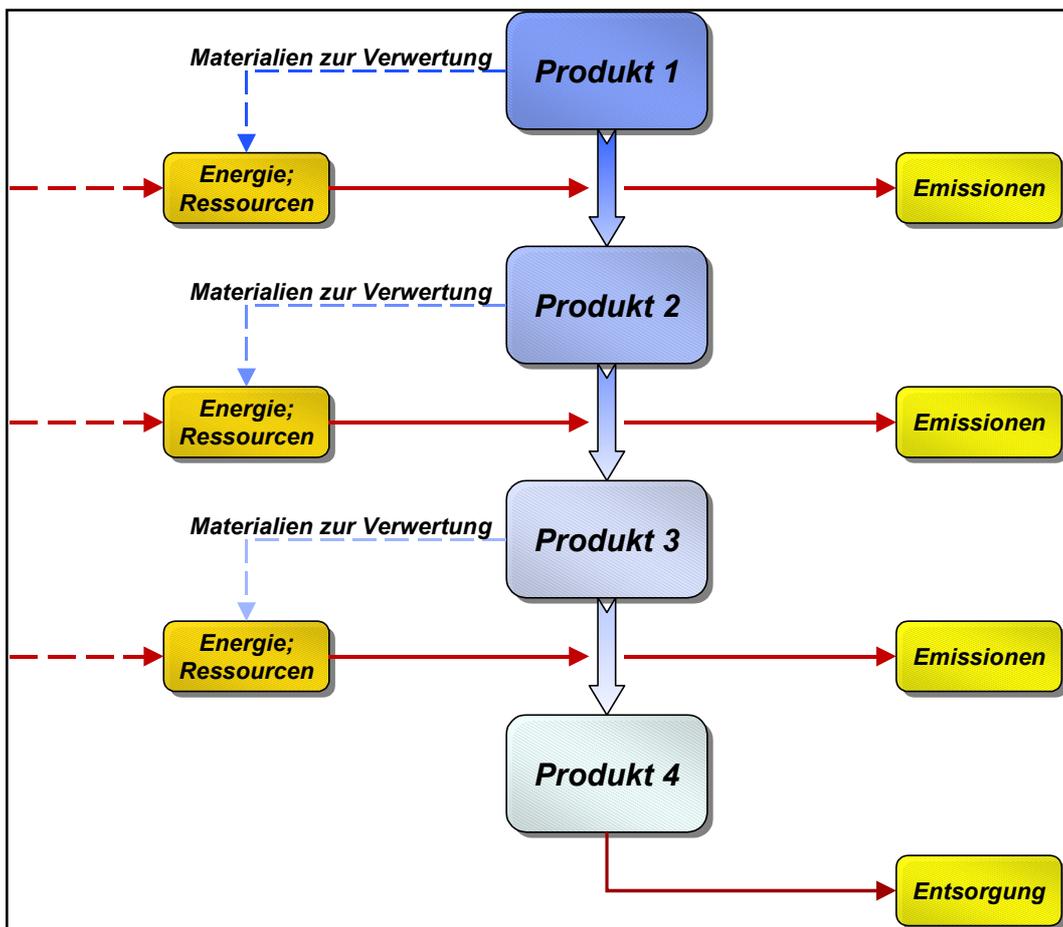


Abbildung 3-1: Schematische Darstellung einer Ressourcen-Kaskade für drei Nachfolgeprodukte

Die Effizienz der umgesetzten Verwertungsmaßnahmen steigt hierbei mit der Anzahl der realisierbaren Verwertungszyklen (so weit diese unter Berücksichtigung sämtlicher ökologischer und ökonomischer Vor- und Nachteile als sinnvoll anzusehen sind). Die Bewertung dieses Kriteriums erfolgt dementsprechend nach folgendem Muster:

**Tabelle 3-3: Bewertungsmuster des Kriteriums „Ressourcen-Kaskade“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
3. Ressourcen-Kaskade	Nur die erste Nutzungsphase wird berücksichtigt	o			o	o
	Die Verwertung wird für zwei Nachfolgeprodukte berücksichtigt		o			
	Die Verwertung wird für mehr als zwei Nachfolgeprodukte berücksichtigt			o		

### 3.1.4 Produktsystem

Die Bewertung der Auswirkungen des Produktsystems erfolgt mittels einer Wirkungsbilanz, wie sie im Rahmen einer Ökobilanzierung aufgestellt wird. Ziel ist dabei die Erfassung ökologischer Auswirkungen, die von der Produktion oder dem Produkt selbst ausgehen. Als Bilanzgegenstand können dabei alle möglichen Einflüsse auf lokale, regionale oder globale Ökosysteme angesehen werden. Auf das detaillierte Prozessschema einer produktbezogenen Ökobilanz soll an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden.

**Tabelle 3-4: Bewertungsmuster des Kriteriums „Produktsystem“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
4. Produktsystem	Die Auswirkungen des Produktsystems werden nicht berücksichtigt / reduziert	o			o	o
	Die Auswirkungen des Produktsystems werden berücksichtigt und reduziert		o			
	Die Auswirkungen des Produktsystems werden berücksichtigt und stark reduziert			o		

## 3.2 Ressourcenschonung

Im Brundtlandbericht (siehe Kapitel 1.1 „Theoretische Ausführungen zur Nachhaltigkeit“) erfolgt die Definition der Nachhaltigkeit als eine Entwicklung, die *„den Bedürfnissen heutiger Generationen entspricht, ohne die Chancen zukünftiger Generationen zu gefährden“*. Jedwede Form der Bedarfsdeckung bzw. der Befriedigung von Bedürfnissen unterschiedlichster Art setzt zwingend die Verfügbarkeit entsprechender Ressourcen voraus. Die Chancen zukünftiger Generationen werden demnach entscheidend von der zukünftigen Verfügbarkeit wesentlicher Ressourcen bestimmt. Der verantwortungsbewusste Umgang mit Ressourcen stellt sich auf diese Weise als eine der essenziellsten Anforderungen an eine zukunftsfähige Entwicklung dar. Die Bedeutung der Thematik „Ressourcenschonung“ spiegelt sich z.B. in der Verankerung des Schutzes der natürlichen Lebensgrundlagen künftiger Generationen im Grundgesetz wieder:

*„Der Staat schützt auch in Verantwortung für die künftigen Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen...“* (Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland, Artikel 20a).

Des Weiteren ist der Grundsatz der Ressourcenschonung in §1 des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes festgeschrieben, indem als Zweck des Gesetzes (neben der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen) explizit die Schonung der natürlichen Ressourcen angegeben ist:

*„Zweck des Gesetzes ist die Förderung der Kreislaufwirtschaft zur Schonung der natürlichen Ressourcen...“* (Kreislaufwirtschaft- und Abfallgesetz, §1)

Grundsätzlich lassen sich im Rahmen der Nachhaltigkeit die folgenden Ressourcen-Formen unterscheiden:

### Nicht regenerierbare Ressourcen

Nicht erneuerbare Ressourcen sind in diesem Zusammenhang nicht in globale Stoffkreisläufe integriert, so dass ihre Nutzung zwangsläufig verschwenderischen Charakters ist <sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Dieser Definition von nicht erneuerbaren Ressourcen liegt die Annahme zugrunde, dass die Neubildung dieser Rohstoffe zwar grundsätzlich erfolgen mag, zeitlich jedoch nicht absehbar ist.

### Regenerative Ressourcen

Regenerative (erneuerbare) Ressourcen sind in globale Stoffströme und in eine natürliche Kette von Aufbau und Degradation eingebaut.

### Ideelle Ressourcen

Ideelle Ressourcen (Know-how, Bildung, Kultur, Organisation u.a.) sind mit der geringsten Eingriffstiefe in die Natur verbunden. Ihre Verfügbarkeit ist im Rahmen einer nachhaltigen Wirtschaft unbegrenzt. Im Kontext dieses Kriteriums soll auf die Form der ideellen Ressourcen nicht weiter eingegangen werden.

Der Aspekt der Ressourcenschonung wurde im Rahmen der „Die Grenzen des Wachstums“-Studie des Club of Rome<sup>2</sup> im Wesentlichen vor dem Hintergrund der Verknappung essentieller Rohstoffe thematisiert. Während die Gefahr der Ressourcenverknappung grundsätzlich noch immer gegenwärtig ist, steht zudem die limitierte Assimilationsfähigkeit der Umwelt zur Aufnahme von Emissionen und Abfällen, die mit dem Ressourcenverbrauch zwangsläufig einhergehen, im Vordergrund. Dementsprechend muss die Reduktion der anthropogenen Materialströme neben der Sicherstellung einer langfristigen Verfügbarkeit mit der Aufrechterhaltung der Tragfähigkeit der ökologischen Systeme begründet werden. Dieser Sachverhalt verdeutlicht, dass ein nachhaltiges Wirtschaftssystem auf dem minimalen Einsatz von primär regenerativen Ressourcen basieren muss. In diesem Zusammenhang muss des weiteren angemerkt werden, dass der Aspekt der Rohstoffverknappung auch im Falle des gänzlichen Verzichts auf endliche Ressourcen von Bedeutung bleibt, da eine unbegrenzte Verfügbarkeit weder für die nicht erneuerbaren, noch für die regenerativen Ressourcen gegeben ist. Die eingeschränkte Verfügbarkeit der regenerativen Ressourcen ergibt sich vornehmlich aus der jeweils maximalen Bodenfruchtbarkeit (Quelle: H. Brauer, Produktions- und produktintegrierter Umweltschutz, 1996), die der Ressourcengengese Grenzen setzt. In diesem Kontext erweist sich daher das Motiv der Dematerialisierung als sinnvoller, richtungsweisender Ansatz im Hinblick auf eine zukunftsfähige Ökonomie bzw. eine nachhaltige industrielle Produktherstellung.

---

<sup>2</sup> Der Club of Rome, ein informeller Zusammenschluss von Wissenschaftlern, Industriellen, Humanisten u.a., wurde 1968 in Rom gegründet, um die Ursachen und inneren Zusammenhänge der sich immer stärker abzeichnenden kritischen Menschheitsprobleme zu ergründen. Mit seiner öffentlichen Tätigkeit verfolgt der Club of Rome die Absicht, die politischen Entscheidungsträger in aller Welt zur Reflexion über die globale Problematik der Menschheit anzuregen (Quelle: nach D. Meadows, Die Grenzen des Wachstums, 1972).

### 3.2.1 Reduktion des Materialinputs

Die Reduktion des Materialinputs zielt im Sinne dieses Kriteriums auf die Minimierung der Ressourcen ab, die direkt in die Eigenmasse des Produktes einfließen. Im Rahmen des betrieblichen Stoffstrommanagements sollte die Umsetzung zweckdienlicher Maßnahmen daher bereits im Zuge der Produktkonstruktionsphase erfolgen. Eine wirksame Reduktion des produktspezifischen Materialinputs erfordert in diesem Zusammenhang ein Produktkonzept, das die Sicherstellung der Produktfunktionalität als wesentliches Ziel verfolgt und eine unangemessene bzw. überflüssige Ressourceninanspruchnahme verhindert. Unter Berücksichtigung der Produktfunktion und des diesbezüglich aufgewandten Rohstoffeinsatzes erfolgt die Bewertung dieses Kriteriums nach dem in Tabelle 3-5 dargestellten Prinzip.

**Tabelle 3-5: Bewertungsmuster des Kriteriums „Reduktion des Materialinputs“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Reduktion des Materialinputs	Das Produkt ist überbemessen	o			o	o
	Die Größe des Produkts steht in einem vertretbaren Verhältnis zu seiner Funktion		o			
	Offensichtliche Reduktion			o		

### 3.2.2 Wieder- / Weiterverwendung

Die Wieder- bzw. Weiterverwendung<sup>3</sup> von Produkten stellen sinnvolle Maßnahmen zur Erfüllung wesentlicher Forderungen des Kreislaufwirtschaftsgedankens (siehe Kapitel 3.6 „Design für Materialrecycling“) dar, der auf der Umwandlung linearer Stoffflüsse in (geschlossene) Kreisläufe basiert. Die Verlängerung der Produktlebensdauer im Zuge einer wiederholten bzw. anderweitigen Nutzung verhindert, dass das jeweilige Produkt am Ende seiner primären Nutzungsphase als Abfall zu entsorgen ist. Wieder- bzw. Weiterverwendungsmaßnahmen stehen damit in höchst harmonischem Einklang mit dem Leitbild der Abfallvermeidung, die im Rahmen des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes als oberste Handlungsmaxime

<sup>3</sup> Auf die Begriffsbestimmungen der Wieder- und Weiterverwendung gemäß VDI-Richtlinie 2243 soll im Rahmen des Kapitels x5 „Design für Produkt-Wiederverwendung“ ausführlicher eingegangen werden.

verankert ist. Folglich kann idealerweise das vollständige Produkt einem oder mehreren Wieder- / Weiterverwendungszyklen zugeführt werden. Dementsprechend ergibt sich für dieses Kriterium das folgende Bewertungsmuster:

**Tabelle 3-6: Bewertungsmuster des Kriteriums „Wieder- / Weiterverwendung“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
2. Wieder- / Weiter- verwendung	Komplett neues Produkt	o			o	o
	Wieder- /Weiterverwendung von aufgearbeiteten Teilen		o			
	Wieder- /Weiterverwendung des aufgearbeiteten Produkts			o		

### 3.2.3 Einsatz von Sekundärrohstoffen

Unter dem Begriff der Sekundärrohstoffe sollen im Folgenden materielle Ressourcen verstanden werden, die im Rahmen eines (Material-) Recyclingprozesses (vergl. Kapitel 3.6 „Design für Materialrecycling“) gewonnen werden. Die Substitution von Primärressourcen durch entsprechende Recyclate stellt eine sinnvolle Maßnahme zur Umsetzung eines nachhaltigen betrieblichen Stoffstrommanagements dar. Das diesbezügliche Argument der Einsparung natürlicher Primärressourcen durch deren Kreislaufführung ist prinzipiell überzeugend. Allerdings gilt zu berücksichtigen, dass die Gewinnung von Sekundärrohstoffen grundsätzlich sowohl mit einem verfahrensspezifischen Energieeinsatz als auch mit der Entsorgung nicht verwertbarer Reststoffe verbunden ist. Aus diesem Grunde muss der Ersatz von bestimmten Rohstoffen durch Recyclingprodukte nicht zwangsläufig die ökologisch sinnvollste Lösung darstellen. Dementsprechend gilt es die Vor- und Nachteile diesbezüglicher Maßnahmen vor deren Umsetzung hinreichend genau zu ergründen und abzuwägen. Es ergibt sich das folgende Bewertungsprinzip:

Tabelle 3-7: Bewertungsmuster des Kriteriums „Einsatz von Sekundärrohstoffen“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
3. Einsatz von Sekundärrohstoffen	Sekundärrohstoffe werden nicht eingesetzt	o			o	o
	Einige Primärrohstoffe wurden durch Sekundärrohstoffe ersetzt		o			
	Alle vernünftigen Alternativen für den Einsatz von Sekundärrohstoffen wurden ausgeschöpft			o		

### 3.3 Einsatz erneuerbarer und ausreichend verfügbarer Ressourcen

Der bewusste, schonende Umgang mit natürlichen Ressourcen wurde in Kapitel Ressourcenschonung bereits als eine der wichtigsten Anforderungen an eine nachhaltige Entwicklung dargestellt. Die Minimierung des globalen Ressourcendurchflusses erfährt seine Dringlichkeit gerade vor dem Hintergrund der drastischen Bevölkerungsentwicklung. „Keines der auf dem Erdgipfel 1992 diskutierten...Probleme wäre wirklich schwerwiegend, wenn auf der Welt nur 500 Millionen Menschen mit Nahrung, Kleidung und einem Zuhause versorgt werden müssten“ (Quelle: E.U. Weizsäcker u. a., Faktor Vier, Doppelter Wohlstand – halbiertes Naturverbrauch, 1996). Diesen Sachverhalt soll die folgende Abbildung verdeutlichen. Diese zeigt das Ergebnis eines Standarddurchlaufs des Wachstumsmodells, das im Rahmen des *Club of Rome-Berichts* (siehe Kapitel 3.2 „Ressourcenschonung“) herangezogen wurde. Das Bevölkerungswachstum und die Industrieproduktion nehmen so lange zu, bis die ökologischen Schäden und der Rohstoffverbrauch ihre Grenzen erreicht haben und der Mangel mit Investitionen nicht mehr auszugleichen ist:

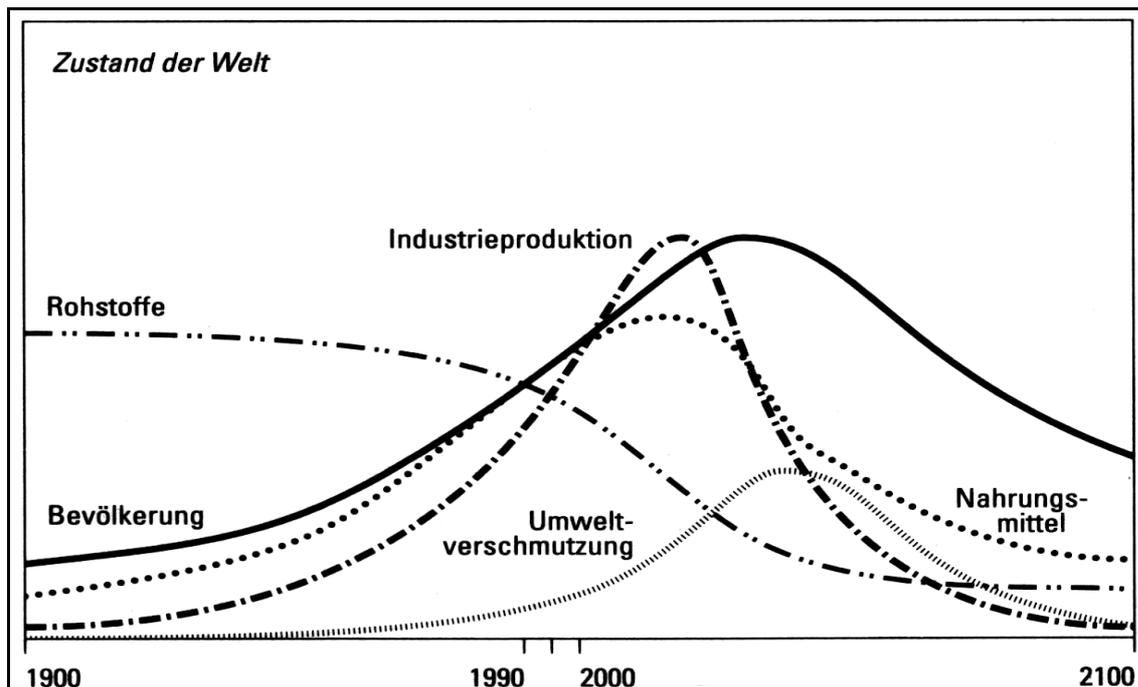


Abbildung 3-2: Ergebnis eines Standarddurchlaufs des Club of Rome-Wachstumsmodells; Quelle: E. U. Weizsäcker u. a., Faktor Vier, Doppelter Wohlstand – halbiertes Naturverbrauch, 1996

Der (ökologische) Ansatz für eine langfristige Sicherung der menschlichen natürlichen Existenzgrundlagen muss daher in der Schonung endlicher Rohstoffreserven und deren stetigen Substitution durch regenerative Ressourcen bestehen.

### 3.3.1 Ersetzen von nicht erneuerbaren Ressourcen durch erneuerbare

Die Substitution nicht erneuerbare Ressourcen durch regenerative gewinnt vor allem im Rahmen der Suche nach umwelt- und klimaverträglichen sowie allgemein akzeptierbaren Alternativen zur gegenwärtigen Energiebereitstellung zunehmend an Bedeutung. Die nutzbaren regenerativen Energieströme entstammen grundsätzlich drei unterschiedlichen Primärquellen:

- Erdwärme
- Gezeitenenergie
- Solarstrahlung

Aus diesen drei regenerativen Quellen werden durch die verschiedenen natürlichen Umwandlungen innerhalb der Erdatmosphäre viele weitere Energieströme hervorgerufen. Die prinzipiellen Nutzungsmöglichkeiten regenerativer Energiequellen sollen in der folgenden Abbildung dargestellt werden:

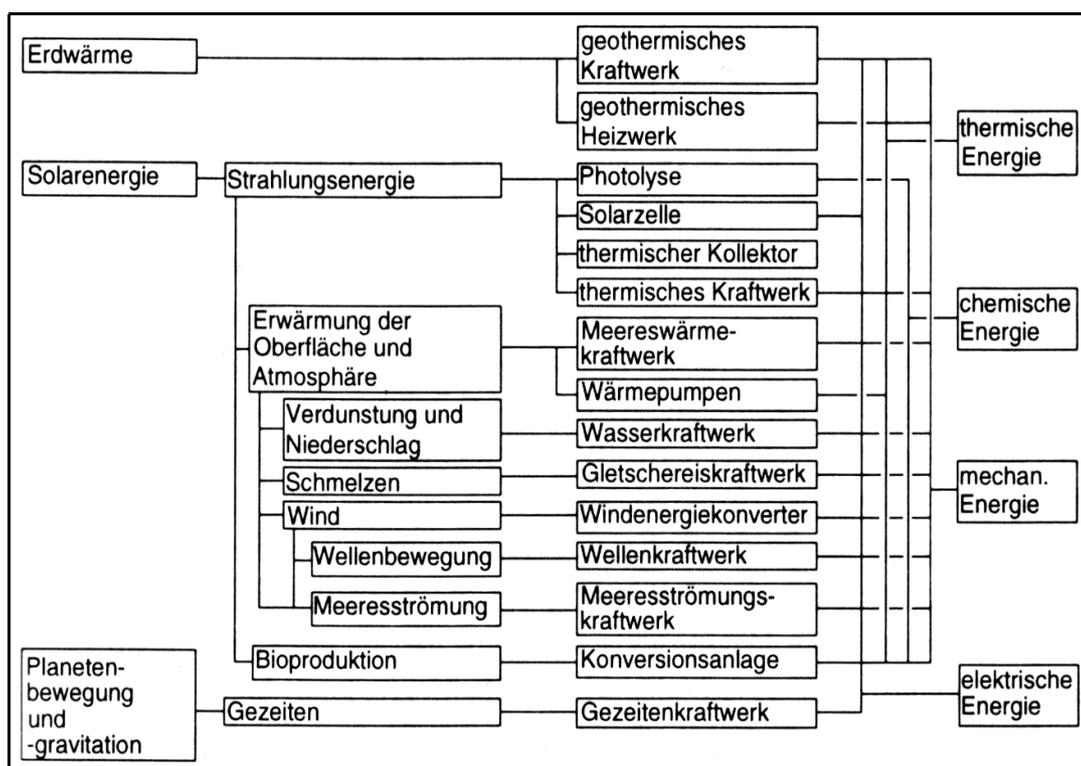


Abbildung 3-3: Grundsätzliche Möglichkeiten zur Nutzung des regenerativen Energieangebots; Quelle: M. Kaltschmitt, A. Wiese; Erneuerbare Energien, 1997

Das Ersetzen nicht erneuerbarer Ressourcen durch erneuerbare soll im Rahmen dieses Kriteriums nicht nur für die Energieträger, sondern prinzipiell für sämtliche anthropogen genutzten natürlichen Rohstoffe gefordert werden. In diesem Zusammenhang sollten im Idealfall alle vernünftigen Alternativen für nicht erneuerbare Ressourcen ausgeschöpft werden. Es ergibt sich dementsprechend das folgende Bewertungsprinzip:

Tabelle 3-8: Bewertungsmuster des Kriteriums „Ersetzen von nicht erneuerbaren Ressourcen durch erneuerbare“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Ersetzen von nicht erneuerbaren Ressourcen durch erneuerbare	Dieses Kriterium wurde nicht berücksichtigt	o				
	Einige nicht erneuerbare Ressourcen wurden ersetzt		o		o	o
	Alle vernünftigen Alternativen erneuerbarer Ressourcen wurden berücksichtigt			o		

### 3.3.2 Ersetzen selten vorkommender Materialien durch weniger seltene

Ist der Einsatz endlicher Ressourcen nicht vermeidbar sollte auf Materialien zurückgegriffen werden, deren natürliche Reserven eine möglichst langfristige Verfügbarkeit sicherstellen. Vor dem Hintergrund eines nachhaltigen Produktdesigns stellt der qualitative Materialeinsatz somit entscheidende Anforderungen an den Prozess der Produktentwicklung bzw. –konstruktion. Idealerweise wird auf den Einsatz seltener Materialien gänzlich verzichtet. Die Bewertung dieses Kriteriums erfolgt entsprechend nach dem folgenden Prinzip:

**Tabelle 3-9: Bewertungsmuster des Kriteriums „Ersetzen selten vorkommender Materialien durch weniger seltene“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
2. Ersetzen selten vorkommender Materialien durch weniger seltene	Dieses Kriterium wurde nicht berücksichtigt	o			o	o
	Vernünftige Alternativen für seltene Materialien werden angewendet		o			
	Es kommen keine seltenen Materialien zum Einsatz			o		

### 3.3.3 Minimieren des Einsatzes selten vorkommender Materialien

Vor dem Hintergrund der Ressourcenschonung ist der Einsatz selten vorkommender Materialien als besonders kritisch zu betrachten, da deren natürliche Verfügbarkeit ohnehin schon sehr eingeschränkt ist. Aus diesem Grunde fordert ein nachhaltiger Umgang mit natürlichen Ressourcen zwingend die Minimierung des Inputs seltener Materialien. Die Verwendung seltener Materialien ist i.d.R. weniger aus ökonomischen Gründen erforderlich sondern aufgrund deren spezifischen natürlichen Eigenschaften. Die Substitution entsprechender Materialien durch weniger seltene wird durch die spezifischen Anforderungen an die jeweiligen Materialeigenschaften zusätzlich erschwert. Aus diesem Grunde wird zum Erreichen der B-Kategorie der (zahlenmäßig) relativ geringe Reduktionsfaktor von 20 % gefordert. Dieser Faktor sollte unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen und technischen Machbarkeit der Reduktion bestimmter Materialien, sowie deren tatsächlichen Verfügbarkeit variiert und den jeweiligen Rahmenbedingungen angepasst werden. Es ergibt sich das folgende Bewertungsprinzip:

Tabelle 3-10: Bewertungsmuster des Kriteriums „Minimieren des Einsatzes selten vorkommender Materialien“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
3. Minimieren des Einsatzes selten vorkommender Materialien	Der Einsatz seltener Materialien wurde nicht reduziert	o			o	o
	Der Einsatz seltener Materialien wurde um <b>weniger</b> als 20 % reduziert		o			
	Der Einsatz seltener Materialien wurde um <b>mehr</b> als 20 % reduziert			o		

### 3.4 Erhöhung der Langlebigkeit

Die Erhöhung der Langlebigkeit stellt ein Instrument zur Minimierung bzw. Optimierung produktspezifischer Energie- und Stoffströme entlang des gesamten Produktlebensweges dar. Der Begriff der Lebensdauer bezieht sich in diesem Kontext auf den Zeitraum von der Produktion bis zur Entsorgung des Produkts. Entscheidend für die Erhöhung der Langlebigkeit ist allerdings die Maximierung der Nutzungsdauer, d.h. des Zeitabschnitts, in dem der Nutzen des Produkts dem Verbraucher verfügbar ist. Die Bewertung des übergeordneten Kriteriums „Erhöhung der Langlebigkeit“ erfolgt daher in enger Anbindung in die Erhöhung der Nutzungsdauer des Produkts.

Die ökologischen Vorteile eines langlebigen Produkts liegen in der Reduzierung des erforderlichen Rohstoff- bzw. Ressourceneinsatzes, der Verringerung produktions-bedingter Schadstoffemissionen sowie in dem verminderten Abfallaufkommen. Diese ergeben sich aus der verringerten Neukaufrate aufgrund des sich deutlich später einstellenden Ersatzbedarfs. Die ökologischen Effekte die im Verlauf eines Produktlebens entstehen können, sind in der folgenden Abbildung dargestellt:

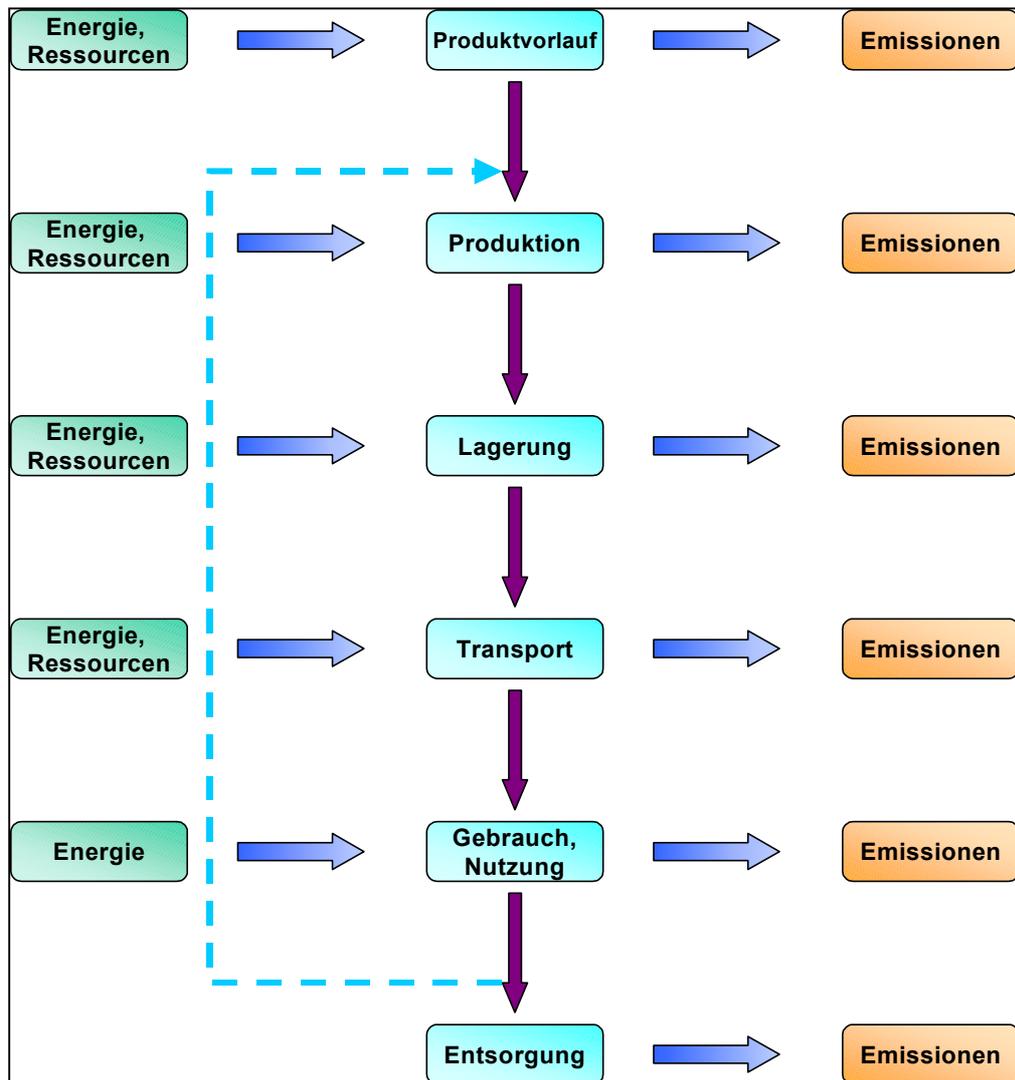


Abbildung 3-4: ökologische Effekte während eines Produktlebens; verändert nach [www.wupperinst.org](http://www.wupperinst.org)

Die sich aus einer Erhöhung der Produktnutzungsdauer eventuell ergebenden Nachteile sind:

- Durch eine deutliche Verringerung der Absatzrate (die nicht durch Dienstleistungsangebote ausgeglichen wird) kann eine wirtschaftliche Schädigung des Unternehmens hervorgerufen werden.
- Langfristig kann die Absatzrate zusätzlich abnehmen, da das Produkt aufgrund seines zeitlosen Designs für den Verbraucher „uninteressant“ wird.
- Positive ökologische Effekte, die sich z.B. durch Produktmodifikationen oder –weiterentwicklungen bzw. durch den Fortschritt technischer Standards ergeben, können eventuell nicht genutzt werden.

Im Rahmen der Bewertung dieses Kriteriums müssen daher Argumente für und gegen die Erhöhung der Nutzungsdauer des jeweiligen Produkts diskutiert und sinnvoll abgewägt werden.

### 3.4.1 Optimieren der Zuverlässigkeit

Die Zuverlässigkeit des Produkts ist unmittelbar mit seiner Lebensdauer verknüpft. Eine hohe Zuverlässigkeit, die den Nutzen des Produkts über einen langen Zeitraum sicherstellt, gibt dem Verbraucher die Motivation das Produkt entsprechend lange zu nutzen und zu behalten. Durch qualitätssichernde Maßnahmen ist deshalb eine möglichst hohe Zuverlässigkeit zu gewährleisten, welche die Funktion des Produkts langfristig garantiert. Das entsprechende Bewertungsprinzip ist nachfolgend dargestellt:

**Tabelle 3-11: Bewertungsmuster des Kriteriums „Optimieren der Zuverlässigkeit“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Optimieren der Zuverlässigkeit	Die Zuverlässigkeit ist unterdurchschnittlich	o			o	o
	Die Zuverlässigkeit ist durchschnittlich		o			
	Die Zuverlässigkeit ist überdurchschnittlich			o		

### 3.4.2 Minimieren des Verschleißes

Die Verschleißminimierung ist einer der Hauptansatzpunkte zur Verlängerung der Produktnutzungsdauer. Diese stellt somit bestimmte Anforderungen an die Fertigungsmaterialien und Komponenten. Ein Ausfall der Nutzungseigenschaften aufgrund von Material- oder Komponentenschwächen durch vorzeitige Abnutzung führt zwangsläufig mindestens zu Reparaturbedarf, im ungünstigsten Fall zur Entsorgung des Produkts. Idealerweise sollten also Komponenten, die keinem Verschleiß unterliegen, in der Produktstruktur verarbeitet werden.

Ist der Einsatz verschleißanfälliger Komponenten nicht vermeidbar, sollte sowohl deren Anzahl als auch der jeweilige Abnutzungsgrad auf ein Minimum reduziert werden. Zweckgemäß erfolgt die Bewertung des Kriteriums „Minimieren des Verschleißes“ nach folgendem Muster:

Tabelle 3-12: Bewertungsmuster des Kriteriums „Minimieren des Verschleißes“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
2. Minimieren des Verschleißes	Mehrere Komponenten unterliegen deutlichem Verschleiß	o			o	o
	Einzelne Komponenten unterliegen geringem Verschleiß		o			
	Keine Komponente unterliegt Verschleiß			o		

### 3.4.3 zeitloses Design

Charakteristisch für kurzlebige, „schnell“ verbrauchte Konsumgüter ist u.a. deren modisches Design. Je stärker das trendunterworfen Design eines Produktes den Anreiz zum käuflichen Erwerb ausbildet, desto größer ist das Risiko, dass der Verbraucher im Zuge einer absehbaren Trendwende das Produkt durch ein zeitgemäßeres ersetzt. Die Erhöhung der Langlebigkeit eines Produktes setzt deshalb ein Design voraus, das mindestens zeitgemäß und optimalerweise zeitlos ist, d.h. keinen modischen Trends unterliegt. Die Bewertung eines Produkts unter nachhaltigen Kriterien verlangt zudem die Berücksichtigung eventueller ökonomischer Nachteile, die sich durch die verringerte Absatzrate ergeben können.

Das Bewertungsprinzip bezüglich des Kriteriums „zeitloses Design“ ist in der folgenden Abbildung dargestellt:

Tabelle 3-13: Bewertungsmuster des Kriteriums „Zeitloses Design“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
3. zeitloses Design	Produkt besitzt ein modebewusstes Kurzzeit-Design	o			o	o
	Produkt besitzt ein zeitgemäßes Design		o			
	Produkt besitzt ein zeitloses Design			o		

### 3.4.4 Erweiterbarkeit

Die Erweiterbarkeit eines Produkts, ermöglicht das Ende der Nutzungsphase um erhebliche Zeiträume „hinauszuzögern“. Durch vorausschauende, innovative Produktentwicklung kann erreicht werden, dass das Produktsystem optimalerweise die Funktionen zukünftiger Systeme durch einfach bedien- und bezahlbare Systemadditive qualitativ gleichwertig erfüllen kann. Werden die additiven Systemkomponenten ebenfalls im Hinblick auf künftige Produkte entwickelt, lässt sich die produktspezifische Erweiterungskette bis an die Grenzen des technisch Machbaren fortsetzen. Das diesbezügliche Bewertungsmuster erfährt deshalb die folgende Einteilung:

Tabelle 3-14: Bewertungsmuster des Kriteriums „Erweiterbarkeit“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
4. Erweiterbarkeit	Es ist keine Systemanpassung möglich	o			o	o
	Eine Systemanpassung ist möglich		o			
	Eine Systemanpassung für zukünftige Entwicklungen ist möglich			o		

### 3.4.5 Einfache Reinigung

Als qualitätssichernde Maßnahme während der Nutzungsphase ist das Reinigen von Produkten im Allgemeinen unerlässlich. Die Umsetzung von Reinigungsmaßnahmen hat daher erheblichen Einfluss auf die Nutzungsdauer des Produkts. Optimalerweise kann die Reinigung einfach, ohne größeren Aufwand durchgeführt werden. Wird die Reinigung aufgrund konstruktiver Gegebenheiten deutlich erschwert, oder ist sie nur mit speziellen Reinigungsmitteln bzw. unter zusätzlichen Kosten realisierbar, erfolgt eine B-Bewertung des Kriteriums. Die grundsätzliche Bewertung geschieht nach folgendem Prinzip:

Tabelle 3-15: Bewertungsmuster des Kriteriums „Einfache Reinigung“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
5. Einfache Reinigung	Eine Reinigung ist nicht möglich	o			o	o
	Eine Reinigung mit akzeptablem Aufwand ist möglich		o			
	Eine Reinigung ist einfach durchführbar			o		

### 3.4.6 Einfache Wartung

Wartungsmaßnahmen dienen der Sicherstellung der Produktzuverlässigkeit, auf die bereits eingegangen wurde. Der erforderliche Wartungsaufwand lässt deshalb bereits auf die Anfälligkeit des Produkts im Hinblick auf Funktionsstörungen, Ausfälle etc. schließen. Sofern die Wartungen nicht im Rahmen produktbegleitender Service-Angebote erfolgen, resultieren aus dem Mehraufwand zusätzliche Verbraucherkosten. Den Optimalfall stellt deshalb ein weitestgehend wartungsfreies Produkt dar. Dementsprechend liegt das folgende Bewertungsmuster zu Grunde:

Tabelle 3-16: Bewertungsmuster des Kriteriums „Einfache Wartung“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
6. einfache Wartung	Es besteht ein hoher Wartungsaufwand	o			o	o
	Der Wartungsaufwand ist gering		o			
	Das Produkt ist wartungsfrei			o		

### 3.4.7 Einfache Reparierbarkeit

Die Reparierbarkeit eines Produkts ermöglicht die Wiederherstellung dessen Nutzungsverfügbarkeit nachdem diese durch Beschädigung aufgehoben wurde. Entscheidend für die Bewertung dieses Kriteriums ist der Reparaturaufwand. Der Begriff „Aufwand“ bezieht sich dabei nicht nur auf physisch/technische, sondern auch auf Kostenaspekte. Je einfacher bzw. kostengünstiger die Reparatur des Produkts realisiert werden kann, desto öfter wird sie sich für den Konsumenten lohnen. Erst wenn die addierten Gesamtkosten mehrerer Reparaturmaßnahmen die Kosten einer Neuanschaffung überwiegen, oder weitere Reparaturen an technische Grenzen stoßen, wird dem Verbraucher (ohne Berücksichtigung eventueller optionaler Produktfunktionen oder Produkteigenschaften) ein Grund zur Entledigung gegeben. Aus diesem Grund ist die Bewertung die Kriteriums „einfache Reparierbarkeit“ nach folgender Einteilung sinnvoll:

**Tabelle 3-17: Bewertungsmuster des Kriteriums „Einfache Reparierbarkeit“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
7. einfache Reparierbarkeit	Eine Reparatur ist nicht möglich	o			o	o
	Eine Reparatur ist mit akzeptablem Aufwand möglich		o			
	Das Produkt ist leicht reparierbar			o		

### 3.4.8 Lange Garantiedauer

Die Garantiefestlegung bewirkt, dass ein Produkt nach Ausfall seiner Funktionalität innerhalb eines definierten Zeitraums nach Kaufdatum, vom jeweiligen Anbieter zurückgenommen und dem Verbraucher unentgeltlich gegen ein neues Objekt oder den Kaufpreis ersetzt wird. Von der weiteren Verfahrensweise der betroffenen Objekte abgesehen bewirkt der Garantiefestlegung zwar keine direkte Verlängerung der Nutzungsphase des einzelnen Objekts, jedoch wird erreicht, dass das jeweilige Produkt durch den Garantieanspruch noch einen Wert darstellt. Dadurch wird der Konsument nicht zur Entledigung des Artikels gezwungen, der demzufolge auch nicht zu Abfall wird. Dieser ökologische Vorteil wird zusätzlich durch den wirtschaftlichen Aspekt ergänzt, dass durch eine lange Garantiedauer das Vertrauen des Konsumenten gewonnen werden kann, was sich eventuell in den Absatzzahlen positiv widerspiegelt. Die Bewertung dieses Kriteriums erfolgt deshalb nach folgendem Prinzip:

Tabelle 3-18: Bewertungsmuster des Kriteriums „Lange Garantiedauer“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
8. Lange Garantiedauer	Die Garantie beläuft sich auf 2 Jahre	o			o	o
	Die Garantie beläuft sich auf weniger als 5 Jahre		o			
	Die Garantie beläuft sich auf 5 Jahre oder mehr			o		

### 3.5 Design für Produkt-Wiederverwendung

Der im Rahmen einer nachhaltigen Entwicklung zwingend erforderliche Schritt von der Wegwerfgesellschaft zur Kreislaufwirtschaft erfordert u.a. die recyclinggerechte Konstruktion industrieller Produkte. Grundsätzlich wird unter dem Begriff Recycling die erneute Nutzung eines aufgearbeiteten Produkts oder der Werkstoffe des Altprodukts nach einer Produktentstehungs- oder Nutzungsphase verstanden.

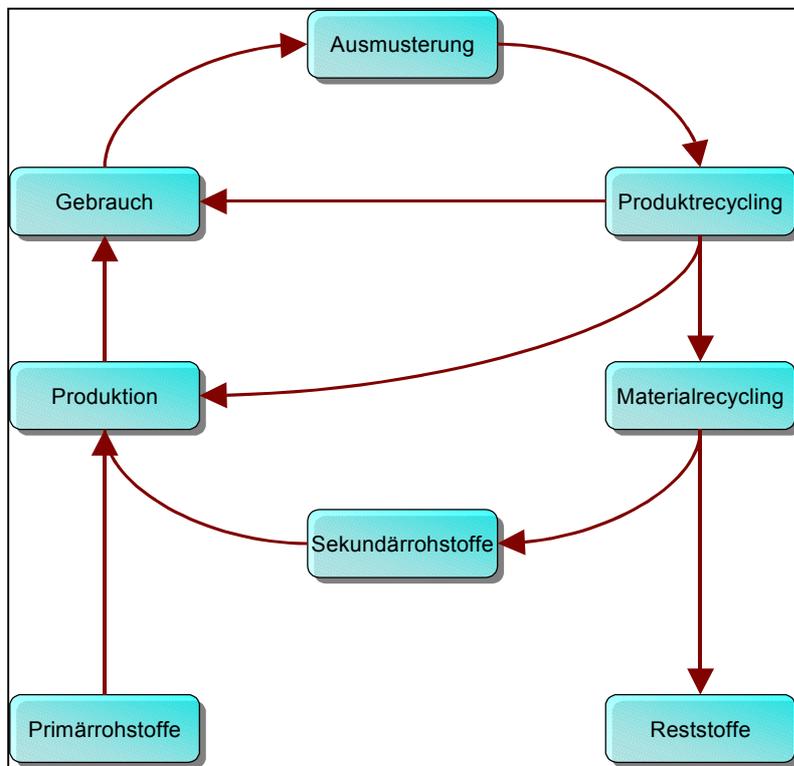


Abbildung 3-5: Prinzip der Kreislaufwirtschaft; nach [www.iq.uni-hannover.de](http://www.iq.uni-hannover.de)

Die erste Form, in der die Produktgestalt erhalten bleibt, wird als Produktrecycling bezeichnet. Erfüllt das Produkt nach dessen Aufbereitung in seiner zukünftigen Nutzungsphase seine ursprüngliche Funktion, handelt es sich um Wiederverwendung. Zielt die Produktaufbereitung auf eine veränderte Produktfunktion ab, handelt es sich um Weiterverwendung. Die Begriffe Wieder- und Weiterverwendung sind nach VDI-Richtlinie 2243 Blatt 1 wie folgt definiert:

Wiederverwendung:

„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:

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

Der Form des Produktrecyclings steht das Materialrecycling gegenüber. Dieses wird durch die Produktwieder- bzw. -weiter**verwertung** und die Aufarbeitung zu Sekundärwerkstoffen charakterisiert. Auf das Materialrecycling soll im folgenden Kapitel 3.6 verstärkt eingegangen werden. Tabelle 3-19 zeigt anhand exemplarischer Produkte den Unterschied dieser beiden Recyclingtypen:

Tabelle 3-19: Beispiele zum Recycling; Quelle: nach VDI-Richtlinie 2243 Blatt 1

		Recyclingform	Behandlungsprozess	Behandlungsschritte	Beispiel	Sekundär-anwendung			
Recycling während des Produktgebrauchs	Produktrecycling	Wiederverwendung	-	keine	Nachfüllverpackung Schulbuchtausch	Gleiche Anwendung			
			Aufarbeitung	Reinigen; Prüfen	Mehrwegverpackung Wartung				
				Zerlegen; Bearbeiten; Neubestücken	Kfz-Austauschmotor Reifenrunderneuerung Instandsetzung				
					-		keine	Einkaufstüte	Müllbeutel
					Umarbeiten		Reinigen	Senfglas	Trinkglas
	Bearbeiten; Neumontieren	Joghurtbecher u.a.	Tiefkühlbox						
		Eisenbahnschwelle	Zaunpfahl						
		Altreifen	Kinderschaukel						
	Produktionsabfallrecycling; Altstoffrecycling	Materialrecycling	Wiederverwertung	-	keine	Umschmelzen von Angüssen in Produktion	Gleiche Anwendung		
				Aufbereitung	Sortenreines Trennen, Klassifizieren, Zerkleinern, Reinigen, Umschmelzen	Metallschrotte: Drehspäne, Edelmetalle...			
Thermoplaste: Angüsse, Flaschenkästen... Glas: Scherben, Weißglas									
Weiterverwertung			Aufbereitung	keine	Stanzabfälle	Balastgewicht			
					Teer aus Kokorei	Asphalt			
		Stanzabfälle			Kleinteile				
		Automobilschrott			Baustahl				
		Aufbereitung	Trennen, Zerkleinern, Reinigen, Neuabmischen, Umschmelzen, Füllen	Gemischte Kunststoffe	Schallschutzwand				
Kunststoffbatteriegehäuse, Schlacke aus Stahlherst., Duroplaste, Elastomere, Schaumstoff				Innenkotflügel, Zementzusatz, Kunstst.-Füllstoff, Sportbelagzusatz, Partikelverbund...					
Chemisches Recycling		Pyrolyse/Hydrolyse, Elektrolyse/Lösung	Altkunststoffe und Altöl zu hochwertigen Derivaten aufspalten	Neue Polymerisation von Kunststoffen					

Zweckmäßigerweise umfasst das Kriterium dieser Checkliste sowohl die Wieder- als auch die Weiterverwendbarkeit des jeweiligen Produkts.

### 3.5.1 Modulares Design

Das Kriterium „Modulares Design“ ist stark mit dem Aspekt der Langlebigkeit verknüpft. Eine hohe Kombinations- und somit Variationsvielfalt in Verbindung mit einer geringen Baugruppen- und Teilevielfalt ermöglicht den Austausch einzelner Module während der Nutzungsphase, wodurch die Reparierbarkeit des Produkts deutlich erhöht wird. Des weiteren weist ein komplex strukturiertes Produkt den Nachteil auf, dass mit einer relativ großen Anzahl von Teilen und Baugruppen ein dementsprechend hoher Fertigungs-, Montage- und Logistikaufwand verbunden ist. Unter dem wirtschaftlichen Nachhaltigkeitsaspekt ist ein modular aufgebautes Produkt außerdem anzustreben, da neue Produkte relativ einfach durch Kombination oder Verfeinerung bereits bestehender Bauteile entwickelt werden können. Die daraus resultierende Möglichkeit kurzfristig innovative Neukonstruktionen

hervorzubringen, führt zur Erhöhung der Flexibilität gegenüber Marktveränderungen. Das Bewertungsprinzip für dieses Kriterium ist dementsprechend wie folgt gegliedert:

**Tabelle 3-20: Bewertungsmuster des Kriteriums „Modulares Design“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	Trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Modulares Design	Das Produkt besitzt eine komplexe Struktur	o			o	o
	Das Produkt besitzt eine teilweise modulare Struktur		o			
	Das Produkt besitzt eine modulare Struktur			o		

### 3.5.2 Leichter Zugang zu Komponenten

Die Wiederverwendbarkeit einzelner Produktmodule setzt einen unkomplizierten bzw. unaufwendigen Zugriff auf die jeweiligen Bausteine voraus. Das gilt insbesondere, wenn die Austauschmaßnahmen nicht im Rahmen eines produktbegleitenden Services des Vertreibers durchgeführt werden, sondern dem Verbraucher selbst unterliegen. Ist der Aufwand der jeweiligen Maßnahmen zu groß, d.h. zu arbeits- und zeitintensiv, verzichtet der Verbraucher möglicherweise auf den Komponentenaustausch und zieht die Neuanschaffung des Produkts vor. Sind dementsprechende Maßnahmen im Serviceangebot des Vertreibers enthalten, sollte ebenfalls die gute Zugänglichkeit der einzelnen Bauteile gewährleistet sein, da der Aufwand zur Freilegung der betreffenden Komponenten direkt mit zusätzlichen Kosten verbunden ist. Eventuell kann der Zugang zu einzelnen Komponenten durch deren Kennzeichnung erleichtert werden. Es ergibt sich das entsprechende Bewertungsmuster:

**Tabelle 3-21: Bewertungsmuster des Kriteriums „Leichter Zugang zu Komponenten“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
2. Leichter Zugang zu Komponenten	Die Komponenten sind unzugänglich	o			o	o
	Die Komponenten sind unter akzeptablem Aufwand zugänglich		o			
	Die Komponenten sind gut zugänglich			o		

### 3.5.3 Korrosionsschutz

Ein wesentliches, die Produktlebensdauer einschränkendes Kriterium ist die Korrosion der verschiedenen Materialien. Unter Korrosion wird der Angriff und die Zerstörung von Werkstoffen durch chemische oder elektrochemische Reaktionen mit Wirkstoffen der Umgebung verstanden (nach E. Ignatowitz; Chemietechnik, 1997). Nach den unterschiedlichen Wirkungsmechanismen erfolgt grundsätzlich eine Differenzierung zwischen elektrochemischen und chemischen Korrosionsprozessen. Um die Anfälligkeit verschiedener Materialien aufgrund unterschiedlicher Korrosionsvorgänge und damit die Notwendigkeit geeigneter Schutzmaßnahmen hervorzuheben, sollen die wesentlichen korrosiven Prozesse im Folgenden dargestellt und genauer erläutert werden.

#### 3.5.3.1 Elektrochemische Korrosionsvorgänge

Elektrochemische Korrosionsvorgänge laufen auf einer Metalloberfläche in Verbindung mit einer elektrisch leitenden Flüssigkeit (Elektrolyt), meistens Wasser ab. Die Stärke der Korrosionswirkung wässriger Elektrolyte ist dabei unmittelbar von deren pH-Werten abhängig. Je niedriger der pH-Wert bzw. je höher die Wasserstoffionenkonzentration  $c(\text{H}^+)$  des jeweiligen Elektrolyten ist, desto größer sind seine korrosiven Eigenschaften. Die wichtigsten elektrochemischen Korrosionsvorgänge sind im Folgenden:

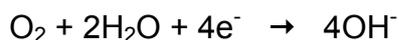
##### a) Sauerstoffkorrosion feuchter Stahloberflächen

Die korrosiven Effekte dieses Korrosionstyps basieren auf der Wechselwirkung zwischen Luftsauerstoff in Verbindung mit Wasser und dem Eisenwerkstoff. Unter Verwendung des Wassertropfenmodells können die wesentlichen chemischen Reaktionen nach E. Ignatowitz; Chemietechnik, 1997 wie folgt beschrieben werden:

Eisen geht gemäß der folgenden Gleichung in der Mitte des Tropfens in Lösung und erfährt eine weitere Umformung zu  $\text{Fe}^{3+}$ :



Die frei gewordenen Elektronen reagieren im Randbereich des Tropfens mit im Wasser gelösten Sauerstoff und Wasser zu Hydroxid-Ionen:



Das eigentliche Korrosionsprodukt Rost bildet sich durch Reaktion der Zwischenprodukte  $\text{Fe}^{3+}$  und  $\text{OH}^-$ :



## b) Säurekorrosion von Metallen (Wasserstoffkorrosion)

Die Säurekorrosion tritt in Form eines durch  $H^+$ -Ionen verursachten Elektronenentzug hinsichtlich des Metallwerkstoffes auf. Die Protonen werden dabei zunächst zu atomarem Wasserstoff ( $H^*$ ) reduziert, der sich anschließend zu elementarem  $H_2$  zusammenlagert:



Aus dem Elektronenentzug resultiert die, an einer anderen Werkstoffstelle stattfindenden, Oxidation von Metallatomen zu Metallen, die im Elektrolyten in Lösung gehen:



Die Auflösung der Metallatome in verschiedenen Werkstoffbereichen führt zur korrosiven Zerstörung des Materials.

## c) Korrosion an Korrosionselementen

Die Vorgänge bei diesem Korrosionstyp entsprechen im Wesentlichen denen innerhalb eines galvanischen Elements, auf das hier nicht im Detail eingegangen werden soll. Die korrosive Wirkung besteht in den elektrochemischen Wechselwirkungen zweier nah nebeneinander angeordneter, unterschiedlicher Werkstoffe. Gemäß der hierarchischen Einordnung in die Spannungsreihe, geht das weniger edle Metall im Elektrolyt in Lösung, was zur Zerstörung des Materials führt. Besonders anfällig sind dementsprechend direkte Berührungsstellen zweier verschiedener Werkstoffe mit stark unterschiedlichen elektrochemischen Potentialen.

### 3.5.3.2 Chemische Korrosionsvorgänge

Charakteristisch für die chemische Korrosion ist die direkte Reaktion zwischen einem Werkstoff und dem jeweils einwirkenden Stoff, ohne Einfluss eines Elektrolyten. Diesbezüglich geht die schädlichste Wirkung von stark oxidierenden, heißen Gasen, wie z.B. heiße Luft, Chlorgas, Schwefeloxidgasen oder Verbrennungsgasen aus. Im Allgemeinen werden die Metall-Gas-Reaktionen als Verzunderung bezeichnet.

Die vielfältigen Korrosionsarten bilden sehr unterschiedliche Erscheinungsformen aus. Diese sollen im Folgenden dargestellt und jeweils schematisch erläutert werden. Auf eine jeweils detaillierte Ausführung der verschiedenen Korrosionsarten soll an dieser Stelle verzichtet werden.

- gleichmäßige Flächenkorrosion
- Muldenkorrosion
- Lochkorrosion
- Kontaktkorrosion
- Spaltkorrosion
- Belüftungskorrosion
- Selektive Korrosion
- Spannungsriss- und Schwingungskorrosion
- Wasserstoffversprödung
- Erosions- und Kavitationskorrosion

Die enorme Vielfalt der Korrosionsvorgänge macht eine entsprechende korrosionsschutzgerechte Konstruktion zum Zweck eines möglichst langlebigen Produkts unbedingt notwendig. Diese kann z.B. durch Vermeiden von Kontaktkorrosionsstellen, Spalten, und Spannungsspitzen umgesetzt werden. Des weiteren sind Korrosionsschutzschichten wie Schutzanstriche oder metallische Überzüge (Feuerverzinken) geeignete Maßnahmen. Das Kriterium „Korrosionsschutz“ wird zweckmäßigerweise nach folgendem Muster bewertet:

**Tabelle 3-22: Bewertungsmuster des Kriteriums „Korrosionsschutz“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
3. Korrosionsschutz	Das Produkt verfügt über keinen Korrosionsschutz	o			o	o
	Korrosionsschutz ist im Produkt installiert		o			
	Das Produkt ist resistent gegen Korrosion			o		

### 3.5.4 Standardisierung von Verbindungselementen

Die Verbindungselemente besitzen innerhalb der Produktentwicklung eine besondere Bedeutung. Sie stellen die Schnittstellen der unterschiedlichen Produktkomponenten dar und haben somit erheblich Einfluss auf deren Zugänglichkeit bzw. Handhabung hinsichtlich Servicemaßnahmen wie Reparatur oder Instandsetzung. Diese können durch eine weitläufige Standardisierung der Verbindungselemente erheblich vereinfacht werden. Die Standardisierung führt in diesbezüglich oftmals zu einer Verminderung sowohl des Werkzeugbedarfs (vor allem von Spezialwerkzeug) als auch des Zeitaufwands. Ähnliche Effekte lassen sich ebenfalls durch die Standardisierung der übrigen Produktkomponenten erzielen.

Aus diesem Grund ist eine möglichst große Anzahl standardisierter Verbindungselemente bzw. Komponenten anzustreben, wodurch sich das folgende Bewertungsmuster ergibt:

**Tabelle 3-23: Bewertungsmuster des Kriteriums „Standardisierung von Komponenten und Verbindungselementen“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
4. Standardisierung von Komponenten und Verbindungselementen	Es sind keine oder wenige Komponenten standardisiert	o			o	o
	Einzelne Komponenten sind standardisiert		o			
	Alle Komponenten sind standardisiert			o		

### 3.6 Design für Materialrecycling

Im Rahmen der zeitgemäßen Kreislaufwirtschaft wird dem Vermeiden von Abfällen vor deren Verwertung und Entsorgung oberste Priorität eingeräumt. Gerade mit Perspektive auf eine nachhaltige Entwicklung ist dieser Grundsatz überzeugend. Ist die Erzeugung von Abfällen aus verschiedenen Gründen unvermeidlich, stellt die Wiederverwertung bzw. die Wiederverwendung der jeweiligen Materialien einen sinnvollen Ansatz hinsichtlich eines verantwortungsvollen Umgangs mit energetischen und stofflichen Ressourcen dar. Durch die Umwandlung linearer Stoffströme in Kreisläufe können Primärrohstoffe geschont und Energiemengen eingespart werden. In diesem Kontext stellt das Materialrecycling einen wichtigen Teil der sekundären, d.h. nachsorgenden Abfallvermeidung dar. Der Begriff Materialrecycling umfasst das Produktionsrücklauf-Recycling und das Altstoff-Recycling. Diese sind nach VDI-Richtlinie 2243 Blatt 1 wie folgt definiert:

#### Produktionsrücklauf-Recycling

*„Produktionsrücklauf-Recycling ist die Rückführung von Produktionsrückläufen sowie Hilfs- und Betriebsstoffen nach oder ohne Durchlauf eines Behandlungsprozesses – d.h. Aufbereitungsprozesses – in einen neuen Produktionsprozess.“ (VDI-Richtlinie 2243 Blatt 1)*

### Altstoff-Recycling

*„Altstoff-Recycling ist die Rückführung von verbrauchten Produkten bzw. Altstoffen nach oder ohne Durchlauf eines Behandlungsprozesses – d.h. Aufbereitungsprozesses – in einen neuen oder Produktionsprozess.“* (VDI-Richtlinie 2243 Blatt 1)

Des weiteren erfolgt die Definition des Materialrecyclings in enger Anbindung an die Begriffe der Wiederverwertung und der Weiterverwertung, die mit der Auflösung der Produktgestalt verbunden sind.

### Wiederverwertung:

*„Wiederverwertung ist der wiederholte Einsatz von Altstoffen und Produktionsreststoffen in einem gleichartigen wie dem bereits durchlaufenen Produktionsprozess.“* (VDI-Richtlinie 2243 Blatt 1)

### Weiterverwertung:

*„Weiterverwertung ist der Einsatz von Altstoffen und Produktionsreststoffen in einem von diesen noch nicht durchlaufenen Prozess.“* (VDI-Richtlinie 2243 Blatt 1)

Die unbestrittenen Vorteile des Materialrecyclings dürfen allerdings nicht zu der Auffassung führen, dass jedwede Abfallproblematik durch die Kreislaufführung der betreffenden Stoffströme gelöst werden kann. Im Laufe mehrerer Zyklen weist zum einen die stetig abnehmende Materialqualität dem Recycling technische Grenzen auf. Des weiteren muss im Rahmen einer materialspezifischen, recyclingtechnischen Entwicklung untersucht werden, ob die jeweilige Maßnahme tatsächlich ökologisch sinnvoll ist, oder vielmehr eine ineffektive Verlagerung des wesentlichen Problems darstellt. Grundsätzlich muss festgestellt werden, dass keine Form des Materialrecyclings einen energie- bzw. CO<sub>2</sub>-neutralen Prozess darstellt, was das Bild der „Kreislaufführung“ eventuell vortäuschen könnte. Als Konsequenz des *zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik* (Entropiesatz)<sup>4</sup> gilt in diesem Kontext, dass es sich bei Recyclingkreisläufen um keine geschlossenen (im Sinne von „verlustfreien“) Kreisläufe handelt. Ohne den Einsatz bzw. den Verbrauch von Energie ist keine Recyclingmaßnahme umsetzbar. Das Materialrecycling kann dem zur Folge erst dann als zweckmäßige Maßnahme angesehen werden, wenn jeweils alle wirtschaftlich und technisch realisierbaren Möglichkeiten der Abfallvermeidung umgesetzt wurden.

---

<sup>4</sup> Der Entropiesatz besagt, dass in einem geschlossenen System die Entropiemenge fortlaufend zunimmt, wobei „Entropie“ als nicht mehr nutzbare Energie verstanden wird.

### 3.6.1 Recyclingfähigkeit

Bezüglich einer nachhaltigen Produktentwicklung stellt die Recyclingfähigkeit ein essentielles Kriterium dar. Unter der bereits erwähnten Voraussetzung, dass ein Recycling bestimmter Materialien ökologisch sinnvoll ist, sollten diese in dementsprechend hohem Maße eingesetzt werden. Ein qualitativ hochwertiges Recycling, d.h. eine relativ geringe Qualitätsabnahme während eines Recyclingzyklus, ermöglicht eine häufige Kreislaufführung der Sekundärrohstoffe. Hohe Qualitäts-Recyclingprozesse führen auf diese Weise zu hohen Energie- und Primärrohstoffeinsparungen. Aufgrund des geringeren stofflichen und energetischen Aufwands sollte die Materialwiederverwertung der Weiterverwertung vorgezogen werden. Im ungünstigsten Fall ist eine erneute Nutzung der Materialien kaum oder gar nicht möglich. Dies betrifft u.a. Verbundstoffe. Deren Recyclingfähigkeit ist zwar grundsätzlich gegeben, jedoch mit erheblichem Aufwand hinsichtlich der notwendigen Vorbehandlung und des eigentlichen Recyclingprozesses verbunden. Aus diesem Grund ist das Recycling von Verbundstoffen sowohl wirtschaftlich als auch ökologisch in den seltensten Fällen sinnvoll. Allerdings muss darauf hingewiesen werden, dass gerade Verbundwerkstoffe zur Erhöhung der Produktnutzungsdauer beitragen (nach G. Fleischer; „Vermeidung und Verwertung von Abfällen“, 1992). Der Einsatz von Verbundstoffen ist deshalb unter Einbeziehung deren jeweiligen Funktionalität zu bewerten. Die Bewertung des Kriteriums „Recyclingfähigkeit“ erfolgt dementsprechend nach folgendem Muster:

**Tabelle 3-24: Bewertungsmuster des Kriteriums „Recyclingfähigkeit“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Recyclingfähigkeit	Materialien sind kaum oder gar nicht recycelbar (Verbundwerkstoffe)	o			o	o
	Die recycelten Materialien sind in anderen Anwendungsbereichen einsetzbar		o			
	Materialien sind für hohes Qualitäts-Recycling geeignet			o		

### 3.6.2 Einsatz recycelbarer Materialien

Zur Steigerung der oben behandelten Recyclingfähigkeit ist das Produkt mit einem möglichst hohen quantitativen Anteil an recycelbaren Materialien zu konstruieren. Idealerweise sollte ein Primärrecycling der Materialien angestrebt werden. Da relativ sortenrein anfallende Wertstoffe dem Prozess häufig direkt

wieder zugeführt werden können, wird die Verwertung auf diese Weise erheblich vereinfacht. Die Bewertung dieses Kriteriums „recyclierbare Materialien“ ist daher wie folgt gegliedert:

**Tabelle 3-25: Bewertungsmuster des Kriteriums „Einsatz recyclierbarer Materialien“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
2. Einsatz recyclierbarer Materialien	Der Anteil an recyclierbaren Materialien ist gering	o			o	o
	Es liegt ein mittlerer Anteil an recyclierbaren Materialien vor		o			
	Das Produkt verfügt über einen großen Anteil recyclierbarer Materialien			o		

### 3.6.3 geringe Materialvielfalt

Obwohl die Kreislaufführung von Materialstoffströmen oftmals eine wirksame Maßnahme zur Reduzierung bzw. Vermeidung von Abfällen darstellt, muss durch eine nachhaltige Produktentwicklung primär darauf abzielen, möglichst wenig Materialien überhaupt in Stoffkreisläufe bzw. Stoffströme gelangen zu lassen. Die effektivste Methode stellt in diesem Zusammenhang der gänzliche Verzicht auf bestimmte Werkstoffe dar. Dem zur Folge besteht das Produkt idealerweise aus einem einzigen Material. Kommen quantitativ mehrere Materialien zum Einsatz, sollte deren Vielfalt so bemessen sein, dass sie die Funktionalität des Produkts sicherstellen.

Eine Produkt-Überdimensionierung ist sowohl qualitativ als auch quantitativ mit dem unnötigen Einsatz von Werkstoffen verbunden. Daraus resultierend kommt es sowohl innerhalb des Produktionsprozesses als auch während bzw. am Ende der Nutzungsphase zu zusätzlichem, vermeidbarem Abfall. Diesbezüglich ergibt sich das folgende Bewertungsmuster:

**Tabelle 3-26: Bewertungsmuster des Kriteriums „geringe Materialvielfalt“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
3. geringe Material- vielfalt	Es liegt eine große Materialvielfalt vor, die die nicht zur Steigerung der Produkt-funktionalität beiträgt	o			o	o
	Die Materialvielfalt ist der Produkt-funktionalität angemessen		o			
	Es nahezu ein 1-Materialprodukt vor			o		

### 3.6.4 Materialkompatibilität

Im Rahmen einer recyclinggerechten Aufbereitung von Materialkombinationen ist die Kompatibilität, d.h. die Verträglichkeit der im Recyclingprozess entstehenden Materialmischungen von entscheidender Bedeutung. Aus Materialkombinationen geringer Kompatibilität lassen sich nur unter Einsatz zusätzlicher Materialtrenn-verfahren qualitativ hochwertige Sekundärrohstoffe herstellen. Zur Erhöhung der Materialkompatibilität ist grundsätzlich der Zusatz von Verträglichkeitsverbesserern „Compatibilizern“ möglich (nach „www.c-willmann.de/recyclingleitfaden“). Den Idealfall stellt das 1-Materialprodukt dar, da während des Verwertungsprozesses entstehende Materialmischungen auf diese Weise mit Sicherheit ausgeschlossen werden können. Die Bewertung des Kriteriums erfolgt dementsprechend nach folgendem Prinzip:

Tabelle 3-27: Bewertungsmuster des Kriteriums „Materialkompatibilität“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
4. Materialkompatibilität	Das Material ist inkompatibel beim Recycling	o			o	o
	Das Material ist kompatibel beim Recycling		o			
	Es liegt ein 1-Material-Produkt vor			o		

### 3.6.5 Zusatzstoffe

Der Begriff „Zusatzstoff“ ist offiziell im Rahmen der Lebensmittelindustrie durch §2 des Lebensmittelgesetzes (LMBG) wie folgt definiert.

*„Zusatzstoffe ... sind Stoffe, die dazu bestimmt sind, Lebensmitteln zur Beeinflussung ihrer Beschaffenheit oder zur Erziehung bestimmter Eigenschaften oder Wirkungen zugesetzt zu werden; ...“*

Diese Definition lässt sich durchaus auf Produkte außerhalb der Lebensmittelbranche übertragen. Zusatzstoffe haben demnach als indirekter Produktbestandteil einen erheblichen Einfluss auf die Recyclingfähigkeit eines Produkts bzw. dessen Materialien. Gemäß der Bewertung des Kriteriums „Materialkompatibilität“ erfolgt auch die Bewertung des Kriteriums „Zusatzstoffe“ nach deren Recyclingkompatibilität. Des weiteren werden die ökologischen bzw. gesundheitlichen Auswirkungen der jeweiligen Stoffe berücksichtigt, da die Sicherstellung bestimmter Material-/Produkteigenschaften nicht die unmittelbare Erhöhung ihres Umwelt- oder Gesundheitsgefährdungspotentials zur Folge haben darf. Es ergibt sich folgendes Bewertungsmuster:

Tabelle 3-28: Bewertungsmuster des Kriteriums „Zusatzstoffe“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
5. Zusatzstoffe	Die eingesetzten Zusatzstoffe sind recyclinginkompatibel, gesundheitsschädlich und umweltgefährdend	o			o	o
	Die eingesetzten Zusatzstoffe sind leicht abtrennbar und ungiftig		o			
	Die eingesetzten Zusatzstoffe sind recyclingkompatibel und ungiftig			o		

### 3.6.6 Materialkennzeichnung

Die sortenreine Trennung von Abfallmaterialien stellt eine wesentliche Voraussetzung für die anschließenden Wieder- bzw. Weiterverwertungsprozesse dar. Eine wirksame Maßnahme besteht diesbezüglich in einer hinreichenden Kennzeichnung der unterschiedlichen Materialgruppen, wodurch die jeweiligen Trennverfahren erheblich entlastet werden. Die folgende Abbildung stellt exemplarisch die zwei Varianten des „Drei-Pfeile-Symbols“ gemäß DIN 30600 dar, das sich insbesondere für die Kennzeichnung von Packmitteln als Orientierungshilfe für den nichtgewerblichen Endverbraucher bewährt hat.

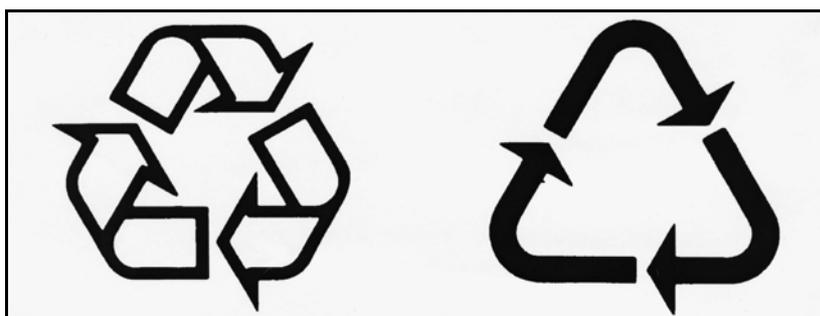


Abbildung 3-6: Bildzeichen Recycling allgemein nach DIN 30600 (links) / Vereinfachtes Bildzeichen Recycling nach DIN 30600 (rechts); Quelle: DIN 6120-1 – Kennzeichnung von Packmitteln und Packstoffen zu deren Verwertung, Dezember 1996

Idealerweise liegt die jeweilige Materialkennzeichnung in einer maschinenlesbaren Form vor, da diese zu einer Beschleunigung der Sortierprozesse bzw. zu einer Steigerung der Trennschärfe und damit der Sortenreinheit führt. Dementsprechend ergibt sich das folgende Bewertungsprinzip:

Tabelle 3-29: Bewertungsmuster des Kriteriums „Materialkennzeichnung“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
6. Materialkennzeichnung	Es liegt keine Kennzeichnung vor	o			o	o
	Es liegt eine Kennzeichnung gemäß DIN oder ISO vor		o			
	Es liegt eine maschinenlesbare Kennzeichnung vor			o		

### 3.6.7 Lokale Konzentration von Bauteilen mit gleichen Recyclingeigenschaften

Die lokale Konzentration von Bauteilen gleicher Recyclingeigenschaften hat erheblichen Einfluss auf die Recycling-Kompatibilität der verschiedenen Materialien. Eine hohe Bauteil-Konzentration mit gleichen Recyclingeigenschaften führt entsprechend zur Erhöhung der Materialkompatibilität der Bauteile beim Verwertungsprozess. Analog zu Kriterium 3.6.4 „Materialkompatibilität“ wird der Idealfall durch das 1-Materialprodukt dargestellt.

Tabelle 3-30: Bewertungsmuster des Kriteriums „Lokale Konzentration von Bauteilen mit gleichen Recyclingeigenschaften“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
7. lokale Konzentration von Bauteilen mit gleichen Recyclingeigenschaften	Recyclinggruppen werden nicht berücksichtigt	o			o	o
	Recyclinggruppen werden berücksichtigt		o			
	Es liegt ein 1-Material-Produkt vor			o		

### 3.7 Design für leichte Zerlegbarkeit

Durch eine einfache Produktzerlegbarkeit ergeben sich sowohl ökologisch als auch wirtschaftlich entscheidende Vorteile. Diese betreffen zum einen den Logistikbereich. Durch die Zerlegung des Produkts in mehrere Komponenten kann der Transportaufwand durch eine entsprechende Volumenverringernung i.d.R. wesentlich optimiert bzw. können Logistikkosten reduziert werden. Dies betrifft sowohl die Produkt-Auslieferung als auch den Transportaufwand während der Entsorgung. Zudem wird eine eventuelle Wieder- oder Weiterverwertung dadurch vereinfacht, dass das vorzerlegte Produkt die, den Verwertungsprozessen vorgeschalteten, Trennverfahren deutlich entlastet. Des weiteren trägt die Zerlegbarkeit eines Produkts maßgeblich zur Verlängerung dessen Nutzungsdauer bei, da sowohl Instandhaltungsmaßnahmen wie Reinigungen oder Wartungen, als auch Instandsetzungsmaßnahmen wie Reparaturen deutlich erleichtert werden.

#### 3.7.1 Produktstruktur

Die Produktstruktur stellt ein entscheidendes Kriterium bezüglich der Zerlegbarkeit dar. Da ein komplex strukturiertes Produktdesign eine Zerlegung fast unmöglich macht, ist ein solches grundsätzlich zu vermeiden. Den Idealfall bildet eine hierarchische bzw. Sandwichstruktur, die eine leichte Trennung verschiedener Produktkomponenten ermöglicht. Abbildung 3-7 zeigt das Beispiel einer Metallschaumplatte mit Sandwichstruktur:

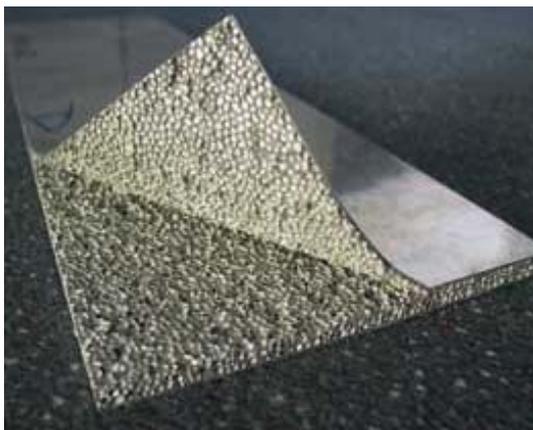


Abbildung 3-7: Metallschaumplatte mit Sandwichstruktur; Quelle: [www.hmi.de](http://www.hmi.de)

Da es keinen konstruktiven Übergang von der komplexen zur hierarchischen bzw. Sandwichstruktur gibt, erfolgt die Bewertung dieses Kriteriums entweder mit A oder C. Im Rahmen einer Begründung der jeweiligen Bewertung wird auf

die mehr oder weniger starke Ausprägung einer eventuellen Sandwichstruktur hingewiesen.

Eine geringe Komplexität führt außerdem zu einer Reduzierung des Handhabungsaufwands sowie gegebenenfalls zur Erleichterung einer automatischen Zerlegung. Es ergibt sich das folgende Bewertungsprinzip:

**Tabelle 3-31: Bewertungsmuster des Kriteriums „Produkt-Struktur“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Produkt-Struktur	Komplexe Produktstruktur	o			o	o
	-		o			
	Produkt weist hierarchische bzw. Sandwichstruktur auf			o		

### 3.7.2 Erkennbarkeit von Verbindungselementen

Das übergeordnete Kriterium „Design für leichte Zerlegbarkeit“ umfasst u.a. den Aspekt des zur Demontage des Produkts erforderlichen Zeitaufwand. So kann z.B. ein in der Handhabung relativ einfacher, bezüglich des Zeitbedarfs allerdings unverhältnismäßiger Demontagevorgang im Sinne dieses Kriteriums nicht als „leicht“ angesehen werden. Die Demontagezeit wird durch die Handhabungszeiten sowie durch die Such- bzw. Erkennungszeiten der zu lösenden Verbindungselemente beeinflusst. Eine rasche Zerlegung setzt dementsprechend eine gute Erkennbarkeit von Verbindungselementen voraus. Es ergibt sich das folgende Bewertungsmuster:

**Tabelle 3-32: Bewertungsmuster des Kriteriums „Erkennbarkeit von Verbindungselementen“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
2. Erkennbarkeit von Verbindungselementen	Versteckt eingearbeitet	o			o	o
	Versteckt mit Markierung eingearbeitet		o			
	Sichtbare Einarbeitung			o		

### 3.7.3 Zugang zu Verbindungselementen

Bezüglich der oben erwähnten Handhabungszeit kann der Zugang zu Verbindungselementen als wesentliches Kriterium angesehen werden. Schwer zugängliche Elemente führen dem zur Folge zwangsläufig zu einer unnötigen Verlängerung der Handhabungs- und somit der Demontagezeit. Auch bei diesem Bewertungsmuster ist eine B-Bewertung unangemessen, da die unterschiedlichen Zugangsbedingungen als übergangslos angesehen werden können. Die Bewertung erfährt dem zur Folge die nachstehende Gliederung:

Tabelle 3-33: Bewertungsmuster des Kriteriums „Zugang zu Verbindungselementen“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
3. Zugang zu Verbindungselementen	Elemente sind schwer zugänglich	o			o	o
	-		o			
	Axialer Zugang bei der Zerlegung möglich			o		

### 3.7.4 Lösbarkeit von Verbindungen

Die Zerlegbarkeit eines Produkts ist u.a. dahingehend zu beurteilen, ob die direkte Verfügbarkeit des Produkts nach dessen Remontage durch einen reversiblen Demontageprozess sichergestellt ist. Nach DIN 8593 Teil 0 ist die Lösbarkeit von Verbindungen wie folgt definiert:

#### Lösbare Verbindung

*„Eine lösbare Verbindung ist eine durch Fügen hergestellte Verbindung, die ohne Beschädigung der gefügten Teile wieder gelöst werden kann.“*

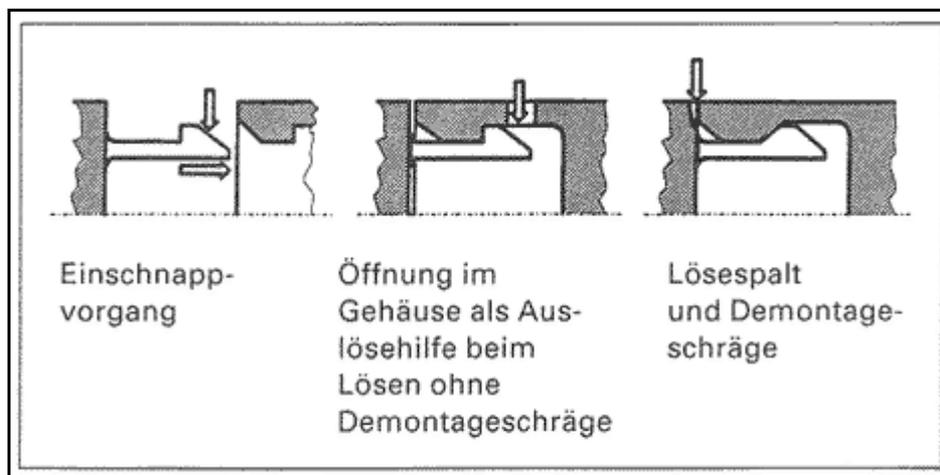
(Quelle: DIN 8593 Teil 0)

#### Nichtlösbare Verbindung

*„Eine nichtlösbare Verbindung ist eine durch Fügen hergestellte Verbindung, die nur unter Inkaufnahme einer Beschädigung oder Zerstörung der gefügten Teile wieder gelöst werden kann.“*

(Quelle: DIN 8593 Teil 0)

Da die Zerstörung von Verbindungselementen bzw. Komponenten deren Wieder- bzw. Weiterverwendung ausschließt, sind Konstruktionen mit Verwendung von nichtlösbaren Verbindungen als nicht nachhaltig zu betrachten und im Rahmen der Produktentwicklung auszuschließen. Des Weiteren ist festzustellen, dass sowohl die Kosten einer Verbindungselement-Erneuerung als auch die daraus resultierenden Abfallströme wesentlich geringer sind, als sie durch die Erneuerung von Produktkomponenten entstünden. Im Falle eines zwingend erforderlichen Einsatzes von nichtlösbaren Verbindungen ist deshalb eine Konstruktion vorzusehen, deren Demontage ersteres zur Folge hat. Idealerweise ist eine zerstörungsfreie Zerlegung des Produkts durch den Einsatz von lösbaren Verbindungen gemäß der obigen Definition anzustreben. Die folgende Abbildung zeigt beispielhaft demontagefreundliche Schnappverbindungen für zwei Kunststoffgehäusehälften. Dabei ist sowohl eine Demontage als auch eine Wiedermontage nach einem Produktrecycling möglich.



**Abbildung 3-8: Demontagefreundliche Schnappverbindungen; Quelle: [www.c-willmann.de](http://www.c-willmann.de)**

Dementsprechend erfolgt die Bewertung des Kriteriums „Lösbarkeit von Verbindungen“ nach folgendem Prinzip. Idealerweise ist eine zerstörungsfreie Zerlegung bzw. Lösbarkeit möglich.

Tabelle 3-34: Bewertungsmuster des Kriteriums „Lösbarkeit von Verbindungen“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
4. Lösbarkeit von Verbindungen	Eine Zerlegung führt zur Zerstörung von Komponenten	o			o	o
	Eine Zerlegung führt zur Zerstörung von Verbindungselementen		o			
	Zerstörungsfreie Zerlegung ist möglich			o		

### 3.7.5 Anzahl der Verbindungselemente

Eine geringe Anzahl von Verbindungselementen und Verbindungsstellen beeinflusst indirekt die Anzahl der erforderlichen Lösevorgänge zur Demontage bzw. Zerlegung eines Produkts und sollte daher minimiert werden. Der gänzliche Verzicht auf Verbindungselemente ohne ungünstige Auswirkungen auf die Zerlegbarkeit des Produkts ist als Idealzustand anzustreben. Eine Bewertung dieses Kriteriums ist deshalb gemäß dem folgenden Prinzip sinnvoll:

Tabelle 3-35: Bewertungsmuster des Kriteriums „Anzahl der Verbindungselemente“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
5. Anzahl der Verbindungs- elemente	Viele Verbindungselemente	o			o	o
	Geringe Anzahl an Verbindungselementen		o			
	Verbindungselemente werden nicht verarbeitet			o		

### 3.7.6 Verzicht auf verbundähnliche Materialkomplexe

In Anlehnung an das Kriterium „Lösbarkeit von Verbindungen“ erfolgt die Bewertung des Kriteriums „Verzicht auf verbundähnliche Materialkomplexe“ bezüglich der Lösbarkeit der eingesetzten Materialstrukturen. Hinsichtlich einer Materialverwertung sollten gerade solche Teile oder Baugruppen leicht demontierbar sein, die aufgrund ihrer prozessstörenden Eigenschaften im Rahmen einer Aufbereitung oder Aufarbeitung abgetrennt werden müssen. Verbundähnliche Komplexe sind dementsprechend zu vermeiden. In der folgenden Abbildung sind verschiedene Verbindungselemente bezüglich ihrer Recyclingeigenschaften dargestellt. Aus der Darstellung geht u.a. der erforderliche Lösungsaufwand hervor.

Verbindungsprinzip		Stoffschluß		Kraftschluß					Formschluß				
Verhalten der Verbindung		Kunststoff/Metall Kleben	Schweißen	Magnetverschluss	Klettverschluss	Schr.-Mutter Stahl	Kunststoff Schnappverschluss	Schnappverschluss	Spannverschluss	1/4-Drehverschluss	Druck-Drehverschluss	Druck-Druckverschluss	Band mit Schloß
Tragfähigkeit/ Belastbarkeit	ruhend	●	●	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●
	schwingend	●	●	●	○	●	●	○	●	●	●	○	●
Fügeaufwand	Fügen	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Kontrolle	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Löseaufwand	zerstörungsfreies Lösen	○	○	●	●	●	●	○	●	●	●	●	●
	Lösen durch Zerstörung	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●
Recyclingeignung	Produktrecycling	○	○	●	●	●	●	○	●	●	●	●	●
	Materialrecycling	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

● bevorzugt    ● geeignet    ○ weniger geeignet

Abbildung 3-9: recyclinggerechte Verbindungselemente; Quelle: VDI Richtlinie 2243 Blatt 1

Das Bewertungsmuster dieses Kriteriums ist in der folgenden Tabelle dargestellt:

Tabelle 3-36: Bewertungsmuster des Kriteriums „Verzicht auf verbundähnliche Materialkomplexe“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
6. Verzicht auf verbundähnliche Materialkomplexe	Es werden kaum oder gar nicht lösbare Materialkomplexe erzeugt	o			o	o
	Es wird auf Klammern verzichtet		o			
	Es wird auf Klammer und Kleben / Leimen verzichtet			o		

Lässt sich der Einsatz stoffschlüssiger Verbindungstechniken wie Kleben oder Schweißen nicht vermeiden, sollten geeignete Sollbruchstellen bzw. Wirkflächen für zerstörende Werkzeuge vorgesehen und eindeutig gekennzeichnet werden.

### 3.7.7 Anzahl der Komponenten

Die Anzahl der Produktkomponenten hat entscheidenden Einfluss auf die Zerlegbarkeit des Produkts. Eine große Komponentenanzahl führt zu einer dementsprechend großen Anzahl an Demontageeinrichtungen. Diese haben einen hohen Bedarf an Demontage- bzw. unterschiedlichen Demontageoperationen zur Folge, die mit einem hohen Aufwand verbunden sind. Eine Überdimensionierung muss im Rahmen der Produktentwicklung infolgedessen vermieden und die Anzahl der Komponenten mindestens der Produktfunktionalität angepasst werden. Die Bewertung dieses Kriteriums erfolgt demzufolge nach folgendem Prinzip:

Tabelle 3-37: Bewertungsmuster des Kriteriums „Anzahl der Komponenten“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
7. Anzahl der Komponenten	Produkt verfügt über eine große Anzahl an Komponenten	o			o	o
	Anzahl der Komponenten entspricht der Produktfunktionalität		o			
	Produkt verfügt über wenig Komponenten			o		

### 3.7.8 Werkzeugbedarf

Mit dem Ziel den Demontageaufwand eines Produkts zu verringern bietet sich die Minimierung des Einsatzes unterschiedlicher Werkzeuge an. Eine geringe Vielfalt notwendiger Werkzeuge führt zu einer Erhöhung der Handhabungsflexibilität, wodurch der Zerlegungsprozess deutlich erleichtert wird. Des Weiteren lassen sich Kostenersparnisse erreichen, die aus der Verringerung von erforderlichen Werkzeugwechseln resultieren. Grundsätzlich sollten aus Gründen der einfacheren und bekannteren Handhabung Universalwerkzeuge an Stelle von Spezialwerkzeugen verwendet werden können. Die Bewertung des Kriteriums Werkzeugbedarf erfolgt nach folgendem Prinzip:

Tabelle 3-38: Bewertungsmuster des Kriteriums „Werkzeugbedarf“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
8. Werkzeugbedarf	Spezialwerkzeuge sind erforderlich	o			o	o
	Lediglich Allzweckwerkzeuge sind erforderlich		o			
	Es bedarf keinerlei Werkzeuge			o		

### 3.7.9 automatische Zerlegbarkeit

Zur Optimierung des oben erwähnten Handhabungsaufwands bezüglich der Produktzerlegung, ist der Einsatz automatisierter Demontagetechniken bzw. eine darauf ausgelegte Produktkonstruktion sinnvoll. Exemplarisch ist in Abbildung 3-10 eine automatische Entstückungsanlage zur Demontage von Elektronikschrott dargestellt.

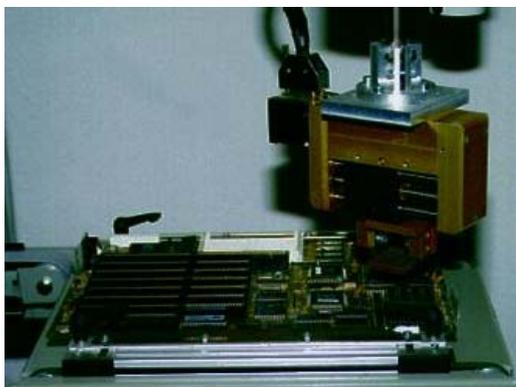


Abbildung 3-10: Automatische Entstückungsanlage zur Demontage von Elektronikschrott; Quelle: [www.rif.fuedo.de](http://www.rif.fuedo.de)

Für eine manuelle Demontage muss die Wertung A erfolgen, da diese mit dem eindeutig größten Zeitaufwand einhergeht.

Ergänzend können zur Entlastung einer manuellen Zerlegung unterstützende Komponenten installiert werden. Grundsätzlich ist der automatisierten Produktzerlegung oberste Priorität einzuräumen. Der Sachverhalt führt zu dem folgenden Bewertungsprinzip:

Tabelle 3-39: Bewertungsmuster des Kriteriums „automatische Zerlegbarkeit“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
9. automatische Zerlegbarkeit	Zerlegung erfolgt manuell	o			o	o
	Zerlegung erfolgt mechanisch		o			
	Zerlegung erfolgt automatisch			o		

### 3.8 Minimierung des Einsatzes gefährlicher Stoffe

Der Einsatz gefährlicher Stoffe bzw. von Gefahrstoffen ist gerade im Hinblick auf ökologische bzw. gesundheitliche Risiken als sehr kritisch zu betrachten. Das Schadpotential eines Gefahrstoffs bleibt während seines gesamten Lebensweges erhalten. Gefahrstoffe stellen daher sowohl bei ihrer Herstellung, Lagerung, ihrem Transport, ihrer Verarbeitung, als auch während der Produktnutzungsphase und ihrer Entsorgung ein potentielles Risiko dar. Gesetzlich erfolgt eine begriffliche Differenzierung zwischen „gefährlichen Stoffen“ und „Gefahrstoffen“.

Gemäß § 3a I des Chemikaliengesetzes (ChemG) sind gefährliche Stoffe wie folgt definiert:

*„Gefährliche Stoffe oder gefährliche Zubereitungen sind Stoffe oder Zubereitungen, die:  
explosionsgefährlich  
brandfördernd  
hochentzündlich  
leichtentzündlich  
entzündlich  
sehr giftig  
giftig  
gesundheitsschädlich  
ätzend  
reizend  
sensibilisierend  
krebserzeugend (kanzerogen, karzinogen)  
fortpflanzungsgefährdend (reproduktionstoxisch)  
erbgutverändernd (mutagen) oder  
umweltgefährlich*

*sind; ausgenommen sind gefährliche Eigenschaften ionisierender Strahlen.<sup>15</sup>*

Die begrifflichen Bestimmungen der einzelnen Gefährlichkeitsmerkmale sind dabei nach § 4 der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) definiert. Als „umweltgefährlich“ gelten dabei auch solche Stoffe, dessen Umweltgefährdungspotenzial gemäß der gesetzlichen Definition nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden kann.

Der Begriff „Gefahrstoff“ erfährt seine Definition in § 19 II ChemG. Demnach sind Gefahrstoffe:

- *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 oder Verwendung Stoffe oder Zubereitungen nach 1 oder 2 entstehen oder freigesetzt werden können*
- *Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse, die erfahrungsgemäß Krankheitserreger übertragen können*

---

<sup>5</sup> Ionisierende Strahlen gelten nicht als Gefahrstoffe, da sie atomrechtlich geregelt werden.

### 3.8.1 Einsatz von Gefahrstoffen

Der unnötige Einsatz von Stoffen, die einer oder mehrerer der oben genannten Kategorien zugeordnet sind, ist, im Kontext der nachhaltigen Produktbewertung, aufgrund des erheblichen Risikos für Mensch und Umwelt auch dann nicht vertretbar, wenn dadurch deutliche wirtschaftliche Erfolge erzielt werden können. Der Einsatz von Gefahrstoffen muss deshalb auf ein Minimum beschränkt, optimalerweise gänzlich vermieden werden. Die Minimierung des Einsatzes dieser Stoffe bezieht sich dabei sowohl auf die Anzahl unterschiedlicher Stofftypen mit unterschiedlichen Gefährdungsklassen, als auch auf die massen- bzw. mengenmäßige Verwendung und den daraus resultierenden Konzentrationen. Aufgrund der unterschiedlichsten Aggregatzustände und Einsatzbereiche von Gefahrstoffen soll der Begriff der Konzentration in diesem Kontext die Begriffe Massenkonzentration (z.B. mg/L), Volumenkonzentration (z.B. ml/L) und Stoffmengenkonzentration (z.B. mol/L) umfassen.

Tabelle 3-40: Bewertungsmuster des Kriteriums „Einsatz von Gefahrstoffen“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Einsatz von Gefahrstoffen	Es werden viele Gefahrstoffe eingesetzt	o			o	o
	Es werden wenig Gefahrstoffe bzw. geringe Konzentrationen eingesetzt		o			
	Es werden keine Gefahrstoffe eingesetzt			o		

### 3.8.2 Einsatz von besonders gefährlichen Stoffen

Unter dem offiziell nicht definierten Begriff der „besonders gefährlichen Stoffe“ sollen in diesem Kontext explosive, giftige und kanzerogene Gefahrstoffe verstanden werden. Da der Einsatz solcher Stoffe grundsätzlich mit einem erheblichen Risiko verbunden ist, werden diese gesondert bewertet. Die Bewertung erfolgt zweckmäßigerweise analog zum vorausgegangenen Kriterium „Einsatz von Gefahrstoffen“. Aufgrund des erhöhten Gefährdungspotentials von besonders gefährlichen Stoffen werden die Voraussetzungen für eine B-Wertung verschärft. Bei geringem Einsatz von besonders gefährlichen Stoffen erfolgt die B-Wertung nur unter der Bedingung, dass sämtliche Alternativen für Stoffe dieser Kategorie ausgeschöpft werden bzw. deren Verwendung unvermeidbar ist. Die Bewertung erfolgt dementsprechend nach folgendem Muster:

Tabelle 3-41: Bewertungsmuster des Kriteriums „Einsatz von besonders gefährlichen Stoffen“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
2. Einsatz von besonders gefährlichen Stoffen	Es werden viele besonders gefährliche Stoffe eingesetzt	o			o	o
	Es werden wenig besonders gefährliche Stoffe eingesetzt (keine Alternative)		o			
	Besonders gefährliche Stoffe kommen nicht zum Einsatz			o		

### 3.8.3 Abtrennbarkeit von Gefahrstoffen

Ist der Einsatz von Gefahrstoffen im Rahmen der Produktion nicht vermeidbar, muss die „Verschleppung“ der jeweiligen Substanzen in die Produktnutzungsphase verhindert werden. Zu diesem Zweck müssen die Stoffe von den jeweiligen Materialien entfernt werden. Die Abtrennbarkeit von Gefahrstoffen ist daher eine wichtige Voraussetzung für die Minimierung der Produktauswirkungen während der Nutzungsphase. Es ergibt sich das folgenden Bewertungsmuster:

Tabelle 3-42: Bewertungsmuster des Kriteriums „Abtrennbarkeit von Gefahrstoffen“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
3. Abtrennbarkeit von Gefahrstoffen	Die Gefahrstoffe sind nicht abtrennbar	o			o	o
	Die Gefahrstoffe sind mit akzeptablem Aufwand abtrennbar		o			
	Die Gefahrstoffe sind leicht abtrennbar			o		

### 3.8.4 Gesellschaftliche Akzeptanz

Stehen umweltrelevante Aktivitäten eines Unternehmens unter massiver gesellschaftlicher Kritik können Umsätze, Erfolgspotentiale sowie das Unternehmensimage erheblich beeinträchtigt werden. Als ökologisch sensible Gruppen können Konsumenten, Kunden, Verbraucherverbände, Bürgerinitiativen, Gewerkschaften, Naturschutzverbände, Behörden, Hochschulen u.a. bezeichnet werden (nach Bundesumweltministerium, Handbuch Umweltcontrolling, 1995).

Das jeweilige Unternehmen sollte deshalb gerade aus ökonomischen Gründen den Einsatz von Stoffen, Produkten, Verfahren, Anlagen u.a. anstreben, die keinen Anlass zu öffentlicher Kritik geben.

Tabelle 3-43: Bewertungsmuster des Kriteriums „gesellschaftliche Akzeptanz“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
4. gesellschaftliche Akzeptanz	Der Stoff / die Stoffe steht / stehen unter dauerhafter Kritik durch ökologische Anspruchsgruppen	o			o	o
	Ökologische Anspruchsgruppen fordern schärfere Bestimmungen		o			
	Es ist keine öffentliche Kritik bekannt			o		

### 3.8.5 Gefährdungs- / Störfallpotenzial

Die Reduzierung externer Umweltrisiken durch den Abbau bzw. die Vermeidung von Risikopotentialen ist gerade aus ökologischen Gründen, jedoch durchaus auch wirtschaftlich sinnvoll. Ein hohes Gefährdungs- bzw. Störfallpotential führt zwangsläufig zu Kritik ökologisch sensibler Gruppen, die mit den oben genannten wirtschaftlichen Effekten verbunden sein kann. Die Definition eines hohen Störfallpotenzials soll in diesem Kontext zweckmäßigerweise auch solche unternehmerischen Aktivitäten umfassen, deren grundsätzliches Störfallrisiko zwar als relativ gering anzusehen ist, die ökologischen Folgen eines eventuellen Störfalls dagegen erheblich sind. Unter „Störfall“ soll hier der nach § 2 Absatz 3 der Störfallverordnung (12. BimSchV) definierte Begriff verstanden werden.

Dieser ist definiert als:

„ein Ereignis, wie z.B. eine Emission, ein Brand oder eine Explosion größeren Ausmaßes, das sich aus einer Störung des bestimmungsgemäßen Betriebs in einem unter diese Verordnung fallenden Betriebsbereich oder in einer unter diese Verordnung fallenden Anlage ergibt, das unmittelbar oder später innerhalb oder außerhalb des Betriebsbereichs oder der Anlage zu einer ernststen Gefahr oder zu Sachschäden nach Anhang VI Teil1 Ziffer I Nr. 4 führt und bei dem ein oder mehrere gefährliche Stoffe beteiligt sind“ (Quelle: 12. BimSchV).

Die Bewertung des Kriteriums Gefährdungs- bzw. Störfallpotenzial erfolgt nach dem in der folgenden Tabelle dargestellten Prinzip:

**Tabelle 3-44: Bewertungsmuster des Kriteriums „Gefährdungs- bzw. Störfallpotenzial“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
5. Gefährdungs- bzw. Störfallpotential	Es besteht sowohl ein hohes ökologisches Gefährdungspotential als auch eine hohe Störfallgefahr	o			o	o
	Es besteht sowohl ein mittleres ökologisches Gefährdungspotential als auch eine mittlere Störfallgefahr		o			
	Ein ökologisches Gefährdungspotential sowie Störfallgefahren liegen kaum vor			o		

### 3.9 Umweltfreundliche Produktion

Die großtechnische Produktion industrieller Güter stellt einen der wichtigsten Aspekte der anthropogenen Umweltbeeinflussung dar. Durch die Mobilisierung quantitativ und qualitativ unterschiedlichster Stoff- und Energieströme tangiert der Industriezweig in mannigfachster Art und Weise sämtliche globalen ökologischen Systeme. Die folgende Abbildung verdeutlicht die Auswirkungen industrieller Prozesse auf die drei wesentlichen Umweltmedien Wasser, Boden und Luft.

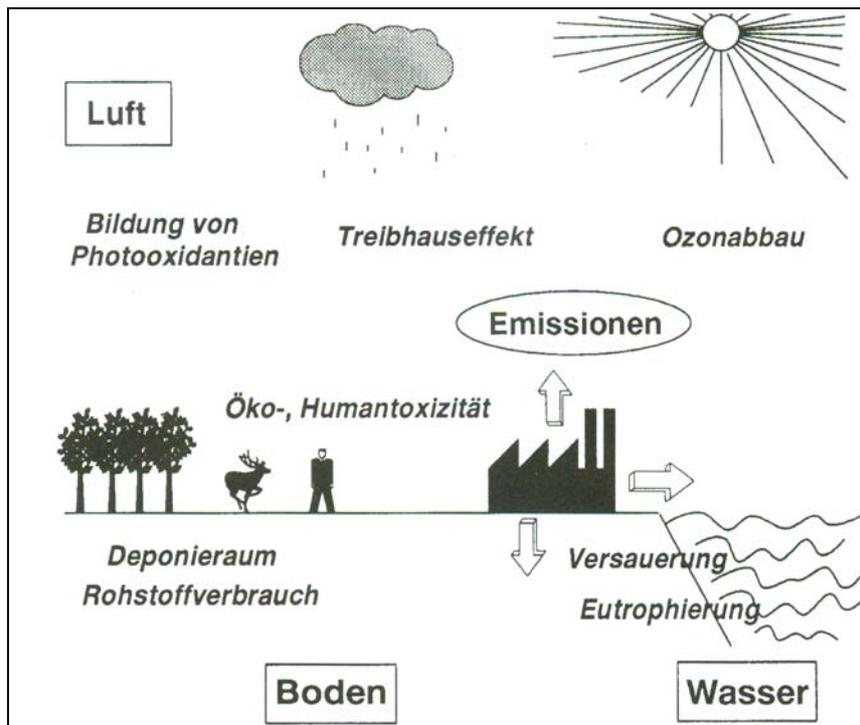


Abbildung 3-11: Wirkungskategorien industrieller Prozesse; Quelle: G. Fleischer, Produktionsintegrierter Umweltschutz, 1994

Die Minimierung der von einem industriellen Produktionsprozess ausgehenden direkten und indirekten Umweltauswirkungen ist daher ein essentieller Teilaspekt der ökologischen Dimension nachhaltiger Entwicklung.

### 3.9.1 Abfallaufkommen

Gemäß den Grundsätzen der Kreislaufwirtschaft muss der Vermeidung von Produktionsabfällen oberste Priorität vor deren Verwertung bzw. Beseitigung eingeräumt werden. Die Erarbeitung von geeigneten Verwertungsstrategien stellt in diesem Zusammenhang eines der wesentlichen Instrumentarien wirksamer Abfallvermeidung dar. Hinsichtlich der produktionsbedingten Abfallströme lassen sich Herstellungsprozesse allgemein in offene, geschlossene sowie Verwertungskaskadensysteme unterscheiden. Offene Systeme (siehe Abbildung 3-12, links) basieren auf der stetigen Bereitstellung essentieller Ressourcen, ohne die Vermeidung anfallender Rückstände entweder durch integrierte Maßnahmen oder im Rahmen einer entsprechenden Verwertung zu berücksichtigen. Dieses, den Anforderungen an einen nachhaltigen Ressourceneinsatz extrem konträre Prinzip, wird zunehmend durch ökologisch und ökonomisch sinnvollere Ansätze verdrängt.

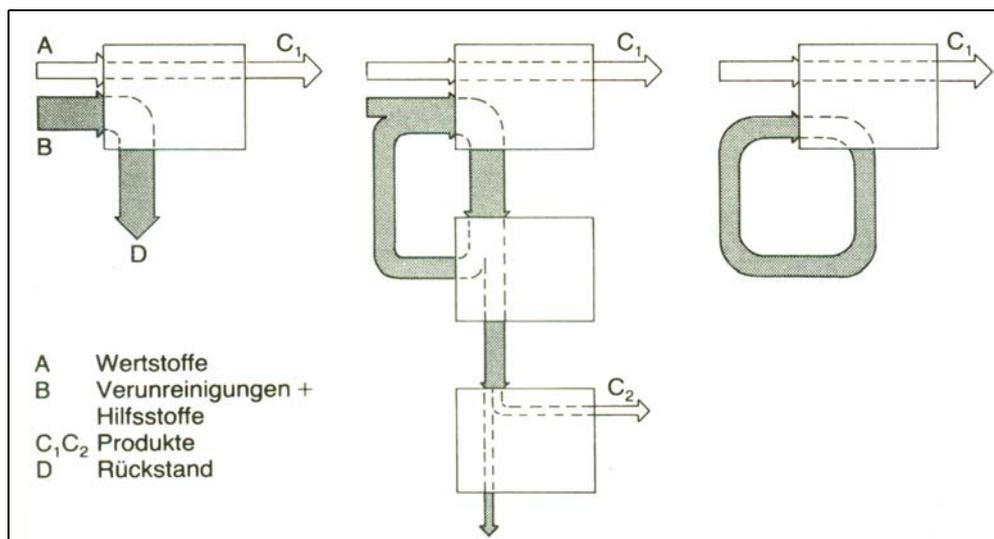
In diesem Kontext stellt das geschlossene System (siehe Abbildung 3-12, rechts) die ideale Umsetzung dar. Dieses ermöglicht die vollständige

Wiederverwendung sämtlicher anfallender Produktionsrückstände. Die spezifischen Anforderungen dieses Systems liegen im Wesentlichen in der Beschaffenheit der Rückstände, die ausschließlich aus Wertstoffen und kreislauffähigen Hilfsstoffen bestehen dürfen und des weiteren

- Nicht verunreinigt und
- In ihren chemisch-physikalischen (und ggf. biologischen) Eigenschaften nicht verändert sein dürfen, oder
- Mit vertretbarem Aufwand gereinigt werden können. Das Erfordernis einer Hilfsstoffaufbereitung führt allerdings oft bereits wieder zu einem Rückstand, dessen Verwertbarkeit fraglich sein kann.

(Quelle: nach M. Bank, Basiswissen Umwelttechnik, 2000)

Aufgrund der hohen spezifischen Anforderungen ist die Umsetzung geschlossener Systeme in den häufigsten Fällen allerdings utopisch. Eine sinnvolle Alternativlösung besteht in der Integration von Verwertungskaskaden (siehe Abbildung 3-12, Mitte) die eine Verwertung aufbereiteter Rückstände innerhalb der eigenen Produktion oder in externen Prozessen ermöglichen.



**Abbildung 3-12: Prinzipielle Darstellung offener Systeme (links), Verwertungskaskaden (Mitte) und geschlossener Systeme (rechts); Quelle: M. Bank, Basiswissen Umwelttechnik, 2000**

Die Minimierung der produktionsspezifischen Abfallströme verlangt zudem eine hinreichende Ausschöpfung produktionsintegrierter Ansätze. Die Gliederung des diesbezüglichen Bewertungsmusters in C, B und A erfolgt in Anlehnung an das abfallwirtschaftliche hierarchische Prinzip Vermeiden, Verwerten, Beseitigen. Die entsprechende Gliederung ist im Folgenden dargestellt:

Tabelle 3-45: Bewertungsmuster des Kriteriums „Abfallaufkommen“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Abfall- aufkommen	Es herrscht ein hohes Aufkommen an nicht oder kaum recycelbaren Abfällen	o			o	o
	Es herrscht ein geringes Aufkommen an recycelbaren Abfällen		o			
	Die Produktion läuft abfallfrei			o		

### 3.9.2 Energieverbrauch

Der bewusste, sparsame Energieeinsatz stellt einen der wichtigsten Aspekte einer ökologisch nachhaltigen Entwicklung dar. Gerade in der Zeit der noch immer vorherrschenden Kohlenstoffwirtschaft ist die Minimierung des Energieverbrauchs sowohl unter dem Gesichtspunkt der Ressourcenschonung als auch hinsichtlich der Reduzierung von Schadstoffemissionen als zwingend notwendig anzusehen. Im Sinne der Nachhaltigkeit darf die Nutzung von Rohstoffen und Energie weder globale Stoffkreisläufe verändern, noch die Tragfähigkeit ökologischer Systeme überbeanspruchen. Dementsprechend ist z.B. die Wahl des Energielieferanten unter dem Kriterium des jeweiligen Energie-Mixes zu treffen. Die Bereitstellung der Energie sollte dabei zu möglichst großen Anteilen aus regenerativen Quellen und zu möglichst geringen Anteilen aus fossilen Ressourcen erfolgen. Auf eine qualitative Bewertung des Energieeinsatzes soll an dieser Stelle verzichtet werden. Die Bewertung erfolgt bezüglich produktionsintegrierter Maßnahmen, die zum Zwecke der Minimierung des produktspezifischen quantitativen Energiebedarfs umgesetzt werden. Idealerweise wird die entstehende Wärmeenergie nicht als Abwärme (z.B. durch Kühltürme) an die Umwelt abgegeben (was zudem mit ökologischen Beeinträchtigungen wie z.B. der Erwärmung von Flusswasser verbunden sein kann), sondern auf sinnvolle Art und Weise einer weiteren Nutzung zugeführt. In diesem Zusammenhang stellt das Wort „Abwärme“ an sich bereits einen krassen Gegensatz zu den Prinzipien einer nachhaltigen Entwicklung dar. Dementsprechend ergibt sich das folgende Bewertungsprinzip:

Tabelle 3-46: Bewertungsmuster des Kriteriums „Energieverbrauch“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
2. Energieverbrauch	Es herrscht ein hoher Energieverbrauch	o			o	o
	Die Produktion ist energiesparend		o			
	Die Produktion ist energiesparend und Abwärme wird genutzt			o		

### 3.9.3 Wasserverbrauch

Aus der anthropogenen Wassernutzung resultieren wesentliche Veränderungen des Gleichgewichtszustandes des natürlichen Wasserkreislaufes. Das gegenwärtige Verhaltensmuster, Wasser aus dem natürlichen Kreislauf zu entnehmen um es nach der Nutzung dem jeweiligen System belastet wieder zuzuführen, steht in krassem Gegensatz zu den Prinzipien einer nachhaltigen Entwicklung. Das industriell eingesetzte Wasser bildet mit 90 % den bundesweit größten Anteil des gesamten Wasserverbrauchs. In diesem Kontext werden ca. 60 % als Kühlwasser für die Kraftwerke und 30 % als industrielles Brauchwasser eingesetzt (nach M. Bank; Basiswissen Umwelttechnik, 2000). Die anthropogenen Eingriffe in den natürlichen Wasserkreislauf sollen durch die folgende Abbildung erläutert werden.

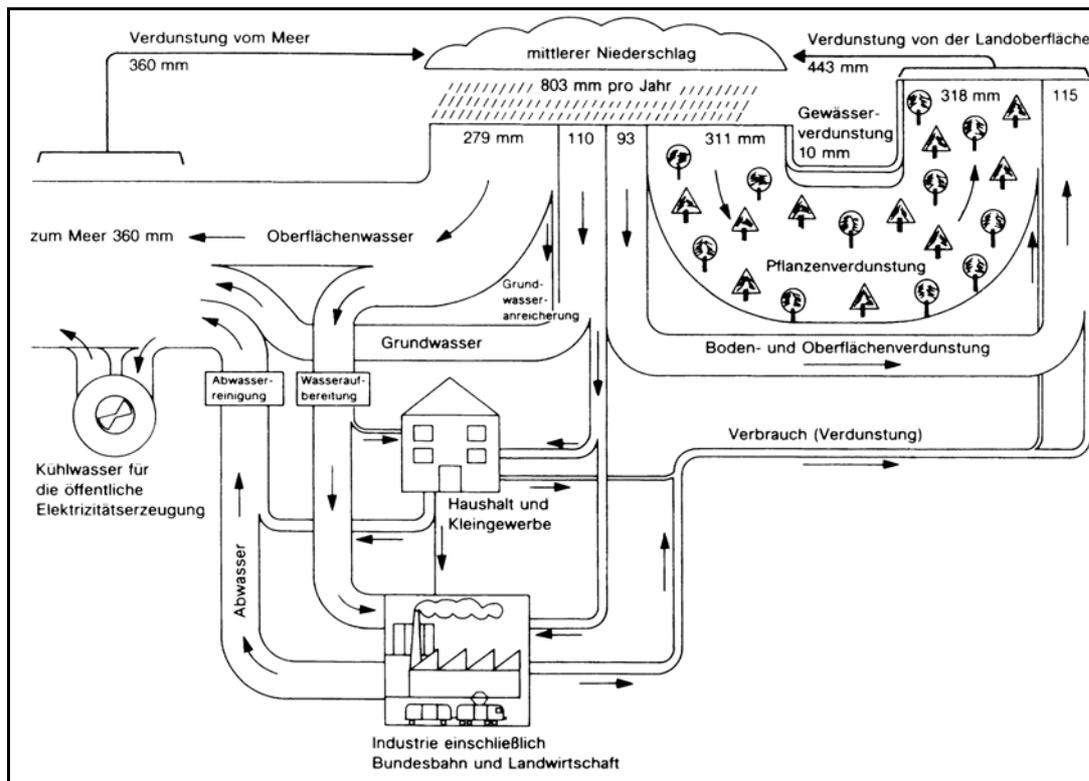


Abbildung 3-13: Natürlicher Wasserkreislauf (vereinfacht) mit direkten anthropogenen Eingriffen; Quelle: M. Bank, Basiswissen Umwelttechnik, 2000

Die daraus resultierenden Probleme, wie z.B. die Erwärmung von Flusswasser oder Vegetationsschäden als Folge von Grundwasserabsenkungen aufgrund übermäßiger Entnahme deuten auf dringenden Handlungsbedarf hin. Der natürliche Wasserkreislauf stellt zwar ein geschlossenes, praktisch verlustfreies System dar, das die Verfügbarkeit des Wassers langfristig sicherstellt. Allerdings wird die Bereitstellung qualitativ hochwertigen Trinkwassers durch die zunehmende Verschmutzung stetig erschwert. Eine zukunftsfähige Entwicklung fordert primär die Umsetzung effizienter Sparmaßnahmen anstatt die Entwicklung immer aufwändigerer Aufbereitungstechniken, da diese langfristig mit erheblichen, nicht tragfähigen Kosten verbunden sein werden. Die Bewertung dieses Kriteriums erfolgt entsprechend nach folgender Gliederung:

Tabelle 3-47: Bewertungsmuster des Kriteriums „Wasserverbrauch“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
3. Wasserverbrauch	Es herrscht ein hoher Wasserverbrauch	o			o	o
	Die Produktion ist wassersparend		o			
	Wasser wird im Kreislauf geführt			o		

### 3.9.4 Besonders überwachungsbedürftige Abfälle

Unter besonders überwachungsbedürftigen Abfällen sollen im Kontext dieses Kriteriums Abfälle verstanden werden, die gemäß § 41 KrW-AbfG als Abfälle „...aus gewerblichen oder sonstigen wirtschaftlichen Unternehmen oder öffentlichen Einrichtungen, die nach Art, Beschaffenheit oder Menge in besonderem Maße gesundheits-, luft- oder wassergefährdend, explosibel oder brennbar sind oder Erreger übertragbarer Krankheiten enthalten oder hervorbringen können (besonders überwachungsbedürftige Abfälle zur Beseitigung)...“, definiert sind. Aufgrund des erhöhten Gefahrenpotentials sind besonders überwachungsbedürftige Abfälle grundsätzlich zu vermeiden. Idealerweise wird das Aufkommen an Abfällen dieses Typs gänzlich verhindert. Das Bewertungsprinzip stellt sich entsprechend wie folgt dar:

**Tabelle 3-48: Bewertungsmuster des Kriteriums „besonders überwachungsbedürftige Abfälle“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
4. besonders überwachungsbedürftige Abfälle	Es fallen viele besonders überwachungsbedürftige Abfälle an	o			o	o
	Es fallen wenig besonders überwachungsbedürftige Abfälle an		o			
	Es fallen keine besonders überwachungsbedürftige Abfälle an			o		

### 3.9.5 Emissionen

Der Begriff der Emission ist nach § 3 Abs. 3 BImSchG (Bundesimmissionsschutzgesetz) wie folgt definiert:

*„Emissionen im Sinne dieses Gesetzes sind die von einer Anlage ausgehenden Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen, Licht, Wärme, Strahlen und ähnliche Erscheinungen.“*

„Luftverunreinigungen im Sinne dieses Gesetzes sind Veränderungen der natürlichen Zusammensetzung der Luft, insbesondere durch Rauch, Ruß, Staub, Gase, Aerosole, Dämpfe oder Geruchsstoffe.“ (§ 3 Abs. 4 BImSchG)

Durch die Emissionen industrieller Anlagen werden die vielfältigsten Schadstoffe in die Umwelt eingetragen. Dementsprechend groß ist das Wirkungsspektrum industrieller Emissionen.

Zur Verdeutlichung des Gefährdungspotenzials der zahlreichen Schadstoffe hinsichtlich Umwelt und Gesundheit sollen die wichtigsten ökologischen Effekte bestimmter Emissionen im Folgenden dargestellt und erläutert werden.

#### 3.9.5.1 Anthropogener Treibhauseffekt

Grundsätzlich ist eine Differenzierung zwischen natürlichem und anthropogenem Treibhauseffekt erforderlich. Der natürliche Treibhauseffekt *„beschreibt das Strahlungsgleichgewicht der Erde zwischen der Absorption des kurzwelligeren Sonnenlichtes und der Emission langwelliger Wärmestrahlung von Erdoberfläche und Atmosphäre. Dieses Strahlungsgleichgewicht wird in erheblichem Umfang durch die in der Atmosphäre vorhandenen Spurengase bestimmt, die aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften die langwellige Wärmestrahlung stärker absorbieren als die Sonnenstrahlung. Ein großer Teil der von der Oberfläche emittierten Wärmestrahlung wird daher nicht direkt in den Weltraum abgestrahlt, sondern in der unteren Atmosphäre absorbiert und von dort z. T. wieder zur Erdoberfläche zurückgestrahlt“* (Quelle: BMFT, Broschüre Förderschwerpunkt zum Treibhauseffekt, 1989). Durch diesen für die Erde lebensnotwendigen Effekt wird unter der Voraussetzung einer von anthropogenen Einflüssen unberührten Atmosphäre eine Lufttemperatur in Bodennähe (im langjährigen, weltweiten Mittel) von +15 °C sichergestellt. Die für diesen Effekt verantwortlichen Spurengase sind im Wesentlichen:

- Wasserdampf
- Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>)
- Methan (CH<sub>4</sub>)
- Distickstoffoxid (Lachgas, N<sub>2</sub>O)
- Ozon (O<sub>3</sub>)

Bestimmte anthropogene Aktivitäten haben eine Konzentrationserhöhung dieser bereits vorhandenen Stoffe verursacht bzw. weitere, natürlicherweise nicht vorkommende Gase erzeugt, die ebenfalls erheblichen Einfluss auf den Treibhauseffekt besitzen. Die auf diese Weise verursachte Änderung des natürlichen Strahlungsgleichgewichtes wird als anthropogener Treibhauseffekt bezeichnet. In diesem Zusammenhang sollen verschiedene, durch menschliche Eingriffe ausgelöste ökologische Wechselwirkungen in der folgenden Abbildung dargestellt werden:



Die größte Bedeutung wird dabei den FCKW beigemessen. Aufgrund ihrer chemischen Stabilität und hohen Persistenz gelangen die Substanzen erst nach Wanderungszeiten von ca. 10 Jahren in die Stratosphäre, wo abgespaltene Chloratome den Ozonabbau bewirken (nach G. Baumbach, Luftreinhaltung, 1994).

#### 3.9.5.3 Saure Niederschläge

Die für saure Niederschläge verantwortlichen Substanzen sind im Wesentlichen Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ) sowie die Stickstoffoxide  $\text{NO}$  und  $\text{NO}_2$  ( $\text{NO}_x$ ). Die hauptsächlich auf die Verbrennung fossiler Brennstoffe zurückzuführenden  $\text{SO}_2$ -Emissionen sind zu ca. 2/3 an der Ansäuerung des Niederschlags mit Schwefelsäure beteiligt. 1/3 der Ansäuerung wird der aus den Stickstoffoxiden gebildeten Salpetersäure zugesprochen. Zwar konnte der  $\text{SO}_2$ -Ausstoß durch den massiven Einsatz hochentwickelter Entschwefelungstechniken in Industrieanlagen und Kohlekraftwerken drastisch reduziert werden, die  $\text{NO}_x$ -Emissionen gelten allerdings derzeit noch immer als problematisch.

#### 3.9.5.4 Toxikologische bzw. gesundheitsschädigende Effekte

Die Wirkungen von Luftverunreinigungen beim Menschen sind sehr unterschiedlich. Sie können von Augen- oder Schleimhautreizungen bis zum Tod reichen. Dabei sind die Wirkungen einiger Emissionstypen, wie z.B. elektromagnetischer Emissionen (Elektrosmog), noch nicht eindeutig erwiesen. Die folgende, nicht auf Vollständigkeit bedachte Tabelle zeigt die vielfältigen Effekte verschiedener wichtiger Luftschadstoffe:

**Tabelle 3-49: Wichtige Luftschadstoffe und ihre Wirkungen auf die menschliche Gesundheit; verändert nach G. Baumbach, Luftreinhaltung, 1994**

Luftschadstoff	Wirkung
SO <sub>2</sub> (Schwefeldioxid)	Reizgas für Atemwege, Lösung in Schleimhäuten von Augen, Mund, Nase und Bronchien
SO <sub>2</sub> + Feinstaub	Erhöhung der schädlichen SO <sub>2</sub> -Wirkung; Eindringen des sauren Aerosols bis in innere Atmungsorgane und Bildung von H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
NO <sub>2</sub> (Stickstoffdioxid)	Reizgas für den Atemtrakt; Lösung in Schleimhäuten;
NO (Stickstoffmonoxid)	Giftwirkung ca. 20 % des NO <sub>2</sub> ; Bildung von Methämoglobin im Blut, das nicht zum O <sub>2</sub> -Transport befähigt ist
CO (Kohlenstoffmonoxid)	200 bis 300 mal größere Affinität zum Blutfarbstoff Hämoglobin als O <sub>2</sub> ; Behinderung der O <sub>2</sub> -Versorgung des Körpers (z.B. Blausucht); Angriffsorte: Zentralnervensystem und Herz-Kreislaufsystem
O <sub>3</sub> (Ozon)	Starkes Reizgas für Atemwege; da schlecht wasserlöslich, Vordringen bis in die Lunge; Beeinträchtigung der Lungenfunktion durch Oxidation von Enzymen, Proteinen usw.; Bewirkung von Chromosomenbrüchen
H <sub>2</sub> S (Schwefelwasserstoff)	(meistens) Geruch nach faulen Eiern; Reizgas für Augen und Schleimhäute; Zell- bzw. Fermentgift; Schädigung des Nervengewebes
Cl <sub>2</sub> , HCl (Chlorgas, Chlorwasserstoff)	Starke Reizgase für Atemwege, Absorption in Schleimhäuten, da gut wasserlöslich; relevant in Umgebung von speziellen Emittenten und bei Störfällen
HF (Fluorwasserstoff)	Sehr starkes Oxidationsmittel; Störung des Calcium-Stoffwechsels und dadurch Schädigung an Knochen und Zähnen; starkes Pflanzengift; relevant in der Umgebung spezieller Emittenten
HCHO (Formaldehyd)	Stechender Geruch; Reizgas für Augen und Atemwege; Verdacht auf kanzerogene und mutagene Wirkung
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (Benzol)	Als Luftverunreinigung Benzoldampf: bei chronischer Exposition Anreicherung im Fettgewebe und Knochenmark; Metabolisierung in der Leber; Schädigung der blutbildenden Systeme; krebserzeugend (Leukämie) bei beruflicher Exposition
PAK (Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe)	Ein Teil der PAK ist krebserregend; bekanntester Vertreter: Benzo(a)pyren
Ruß	Kohlenstoffteilchen, an die PAK adsorbiert sein können: Träger von PAK in den Atemtrakt; Dieselruß ist z.B. krebverdächtig
Halogenierte Kohlenwasserstoffe	Mögliche Wirkungen auf die Haut, auf Stoffwechsel bzw. Leber und Niere, auf die Keimbahn, Anreicherung im Fettgewebe
Pb (Blei)	Wirkung auf Stoffwechselaktivität und Gehirn; Speicherung in Knochen
Cd (Cadmium)	Erhöhte Resorption bei Vitamin- und Mineralstoffmangel; Beeinträchtigung der Nierenfunktion möglich

Die vorausgehenden Darstellungen unterstreichen die zwingende Notwendigkeit zur Minimierung der industriell verursachten Schadstoffemissionen. Dementsprechend ist die Bewertung dieses Kriteriums auf qualitativer und quantitativer Basis sinnvoll. Es ergibt sich das folgende Bewertungsmuster:

Tabelle 3-50: Bewertungsmuster des Kriteriums „Emissionen“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
5. Emissionen	Viele Emissionen	o			o	o
	Wenig Emissionen aufgrund integrierter Lösungen		o			
	Keine Emissionen			o		

### 3.9.6 Gefahrstoffe an Arbeitsplätzen

Der Umgang mit Gefahrstoffen (siehe Kapitel x8) stellt ein stetiges Risiko für die menschliche Gesundheit dar. Zur Minimierung dieser Risiken bestehen bezüglich einiger Stoffe gesetzliche Auflagen. Nach § 3 der Gefahrstoffverordnung (1999) werden in diesem Kontext die folgenden, wichtigsten Begriffe unterschieden:

#### Maximale Arbeitsplatzkonzentration (MAK)

„Maximale Arbeitsplatzkonzentration (MAK) ist die Konzentration eines Stoffes in der Luft am Arbeitsplatz, bei der im allgemeinen die Gesundheit der Arbeitnehmer nicht beeinträchtigt wird.“ (§ 3 Abs. 5 GefStoffV)

#### Biologischer Arbeitsplatztoleranzwert (BAT)

“*Biologischer Arbeitsplatztoleranzwert (BAT) ist die Konzentration eines Stoffes oder seines Umwandlungsproduktes im Körper oder die dadurch ausgelöste Abweichung eines biologischen Indikators von seiner Norm, bei der im allgemeinen die Gesundheit der Arbeitnehmer nicht beeinträchtigt wird.*“ (§ 3 Abs. 6 GefStoffV)

Technische Richtkonzentration (TRK)

„Technische Richtkonzentration (TRK) ist die Konzentration eines Stoffes in der Luft am Arbeitsplatz, die nach dem Stand der Technik erreicht werden kann.“ (§ 3 Abs. 7 GefStoffV)

Auslöseschwelle

„Auslöseschwelle ist die Konzentration eines Stoffes in der Luft am Arbeitsplatz oder im Sinne des Absatzes 6 im Körper, bei deren Überschreitung zusätzliche Maßnahmen zum Schutze der Gesundheit erforderlich sind...“ (§ 3 Abs. 8 GefStoffV)

Zweckmäßigerweise erfolgt die Bewertung dieses Kriteriums in Ausrichtung an die Einhaltung der jeweiligen MAK- bzw. BAT-Werte. Die Einhaltung der gesetzlichen Auflagen muss dabei als grundsätzliches, selbstverständliches Minimalziel angesehen werden. Idealerweise werden keine Gefahrstoffe bzw. entsprechend geringe Konzentrationen eingesetzt. Es ergibt sich das folgende Bewertungsprinzip:

**Tabelle 3-51: Bewertungsmuster des Kriteriums „Gefahrstoffe an den Arbeitsplätzen“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
6. Gefahrstoffe an den Arbeitsplätzen	Überschreitung der MAK-/BAT-Werte; Einsatz karzinogener und giftiger Stoffe	o			o	o
	MAK-/BAT-Werte werden eingehalten		o			
	Kein Einsatz von Gefahrstoffen bzw. entsprechend 10 % des MAK-Werts			o		

### 3.9.7 Umweltrechtliche Anforderungen

Die Einhaltung umweltrechtlicher Anforderungen muss im Zuge einer nachhaltigen Entwicklung als selbstverständlich gelten. Die diesbezüglich zu Grunde liegenden Bundesgesetze sind im Wesentlichen:

- Bundesimmissionsschutzgesetz (BimSchG)
- Chemikaliengesetz (ChemG)
- Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-AbfG)
- Bundes-Bodenschutzgesetz (BbodSchG)
- Bundesnaturschutzgesetz (BnatSchG)
- Wasserhaushaltsgesetz (WHG)
- Arbeitssicherheitsgesetz (ASiG)
- Sprengstoffgesetz (SprG)

Die in diesem Zusammenhang wichtigsten Durchführungsverordnungen sind im Folgenden aufgeführt:

- sämtliche Bundesimmissionsschutzverordnungen (BImSchV)
- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)
- Verordnung über die Einführung des Europäischen Abfallkatalogs (EAKV)
- Verordnung zur Bestimmung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen (BestbÜAbfV)
- Verordnung über Verwertungs- und Beseitigungsnachweise (NachwV)
- Entsorgungsfachbetriebe-Verordnung (EfbV)
- Transportgenehmigungs-Verordnung (TgV)
- Bundes-Bodenschutzverordnung (BbodSchV)
- Bundesartenschutzverordnung (BartSchV)
- Trinkwasserverordnung (TVO)
- Abwasserverordnung (AbwV)
- Grundwasserverordnung (GrWV)

Des weiteren liegen die folgenden, wesentlichen Verwaltungsvorschriften zu Grunde:

- Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft)
- Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm)
- Technische Anleitung Abfall (TA Abfall)
- Technische Anleitung Siedlungsabfall (TASi)

Die Bewertung des Kriteriums berücksichtigt neben der Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen ebenfalls eventuell vorgesehene gesetzliche Verschärfungen. Die Gliederung des Bewertungsprinzips ist in der folgenden Abbildung dargestellt:

**Tabelle 3-52: Bewertungsmuster des Kriteriums „Umweltrechtliche Anforderungen“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
7. umweltrechtliche Anforderungen	Werden nicht eingehalten	o			o	o
	Einhaltung der Anforderungen; vorgesehene Verschärfungen durch den Gesetzgeber		o			
	Einhaltung der Anforderungen; keine gesetzlichen Verschärfungen vorgesehen			o		

### 3.9.8 Verwertungsquote (erhöht das Produkt die Verwertungsquote?)

Die Verwertungsquote stellt einen wichtigen Indikator zur umweltverträglichen und ressourcenschonenden Ausrichtung der Abfallpolitik dar. Sie bemisst das Verwertungsergebnis von Abfällen, die in Privathaushalten und Kleingewerbebetrieben als Hausmüll inkl. Geschäftsmüll und Sperrmüll anfallen. Basis der Berechnung ist der Quotient aus den verwerteten Wertstoffen und dem gesamten Aufkommen an Wertstoffen und Restmüll, ohne Doppelerfassung von Sortierresten und verwerteter Schlacke und Metall aus der thermischen Behandlung. Erfasste Fraktionen aus dem Gewerbe gehen in die Verwertungsquote nicht ein. Die Berechnungsformel der Verwertungsquote kann wie folgt beschrieben werden:

**Tabelle 3-53: Berechnungsformel der Verwertungsquote; Quelle: verändert nach [www.umweltministerium.bayern.de](http://www.umweltministerium.bayern.de)**

<b>Verwertungs- quote</b>	<b>=</b>	<b>erfasste Wertstoffe (kommunale + duale Erfassung)</b>			<b>·100</b>
		erfasste <b>Wertstoffe</b> (kommunale + duale Erfassung)	<b>+</b>	<b>Restabfall Haushalten</b> (Hausmüll Sperrmüll)	

Die folgende Abbildung zeigt exemplarisch die Entwicklung von Mengen und Quoten verwerteter Verkaufsverpackungen innerhalb der Europäischen Union:

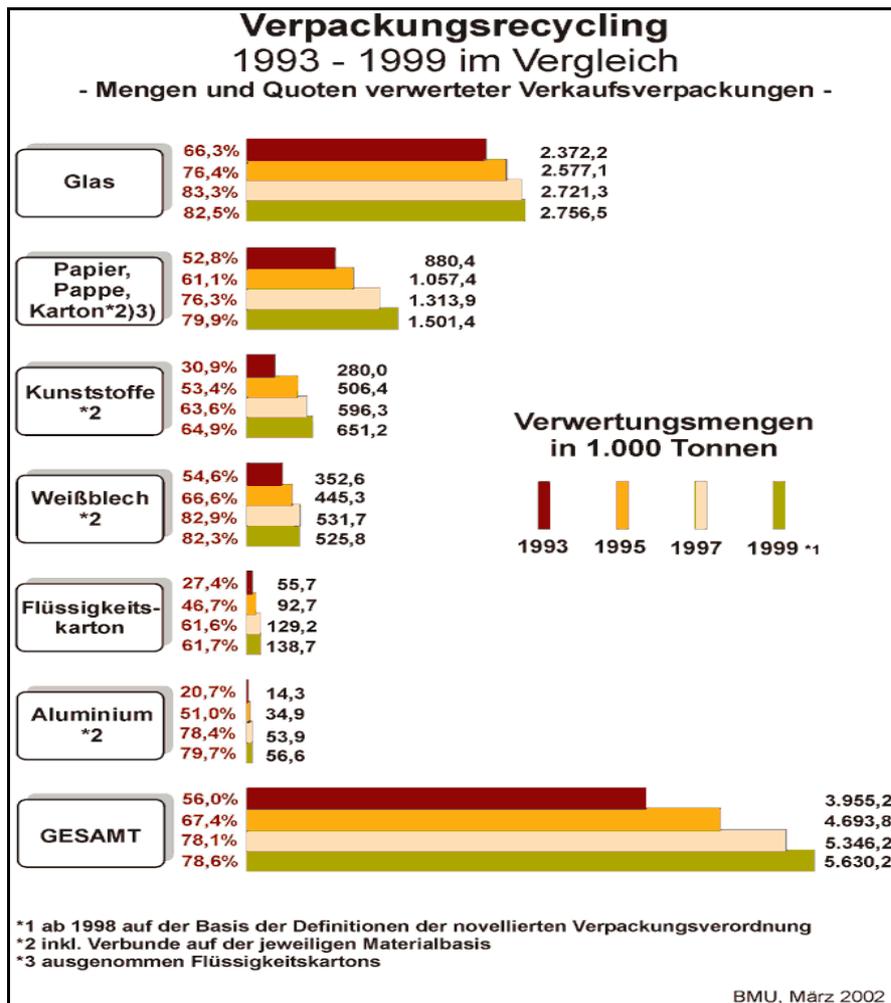


Abbildung 3-15: Entwicklung von Mengen und Quoten verwerteter Verkaufsverpackungen; Quelle: www.muf.rlp.de

Die Bewertung dieses Kriteriums erfährt zweckmäßigerweise folgende Gliederung:

Tabelle 3-54: Bewertungsmuster des Kriteriums „Verwertungsquote“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
8. Verwertungsquote	Produkt kann die Verwertungsquote nicht erhöhen	o			o	o
	Produkt kann die Verwertungsquote leicht erhöhen		o			
	Produkt kann die Verwertungsquote deutlich erhöhen			o		

### 3.9.9 Funktionierendes Umweltmanagementsystem

Die Einrichtung eines Umweltmanagementsystem stellt einen wesentlichen Schritt in Richtung wirksamen betrieblichen Umweltschutz dar. Der Begriff des Umweltmanagementsystems wird in Artikel 2 der EG-Öko-Audit-Verordnung definiert als *„der Teil des gesamten Managementsystems, der die Organisationsstruktur, Planungstätigkeiten, Verantwortlichkeiten, Verhaltensweisen, Vorgehensweisen, Verfahren und Mittel für die Festlegung, Durchführung, Verwirklichung, Überprüfung und Fortführung der Umweltpolitik betrifft“*.

Grundsätzlich liegen für die Normung des betrieblichen Umweltmanagementsystems zwei unterschiedliche Ansätze zu Grunde:

- Environmental Management Audit System- (EMAS-) Verordnung
- DIN EN ISO 14001 ff.

Die in der jeweiligen Verordnung formulierten Anforderungen an das Umweltmanagementsystem sollen in der folgenden Tabelle gegenübergestellt werden:

**Tabelle 3-55: Kriterien an das Umweltmanagementsystem nach EMAS und DIN EN ISO 14001; Quelle: nach M. Bank, Basiswissen Umwelttechnik, 2000**

Kriterien	EMAS-Verordnung	DIN EN ISO 14001
Anwendung	Für Standorte gewerblicher Betriebe bestimmter Branchen	Für Organisationen jeder Art und Teilen davon, kein Standortbezug
Erste Umweltprüfung	erforderlich	Empfohlen
Überprüfung des Systems	Umfassende Umweltbetriebsprüfung mindestens alle drei Jahre gefordert	Regelmäßige Auditierung vorgeschrieben, aber keine absolute Zeitangabe
Was wird erfasst ?	Alle umweltrelevanten Tätigkeiten, Produkte und Dienstleistungen	Umweltaspekte, die kontrollierbar und beeinflussbar erscheinen
Kontinuierliche Verbesserung	Des betrieblichen Umweltschutzes im Hinblick auf die Reduzierung der Umweltauswirkungen des Unternehmens	Von Umweltbelastungen
Technische Mittel	Anwendung der „besten verfügbaren, wirtschaftlich vertretbaren Technik“ zur Verringerung der Umweltauswirkungen	Berücksichtigung „technologischer Optionen“
Umwelterklärung	Muss erstellt und für gültig erklärt werden	Nicht gefordert
Verifizierung / Abnahme	Begutachtung mit Teilnahmeerklärung (Validierung)	Zertifizierung / Zertifikat
Öffentlichkeit	Pflicht zur Veröffentlichung der Umwelterklärung	Pflicht zur Veröffentlichung der Umweltpolitik
Geltungsbereich	EU-weit, gesetzlich geregelt; beinhaltet auch Regelungen für das Zulassungsverfahren von Umweltgutachtern	Weltweit, nicht gesetzlich geregelt

Auf weitere gesetzlich verankerte Begriffsdefinitionen sowie auf eine detailliertere Erläuterung der wesentlichen Elemente eines Umweltmanagementsystem soll an dieser Stelle verzichtet werden. Die Bereitschaft des Unternehmens zur gezielten und kontinuierlichen Verbesserung der betrieblichen Umweltauswirkung stellt einen richtungsweisenden Schritt im Hinblick auf eine zukunftsfähigen Entwicklung dar. Die Umsetzung eines (funktionierenden) Umweltmanagementsystem führt dementsprechend zu einer C-Wertung dieses Kriteriums. Die allgemeine Bewertungsgliederung ist nachfolgend dargestellt:

**Tabelle 3-56: Bewertungsmuster des Kriteriums „funktionierendes Umweltmanagement-system“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
9. funktionierendes Umweltmanagementsystem	Nicht vorhanden	o			o	o
	Teilweise vorhanden		o			
	zertifizierungsfähig / zertifiziert			o		

### 3.10 Minimierung der Auswirkungen während der Nutzungsphase

Im Rahmen einer nachhaltigen Produktgestaltung ist die Minimierung insbesondere gesundheitsschädlicher Produkt-Auswirkungen für den jeweiligen Hersteller in jedem Fall verpflichtend. Ein Produkt, das allein durch seinen Gebrauch eine potentielle Gefahr für Verbraucher und Umwelt darstellt, kann nicht als nachhaltig angesehen werden. Die folgenden Kriterien sollen die Anforderungen an ein nachhaltiges Produkt bezüglich seiner unmittelbaren Auswirkungen während der Nutzungsphase näher erläutern.

#### 3.10.1 Gesundheitsschädliche Emissionen

Emissionen treten hauptsächlich bei verbrauchslastigen bzw. „aktiven“ Produkten in Form von Abgasen, Abwässern, Strahlung, Lärm Staub u.a. auf. Um die emittierten Schadstoffe qualitativ und quantitativ zu minimieren sind die Möglichkeiten produktintegrierter Maßnahmen im Rahmen des Konstruktionsprozesses weitestgehend auszuschöpfen.

Des weiteren können Emissionen durch den Einsatz bestimmter Materialien oder Stoffe, wie z.B. flüchtigen Substanzen, auftreten. Diesbezügliche Materialien sind grundsätzlich zu vermeiden bzw. durch alternative, weniger schädliche zu ersetzen.

**Tabelle 3-57: Bewertungsmuster des Kriteriums „gesundheitsschädliche Emissionen“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. gesundheits-schädliche Emissionen	Es treten viele Emissionen auf	o			o	o
	Es treten wenig Emissionen auf		o			
	Es treten keine Emissionen auf			o		

### 3.10.2 Verbraucherinformation

Eine der wichtigsten Voraussetzungen für eine (ökologisch) nachhaltige Entwicklung ist die Verfestigung eines ausgeprägten allgemeinen Umweltbewusstseins seitens der Öffentlichkeit. Stetige Fortschritte in Wissenschaft und Technik allein können die Anforderungen der Nachhaltigkeit nicht erfüllen da aufgrund mangelnder Umweltmotivation langfristig immer wieder neue Probleme aufgeworfen werden. Hinreichende Verbraucherinformationen stellen diesbezüglich ein wirksames Instrumentarium zur Förderung des allgemeinen Umweltbewusstseins dar. Vertreter industrieller Produkte sollten sich dieser Verantwortung aus diesem Grunde annehmen. Produktspezifische Instruktionen zur Entsorgung bzw. zum Recycling geben Verbrauchern zum einen Anreiz zur Auseinandersetzung mit ökologischen Problemstellungen und tragen des weiteren zur Ausbildung einer selbstkritischen Hinterfragung des jeweiligen persönlichen Konsumverhaltens bei. Auf der Basis dieser Sachverhalte ergibt sich die folgende Gliederung zur Bewertung dieses Kriteriums:

**Tabelle 3-58: Bewertungsmuster des Kriteriums „Verbraucherinformation“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
2. Verbraucher-information	Es werden lediglich Tipps zur Entsorgung oder keine Informationen gegeben	o			o	o
	Es werden Tipps zur Entsorgung und zum Recycling gegeben.		o			
	Es werden einfache Instruktionen zur Entsorgung und zum Recycling gegeben.			o		

### 3.10.3 Unfallgefahr

Die von einem Produkt ausgehende Unfallgefahr muss bereits im Stadium der Produktentwicklung so weit wie möglich eingeschränkt werden. So dürfen warnende Hinweisschilder oder entsprechende Hinweise in Bedienungsanleitungen lediglich ergänzende Maßnahmen zur Minimierung der Unfallgefahr darstellen. Des Weiteren sind technisch machbare zusätzliche Sicherungskomponenten in jedem Fall zu installieren. Ein bewusster Verzicht auf sinnvolle Sicherungsvorrichtungen kann unter keinen Umständen mit daraus resultierenden Kosteneinsparungen gerechtfertigt werden. Trotz eindeutig formulierter Bedienungsanleitung und gesonderten Sicherheitshinweisen muss grundsätzlich eine falsche Handhabung des Verbrauchers einkalkuliert werden. Unsachgemäßer Behandlung oder Benutzung des Produkts muss daher im Rahmen eines vorausschauenden Konstruktionsprozesses entgegengewirkt werden. Die Bewertung erfolgt dementsprechend nach dem folgenden Prinzip:

Tabelle 3-59: Bewertungsmuster des Kriteriums „Unfallgefahr“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
3. Unfallgefahr	Die Unfallgefahr ist groß	o			o	o
	Die Unfallgefahr ist gering		o			
	Unfälle werden sicher ausgeschlossen			o		

### 3.10.4 Folgerucksack, Betriebsmitteleinsatz

Der Einsatz von Betriebsmitteln, die in der Summe sämtlicher, den bestimmungsgemäßen, funktionsfähigen Gebrauch des Produkts gewährleistender Mittel bestehen, bildet einen wesentlichen Parameter produktbezogener, indirekter Umweltauswirkungen. In diesem Zusammenhang kann ein Produkt nicht als nachhaltig angesehen werden, dessen Nutzung zwingend mit dem Einsatz ökologisch bedenklicher Substanzen verbunden ist. Im Idealfall sind für den zweckmäßigen Gebrauch des Produkts keine Betriebsmittel erforderlich. Es ergibt sich das entsprechende Bewertungsprinzip:

Tabelle 3-60: Bewertungsmuster des Kriteriums „Folgerucksack, Betriebsmitteleinsatz“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
4. Folgerucksack, Betriebsmitteleinsatz	Hoch und mit dem Einsatz umweltgefährdender Stoffe verbunden	o			o	o
	Gering und mit wenig Einsatz umweltgefährdender Stoffe verbunden		o			
	Keine und mit keinem Einsatz umweltgefährdender Stoffe verbunden			o		

### 3.10.5 Verständlichkeit der Gebrauchsanweisung

Gebrauchsanleitungen können allgemein als Hilfestellungen für den sach- bzw. zweckmäßigen Umgang eines Produkts verstanden werden. Zum einen wird auf eine möglichst einfache Bedienbarkeit als wesentlichen Aspekt allgemeiner Kundenanforderungen hingewirkt. Des Weiteren kann die Unfallgefahr (siehe x10.3) im Rahmen einer sachgemäßen Handhabung i.d.R. deutlich verringert werden. Die Erzielung der gewünschten Effekte setzt dabei eine gute Verständlichkeit der Anweisungen voraus. Die wichtigsten, allgemeinen Anforderungen an eine hinreichend verständliche Gebrauchsanweisung sind im folgenden aufgeführt:

- Einfache Formulierungen
- Überschaubare Gliederung
- Prägnanz durch angemessene Kürze

Das diesbezügliche Bewertungsprinzip ist entsprechend gegliedert:

Tabelle 3-61: Bewertungsmuster des Kriteriums „Verständlichkeit der Gebrauchsanweisung“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
5. Verständlichkeit der Gebrauchsanweisung	Unverständlich	o			o	o
	Nur bedingt verständlich		o			
	Gut verständlich			o		

### 3.11 Umweltfreundliche Verpackung

Dem Kreislaufwirtschaftsgedanken, der als essentielles Instrument einer nachhaltigen Entwicklung anzusehen ist, liegen die drei hierarchisch verknüpften Zielstellungen

- 1) Abfälle vermeiden
- 2) Abfälle verwerten
- 3) Abfälle beseitigen

zu Grunde (vergleiche Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz). Diesem Handlungsgrundsatz folgend, müssen Verpackungen bzw. Verpackungsabfälle weitestgehend vermieden werden. Dies gilt besonders für deutlich überdimensionierte, lediglich zu Werbezwecken eingesetzte und / oder schadstoffhaltige Verpackungen. Durch die Verpackungsverordnung (VerpackV) wird dieser Entwicklung bereits eine bestimmte Richtung vorgegeben:

*„Diese Verordnung bezweckt, die Auswirkungen von Abfällen aus Verpackungen auf die Umwelt zu vermeiden oder zu verringern. Verpackungsabfälle sind in erster Linie zu vermeiden; im übrigen wird der Wiederverwendung von Verpackungen, der stofflichen Verwertung sowie den anderen Formen der Verwertung Vorrang vor der Beseitigung von Verpackungsabfällen eingeräumt.“* (Quelle: § 1 VerpackV).

Die Verpackungsverordnung definiert den Begriff der Verpackung als

*„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“* (Quelle: § 3 Abs. 1, Nr.1 VerpackV).

Die Verordnung unterscheidet dabei grundsätzlich in Verkaufsverpackungen, Umverpackungen, und Transportverpackungen, die wie folgt definiert sind:

#### Verkaufsverpackungen:

Verpackungen, die als eine Verkaufseinheit angeboten werden und beim Endverbraucher anfallen. Verkaufsverpackungen im Sinne der Verordnung sind auch Verpackungen des Handels, der Gastronomie und anderer Dienstleister, die die Übergabe von Waren an den Endverbraucher ermöglichen oder unterstützen (Serviceverpackungen) sowie Einweggeschirr und Einwegbestecke.

### Umverpackungen:

Verpackungen, die als zusätzliche Verpackungen zu Verkaufsverpackungen verwendet werden und nicht aus Gründen der Hygiene, der Haltbarkeit oder des Schutzes der Ware vor Beschädigung oder Verschmutzung für die Abgabe an den Endverbraucher erforderlich sind.

### Transportverpackungen:

Verpackungen, die den Transport von Waren erleichtern, die Waren auf dem Transport vor Schäden bewahren oder die aus Gründen der Sicherheit des Transports verwendet werden und beim Vertreiber anfallen.

(Quelle: § 3 Abs. 1, Nr.2-4 VerpackV).

### **3.11.1 Verpackungsdefinition**

Die Bewertung des Kriteriums „Verpackungsdefinition“ zielt im Wesentlichen auf die Beurteilung des tatsächlichen Verpackungsbedarfs bzw. dessen Notwendigkeit ab. Einerseits ist dieser Aspekt bereits in der Verpackungsverordnung berücksichtigt:

*„Verpackungsvolumen und -masse auf das Mindestmaß begrenzt werden, das zur Erhaltung der erforderlichen Sicherheit und Hygiene des verpackten Produkts und zu dessen Akzeptanz für den Verbraucher angemessen ist“*  
(Quelle: § 12 Abs. 1 VerpackV).

Andererseits wird dem Vertreiber immer noch ein gewisser Spielraum hinsichtlich des Verpackungsdesigns gewährt. Es kann deshalb nicht grundlegend vorausgesetzt werden, dass die Entwicklung des jeweiligen Verpackungssystems vor dem Hintergrund der Minimierung spezifischer ökologischer Auswirkungen erfolgte bzw. sämtliche diesbezügliche Maßnahmen ausgeschöpft wurden.

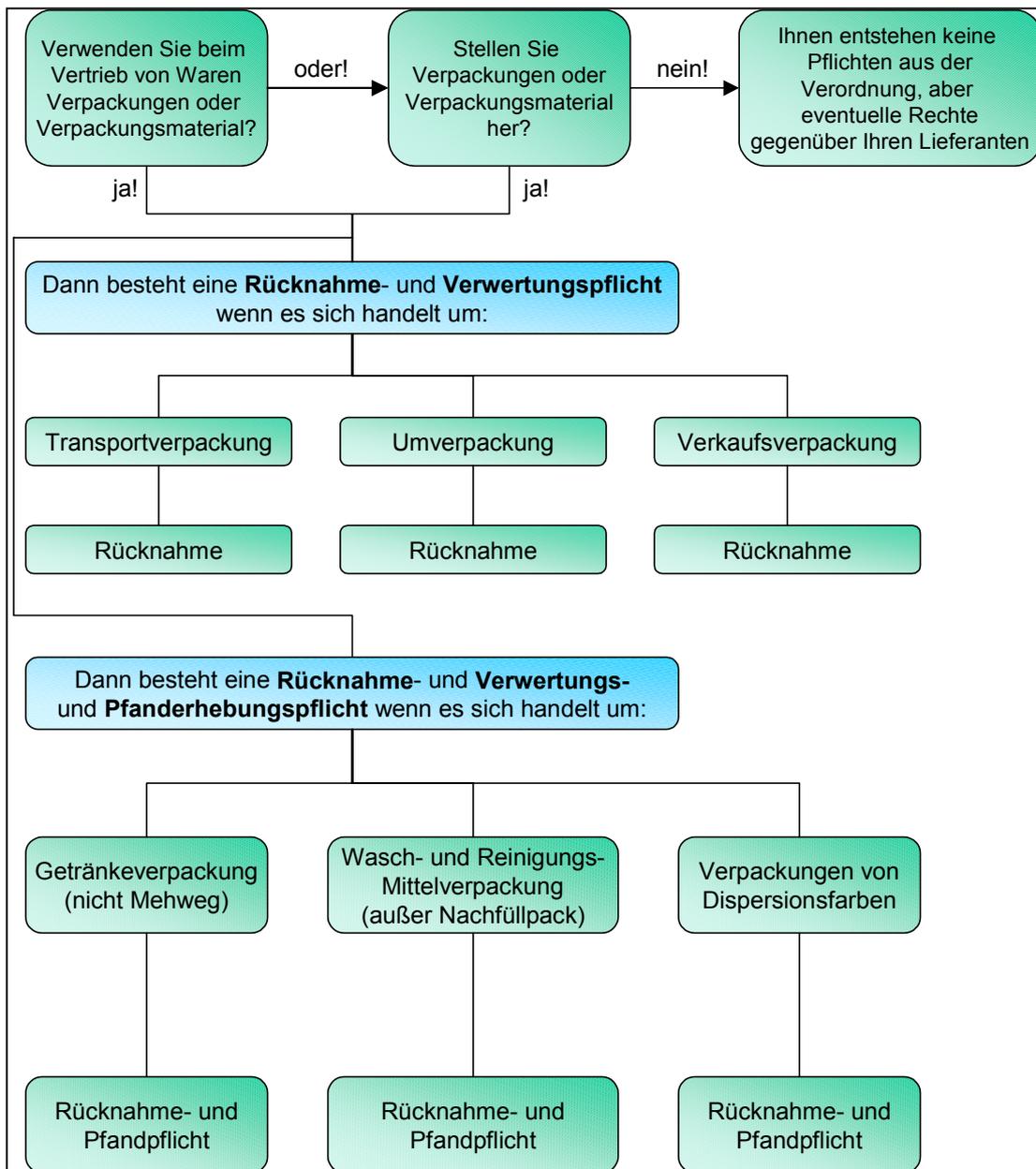
Optimalerweise besteht in diesem Kontext keinerlei Verpackungsbedarf. Die Bewertung erfolgt entsprechend nach folgendem Prinzip:

Tabelle 3-62: Bewertungsmuster des Kriteriums „Verpackungsdefinition“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Verpackungs- definition	Verbesserung der Verpackungsdesign- Kriterien	o			o	o
	Mehrwegverpackungen bei kurzen Transportwegen		o			
	Es besteht kein Verpackungsbedarf			o		

### 3.11.2 Rücknahmefähige Verpackung

Die Reduzierung der von Verpackungen ausgehenden Abfallströme kann durch die Rückgabe an den jeweiligen Erzeuger erheblich optimiert werden. In der Verpackungsverordnung ist dieser Aspekt durch die, dem Hersteller und/oder Vertreiber auferlegte, Rücknahmepflicht bereits gesetzlich verankert (siehe VerpackV Abschnitt II: Rücknahme-, Pfanderhebungs- und Verwertungspflichten). Die folgende Abbildung soll die Rücknahmebestimmungen der Verpackungsverordnung veranschaulichen:



**Abbildung 3-16: Übersicht der Rücknahmebestimmungen der Verpackungsverordnung, nach M. Bank, Basiswissen Umwelttechnik, 2000**

Ausnahmen betreffen Verkaufsverpackungen, sofern eine Beteiligung am Dualen System vorliegt und die jeweiligen Quoten erreicht werden. In diesem Fall entfallen Rücknahme – und Verwertungspflicht. Des weiteren gilt die Ausnahmeregelung für Getränkeverpackungen (nicht Mehrweg), Wasch- und Reinigungsmittelverpackungen (außer Nachfüllpack), und Verpackungen für Dispersionsfarben, sofern eine Beteiligung am Dualen System vorliegt und Quoten erreicht und Mehrwegquoten nicht unterschritten werden. In diesem Fall entfallen Rücknahme-, Verwertungs- und Pfandpflicht.

Als nachhaltig sind insbesondere solche Verpackungen anzusehen, die keiner Rücknahmepflicht unterliegen, deren Entwicklung aber trotzdem das Kriterium der Rücknahmefähigkeit berücksichtigt. Unterliegt die Verpackung der Rücknahmepflicht, ist eine A-Bewertung des Kriteriums „Rücknahmefähige Verpackung“ unangemessen. Da der Vertreiber / Hersteller in diesem Fall nur seine Pflicht erfüllt, stellt die Rücknahmefähigkeit keine Leistung dar.

Eine B- oder C-Wertung erübrigt sich in diesem Fall bzw. setzt einen Gesetzesverstoß voraus. Es ergibt sich das folgende Bewertungsmuster:

**Tabelle 3-63: Bewertungsmuster des Kriteriums „rücknahmefähige Verpackung“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
2. rücknahmefähige Verpackung	Keine Rücknahme möglich	o			o	o
	Implementierung ist möglich		o			
	existiert bereits			o		

### 3.11.3 Wiederverwendbare Verpackung

Die Bewertung des Kriteriums „Wiederverwendbare Verpackung“ erfolgt analog zur Bewertung des Kriteriums „Rücknahmefähige Verpackung“. Eine A-Wertung ist nur dann angemessen, wenn die Verpackung zwar wiederverwendbar ist, aber nicht der Pfandpflicht unterliegt. Die Bewertung dieses Kriteriums erfolgt gemäß der folgenden Einteilung:

**Tabelle 3-64: Bewertungsmuster des Kriteriums „wiederverwendbare Verpackung“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
3. wiederverwendbare Verpackung	Kein Wiederverwendung möglich	o			o	o
	Wiederverwendung ist teilweise möglich		o			
	Verpackung ist komplett wiederverwendbar			o		

### 3.11.4 Rücknahmesystem

Nach § 11 der Verpackungsverordnung werden dem Hersteller / Vertreiber von Verpackungen folgende Rechte eingeräumt:

*„Hersteller und Vertreiber können sich zur Erfüllung der in dieser Verordnung bestimmten Pflichten Dritter bedienen. Die Rücknahme von Verpackungen und die Erstattung von Pfandbeträgen kann auch über Automaten erfolgen.“*

(Quelle: § 11 VerpackV).

Demnach kann die Rücknahme von Verpackungen unabhängig von der eventuellen Rücknahme- oder Pfandpflicht auf verschiedenen Wegen realisiert werden. Die Einrichtung eines Rücknahmesystems (für Verpackungen mit und/oder ohne Pfand) ist aus folgenden Gründen sinnvoll:

Eine organisierte Systemstruktur liefert wirtschaftliche Vorteile, aufgrund der Beschleunigung von diesem Bereich zugeordneten betrieblichen Abläufen.

Zentrale Sammel- bzw. Annahmestellen motivieren den Verbraucher zur Rückgabe der Verpackungen, wodurch die Rücklaufquote deutlich gesteigert werden kann. Die sich daraus ergebende Reduzierung der Abfallströme führt zu ökologischen und wirtschaftlichen Vorteilen. Diese resultieren im Wesentlichen aus der Einsparung der zur Materialaufbereitung bzw. -herstellung benötigten Ressourcen (Rohstoffe und Energie). Die Bewertung dieses Kriteriums erfolgt somit nach folgenden Muster:

**Tabelle 3-65: Bewertungsmuster des Kriteriums „Rücknahmesystem“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
4. Rücknahmesystem	Einführung eines R-Systems nicht möglich	o			o	o
	Implementierung ist möglich		o			
	Ein Rücknahmesystem existiert bereits			o		

### 3.11.5 Gewichts- Volumenreduktion

Ein nachhaltiges Verpackungsdesign erfordert sowohl aus ökologischen, als auch aus wirtschaftlichen Gründen die Minimierung von Masse und Volumen. Ein hohes Gewicht ist zum einen unmittelbar mit einem entsprechend hohen Ressourceneinsatz verknüpft, sofern die eingesetzte Materialmenge und nicht deren spezifisches Gewicht der entscheidende Faktor ist. Des Weiteren führen sowohl schwere, als auch großvolumige Verpackungen zu einem erhöhten Transportbedarf, da die Massen- bzw. Volumenkapazitätsgrenzen der Transporteinheiten schneller erreicht werden.

Wirtschaftliche Nachteile entstehen zusätzlich durch den erhöhten Lagerbedarf aufgrund großvolumiger Verpackungen. Es empfiehlt sich demnach der Einsatz von leichten Materialien, sowie die Minimierung der eingesetzten Materialmenge. Zudem ist eine volumenmäßige Überdimensionierung, die z.B. oft durch unnötige Umverpackungen verursacht wird, grundsätzlich zu vermeiden. Das Bewertungsmuster dieses Kriteriums ist demnach folgendermaßen eingeteilt:

**Tabelle 3-66: Bewertungsmuster des Kriteriums „Reduktion von Masse und Volumen“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
5. Reduktion von Masse / Volumen	Keine Reduktion möglich	o			o	o
	Reduktion ist möglich		o			
	Reduktion ist offensichtlich erfolgt			o		

### 3.11.6 Schadstoffe auf Verpackungen

Aus Umwelt- und Verbraucherschutzgründen muss der Einsatz von Schadstoffen im Rahmen der Verpackungsproduktion minimiert, idealerweise vermieden werden. Gemäß den Forderungen der VerpackV sind Verpackungen so herzustellen und zu vertreiben, dass

*„schädliche und gefährliche Stoffe und Materialien bei der Beseitigung von Verpackungen oder Verpackungsbestandteilen in Emissionen, Asche oder Sickerwasser auf ein Mindestmaß beschränkt sind“*

(Quelle: § 12 Nr. 3 VerpackV).

Kommen dennoch Schadstoffe zum Einsatz muss eine gute Abtrennbarkeit von den jeweiligen Materialien angestrebt werden, um den Schadstoffanteil während der Nutzungsphase so gering wie möglich zu halten und eine anschließende Materialaufbereitung nicht unnötig zu erschweren.

Zweckmäßigerweise ist die Bewertung des Kriteriums „Schadstoffe auf Verpackungen“ deshalb nach folgendem Prinzip sinnvoll:

**Tabelle 3-67: Bewertungsmuster des Kriteriums „Schadstoffe auf Verpackungen“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
6. Schadstoffe auf Verpackungen	Verpackung enthält viele Schadstoffe	o			o	o
	Verpackung enthält wenig Schadstoffe		o			
	Verpackung enthält keine Schadstoffe			o		

### 3.11.7 Recyclierbare Verpackung

Im Hinblick auf die Anforderungen einer nachhaltigen Entwicklung ist die Recyclingfähigkeit von Verpackungen (soweit der jeweilige Recyclingprozess ökologisch sinnvoll ist) ein zwingend gefordertes Kriterium. Das erhebliche Einsparpotential bezüglich eingesetzten Primärrohstoffen, das aus der Wieder- und Weiterverwendung bzw. –verwertung gebrauchter Verpackungen bzw. Verpackungsmaterialien resultiert, trägt wesentlich zur Reduzierung produktspezifischer Energie- und Stoffströme und damit zur Schonung energetischer und stofflicher Ressourcen bei. Im Idealfall sind die Verpackungen einem High-Quality-Recycling zuführbar. Durch qualitativ hochwertige Recyclingprodukte können die betreffenden Materialien den jeweiligen Recycling-Kreisläufen entsprechend häufig wieder zugeführt werden. Es ergibt sich das folgende Bewertungsmuster:

**Tabelle 3-68: Bewertungsmuster des Kriteriums „Recyclierbare Verpackung“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
7. Recyclierbare Verpackung	Verpackung ist nicht recycelbar	o			o	o
	Low-Quality-Recycling möglich		o			
	High-Quality-Recycling möglich			o		

### 3.11.8 Einsatz recycelter Materialien

Zum Zwecke einer Reduktion der jeweiligen verpackungsspezifischen Materialintensität bietet sich die Verwendung von recycelten Materialien an, die im Rahmen einer Weiter- oder Wiederverwertung dem Herstellungsprozess als Sekundärrohstoffe zugeführt werden. Dabei sollte zu einem möglichst hohen Anteil auf recycelte Materialien zurückgegriffen werden. Der Bewertung dieses Kriteriums liegt entsprechend folgendes Prinzip zu Grunde:

**Tabelle 3-69: Bewertungsmuster des Kriteriums „Einsatz recycelter Materialien“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
8. Einsatz recycelter Materialien	Einsatz neuer Materialien	o			o	o
	Mittlerer/geringer Anteil an recycelten Materialien		o			
	Hoher Anteil an recycelten Materialien			o		

### 3.11.9 Einsatz biologisch abbaubarer Materialien

Können die eingesetzten Verpackungsmaterialien keinerlei Stoffzyklen im Rahmen einer Wieder- oder Weiterverwertung bzw. –verwendung zugeführt werden, sind die ökologischen Auswirkung einer entsprechenden Beseitigung grundsätzlich zu minimieren. Diesbezüglich ist daher ein möglichst hoher Grad biologischer Abbaubarkeit anzustreben. In diesem Zusammenhang soll der Begriff der biologischen Abbaubarkeit in enger Anlehnung an den Begriff der Umweltverträglichkeit verstanden werden. Die jeweiligen Materialien sollen dementsprechend die Fähigkeit aufweisen, durch Mikroorganismen über mehrere Schritte zu den Endprodukten CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O abgebaut zu werden. Die dabei gebildeten Zwischenprodukte sollen als umweltverträglich anzusehen sein. Es ergibt sich das folgende Bewertungsmuster:

Tabelle 3-70: Bewertungsmuster des Kriteriums „Einsatz biologisch abbaubarer Materialien“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
9. Einsatz biologisch abbaubarer Materialien	Nicht biologisch abbaubar	o			o	o
	Teilweise biologisch abbaubar		o			
	Biologisch abbaubare Verpackung			o		

### 3.12 Umweltfreundliche Beseitigung nicht verwertbarer Materialien

Bereits im Rahmen des Konstruktionsprozesses muss die Werkstoff- bzw. Komponentenauswahl im Hinblick auf die jeweiligen Entsorgungsmöglichkeiten nach der Produktnutzungsphase berücksichtigt werden. Dabei muss grundsätzlich darauf abgezielt werden, Stoffströme, die keiner Verwertung zugeführt werden können und die daraus resultierenden Abfälle, zu minimieren. Aus dieser grundsätzlich gegebenen Produktverantwortung ergibt sich hinsichtlich der zu erwägenden Entsorgungsverfahren des weiteren die Erarbeitung der jeweils umweltverträglichsten Lösung. Unter „nicht verwertbaren Materialien“ sollen in diesem Kontext Produktkomponenten verstanden werden, die keinem Materialrecycling im Sinne VDI-Richtlinie 2243 zugeführt werden können und gemäß KrW-/AbfG § 3.1.2 „Abfälle zur Beseitigung“ darstellen. Die unterschiedlichen Beseitigungsverfahren ergeben sich somit nach AbfVerbrG (Abfallverbringungsgesetz) Anhang II A. Ausgenommen seien Materialien, die nach KrW-/AbfG § 4.3 als „Abfälle zur energetischen Verwertung“ definiert werden können. Der Geltungsbereich dieses Kriteriums beschränkt sich auf die, der Nutzungsphase nachgelagerten, Produktentsorgung, da das Abfallaufkommen während des Produktionsprozesses im Rahmen des Kriteriums x.9.1 „Abfallaufkommen“ gesondert betrachtet wird.

### 3.12.1 Vermeiden von Schadstoffen bei der Entsorgung (Abbauprodukte, Emissionen bei Verbrennung usw.)

Die Minimierung ökologischer Probleme, die der Produktentsorgung nachgelagert sind, erfordert die Umsetzung produktintegrierter Maßnahmen, die bereits im Rahmen der Produktkonstruktionsphase auf die Vermeidung des Einsatzes von Schadstoffen abzielen. Aus diesem Grunde sind die entsprechenden Komponenten idealerweise völlig schadstofffrei. Sinnvollerweise wird das diesbezügliche Bewertungsschema an der qualitativen und quantitativen Anwesenheit von Schadstoffen in den entsprechenden Komponenten ausgerichtet. Es ergibt sich damit das folgenden Prinzip:

**Tabelle 3-71: Bewertungsmuster des Kriteriums „Vermeiden von Schadstoffen bei der Entsorgung“**

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	o			o	o
	Komponenten mit geringem toxischen Potential		o			
	Komponenten sind schadstofffrei			o		

### 3.12.2 Kennzeichnung von Komponenten, die Schadstoffe enthalten

Ist die Verwendung von Schadstoffen in der Produktverarbeitung unvermeidlich, sollten diese hinreichend gekennzeichnet werden. Durch die Kennzeichnung der jeweiligen Substanzen können Umweltprobleme die einem Störfall, der Verwertung und der Entsorgung nachgelagert sind, verhindert werden. Eine hinreichende Materialkennzeichnung erfordert deshalb die Berücksichtigung sämtlicher betroffenen Komponenten. Das diesbezügliche Bewertungsprinzip erfährt aus diesem Grunde die folgende Abstufung:

Tabelle 3-72: Bewertungsmuster des Kriteriums „Kennzeichnung von schadstoffhaltigen Komponenten“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
2. Kennzeichnung von schadstoffhaltigen Komponenten	Werden nicht gekennzeichnet	o			o	o
	Werden teilweise gekennzeichnet		o			
	Alle Komponenten werden gekennzeichnet			o		

### 3.13 Garantie natürlicher Materialien

Auf die ökologischen Vorteile biologisch abbaubarer Materialien wurden bereits in Kapitel 11.9 „Einsatz biologisch abbaubarer Materialien“ im Rahmen umweltverträglicher Verpackungen eingegangen. Der biologische Abbau zu den als umweltverträglich anzusehenden Substanzen H<sub>2</sub>O und CO<sub>2</sub> soll deshalb ebenfalls im Kontext des vorliegenden Kriteriums als optimale Situation hinsichtlich der Beseitigung nicht verwertbarer Materialien betrachtet werden. Ist die biologische Abbaubarkeit der jeweiligen Materialien nicht gegeben, so sollten diese zumindest kompatibel, d. h. verträglich bezüglich natürlichen biochemischen Kreisläufen sein. Es ergibt sich das entsprechende Bewertungsmuster:

Tabelle 3-73: Bewertungsmuster des Kriteriums „Garantie natürlicher Materialien“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
3. Garantie natürlicher Materialien	Materialien sind inkompatibel mit biochemischen Kreisläufen	o			o	o
	Materialien sind kompatibel mit biochemischen Kreisläufen		o			
	Biologisch abbaubare Materialien			o		

### 3.14 Betriebliche Umweltkosten

Die betrieblichen Umweltkosten stellen ein wesentliches Entscheidungskriterium für ein nachhaltiges Wirtschaften eines Unternehmens dar. Dies gilt insbesondere für die internalisierten Umweltkosten. Diese grenzen sich von externalisierten Umweltkosten dadurch ab, dass sie vom jeweiligen Unternehmen selbst zu tragen sind. Da sie die unternehmerische Vermögens- und Erfolgssphäre direkt beeinflussen, gehen die internalisierten Umweltkosten in das betriebliche Rechnungswesen ein. Eine kostensenkende Nutzung im Rahmen einer Umweltkostenrechnung setzt voraus, dass die (internalisierten) Umweltkosten von übrigen Kostenarten klar abgegrenzt und transparent gemacht werden. So stellen die Umweltkosten neben der Erfassung von Energie- und Stoffbilanzen z.B. einen wesentlichen Aspekt im Rahmen eines Ökocontrollings dar.

Die internalisierten Umweltkosten umfassen

- Kosten für den Einsatz von Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen
- Kosten für die Entsorgung von unerwünschten Stoffen
- Abschreibungen und Kapitalkosten für Investitionen aus Umweltschutzgründen
- Umweltabgaben
- Kosten für umweltbedingte Haftungsansprüchen Dritter
- Kosten aus Erfüllung von Umweltschutzaufgaben und –gesetzen

(nach [www.sup-im-net.de](http://www.sup-im-net.de)). Sie treten dementsprechend als Vermeidungs-, Schadens-, Beseitigungs-, Ausweich- bzw. Reduzierungskosten auf und beziehen sich u.a. auf Produkte, Stoffe, Verfahren und Anlagen.

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

Die Minimierung (direkter oder indirekter) betrieblicher Umweltauswirkungen ist häufig mit der Substitution bestimmter Input-Materialien durch ökologisch verträglichere Stoffe verbunden. Dies betrifft im Wesentlichen Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe. Die optimale Ausbeute des in diesem Zusammenhang gegebenen ökologischen Verbesserungspotenzials geht dabei prinzipiell mit einem bestimmten finanziellen Aufwand einher. Sind zur Reduzierung der produkt- bzw. produktionsspezifischen ökologischen Effekte erhebliche finanzielle Mittel erforderlich, kann das jeweilige Produkt nicht als nachhaltig angesehen werden, da der finanzielle Aufwand in keinem Verhältnis zu der erzielten Produktfunktionalität stünde. Zweckmäßigerweise erfolgt die Bewertung dieses Kriteriums nach folgendem Prinzip:

**Tabelle 3-74: Bewertungsmuster des Kriteriums „Kosten, die das Unternehmen aufbringen muss, um bestimmte Roh-, Hilfs- oder Betriebsstoffe zu ersetzen“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Kosten, die das Unternehmen aufbringen muss, um bestimmte Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe zu ersetzen	Es bestehen hohe Umweltkosten	o			o	o
	Es bestehen mittlere Umweltkosten		o			
	Es bestehen geringe oder keine Umweltkosten			o		

### 3.14.2 Ressourcenproduktivitätsverluste

Ressourcenproduktivitätsverluste ergeben sich durch die Vergeudung von Rohstoffen in Form von ungenutzten Stoff- und Energieströmen wie Abfall, Abwasser oder Abwärme. Die Minimierung von Produktivitätsverlusten ermöglicht somit die Einsparung von energetischen und stofflichen Ressourcen und bildet auf diese Weise ein wirksames Instrument zur Ressourcenschonung. Unter wirtschaftlichen Aspekten kann durch die Behebung diesbezüglicher Schwachstellen in Form von geeigneten, integrierten Umweltschutzmaßnahmen eine deutliche Reduzierung der Produktionskosten erzielt werden. Die Bewertung dieses Kriteriums erfolgt aus diesem Grunde gemäß dem nachstehenden Prinzip:

**Tabelle 3-75: Bewertungsmuster des Kriteriums „Ressourcenproduktivitätsverluste“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
2. Ressourcenproduktivitätsverluste	Es bestehen hohe Produktivitätsverluste	o			o	o
	Es bestehen mittlere Produktivitätsverluste		o			
	Es bestehe geringe oder keine Produktivitätsverluste			o		

### 3.14.3 Umweltbezogene Gebühren und Auflagen

Umweltbezogene Auflagen stellen direkte Verhaltensvorschriften dar, die der Durchsetzung von Zielvorstellungen umweltpolitischer Instanzen dienen. Die verschiedenen Ansatzpunkte dieses Instrumentariums gliedern sich in:

- Emissionsauflagen
- Auflagen für Produktionsverfahren
- Produktionsauflagen

#### Emissionsauflagen

Emissionsnormen beziehen sich auf höchstzulässige Schadstoffmengen, die bei Emissionen ortsfester Anlagen nicht überschritten werden dürfen. Zu diesem Zweck erfolgt die Festlegung von Grenzwerten bezüglich verschiedener Verunreinigungen oder Belästigungen.

#### Auflagen für Produktionsverfahren

In Form von Input-Auflagen wird der Einsatz von Roh- und Betriebsstoffen geregelt, durch deren Verwendung stärkere Umweltschäden entstehen. Des Weiteren erfolgt in Prozessnormen die Festlegung von bestimmten anzuwendenden Technologien oder von deren Anwendungsweise.

#### Produktionsauflagen

Dieser Ansatz zielt auf die Regelung der Produktionsmengen von besonders schadstoffintensiv hergestellten Produkten ab. Im Falle einer kontinuierlichen Nichterfüllung von Emissionsnormen können Produktionsverbote ausgesprochen werden.

Die unterschiedlichen Ansatzpunkte von Umweltauflagen sollen in der folgenden Abbildung veranschaulicht werden:

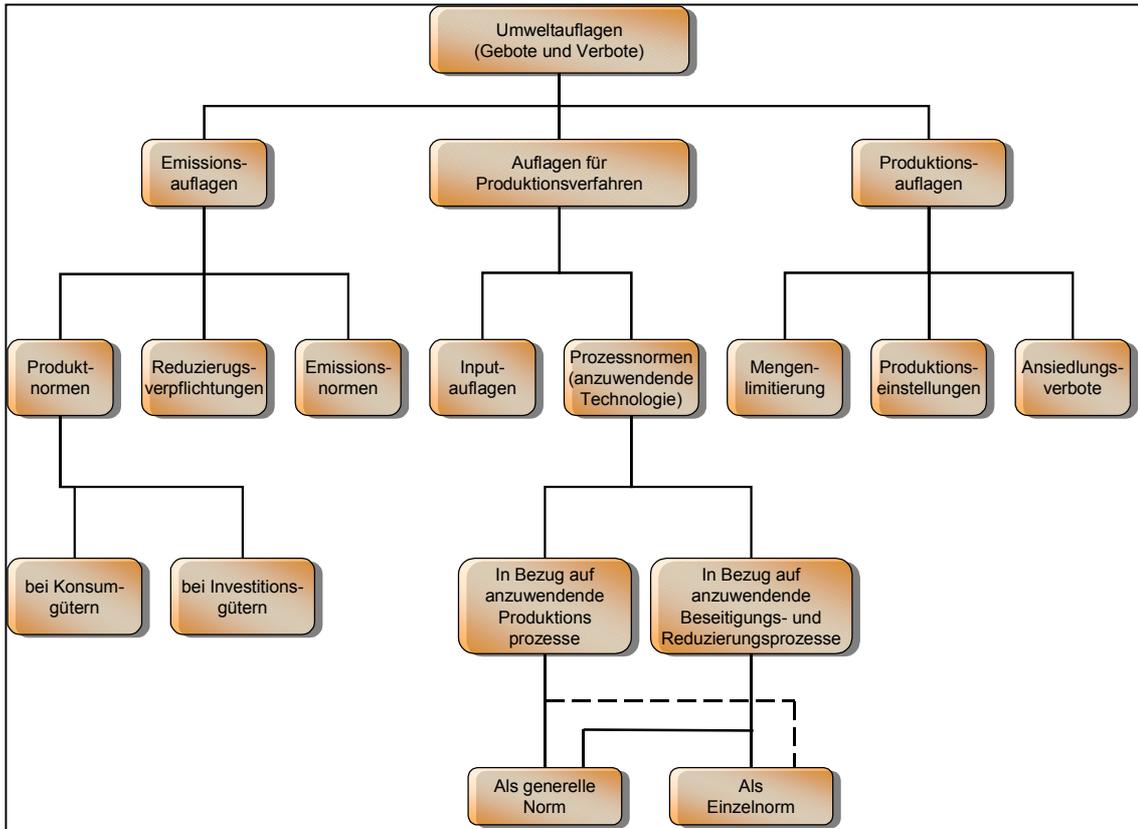


Abbildung 3-17: Die verschiedenen Ansatzpunkte von Umweltauflagen; Quelle: Wicke, L., Vahlens Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, In: Umweltökonomie, 1993

Zweckmäßigerweise ergibt sich das folgende Bewertungsprinzip:

Tabelle 3-76: Bewertungsmuster des Kriteriums „Umweltbezogene Gebühren und Auflagen“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
3. umweltbezogene Gebühren und Auflagen	Es fallen hohe Umweltfolgekosten an	o			o	o
	Es fallen mittlere Umweltfolgekosten an		o			
	Es fallen geringe oder keine Umweltfolgekosten an			o		

### 3.15 Allgemeine soziale Nachhaltigkeitsfaktoren

Ein zentraler Aspekt nachhaltiger Entwicklung ist die intra- und intergenerative Verteilungsgerechtigkeit. Eine verteilungsgerechte Bedürfnisbefriedigung muss demnach nicht nur zwischen, sondern auch innerhalb einzelner Generationen sichergestellt werden, wie bereits aus dem Schlussbericht der Brundtland-Kommission hervorgeht:

*„Entwicklung bedingt eine zunehmende Umwandlung von Wirtschaft und Gesellschaft. Sogar der Begriff **Sustainability** bedeutet die Verantwortung für soziale Gerechtigkeit zwischen den Generationen, die sich logischerweise auch bezieht auf die Gerechtigkeit innerhalb jeder Generation“* (Brundtland-Bericht, 1987).

Soziale Normen wie z.B. Freiheit, Gerechtigkeit und Solidarität bilden demzufolge ein wesentliches Element des nachhaltigen Entwicklungskonzepts. Aus diesem Grunde fordert eine nachhaltige Produktfertigung die Integration wesentlicher sozialer Standards in die unternehmerische Beschäftigungspolitik.

#### 3.15.1 Arbeitsbedingungen

Da die Mitarbeiterschaft einen essentiellen Anteil der Leistungen zur wirtschaftlichen Sicherung bzw. Stärkung des Unternehmens erbringt, müssen sowohl aufgrund moralischer Verpflichtungen als auch aus ökonomischen Gründen angemessene Arbeitsbedingungen gewährleistet werden. Wirtschaftliche Vorteile ergeben sich somit z.B. aus positiven Einflüssen hinsichtlich qualitätssichernden Anforderungen, da angemessene Arbeitsbedingungen häufig mit motivationsfördernden Effekten verbunden sind. Die Arbeitsbedingungen sollten daher mindestens die jeweiligen arbeitsrechtlichen Anforderungen erfüllen, im Idealfall über diese hinausgehen. Dementsprechend erfolgt eine Bewertung nach folgendem Prinzip:

Tabelle 3-77: Bewertungsmuster des Kriteriums „Arbeitsbedingungen“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Arbeitsbedingungen	Entsprechen nicht den arbeitsrechtlichen Anforderungen	o			o	o
	Entsprechen den arbeitsrechtlichen Anforderungen		o			
	Gehen über die arbeitsrechtlichen Anforderungen hinaus			o		

### 3.15.2 Einbeziehung der Mitarbeiter in betriebliche Entscheidungsprozesse

Die Einbeziehung von Mitarbeitern in Entscheidungsprozesse sollte bereits auf der Basis der betrieblichen Moralgrundsätze als Handlungsmaxime in der Unternehmenspolitik verankert werden. Zum einen kann auf diese Weise eine Vertrauensgrundlage bezüglich Unternehmensführung und Mitarbeitern geschaffen werden, die das Arbeitsklima beider Seiten i.d.R. positiv beeinflusst. Unter ökonomischen Aspekten ist das Einbeziehen der Mitarbeiter vor allem in großen Organisationen mit komplexem Markt- und Wettbewerbsumfeld sinnvoll. So kann das „know how“ und Erfahrungspotenzial jedes einzelnen Mitarbeiters im Sinne eines betrieblichen Ideenmanagements entscheidend dazu beitragen, strategische Unternehmensziele zu erreichen. Dieser Sachverhalt soll durch die nachstehende Abbildung veranschaulicht werden:

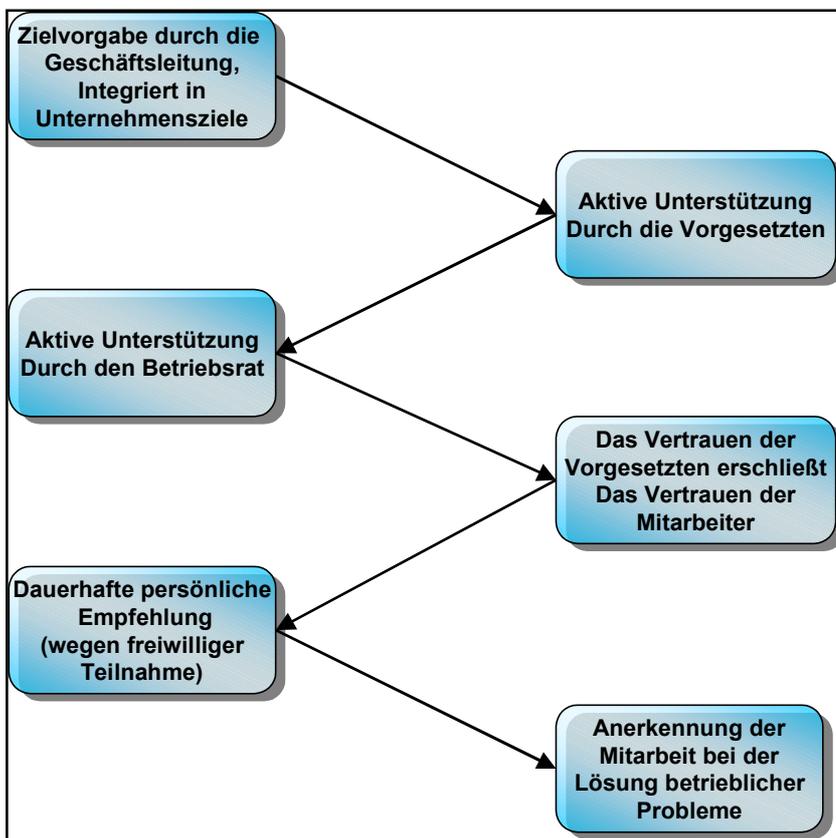


Abbildung 3-18: Schematische Darstellung exemplarischer, durch die Einbeziehung von Mitarbeitern erzielter Effekte; Quelle: verändert nach [www.symposion.d](http://www.symposion.d)

Grundsätzlich sind dem Unternehmen verschiedene Möglichkeiten zur Einbeziehung der Mitarbeiter in betriebliche Entscheidungsprozesse gegeben. Die folgende Abbildung soll einige Formen der Mitarbeiter-Einbeziehung darstellen:

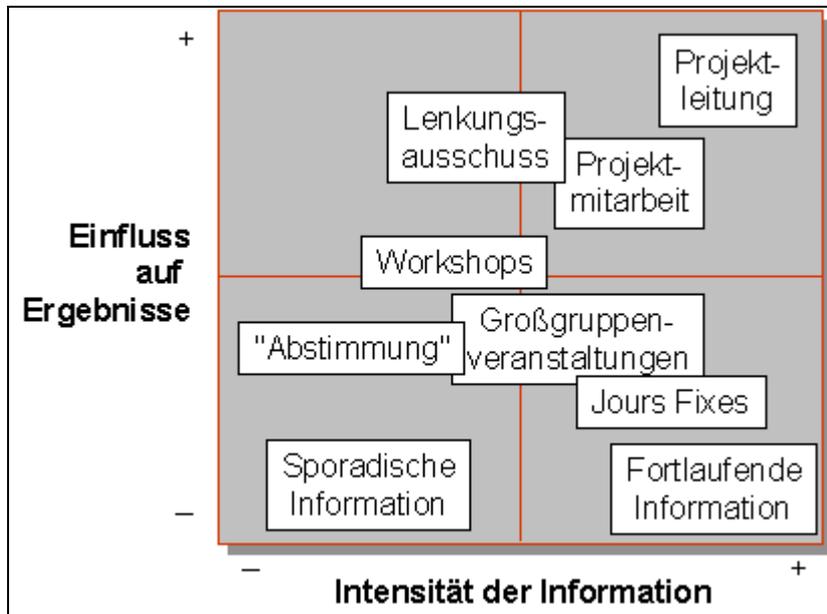


Abbildung 3-19: Formen der Mitarbeiter-Einbeziehung; Quelle: [www.umsetzungsberatung.de](http://www.umsetzungsberatung.de)

Die Bewertung des Kriteriums „Einbeziehung der Mitarbeiter in betriebliche Entscheidungsprozesse“ erfolgt zweckmäßigerweise nach folgendem Prinzip:

Tabelle 3-78: Bewertungsmuster des Kriteriums „Einbeziehung der Mitarbeiter in betriebliche Entscheidungsprozesse“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
2. Einbeziehung der Mitarbeiter in betriebliche Entscheidungsprozesse	Keine Einbeziehung	o			o	o
	Geringe Einbeziehung		o			
	Angemessene Einbeziehung			o		

### 3.15.3 Qualität der Kommunikation, z.B. betriebliches Vorschlagswesen

Durch interne Kommunikationskonzepte, wie das betriebliche Vorschlagswesen, kann die Motivierung von Arbeitnehmern zur Verbesserung und Optimierung von Arbeitsabläufen bzw. zur Unterbreitung entsprechender Vorschläge erzielt werden. Da die Mitarbeiter i.d.R. direkt in die jeweiligen Arbeitsabläufe eingebunden sind, besitzen sie dementsprechend die beste Übersicht im Hinblick auf Fehlerquellen und Schwachstellen. So kann vor allem das betriebliche Vorschlagswesen (BVW) als Basis für eine Mitarbeiterbeteiligung (siehe Kriterium 3.15.2) im Sinne eines ganzheitlichen Qualitätsmanagements betrachtet werden.

Im Rahmen eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses (KVP) soll jeder Mitarbeiter aktiv um eine ständige Verbesserung bemüht sein, so dass sich der Betrieb zu einer „lernenden Organisation“ entwickeln kann. Die Umsetzung des betrieblichen Vorschlagswesens ist in der folgenden Abbildung beispielhaft dargestellt:

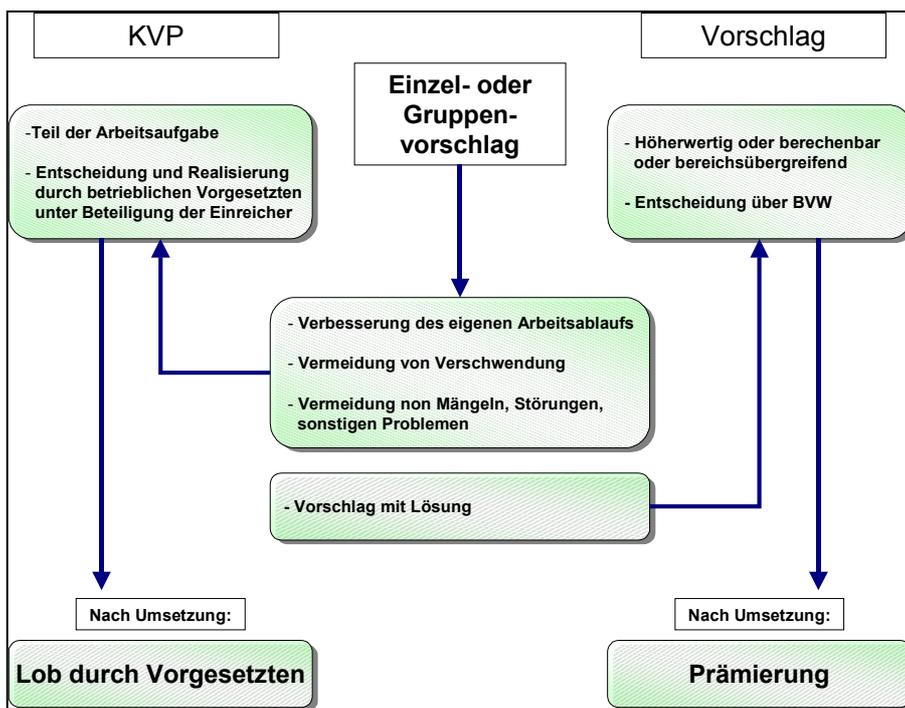


Abbildung 3-20: Umsetzung des betrieblichen Vorschlagswesens; nach [www.qm-trend.de](http://www.qm-trend.de)

In diesem Kontext soll ein Vorschlag als Verbesserungsvorschlag angesehen werden, wenn dieser über den jeweiligen Rahmen des betrieblichen Aufgaben- und Verantwortungsbereichs des Mitarbeiters hinausgeht. Auf diese Weise kann der, speziell von der wirtschaftlichen Globalisierung geforderte, betriebliche Innovationsgeist gefördert bzw. wachgehalten werden.

(nach [www.chancenfueralle.de](http://www.chancenfueralle.de)). Die Bewertung der unternehmerischen Kommunikationsstruktur erfolgt nach dem folgenden Prinzip:

**Tabelle 3-79: Bewertungsmuster des Kriteriums „Qualität der Kommunikation, z.B. betriebliches Vorschlagswesen“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
3. Qualität der Kommunikation, z.B. betriebliches Vorschlagswesen	Kommunikation ist deutlich verbesserungswürdig	o			o	o
	Kommunikation ist nicht ausreichend		o			
	Kommunikation ist angemessen			o		

### 3.15.4 Umweltmotivation

Eine hinreichend umweltschonende Unternehmensführung kann allein durch Gesetzeserlasse, Vorschriften bzw. Auflagen und Gebühren nicht umgesetzt werden. Eine der wichtigsten Voraussetzungen zur Realisierung kontinuierlicher, langfristig angelegter Verbesserungsprozesse bildet die allseitige Motivation zum Schutz der Umwelt. In diesem Zusammenhang kommt z.B. dem Betriebsbeauftragten für Umweltschutz eine tragende Rolle zu. Dessen Tätigkeit liegt schwerpunktmäßig in der Vermittlung von Motivation und Sachkenntnissen. Auf diese Weise erlangt der einzelne Mitarbeiter der Befähigung, die eigentlichen umweltrelevanten Vorgänge wie Beschaffung, Umgang mit Anlagen, Entsorgung etc. in Eigenverantwortung selbst durchzuführen (nach M. Sietz, Leitfaden für Umwelthandbücher mit Praxisbeispielen, 1995). Dieses Aufgabenfeld des Betriebsbeauftragten für Umweltschutz soll durch die folgende Abbildung verdeutlicht werden:

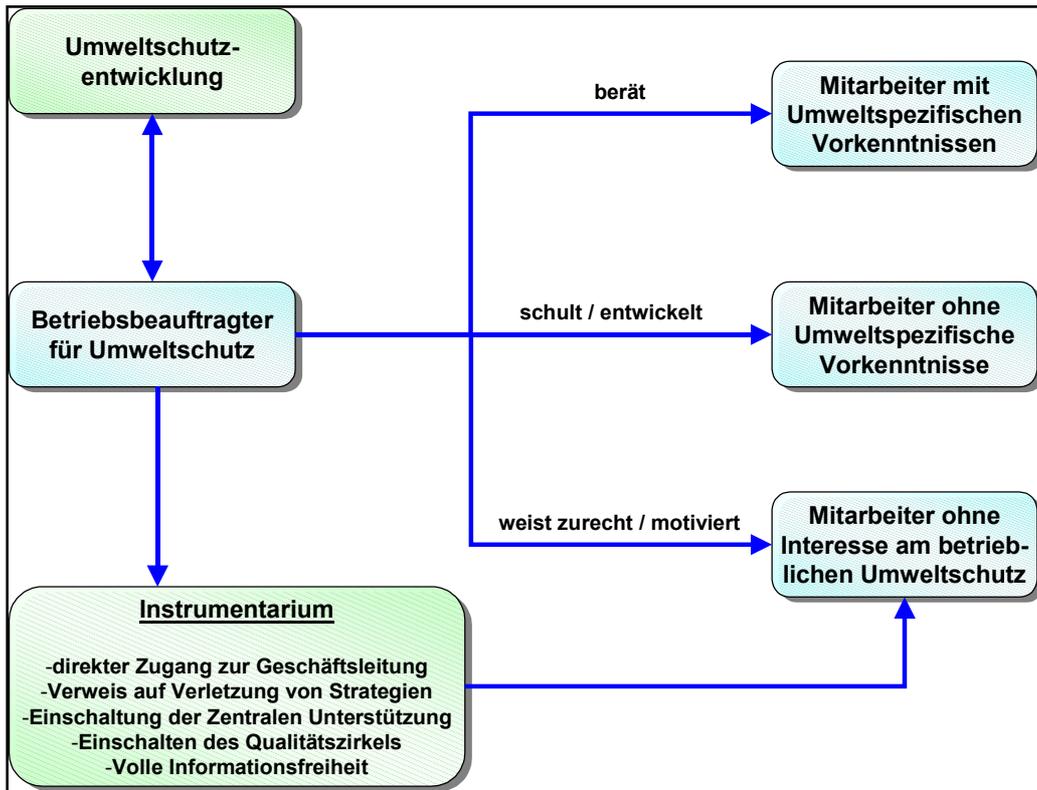


Abbildung 3-21: Aufgabenfeld des Betriebsbeauftragten für Umweltschutz im Rahmen der Mitarbeitermotivation; Quelle: nach Sietz, M., Leitfaden für Umwelthandbücher mit Praxisbeispielen, 1995

Die Bewertung dieses Kriteriums erfolgt nach folgendem Muster:

Tabelle 3-80: Bewertungsmuster des Kriteriums „Umweltmotivation“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
4. Umweltmotivation	Umweltmotivation ist deutlich verbesserungswürdig	o			o	o
	Umweltmotivation ist nicht ausreichend		o			
	Umweltmotivation ist angemessen			o		

### 3.15.5 Soziale Kompetenz des Unternehmens

Unter sozialer Kompetenz soll im Kontext dieses Kriteriums die unternehmerische Fähigkeit verstanden werden, sich auf die zwischenmenschlichen Bedürfnisse der einzelnen Mitarbeiter einzustellen. Mögliche Ansätze zur Ausbildung der sozialen Kompetenz eines Unternehmens sind in der folgenden Tabelle exemplarisch aufgeführt:

**Tabelle 3-81: Ausbildung sozialer Kompetenz; Quelle: geändert nach [www.awm-consulting.de](http://www.awm-consulting.de)**

Hemmfaktoren bei Mitarbeitern	Erscheinungsformen sozialer Kompetenz
Angst; persönliche Probleme	Aufbau von Beziehungen
Misstrauen	Transparenz des Denkens und Handelns
Machtkämpfe; Mobbing	Lösung von Problemen
Sucht; Schulden	Verlässlichkeit
Abwertung; Negativdenken	Wertschätzen

Zum Zwecke der möglichst raschen Ausbildung bzw. der Stärkung sozialer Kompetenz sollte die Unternehmensführung aktiv entsprechende Maßnahmen umsetzen (z.B. Beratungsangebote, Förderung der Teamentwicklung, Schulungen etc.) anstatt die Mitarbeiterschaft der Eigeninitiative zu überlassen. Die Bewertung dieses Kriteriums erfolgt nach folgendem Prinzip:

**Tabelle 3-82: Bewertungsmuster des Kriteriums „soziale Kompetenz des Unternehmens“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
5. soziale Kompetenz des Unternehmens	soziale Kompetenz ist deutlich verbesserungswürdig	o			o	o
	soziale Kompetenz ist nicht ausreichend		o			
	soziale Kompetenz ist angemessen			o		

### 3.15.6 Integration ausländischer Mitarbeiter

Die Integration ausländischer Mitarbeiter stellt einen wichtigen Aspekt intragenerativer Gerechtigkeit innerhalb eines Unternehmens dar. Ausländische Mitarbeiter werden im Zuge ihrer individuellen, innerbetrieblichen Entwicklung oft mit zusätzlichen Schwierigkeiten wie sprachlichen Problemen oder kulturellen Hemmnissen konfrontiert.

Die Umsetzung integrationserleichternder Maßnahmen (z.B. Angebot von Sprachkursen, mehrsprachige Informationen etc.) ist aus diesem Grunde angemessen. Die Bewertung dieses Kriteriums erfolgt gemäß der Bedeutung, die diesem Aspekt innerhalb des Unternehmen beigemessen wird:

**Tabelle 3-83: Bewertungsmuster des Kriteriums „Integration ausländischer Mitarbeiter“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
6. Integration ausländischer Mitarbeiter	Dieser Aspekt wird nicht berücksichtigt	o			o	o
	Entsprechende Maßnahmen sind geplant		o			
	Entsprechende Maßnahmen (z.B. Sprachkurse, mehrsprachige Informationen usw.) werden umgesetzt			o		

### 3.15.7 Integration behinderter Beschäftigter

Menschen mit Behinderung sind in besonderem Maße auf den Schutz und die Solidarität der Gesellschaft angewiesen. Als wesentliches Kriterium einer nachhaltigen Entwicklung fordert die intragenerative Verteilungsgerechtigkeit die Eingliederung behinderter Menschen in Arbeit und Ausbildung zur Förderung derer gleichberechtigten Teilhabe am gesellschaftlichen Leben. Gerade gegenüber einflussreichen, unternehmensführenden Instanzen besteht die gesellschaftliche Verpflichtung, sich aktiv um die Integration von Menschen mit Behinderungen in das Berufsleben zu bemühen. Unterstützung seitens der Unternehmensführung kann z.B. durch die Einstellung von Fachkräften für betriebliche Integration erfolgen. Des weiteren ist die Umsetzung von Maßnahmen sinnvoll, die den besonderen Bedürfnissen behinderter Beschäftigter angepasst sind (z. B. behindertengerechte Sanitärausstattungen, alternatives Speiseangebot etc.). Der Bewertung dieses Kriteriums liegt die folgende Gliederung zu Grunde:

Tabelle 3-84: Bewertungsmuster des Kriteriums „Integration behinderter Beschäftigter“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
7. Integration behinderter Beschäftigter	Dieser Aspekt wird nicht berücksichtigt	o			o	o
	Entsprechende Maßnahmen sind geplant		o			
	Entsprechende Maßnahmen (z.B. behindertengerechte Sanitärausstattungen, alternatives Speiseangebot usw.) werden umgesetzt			o		

### 3.16 Gleichstellung der Geschlechter

Ein bedeutsamer Teilaspekt der nachhaltigen Anforderungen an soziale Gerechtigkeit ist die globale Chancengleichheit der Geschlechter. Obwohl die jüngste Vergangenheit bereits fortschrittliche Trends erkennen lässt, werden die Belange von Frauen fast überall untergeordnet behandelt. Mit der Zielsetzung ein internationales Engagement zur Förderung einer gleichberechtigten Teilhabe der Frau an wirtschaftlichen, sozialen, kulturellen sowie politischen Entscheidungsprozessen auszulösen, erfolgte 1995 die Einberufung der „Vierten Weltfrauenkonferenz“. Die von Vertretern von 189 Staaten einstimmig verabschiedete *Aktionsplattform von Beijing* stellt ein wirksames Programm zur weltweiten Stärkung der Frauen und der Gleichstellung der Geschlechter dar. Diesbezüglich werden im Rahmen der Aktionsplattform die folgenden zwölf Problembereiche angeführt:

- Frauen und Armut
- Bildung und Ausbildung von Frauen
- Frauen und Gesundheit
- Gewalt gegen Frauen
- Frauen und bewaffnete Konflikte
- Die Frau in der Wirtschaft
- Frauen in Macht- und Entscheidungspositionen
- Institutionelle Mechanismen zur Förderung der Frau
- Menschenrechte der Frauen
- Frauen und Medien
- Frauen und Umwelt
- Mädchen

Grundsätzlich wird der Gleichstellung der Geschlechter stetig größere Aufmerksamkeit zuteil. Beispielsweise wird der Zusammenhang zwischen anhaltender Armut und der Ungleichheit der Frau international behandelt. Diesbezüglich war die Stärkung der Frauen und die Gleichstellung der Geschlechter, als Mittel zur Armutsbekämpfung, Gegenstand der Generalversammlung der Vereinten Nationen und beim Vorbereitungsprozess für die Überprüfungs-konferenz fünf Jahre nach dem Weltgipfel für soziale Entwicklung. Regierungen haben des weiteren Gesetze erlassen bzw. überprüft, um dessen Übereinstimmung u.a. mit der Konvention der Vereinten Nationen zur Beseitigung jeder Form von Diskriminierung der Frau sowie den Forderungen der Aktionsplattform von Beijing zu gewährleisten. Obgleich auf dem Gebiet der Geschlechter-Gleichstellung bereits entscheidende Erfolge erzielt wurden, besteht bis heute noch immer dringender Handlungsbedarf zur Verbesserung der Situation der Frauen. Die nach wie vor bestehenden strukturellen Ungleichheiten zwischen den Geschlechtern zeigen sich u.a. in der wirtschaftlichen Ungleichheit bzw. Unterrepräsentation der Frauen sowie in der global anzutreffenden Gewalt gegen Frauen.

### 3.16.1 Betriebliche Frauenförderung

Zur Förderung der beruflichen Chancengleichheit von Männern und Frauen bedarf es mehr als Respekt und Anerkennung. Das Unternehmen sollte diesbezüglich Programme und Maßnahmen entwickeln, die es im Rahmen einer aktiven, betrieblichen Frauenförderung umzusetzen gilt. Hierzu bedarf es z.B. der Erkenntnis, dass die Umsetzung der Chancengleichheit am Arbeitsplatz nicht lediglich als solidarischer Aktionismus aufzufassen ist, sondern dass es sich darüber hinaus wirtschaftlich lohnt, die Qualifikationen, Kompetenzen und Motivationen von Frauen in den betrieblichen Kontext einzubinden. Es erfordert demnach der unternehmerischen Überzeugung, „dass gleiche Chancen am Arbeitsplatz als Bestandteil der Unternehmenskultur ein wichtiger Wettbewerbsfaktor sind“ (Quelle: Ministerium für Frauen, Jugend, Familie und Gesundheit des Landes Nordrhein-Westfalen; Broschüre *Frauenpolitik für Nordrhein-Westfalen*, 2003). Dementsprechend ergibt sich das folgende Bewertungsprinzip

**Tabelle 3-85: Bewertungsmuster des Kriteriums „Betriebliche Frauenförderung“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. betriebliche Frauenförderung	Es existieren keine entsprechenden Programme oder Maßnahmen	o			o	o
	Entsprechende Programme oder Maßnahmen sind geplant		o			
	Entsprechende Programme oder Maßnahmen werden umgesetzt			o		

### 3.16.2 Unterstützung der Berufswiederaufnahme nach der Erziehungspause

Der Wunsch vieler Frauen, nach der Familienphase wieder ins Erwerbsleben zurückzukehren wird oft durch eingeschränkte Arbeitsplatzangebote, veränderte berufliche Qualifikationsanforderungen u.a. erschwert. Diese Schwierigkeiten steigen dabei i.d.R. mit der Dauer der Unterbrechung an. Im Rahmen des BGlG wird dieser Aspekt zum Teil berücksichtigt:

*„Die Dienststelle hat durch geeignete Maßnahmen den aus familiären Gründen beurlaubten Beschäftigten die Verbindung zum Beruf und den beruflichen Wiedereinstieg zu erleichtern. Dazu gehören das Angebot von Urlaubs- und Krankheitsvertretungen, ihre rechtzeitige Unterrichtung über das Fortbildungsprogramm und das Angebot zur Teilnahme an der Fortbildung während oder nach der Beurlaubung...“ (BGlG § 14 Abs. 2).*

Das betriebliche Engagement sollte im Sinne einer nachhaltig sozialen Unternehmenspolitik diesbezüglich über die gesetzlichen Anforderungen hinausgehen. Geeignete Maßnahmen stellen z.B. Angebote von Kursen zur Weiterbildung, Kinderbetreuung, private Ansprechpersonen etc. dar.

Die Bewertung des Kriteriums erfolgt in Anlehnung an die folgende Gliederung:

**Tabelle 3-86: Bewertungsmuster des Kriteriums „Unterstützung der Berufswiederaufnahme nach der Erziehungspause“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
2. Unterstützung der Berufswiederaufnahme nach der Erziehungspause	Dieser Aspekt wird nicht berücksichtigt	o			o	o
	Entsprechende Maßnahmen sind geplant		o			
	Entsprechende Maßnahmen (z.B. Rückkehrhilfe, Kinderbetreuung usw.) werden umgesetzt			o		

### 3.16.3 Angebot an Teilzeitjobs

Im Rahmen der Geschlechter-Gleichstellung erfordert die berufliche Chancengleichheit von Mann und Frau die Verbesserung der Vereinbarung von Beruf und Familie. Diesbezüglich stellen Teilzeitangebote mit flexiblen Arbeitszeitregelungen sinnvolle Ansätze dar. Der Bereich der Teilzeitarbeit ist bereits im Rahmen des Gesetzes über Teilzeitarbeit und befristete Arbeitsverträge (TzBfG) z.T. rechtlich geregelt. Nach § 6 dieses Gesetzes gilt:

*„Der Arbeitgeber hat den Arbeitnehmern, auch in leitenden Positionen, Teilzeitarbeit nach Maßgabe dieses Gesetzes zu ermöglichen“* (TzBfG § 6).

Des weiteren existieren die folgenden gesetzlichen Regelungen:

*„Anträgen von Beschäftigten mit Familienpflichten auf Teilzeitbeschäftigung oder Beurlaubung ist auch bei Stellen mit Vorgesetzten- und Leitungsaufgaben zu entsprechen...“* (BGleiG § 13, Abs. 1)

*„Die Dienststelle hat Arbeitszeiten und sonstige Rahmenbedingungen anzubieten, die Frauen und Männern die Vereinbarkeit von Familie und Erwerbstätigkeit erleichtern...“* (BGleiG § 12)

Auf weitere rechtliche Ausführungen soll an dieser Stelle verzichtet werden. Die Bewertung dieses Kriteriums erfolgt dementsprechend hinsichtlich des Teilzeit-Angebotspektrums unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen Zumutbarkeit. Es ergibt sich daraus das folgende Gliederungsmuster:

**Tabelle 3-87: Bewertungsmuster des Kriteriums „Angebot von Teilzeitjobs“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
3. Angebot an Teilzeitjobs	Teilzeitjobs werden nicht angeboten	o			o	o
	Teilzeitjobs werden nur sehr bedingt und in Ausnahmefällen angeboten		o			
	Grundsätzliches Teilzeitjob-Angebot			o		

### 3.16.4 Möglichkeit des Job-Sharings

Die Möglichkeit der „Arbeitsplatzteilung“ stellt eine besondere Form der Teilzeitarbeit dar. Das Prinzip basiert auf der Aufteilung eines vollen Arbeitsplatzes unter zwei (oder mehr) Arbeitnehmern. Dieses hat den wesentlichen Vorteil, dass die individuellen Arbeitszeiten untereinander abgesprochen werden können. Auf diese Weise lassen sich z.B. Arbeitszeiten im wechselnden Tages- oder Halbwochenrhythmus vereinbaren. Das Prinzip zeichnet sich im Wesentlichen durch eine größere Flexibilität gegenüber der traditionellen Arbeitszeitverkürzung aus. Es ergibt sich das folgende Bewertungsmuster:

Tabelle 3-88: Bewertungsmuster des Kriteriums „Möglichkeit des Job-Sharings“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
4. Möglichkeit des Job-Sharings	Diese Möglichkeit existiert nicht	o			o	o
	Job-Sharing ist nur sehr begrenzt möglich		o			
	Möglichkeit des Job-Sharings ist grundsätzlich gegeben			o		

### 3.16.5 Telearbeitsplätze / Heimarbeit

Unter dem amtlich nicht definierten Begriff der Telearbeit werden allgemein die verschiedensten Formen der Arbeitsorganisation unter Zuhilfenahme der neuen Informations- und Kommunikationstechnologien verstanden. „Telearbeit“ oder „Telekooperation“ findet ihre größte Verbreitung in Form der alternierenden Arbeit, d.h. der angestellte Telearbeiter arbeitet zu einem zeitlich vordefinierten Teil zu Hause und im Betrieb. Telearbeit wird üblicherweise in den folgenden Formen praktiziert, auf deren detaillierte Erläuterung an dieser Stelle verzichtet werden soll:

- Reine Telearbeit
- Alternierende Telearbeit
- Satelliten- oder Nachbarschaftsbüros
- Virtuelle Unternehmen
- Projektbasierte Telearbeit
- Mobile Telearbeit
- Selbständige Telearbeit

Gesetzlich gelten hinsichtlich der Beschäftigung von Telearbeitern ähnliche Rahmenbedingungen wie bei der Teilzeitarbeit:

*„Im Rahmen der dienstlichen Möglichkeiten sind Beschäftigten mit Familienpflichten auch Telearbeitsplätze ... anzubieten“* (BGleiG .§ 13, Abs. 1).

Dementsprechend ergibt sich die Bewertung dieses Kriteriums analog zu Kriterium x16.3 „Angebot von Teilzeitjobs“ gemäß der folgenden Gliederung:

**Tabelle 3-89: Bewertungsmuster des Kriteriums „Telearbeitsplätze / Heimarbeit**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
5. Telearbeitsplätze / Heimarbeit	Keine Möglichkeiten der Heimarbeit	o			o	o
	Heimarbeit ist nur sehr begrenzt möglich		o			
	Möglichkeit der Heimarbeit ist grundsätzlich gegeben			o		

### 3.17 Globales Verantwortungsbewusstsein bei der Zusammenarbeit mit internationalen Lieferanten / Auftragnehmern

Im politisch-ökonomischen Sinn stellt die Globalisierung den fortschreitenden Prozess weltweiter Arbeitsteilung dar. Die im Zuge dieser Entwicklung auftretenden Effekte zeichnen sich im Wesentlichen durch den Abbau politisch gesetzter Handelsschranken, globale Kapital-Mobilisierung sowie die weltweite Anwendbarkeit neuer Kommunikationstechnologien aus. Die Standortauswahl produzierender Unternehmen umfasst daher zunehmend solche Staaten, die die höchsten Kostenvorteile bieten. Diese Kostenoptimierung ist dabei nicht nur auf das gesamte Produkt, sondern auf nahezu jede einzelne Produktkomponente ausgerichtet. Der Globalisierungsprozess führt damit zwingend zur Erhöhung des Wettbewerbsdrucks zwischen einzelnen Unternehmen. Zwar führt in vielen Fällen der verstärkte Handel zu wirtschaftssteigernden Effekten und größerem Wohlstand. Andererseits besteht gerade in Entwicklungsländern die Gefahr, dass die Verfügbarkeit billigerer ausländischer Produkte für viele nationale Produktionen den Ruin bedeutet. Die ökonomische Ausweitung in Entwicklungsnationen erfordert daher vor allem bei Unternehmen der nördlichen Staaten ein hohes Verantwortungsbewusstsein, unter Berücksichtigung der ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Effekte geplanter oder bereits bestehender Handelsbeziehungen.

### 3.17.1 Einhaltung der ILO 146-Empfehlungen zur Kinderarbeit

Nach Angaben der Internationalen Arbeitsorganisation ILO (International Labour Organisation) arbeiten weltweit derzeit 186 Millionen Kinder unter extremen, ausbeuterischen Bedingungen. In Afrika, südlich der Sahara arbeitet fast jedes dritte Kind (29 %), in Asien jedes fünfte Kind (19 %) und Lateinamerika jedes sechste Kind (16 %). In den Industriestaaten ist diese Quote dagegen mit 2 % deutlich geringer. Dieser Sachverhalt unterstreicht bereits die in den jeweiligen Nationen vorherrschende Armut als wesentliche Ursache für Kinderarbeit. Hauptsächlich wird durch krasse Armut die Basis für ein „Angebot“ an Kinderarbeit geschaffen. Für Familien ist die Mitarbeit der Kinder in vielen Fällen überlebensnotwendig. Andererseits ist die Kinderarbeit nicht grundsätzlich als Folge sondern oftmals als Ursache für Armut anzusehen. Eine offensichtliche „Nachfrage“ bezüglich Kinderarbeit ist im Wesentlichen auf die Haltung vor allem kleinerer Unternehmen zurückzuführen, die aus Kostengründen häufig nicht auf Erwachsene, sondern auf Kinder als billige Arbeitskräfte zurückgreifen. Aufgrund der daraus resultierenden Verfestigung bzw. Erhöhung der Arbeitslosigkeit sehen sich viele Familien erst gezwungen ihre Kinder zur Arbeit zu schicken. Im Rahmen einer nachhaltigen Entwicklung ergibt sich aus diesem Grunde die zwingende unternehmerische Verpflichtung, durch eine entsprechend kritische Auswahl internationaler Lieferanten bzw. Auftragsnehmer der Kinderarbeit in den jeweiligen Nationen entgegenzuwirken. Zu diesem Zweck sind die betrieblichen Handlungsgrundsätze an den internationalen Regelungen und Empfehlungen auszurichten, die durch das ständige Sekretariat der ILO erarbeitet und verabschiedet wurden. Dementsprechend erfolgt die Bewertung des vorliegenden Kriteriums nach folgendem Prinzip:

**Tabelle 3-90: Bewertungsmuster des Kriteriums „Einhaltung der ILO 146-Empfehlungen zur Kinderarbeit“**

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	o			o	o
	-		o			
	ILO 146-Empfehlungen werden eingehalten			o		

Eine sinnvolle Maßnahme zur Verhinderung bzw. zur Einschränkung der Kinderarbeit in der dritten Welt stellt z.B. das TransFair-Prinzip dar. Auf diesen Aspekt soll im Rahmen des Kriteriums „Unterstützung von Betrieben in Entwicklungsländern“ genauer eingegangen werden.

### 3.17.2 Berücksichtigung kultureller Gegebenheiten am jeweiligen Standort

Im Zuge der Expansion nördlicher Unternehmen in Entwicklungsstaaten erfordern die Prinzipien des fairen Handelns die Berücksichtigung kultureller Gegebenheiten vor Ort. Auf der Basis des Respekts vor den gewachsenen Traditionen der Weltkulturen gilt es einen ernsthaften interkulturellen Dialog anzustreben anstatt der eigennützigen Bereicherung auf Kosten anderer. Es ergibt sich das folgende Bewertungsprinzip:

**Tabelle 3-91: Bewertungsmuster des Kriteriums „Berücksichtigung kultureller Gegebenheiten am jeweiligen Standort“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
2. Berücksichtigung kultureller Gegebenheiten am jeweiligen Standort	keine Berücksichtigung kultureller Aspekte	o				
	-		o		o	o
	Kulturelle Aspekte werden berücksichtigt			o		

### 3.17.3 Unterstützung von Betrieben in Entwicklungsländern

In diesem Zusammenhang ist z.B. der Import von TransFair-gesiegelten Produkten sinnvoll. Durch fairen Handel sollen Produzenten in Entwicklungsländern in ihrem Streben nach einer gesicherten Existenz und menschenwürdigen Perspektive unterstützt werden. Dies geschieht u.a. durch die Zusicherung von Mindestpreisen, die von den Fairtrade Labelling Organisations International (FLO) nach Absprache mit den jeweiligen Produzenten festgelegt werden. Die Festlegung der Preise erfolgt in dem Sinne, dass sie die Deckung der Produktionskosten und der essentiellen Lebenshaltungskosten langfristig garantieren. Auf diese Weise kann ein

Großteil der Produkt-Wertschöpfung bei den jeweiligen Erzeugern verbleiben und zur Stärkung der Binnenwirtschaft beitragen. Das TransFair-Prinzip soll durch die nachfolgende Abbildung verdeutlicht werden:

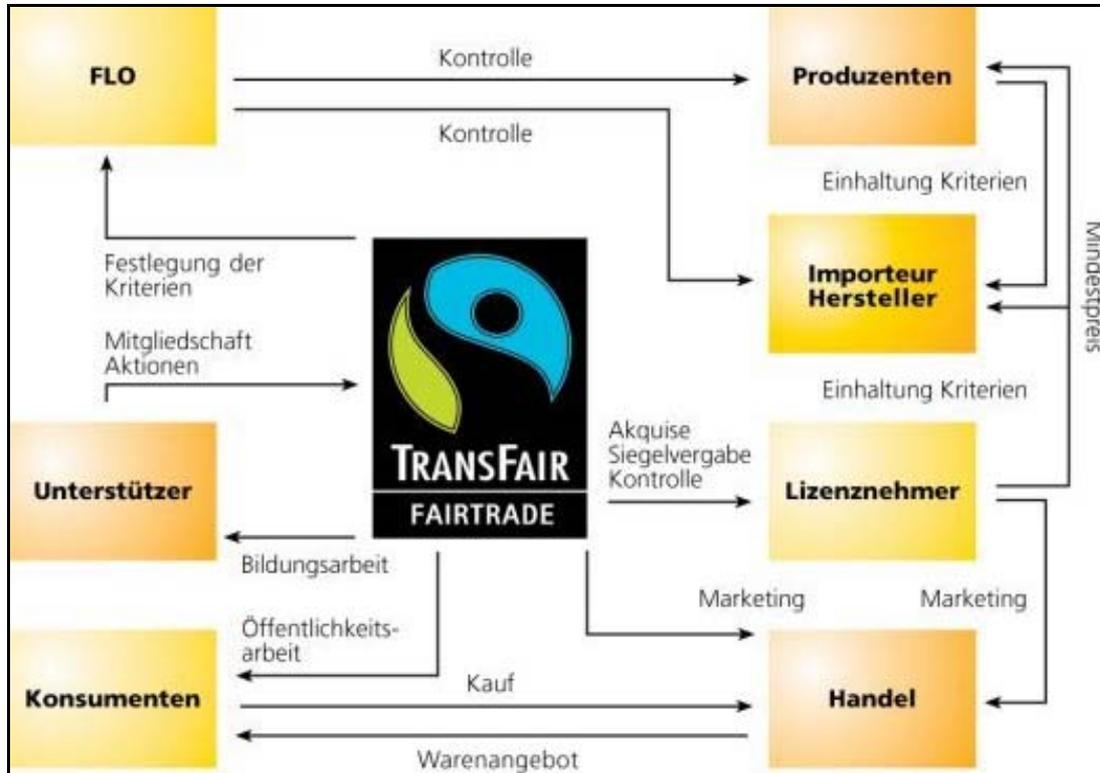


Abbildung 3-22: Schematische Darstellung des TransFair-Prinzips; Quelle: [www.transfair.org](http://www.transfair.org)

Der langfristige Abbau ungerechter Wirtschaftsstrukturen und die Stärkung sozialer Strukturen trägt zudem, z.B. durch vertraglich geregelte, angemessene Löhne, zur Verhinderung der in Entwicklungsländern häufig anzutreffenden Kinderarbeit (siehe Kriterium 3.17.1) bei. Die Bewertung erfolgt nach folgendem Muster:

Tabelle 3-92: Bewertungsmuster des Kriteriums „Unterstützung von Betrieben in Entwicklungsländern“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
3. Unterstützung von Betrieben in Entwicklungsländern	Das Unternehmen leistet keinerlei Unterstützung	o			o	o
	Das Unternehmen leistet geringe Unterstützung		o			
	Das Unternehmen leistet große Unterstützung z.B. durch Know-How-Transfer, Kooperationsprojekte, Partnerschaften usw.			o		

### 3.18 Ökonomische Aspekte / langfristige Unternehmenssicherung

Nachhaltige Entwicklung bemisst sich in erster Linie nach der ökologischen Zukunftsfähigkeit, da die Erhaltung der natürlichen „Lebensgrundlagen“ eine der essenziellsten Voraussetzungen darstellt. Die Wechselwirkungen und Beziehungen der drei Nachhaltigkeitsdimensionen werden nach W. Hermann überzeugend ausgeführt: *„Während das ökologische System Voraussetzung für das Funktionieren der ökonomischen und sozialen Sphäre ist, kommt es selbst durchaus ohne die anderen Bereiche aus. Genauso kommt die ökonomische auch ohne die soziale Sphäre aus. Andersherum sollte die Aufrechterhaltung des sozialen Systems das eigentliche Anliegen einer zukunftsfähigen Entwicklung sein. Ein funktionierendes ökonomisches System ist kein Selbstzweck, sondern dient den sozialen Zielen. Und das ökologische System ist wiederum nur Voraussetzung, damit das ökonomische System aufrechterhalten werden kann“* (Quelle: W. Hermann, Lokale Agenda 21 – Anstöße zur Zukunftsfähigkeit, 2000). Die vielfältigen Wechselwirkungen zwischen den Systemen und damit die Bedeutung der ökonomischen Nachhaltigkeitsdimension werden ansatzweise durch die nachfolgende Abbildung veranschaulicht:

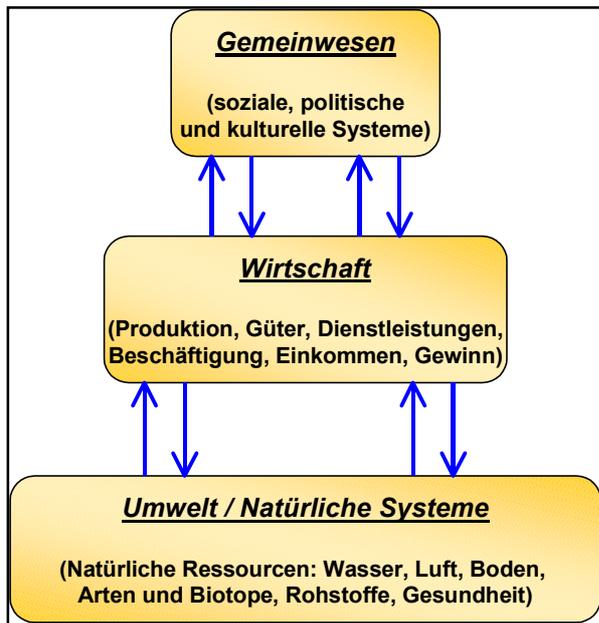


Abbildung 3-23: Wechselwirkungen zwischen sozial / politischen, wirtschaftlichen und ökologischen Systemen; Quelle: W. Hermann, Lokale Agenda 21 – Anstöße zur Zukunftsfähigkeit, 2000)

### 3.18.1 Stabilität der Marktposition

Eine hinreichend stabile Marktposition bzw. die unternehmerische Wettbewerbsbeständigkeit bildet eine der essenziellsten Voraussetzungen für eine langfristige Unternehmenssicherung. Idealerweise durchläuft das Unternehmen daher einen stetigen Expansionsprozess, in dem die jeweiligen Marktanteile erweitert bzw. neue Märkte erschlossen werden. Das diesbezügliche Bewertungsprinzip ist demnach entsprechend gegliedert:

Tabelle 3-93: Bewertungsmuster des Kriteriums „Stabilität der Marktposition“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Stabilität der Marktposition	Die Marktposition des Unternehmens ist instabil	o			o	o
	Die Marktposition des Unternehmens ist im Vergleich zu Wettbewerbern relativ sicher		o			
	Das Unternehmen erweitert seine Marktanteile bzw. erschließt neue (zukunftsfähige) Märkte			o		

### 3.18.2 Fremdkapitalanteil

Das Zuführen von Fremdkapital bzw. die Kreditfinanzierung stellt eine übliche Form der Kapitalbeschaffung dar. Im Falle der Kreditfinanzierung ist grundsätzlich zwischen lang- und kurzfristiger Finanzierung zu unterscheiden. Der Fremdkapitalanteil ist vor allem dann kritisch zu bewerten, wenn dieser das betriebliche Vermögen übersteigt und eine Überschuldung eintritt. So stellt eine Überschuldung bei Kapitalgesellschaften bereits einen Konkursgrund dar, da die Gesellschafter im Gegensatz zu Personengesellschaften nicht mit ihrem Privatvermögen haften. Verschärft sich der Zustand der Überschuldung und tritt langfristig eine Zahlungsunfähigkeit (Illiquidität) ein, so stellt diese i. d. R. sowohl bei Kapital- als auch bei Personengesellschaften einen Konkursgrund oder Vergleichbares dar (Quelle: nach G. Wöhe, Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 1993).

Die wesentlichen Nachteile hoher Verschuldung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Zinsendienst und Rückzahlungspflicht beeinträchtigen die Liquidität
- Ein zunehmender Fremdkapitalanteil erschwert die weitere Kapitalaufnahme
- Die finanzielle Flexibilität der Unternehmung wird bei zu hohem Fremdkapitalanteil im Fall von finanziellen Engpässen gefährdet

(Quelle: nach [www.verlagskv.ch](http://www.verlagskv.ch))

Im Rahmen der betrieblichen Kapitalbeschaffung sollte daher idealerweise gänzlich auf Fremdkapitalanlagen verzichtet werden. Entsprechend ergibt sich das diesbezügliche Bewertungsmuster:

**Tabelle 3-94: Bewertungsmuster des Kriteriums „Fremdkapitalanteil“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
2. Fremdkapitalanteil	Hohe Fremdkapitalquote	o			o	o
	Geringe Fremdkapitalquote		o			
	Es liegen keine Fremdkapitalanlagen vor			o		

### 3.18.3 ökonomische Handlungsgrundsätze

Die langfristige Sicherung eines Unternehmens kann nur erreicht werden, wenn diese als unternehmenspolitischer Handlungsgrundsatz in allen ökonomischen Aktivitäten verankert ist. Die dem langfristig angelegten Prozess einer nachhaltigen Entwicklung konträren Prinzipien kurzfristiger Gewinnmaximierung sind mit den wirtschaftlichen Handlungsmaximen einer nachhaltigen Unternehmenskultur demzufolge nicht vereinbar. Da die Ausrichtung der jeweiligen Unternehmenspolitik in diesem Zusammenhang (i. d. R.) eindeutig kurz- oder langfristigen Prinzipien zugeordnet werden kann, wird im Zuge der Kriteriumsbewertung auf eine B-Abstufung verzichtet und das Bewertungsprinzip wie folgt gegliedert:

Tabelle 3-95: Bewertungsmuster des Kriteriums „ökonomische Handlungsgrundsätze“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
3. ökonomische Handlungsgrundsätze	Das Unternehmen räumt kurzfristigen Gewinnen oberste Priorität ein	o			o	o
	-		o			
	Das Unternehmen verfolgt eine langfristige Unternehmenssicherung			o		

### 3.18.4 Minimierung von Transportwegen

Auf die Bedeutung des betrieblichen Logistikkonzeptes wurde bereits im Rahmen des Kapitels 13 „Einführung umweltfreundlicher Logistik“ ausführlich eingegangen. Die Minimierung der Transportwege ist sowohl aus ökologischen Gründen als auch wirtschaftlich anzustreben, da auf diese Weise die produktspezifischen indirekten Umweltauswirkungen sowie die Transportkosten reduziert werden. Im Rahmen dieses Kriteriums soll der Begriff der „Transportwege“ des weiteren die produktions-internen Förderwege der einzelnen Werkstücke bzw. Zwischenprodukte umfassen. Aus diesem Grunde ist eine zweckmäßige Wahl der Organisationstypen der Fertigung notwendig. Hierunter werden Fertigungsverfahren verstanden, deren Einteilungskriterium die räumliche Anordnung der Betriebsmittel und damit der Weg der Produkte im Fertigungsablauf ist. Diesbezüglich wird im Wesentlichen zwischen den zwei Extremfällen der Fließfertigung und der Werkstattfertigung unterschieden:

### Fließfertigung

Bei der Fließfertigung wird der Standort der Betriebsmittel und Arbeitsplätze nach dem Fertigungsablauf bestimmt, d. h. die Produktionsfaktoren werden so nacheinander angeordnet, wie der Gang der Fertigung der Erzeugnisse es erfordert.

### Werkstattfertigung

Die Werkstattfertigung wird dadurch charakterisiert, dass der Durchlauf der Werkstücke vom Standort der Betriebsmittel und Arbeitsplätze abhängt, d. h. die Werkstücke müssen zur Vornahme einzelner Bearbeitungsvorgänge in bestimmte Fertigungsbereiche transportiert werden (Quelle: nach G. Wöhe, Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 1993).

Die langfristige Transport- bzw. Förderkosteneinsparung (die ohnehin im Interesse des Unternehmens liegen sollte) erfordert daher die stetige Erarbeitung und Umsetzung zweckdienlicher Maßnahmen, so dass sich das folgende Bewertungsmuster ergibt:

**Tabelle 3-96: Bewertungsmuster des Kriteriums „Minimierung von Transportwegen“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
4. Minimierung von Transportwegen	Maßnahmen zur Minimierung der Transportwege werden nicht umgesetzt	o			o	o
	Maßnahmen zur Minimierung der Transportwege werden teilweise umgesetzt		o			
	Maßnahmen zur Minimierung der Transportwege werden stetig erarbeitet und umgesetzt			o		

### **3.18.5 Erhöhung der Energie- und Ressourcenproduktivität**

Die Reduzierung des produktspezifischen Naturverbrauchs ist sowohl unter ökologischen als auch unter ökonomischen Aspekten ein richtungsweisender Schritt in Richtung einer nachhaltigen Unternehmensführung. Die ökologische Dimension wurde in diesem Zusammenhang bereits unter dem Gesichtspunkt der Ressourcenschonung (vergl. Kapitel 3.2 „Ressourcenschonung“, bzw. Kapitel 3.3 „Einsatz erneuerbarer und ausreichend verfügbarer Ressourcen“) behandelt. Die Minimierung des produktspezifischen materiellen bzw. energetischen Inputs geht zudem mit erheblichen Kosteneinsparungen einher. Die Bewertung dieses Kriteriums erfolgt zum einen in Bezugnahme auf den

„Faktor vier“-Ansatz E. U. von Weizsäcker. Dieser fordert in seinem Bericht an den Club of Rome (siehe Kapitel 2 „Ressourcenschonung“) eine Erhöhung der Ressourcenproduktivität um den Faktor vier, durch die Verdoppelung des globalen Wohlstandes bei paralleler Halbierung des Naturverbrauchs.

*„Ohne eine weltweite Verdoppelung des Wohlstandes sind die bedrohlichen politischen Spannungen und die auf andere Weise ebenso bedrohliche weltweite Armut nicht zu überwinden, von denen der Club of Rome in „der Ersten globalen Revolution“, in „Ist die Erde noch regierbar?“ und in dem Bericht „Krieg der Hütten“ gesprochen hat. Und ohne eine Halbierung des Naturverbrauchs können die ökologischen Gleichgewichte nicht wiederhergestellt und die Lebensgrundlagen nicht langfristig gesichert werden, was der berühmte Bericht „Grenzen des Wachstums“ ausgeführt hat“* (Quelle: E. U. von Weizsäcker u.a., Faktor vier, Doppelter Wohlstand - halbiertes Naturverbrauch, 1996).

Des Weiteren erfolgt die Einbeziehung des MIPS-Konzeptes (**M**aterialinput **p**ro **S**erviceeinheit), das in der Abteilung Stoffströme und Strukturwandel des Wuppertal Institutes unter der Leitung Prof. Dr. Friedrich Schmidt-Bleeks entwickelt wurde. Das Konzept ermöglicht die Berechnung des MIPS-Faktors, der als Quotient aus dem produktspezifischen Materialinput und der Serviceeinheit, die ein Maß für den Nutzen des Produktes darstellt, ermittelt wird. Dementsprechend gilt:

$$\Rightarrow \text{MIPS} = \frac{\text{Materialinput}}{\text{Serviceeinheit}} \quad \text{Gl. 3-4}$$

Auf diese Weise bildet der MIPS-Faktor ein grundlegendes Maß für die Abschätzung der Umweltauswirkungen eines Produktes. Das Konzept definiert den Begriff der Ressourcenproduktivität als Inverse des MIPS, d.h. als den Quotienten aus Serviceeinheiten pro Materialinput:

$$\Rightarrow \text{Ressourcenproduktivität} = \frac{\text{Serviceeinheit}}{\text{Materialinput}} \quad \text{Gl. 3-5}$$

In diesem Kontext gilt prinzipiell: Eine Verringerung des Inputs (Effizienzstrategien) oder die Erhöhung der Anzahl an Serviceeinheiten (Suffizienzstrategien) ziehen eine erhöhte Ressourcenproduktivität nach sich. Der Naturverbrauch pro Service- oder Dienstleistungseinheit wird in beiden Fällen reduziert. Die Begriffe des Materialinputs sowie der Serviceeinheit sind nach Schmidt-Bleek wie folgt definiert:

### Materialinput (MI)

Der Materialinput umfasst alle der Natur primär entnommenen bzw. in ihr bewegten Materialien, die systemweit d.h. zur Produktion, zum Gebrauch, zum Rezyklieren und zur Entsorgung erforderlich sind. Die ermittelten Materialinputs werden in fünf Input-Kategorien kategorisiert, die nicht miteinander verrechenbar sind:

- abiotische (nicht erneuerbare) Rohmaterialien
- biotische (erneuerbare) Rohmaterialien
- Bodenbewegungen aus Land- und Forstwirtschaft
- Wasser
- Luft

### Serviceeinheit (S)

Im Gegensatz zum Dienstleistungsbegriff im traditionellen Sinne bezeichnet Service im MIPS-Konzept die Nutzung, die man von den jeweiligen Produkten (und Infrastrukturen) "abrufen" kann, um menschliche Bedürfnisse zu befriedigen. Serviceeinheiten sind also Nutzungseinheiten bzw. Dienstleistungseinheiten, die mit der Verfügung über ein Produkt oder eine Dienstleistung verbunden sind. Die Serviceeinheit wird produktspezifisch bestimmt entweder als

- eine Nutzung (z.B. 1 Personenkilometer, 1 kg gewaschene Wäsche),
- Dauer der Nutzung (1 Jahr, 1 Tag) oder
- eine Kombination von beidem

(Quelle: nach [www.wupperinst.org](http://www.wupperinst.org)).

Im Rahmen des 1994 in Carnoules (Frankreich) gegründeten *Faktor 10-Clubs* formuliert Schmidt-Bleek die Notwendigkeit einer weltweiten Verzehnfachung der industriellen Ressourcenproduktivität und damit eine weitere Steigerung der Forderungen von Weizsäckers um den Faktor 2,5. Die Ansätze von Weizsäckers und Schmidt-Bleeks sollen der quantitativen Bewertung dieses Kriteriums dienen, indem eine Erhöhung der betrieblichen Ressourcenproduktivität um den Faktor vier mit B, eine Verzehnfachung mit C bewertet wird. Es ergibt sich dementsprechend die folgende Gliederung:

Tabelle 3-97: Bewertungsmuster des Kriteriums „Erhöhung der Energie- und Ressourcenproduktivität“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
5. Erhöhung der Energie- und Ressourcenproduktivität	Energie- und Ressourcenproduktivität werden nicht erhöht	o			o	o
	Erhöhung der Energie- und Ressourcenproduktivität um den Faktor 4		o			
	Erhöhung der Energie- und Ressourcenproduktivität um den Faktor 10			o		

### 3.18.6 Innovative Wirtschaftspolitik

Eine langfristige Unternehmenssicherung erfordert zwangsläufig eine dementsprechend zukunftsorientierte Unternehmenspolitik. Hierzu bedarf es, u. a. aufgrund der sich im Rahmen eines langfristigen betrieblichen Entwicklungsprozesses stetig einstellenden Veränderungen der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen, innovative unternehmenspolitische Aktivitäten. Gemäß der Begriffsdefinition nach A. Zwar (red. Leitung), Meyers großes Taschenlexikon, 1999 wird Innovation auf der wirtschaftlichen Ebene durch die

- Entwicklung, Erzeugung und Durchsetzung neuer Produkte und Produktqualitäten (Produkt-Innovation),
- neuer Technologien im Produktions- und Vertriebsbereich (Prozess-Innovation, Verfahrens-Innovation),
- neuer Methoden im Bereich der Organisation und des Managements (organisatorische und personale Innovation),
- die Erschließung neuer Beschaffungs- und Absatzmärkte (marktmäßige Innovation),
- sowie die Einführung von Planungs-, Informations- und Kontrollsystemen in den Bereichen Finanzierung und Rechnungswesen (finanzwirtschaftliche Innovation)

charakterisiert. Nach dem Grad der Neuerung lassen sich des weiteren Basis- oder Schlüssel-Innovation und Verbesserungs-Innovation unterscheiden. Innovative Unternehmenspolitik wird demnach durch langfristige Konzepte der Unternehmensentwicklung gekennzeichnet, die im Zuge einer nachhaltigen Wirtschaft gefordert werden. Entsprechenderweise ergibt sich somit das folgende Bewertungsprinzip:

Tabelle 3-98: Bewertungsmuster des Kriteriums „Innovative Wirtschaftspolitik“

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
6. innovative Wirtschaftspolitik	Umsetzen einer traditionellen / konservativen Wirtschaftspolitik	o			o	o
	Umsetzen einer teilweise innovativen Wirtschaftspolitik		o			
	Innovation ist (ein) Grundsatz der unternehmerischen Wirtschaftspolitik			o		

### 3.18.7 Sicherung der Konjunkturtragfähigkeit

Der Begriff der Konjunktur kann als „mehr oder weniger regelmäßige Schwankungen aller wichtigen ökonomischen Größen wie z. B. Produktion, Beschäftigung, Preise, Zinssatz, etc.“ definiert werden (Quelle: T. Hadelar, U. Arentzen, Gabler Wirtschaftslexikon, 1997). Konjunkturschwankungen sind demnach als zeitliche Änderungen wirtschaftlicher Aktivität aufzufassen. Der stark vereinfachte, idealisierte Ablauf einer Konjunktur ist in der folgenden Abbildung dargestellt. Dabei beschreibt der Ordinatenparameter Y den wirtschaftlichen Erfolg. Auf der Abszisse ist die Zeit t aufgetragen:

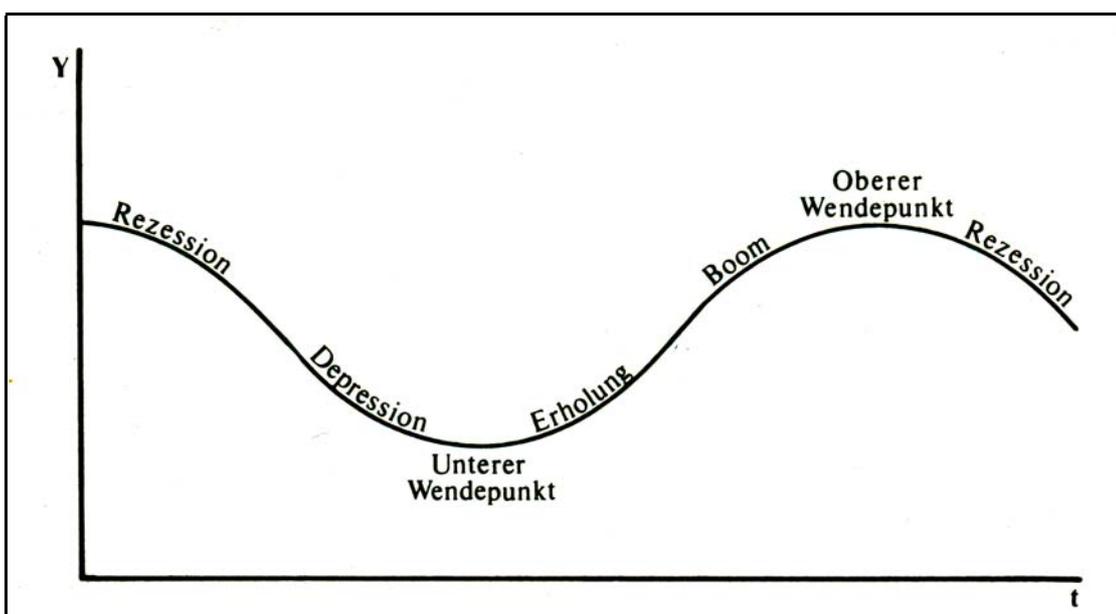


Abbildung 3-24: Idealisierter Konjunkturablauf; Quelle: A. Woll, Allgemeine Volkswirtschaftslehre, 1993

Obleich sich kein Konjunktugeschehen in genau derselben Weise wiederholt, lassen sich bestimmte wiederkehrende Merkmale beobachten, die allgemeine Aussagen gestatten. Im Hinblick auf eine langfristige Unternehmenssicherung sind dementsprechend Aktivitäten zu planen, die in vorausschauender Weise auf die Optimierung des Verlaufs künftiger Konjunkturphasen abzielen. Das diesbezügliche Bewertungsprinzip ist nachfolgend dargestellt:

**Tabelle 3-99: Bewertungsmuster des Kriteriums „Sicherung der Konjunkturtragfähigkeit“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
7. Sicherung der Konjunktur- Tragfähigkeit	Ökonomische Aktivitäten werden kaum geplant	o			o	o
	Ökonomische Aktivitäten werden in Maßen geplant		o			
	Massive Planung ökonomischer Aktivitäten zur Sicherung der Konjunktur-Tragfähigkeit			o		

### 3.19 Kooperationsbereitschaft mit Anspruchsgruppen (stakeholder)

Eines der wesentlichen Ziele im Rahmen einer nachhaltigen Managementstrategie ist die Ausbildung einer Unternehmensorganisation, die langfristig flexibel auf eventuelle Änderungen der Rahmenbedingungen (z.B. Marktveränderungen) zu reagieren vermag. In diesem Zusammenhang müssen Unternehmen mit den für sie wichtigen Anspruchsgruppen (stakeholder) in Kontakt treten und eine gemeinsame Kommunikationsbasis schaffen. Ein offener Dialog zwischen Unternehmen und stakeholder als vertrauensbildende Maßnahme sollte angestrebt werden, da die entsprechenden Anspruchsgruppen direkten oder indirekten Einfluss auf das Geschäft ausüben. Stakeholder sind in diesem Kontext im Wesentlichen Kunden, Lieferanten, Investoren sowie Anspruchsgruppen aus dem sozialen und Umweltbereich.

### 3.19.1 Kundenanforderungen hinsichtlich ökologischen, sozialen und ökonomischen Aspekten

Der Ermittlung und Berücksichtigung produktspezifischer Kundenanforderungen kommt gerade im Zuge des aktuellen Trends von der Sachgut- zur Dienstleistungswirtschaft eine besondere Bedeutung zu. Kunden tendieren immer mehr zum Erwerb von Produkten bei denen sie verschiedene „Problemlösungen“, die z.B. durch Aspekte wie Wartung, Reparatur, Finanzierung oder Rücknahme beschrieben werden können, gleich mit kaufen. Die Ermittlung der spezifischen Kundenanforderungen kann z.B. im Rahmen von Kundenzufriedenheitsanalysen erfolgen, die wichtige Produktdefizite (aus Kundensicht) aufdecken sowie maßgeblich zur Ausbildung einer engen Kundenbindung beitragen können. Die Bewertung dieses Kriteriums erfolgt gemäß dem nachfolgend dargestellten Prinzip:

**Tabelle 3-100: Bewertungsmuster des Kriteriums „Kundenanforderungen hinsichtlich ökologischen, sozialen und ökonomischen Aspekten“**

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			o		

### 3.19.2 Beteiligung an der Erstellung (kommunaler) ökologischer oder sozialer Aktionsprogramme; z.B. lokale Agenda 21

Die Beteiligung des Unternehmens an einer lokalen Agenda 21 stellt eine sinnvolle Maßnahme dar, schon auf lokaler Ebene ökonomische, gesellschaftliche und ökologische Zielsetzungen umfassend anzustreben. In Kapitel 28 der Agenda 21 heißt es unter der Überschrift „Initiative der Kommunen“:

„Da viele der in der Agenda 21 angesprochenen Probleme und Lösungen auf Aktivitäten auf der örtlichen Ebene zurückzuführen sind, ist die Beteiligung und Mitwirkung der Kommunen ein entscheidender Faktor bei der Verwirklichung der in der Agenda enthaltenen Ziele. ...Als Politik- und Verwaltungsebene, die den Bürgern am nächsten ist, spielen sie eine entscheidende Rolle bei der Informierung und Mobilisierung der Öffentlichkeit und ihrer Sensibilisierung für eine nachhaltige umweltverträgliche Entwicklung“ (Quelle: Agenda 21, Kapitel „Initiative der Kommunen“).

So kann eine rege Beteiligung wichtiger Unternehmen z.B. stärkende Effekte auf die lokale Wirtschaft ausüben und auf diese Weise zur Gewährleistung der langfristigen Handlungsfähigkeit einer Gemeinde beitragen. Die Bewertung dieses Kriteriums basiert auf der unternehmerischen Aktionsintensität diesbezüglicher Programme. Es ergibt sich demnach die folgende Gliederung:

**Tabelle 3-101: Bewertungsmuster des Kriteriums „Beteiligung an der Erstellung (kommunaler) ökologischer oder sozialer Aktionsprogramme; z.B. lokale Agenda 21**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
2. Beteiligung an der Erstellung (kommunaler) ökologischer oder sozialer Aktionsprogramme; z.B. lokale Agenda 21	Das Unternehmen beteiligt sich an keinen ökologischen oder sozialen Aktionsprogrammen	o			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		

### 3.19.3 Behördliche Kooperation

Die Vorteile einer klar geregelten Zusammenarbeit mit den zuständigen (Umwelt-) Behörden stehen in enger Verbindung mit den Vorteilen eines, nach EG-Öko-Audit-Verordnung (EMAS) validierten Umweltmanagementsystems. So ist die Umsetzung aktiven Umweltschutzes mit deutlich geringeren Kosten verbunden, als das dauerhafte Reagieren auf sich ständig ändernde, verschärfende oder erweiternde Umweltvorschriften. Des weiteren wird zwischen Unternehmen und Behörden eine Vertrauensbasis geschaffen, da eher davon ausgegangen werden kann, dass das betreffende Unternehmen seine ökologische Eigenverantwortung wahrnimmt. Das Unternehmen erfährt auf diese Weise einen zusätzlichen Gewinn an Verlässlichkeit bezüglich der eigeninitiierten Durchführung betriebsinterner Kontrollen und den sich daraus ergebenden Korrektur- und Verbesserungsmaßnahmen.

Zudem geht das Transparentmachen der betrieblichen Umweltsituation gegenüber zuständigen Behörden (sofern dies publiziert wird) mit einer Öffnung des Unternehmens gegenüber der Gesellschaft einher, wodurch öffentlichkeitswirksame Image-Gewinne erzielt werden können. Die behördliche Kooperation wird entsprechenderweise gemäß dem folgenden Prinzip bewertet.

**Tabelle 3-102: Bewertungsmuster des Kriteriums „Behördliche Kooperation“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
3. behördliche Kooperation	Keine Zusammenarbeit mit Behörden	o			o	o
	Geringfügige Zusammenarbeit mit Behörden		o			
	Verstärkte Zusammenarbeit mit Behörden			o		

### 3.19.4 Einbeziehung der Anwohner

Die Nachbarn eines Unternehmens sind grundsätzlich an einem guten Nachbarschaftsverhältnis interessiert. Die Basis für eine positive Beziehung ist, dass keine Seite der anderen schadet. Aus diesem Sachverhalt lässt sich mindestens das ökologische Interesse der Nachbarn ableiten, da diese die Existenz eines Unternehmens in ihrer nahen Umgebung so lange tolerieren, wie das eigene Lebensumfeld nicht beeinträchtigt wird. Die Anforderungen der Nachbarn sollten deshalb grundsätzlich in vollem Umfang berücksichtigt werden. Es ergibt sich das entsprechende Bewertungsprinzip:

**Tabelle 3-103: Bewertungsmuster des Kriteriums „Einbeziehung der Anwohner“**

Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
4. Einbeziehung der Anwohner	Anforderungen von Anwohnern werden (ohne behördlich Auflagen) nicht berücksichtigt	o			o	o
	Anforderungen von Anwohnern werden (ohne behördlich Auflagen) geringfügig berücksichtigt		o			
	Das Unternehmen reagiert (ohne behördliche Auflagen) umgehend auf Anforderungen/Beschwerden der Anwohner			o		

## 4 Ausführungen zum Werkstoff Glas

### 4.1 Geschichte des Glases

Natürliches Glas (Obsidian) entstand bereits vor Urzeiten während Vulkanausbrüchen im Zuge des raschen Abkühlens der Lava. Nach der bis heute schlüssigsten Theorie zur erstmaligen Glaserzeugung trat Glas als Zufallsprodukt während des Brennens von Töpferware um 8000 v. Chr. im Vorderen Orient auf. In Gegenwart von kalkhaltigem Sand und Natron entstand das Glas in Form einer farbigen Glasur als Folge des Überhitzens von Töpferöfen.

Um 3500 v. Chr. begann in Ägypten die planmäßige Herstellung von gläsernen Schmuckstücken und Gefäßen. Die weitere Entwicklung der Technik ermöglichte ca. 1500 v. Chr. die Fertigung des ersten brauchbaren Hohlglases durch das Ausfüllen einer keramischen Negativform. Parallel zur Hohlglasherstellung erfolgte die Entwicklung erster planmäßiger Färbetechniken mit Hilfe von Kupfer und Kobaltverbindungen, durch die verschiedene Blaufärbungen realisiert wurden. Innerhalb der folgenden Jahrhunderte wurden die bekannten Methoden der Glasherstellung stetig optimiert. In Alexandria gelang ca. 100 Jahre nach der Zeitwende durch die Zugabe von Manganoxid in Verbindung mit bestimmten Ölen erstmalig die Herstellung von farblosem Glas.

Das Mittelalter kann als historischer Beginn der Glasproduktion in Deutschland angesehen werden. Auf der Basis von Sand und aus Eichen- und Buchenholz gewonnener Pottasche (Kaliumkarbonat) wurde vor Einführung des Kristallglases zunächst ein nicht gefärbtes, grünliches Glas erschmolzen.

Die Entwicklung des Wannensofens im siebzehnten Jahrhundert ermöglichte die kontinuierliche, maschinelle Glasproduktion. Im neunzehnten Jahrhundert erfolgte auf der Grundlage der Forschungsergebnisse Joseph Fraunhofers die Erzeugung von Gläsern für optische Gerätschaften wie z. B. Mikroskope oder Fernrohre.

Durch zwei deutsche Wissenschaftler, Otto Schott (1851-1935) und Ernst Abbe Carl Zeiss (1840-1905), wurde unter anderem mit der Entwicklung hitze- und druckbeständiger bzw. chemisch widerstandsfähiger Gläser, die auch in Haushalten Anwendung fanden, der Grundstein der modernen Glastechnologie gelegt.

Heute ist die Glasproduktion aufgrund der guten Ressourcen- und Technologie-Verfügbarkeit in fast allen Kulturländern der Erde ansässig.

## 4.2 Glasdefinition

Glas stellt ein anorganisches Schmelzprodukt verschiedener Silikate dar, das während des Abkühlens nicht kristallisiert, sondern amorph erstarrt. Aus diesem Grund besitzt Glas die gleiche molekulare Strukturordnung wie das flüssige Ausgangsprodukt. Durch die unregelmäßige Teilchenanordnung bzw. die auf kleine Bereiche beschränkte Ordnung (Nahordnung) unterscheiden sich Gläser von Kristallen, die eine regelmäßige Teilchenanordnung (Fernordnung) aufweisen. Aufgrund der fehlenden Kristallstruktur ist der feste Glaskörper lichtdurchlässig und erscheint durchsichtig. Die Definition des Glases als unterkühlte, eingefrorene Flüssigkeit beruht auf der Immobilität der Glasbausteine im Feststoff. Siliciumdioxid ( $\text{SiO}_2$ ) bildet eines der am häufigsten anzutreffenden Glas-Grundgerüste.

Die folgende Abbildung zeigt den unterschiedlichen strukturellen Aufbau von kristallinem und glasigem  $\text{SiO}_2$ :

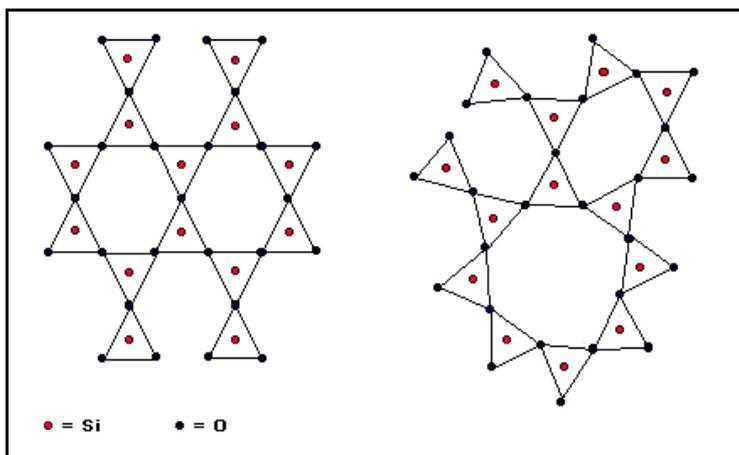


Abbildung 4-1: kristallines  $\text{SiO}_2$  (links), glasiges  $\text{SiO}_2$  (rechts); Quelle: [www.uni-bayreuth.de](http://www.uni-bayreuth.de)

Konventionelles Natronglas (Sodakalkglas) besitzt die folgende stoffliche Zusammensetzung:

Tabelle 4-1: Zusammensetzung; nach [www.a-m.de](http://www.a-m.de)

Inhaltsstoff	Chemische Summenformel	Anteil in Masse-%
Siliciumdioxid	$\text{SiO}_2$	72,5 %
Natriumoxid	$\text{Na}_2\text{O}$	13,4 %
Kaliumoxid	$\text{K}_2\text{O}$	0,5 %
Calciumoxid	$\text{CaO}$	8,9 %
Magnesiumoxid	$\text{MgO}$	3,2 %
Aluminiumoxid	$\text{Al}_2\text{O}_3$	1,1 %

Die Einlagerung von Natriumoxid in das Siliciumdioxid-Gerüst führt zu der im folgenden dargestellten Glasstruktur:

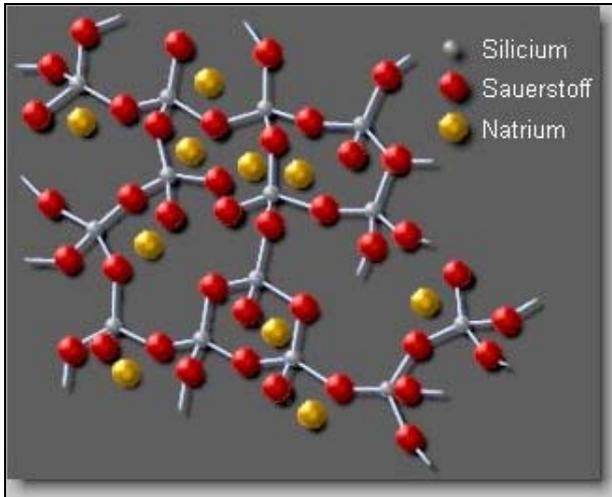


Abbildung 4-2: Einlagerung von Natrium in das Siliciumdioxid-Gerüst; Quelle: [www.a-m.de](http://www.a-m.de)

Im Gegensatz zu kristallinen Stoffen besitzen Gläser keinen definierten sondern einen fließenden Schmelzpunkt, der zu einem allmählichen Erweichen führt. Unter konstanter Volumenverringern der flüssigen Glassubstanz während des Abkühlprozesses kommt es ab der Glasbildungstemperatur  $T_G$  zur stetigen Viskositätszunahme und dadurch zur Bildung des festen Glaskörpers. Eine z.B. den Kristallisationsprozess charakterisierende sprunghafte Volumenabnahme ist während des Glasbildungsprozesses nicht zu beobachten. Diesen Sachverhalt soll die folgende Abbildung verdeutlichen.

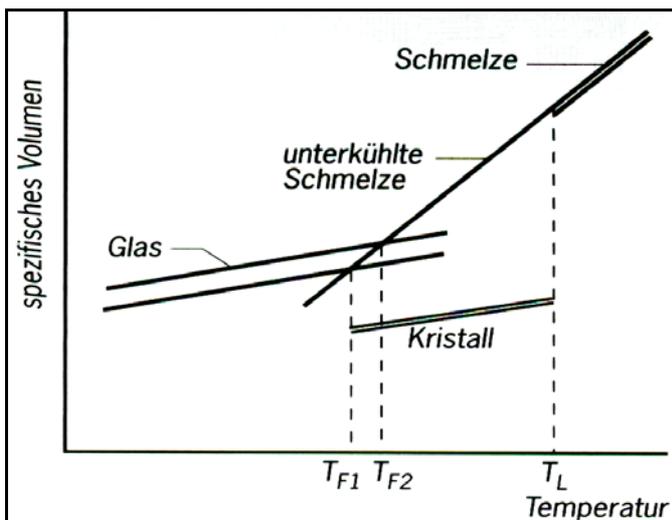


Abbildung 4-3: Zustandsdiagramm von Glas (V-T-Diagramm schematisch) mit:  $T_L$  = Liquidustemperatur;  $T_{F1}$  und  $T_{F2}$  = fiktive Temperaturen unterschiedlich schnell abgekühlter Schmelzen. Doppelt gezeichnete Linien kennzeichnen thermodynamisch stabile Zustände; Quelle: G. Nölle, Technik der Glasherstellung, 1997

## 5 Das Bezugsobjekt „iplus S“

### 5.1 Das Unternehmen Interpane

Das Stammwerk der mittelständischen Unternehmensgruppe Interpane wurde 1971 im niedersächsischen Lauenförde gegründet. An diesem bis heute größten Produktionsstandort sind rund 200 Mitarbeiter beschäftigt. Das mittlerweile 13 Produktionsstätten an 11 Standorten in Deutschland, Österreich und Frankreich umfassende Unternehmen gehört zu den international angesehenen, großen Glasveredlern. Die Verglasungsprodukte bestehen aus beschichtetem Wärmedämmglas, Schall- und Sonnenschutzisolierverglasung, Sicherheitsglas, Ganzglastüren und -anlagen sowie aus umweltfreundlichen Beschichtungen für Sonnenkollektoren.

1979 erfolgte am Standort Lauenförde die Errichtung einer eigenen Beschichtungsanlage, wodurch das Unternehmen einen entscheidenden Wettbewerbsvorteil gegenüber den ausschließlich isolierglasproduzierenden Konkurrenten errang. Mit der Inbetriebnahme einer zweiten Beschichtungsanlage Anfang der achtziger Jahre in Süddeutschland (Plattling) konnten erstmalig in Deutschland ganze Bandmaße im Vakuum-Verfahren beschichtet werden.

1982 konnte Interpane endgültig die Vorreiterrolle in der Glasveredelungsindustrie übernehmen, indem sich das silberbeschichtete Produkt „iplus neutral“ auf dem branchenweit einbrechenden Markt bei beschichtetem Isolierglas behaupten konnte.

Mit der Gründung der INTERPANE GLAS INDUSTRIE AG, die heute als Holding für alle in der Interpane Gruppe zusammengeschlossenen Gesellschaften fungiert, sollte im Jahr 1986 die weitere Expansion gesichert werden. Noch im gleichen Jahr erweiterte man die Produktpalette um die unter dem Markennamen „ipasafe“ vertriebenen Einscheiben- (ESG/TVG) und Verbund-Sicherheitsgläser (VSG).

Unmittelbar nach der Wiedervereinigung erfolgte Anfang der neunziger Jahre die Ansiedlung weiterer Interpane Werke in Liebersee / Belgern (Sachsen) und Häsen (Brandenburg).



Abbildung 5-1: Interpane-Standort in Liebersee / Belgern; Quelle: [www.interpane.de](http://www.interpane.de)

Der sächsische Landkreis Torgau/Oschatz ist das Zentrum der Glasveredelungsindustrie in den neuen Bundesländern. An diesem Standort werden von 60 Mitarbeitern jährlich ca. 210.000 m<sup>2</sup> Isolierglas hergestellt. Die Produktion umfasst vor allem hochwertige Funktionsgläser wie z.B. das Wärmedämmglas „iplus“.



Abbildung 5-2: Interpane-Standort Häsen; Quelle: [www.interpane.de](http://www.interpane.de)

Die 50 Mitarbeiter des Standorts im brandenburgischen Häsen erreichen eine Produktionskapazität von 1.000 m<sup>2</sup> Glas pro Tag. Das Werk Häsen, in dem die gesamte Produktpalette hochwertiger Funktionsgläser produziert wird, setzt jährlich ca. 180.000 m<sup>2</sup> Isolierglas ab.

1993 wurde in Plattling die erste eigenentwickelte Durchlaufanlage in Betrieb genommen, wodurch sich die Jahreskapazität auf ein Sechsfaches ausweiten ließ.



Abbildung 5-3: Interpane-Standort Plattling; Quelle: [www.interpane.de](http://www.interpane.de)

Der Standort Plattling verfügt über eine 140 m lange Magnetron-Sputter-Anlage mit einer Beschichtungskapazität von ca. 25.000 m<sup>2</sup> pro Tag. Hier werden 147 Mitarbeiter beschäftigt.

1995 erfolgte in Lauenförde die Gründung der Interpane Glasbeschichtungsgesellschaft mbH & Co. In dem neuen Beschichtungswerk kam erstmals die Kathodenzerstäubungstechnologie („Sputtertechnik“) zum Einsatz. Mit der Gründung der Interpane Solar Beschichtungs GmbH & Co. im Jahr 1997 übertrug man das in der Glasbeschichtung erworbene Know-how auf die Metallbeschichtung. Es folgte die Produktion von „sunselect“, einem hochselektiven, den Wirkungsgrad von Solar-Kollektoren steigernden Absorberband.

Zudem sollte der Standort des 1999 erworbenen Isolierglaswerks Hoerdts bei Straßburg in Frankreich die Nachfrage im französischen Regionalmarkt abdecken.

Am Standort in Hoerdts sind 55 Mitarbeiter beschäftigt. Pro Jahr werden in diesem Werk 300.000 m<sup>2</sup> Isolierglas produziert. Die Produktpalette umfasst alle Interpane-Funktionsgläser.



Abbildung 5-4: Interpane-Werk in Hoerdts, Frankreich

Die Anlage in Seingbouse, Lothringen eine integrierte Fertigungsanlage zur Herstellung von Floatglas, der die Produktionsstufe für VSG-Sicherheitsglas nachgeschaltet ist, stellt das Resultat eines Joint-Ventures mit dem britischen Flachglashersteller Pilkington dar, das Interpane als Reaktion auf die rasante Entwicklung bei der Nachfrage nach beschichtetem und unbeschichtetem Floatglas startete. Mit einer Kapazität von 250.000 [Mg/a] gehört die

Floatanlage zu den größten Produktionsstätten Europas. Zukünftigen Versorgungsengpässen bezüglich des Vorprodukts Floatglas kann auf diese Weise sicher vorgebeugt werden.

Die Gesamtinvestition für die Produktionsanlagen beläuft sich auf rund 160 Mio. Euro. In den nächsten 5 Jahren werden durch den Standort direkt und indirekt ca. 270 Arbeitsplätze geschaffen.



Abbildung 5-5: Interpane-Standort Seingbouse (Frankreich)

Mit dem Ziel der flächendeckenden Verfügbarkeit des Wärmedämm-Isolierglases „iplus S“ wurde Ende 2002 in Westendorf bei Augsburg ein neues Isolierglaswerk in Betrieb genommen. Dieser Standort soll die Belieferung des gesamten Südwest-deutschen Raums mit der Isolierglas-Produktpalette ermöglichen.



Abbildung 5-6: Interpane-Standort Westendorf; Quelle: [www.interpane.de](http://www.interpane.de)

Im Werk Westendorf, das die gesamte Produktpalette der Interpane Gruppe produzieren wird, soll in den nächsten Jahren eine Produktionskapazität von rund 250.000 m<sup>2</sup> Glas realisiert werden. Die Beschäftigtenzahl, die zu Produktionsbeginn 30 Mitarbeiter umfasste, soll mittelfristig auf 55 Beschäftigte ausgebaut werden.

Des weiteren verfügt die Interpane Gruppe über Standorte in Buxtehude, Hildesheim, Wipperfürth und Parndorf.

Die Produktpalette des Unternehmens umfasst im Einzelnen die folgenden Produkte:

#### Warmglas

- iplus S Warmglas
- iplus neutral S
- iplus reno S
- iplus 2 S und iplus C S
- iplus 3 S und iplus 3C S
- Interpane Thermo System (its)

#### Multifunktionsglas

- iplus city S

#### Schallschutzglas

- iplus S / ipaphone

#### Sonnenschutz- / Fassadenglas

- ipasol
- ipacolor Brüstungselemente

#### Sicherheitsglas

- ipasafe Sicherheitsglas
- ipasafe
- ipasafe und ipatec

#### Sprossen-Isoliergläser

- Sprossen-Isolierglas „Schweizer Kreuz“
- Sprossen-Isolierglas „Wiener Sprosse“

Heute beschäftigt das international agierende Unternehmen ca. 970 Mitarbeiter bei einem Jahresumsatz von weit über 200 Millionen Euro.

## 5.2 Der Interpane-Standort Lauenförde

Der Standort des Interpane Stammwerks in Lauenförde (Flur 5, Flurstück 31/19, Gemarkung Lauenförde) befindet sich im südlichsten Teil des Landkreises Holzminden, im Dreiländereck von Niedersachsen, Hessen und Nordrhein-Westfalen.

Das Werksgelände umfasst eine Fläche von 35.796 m<sup>2</sup>, wovon insgesamt 18.250 m<sup>2</sup> baulich genutzt werden.



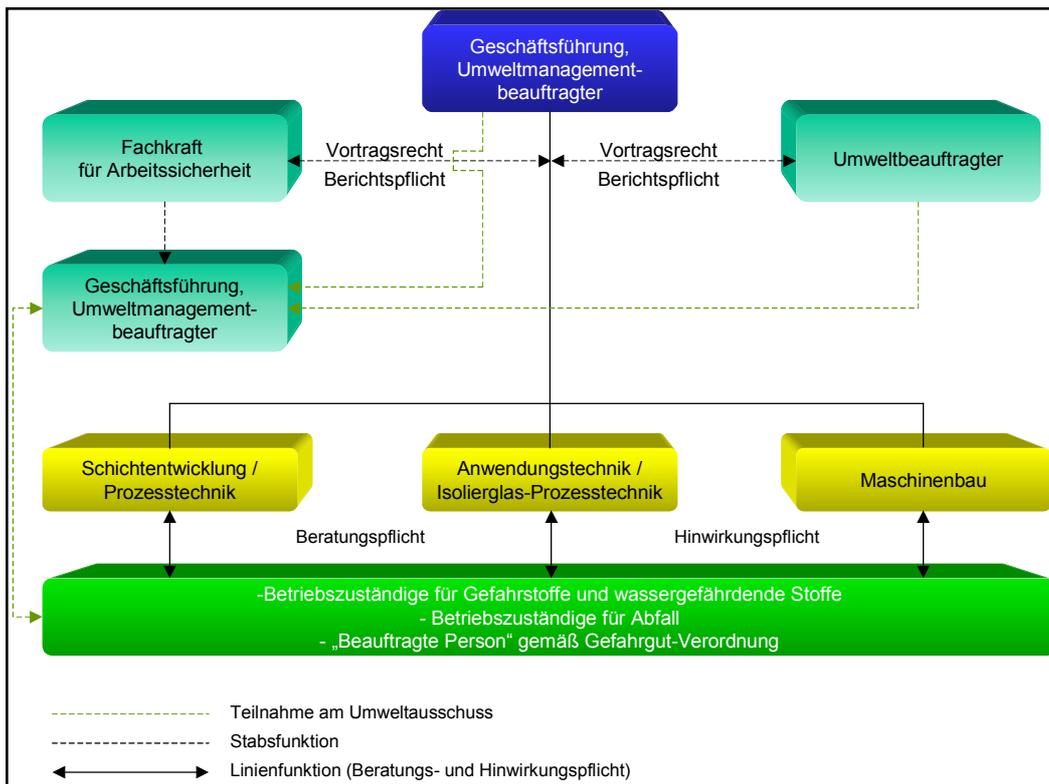
**Abbildung 5-7: Interpane-Standort Lauenförde; Quelle: Interpane-Broschüre „Wir machen mehr aus Glas“, 2003**

Am Standort sind die folgenden vier Produktionsstätten der Interpane Gruppe angesiedelt:

- Interpane Glasgesellschaft mbH & Co
- Interpane Glasbeschichtungsgesellschaft mbH & Co
- Interpane Solarbeschichtungsgesellschaft mbH & Co
- Interpane Entwicklungs- und Beratungsgesellschaft mbH & Co

### Umweltorganisation

Der Standort Lauenförde verfügt über ein funktionierendes Umweltmanagement-system und ist gemäß Öko-Audit Verordnung sowohl nach ISO EN 14001 zertifiziert als auch nach EMAS validiert. Die umweltpolitische Organisationsstruktur ist in der folgenden Abbildung dargestellt:



**Abbildung 5-8: Umweltorganisation des Unternehmens Interpane, Standort Lauenförde; Quelle: Interpane, Umwelterklärung 2000**

Als Innovations- und Motivationsforum bezüglich aller für den Standort Lauenförde relevanten Umweltaspekte fungiert ein Umweltausschuss, der für die vier Gesellschaften der Interpane Glas Industrie AG eingerichtet wurde.

Am Standort erfolgt eine Einbeziehung der Beschäftigten in den betrieblichen Umweltschutz. Zu diesem Zweck werden alle das Umweltmanagementsystem bzw. die Umweltmanagementdokumentation betreffenden wichtigen Informationen für alle Beschäftigte transparent gemacht.

## 5.3 Produktbeschreibung

### 5.3.1 Terminologie

#### 5.3.1.1 Isolierglas

Der Begriff Isolierglas ist nach DIN 1259 Teil 2 wie folgt definiert:

*„Isolierglas ist eine Verglasungseinheit, hergestellt aus zwei oder mehreren Glasscheiben (Fensterglas, Spiegelglas, Gussglas, Flachglas), die durch einen oder mehrere luft- bzw. gasgefüllte Zwischenräume voneinander getrennt sind. An den Rändern sind die Scheiben gas- und feuchtigkeitsdicht durch organische Dichtungsmassen, Verlöten oder Verschweißen verbunden.“*

Der abgeschlossenen Scheibenzwischenraum ist mit getrockneter Luft oder Spezialgas gefüllt. Die Art des verwendeten Gases ist von der primären Funktion des Isolierglases abhängig. Wärmeschutzverglasungen werden in der Regel mit Argon oder Krypton (oder Gemischen daraus) befüllt. Letzteres findet auch häufig in Schallschutzprodukten Anwendung.

Die Verbindung zweier oder mehrerer Isolierglaselemente erfolgt nach dem Stand der Technik in Form eines metallischen Randverbunds. Die Glasscheiben werden dabei mit Abstandhaltern aus Metall oder Dichtstoffen zusammengefügt.

#### 5.3.1.2 Der U-Wert:

Der U-Wert (gemäß DIN V 4108) entspricht dem Wärmedurchgangskoeffizienten. Mit der Einführung der Energieeinsparverordnung (EnEV) ersetzte der U-Wert den k-Wert. Er dient der Ermittlung des Wärmeverlusts (von innen nach außen). Die Erhebung erfolgt bezüglich eines Quadratmeters und pro Stunde bei einer Temperaturdifferenz von  $\Delta T = 1$  Kelvin. Gemäß des Bezugmediums wird zwischen dem  $U_F$ - (Fenster),  $U_V$ - (Verglasung) und dem  $U_R$ -Wert (Rahmen) unterschieden. Die Maßeinheit des U-Wertes ist  $(W / m^2 \cdot K)$ .

#### 5.3.1.3 Der g-Wert:

Der g-Wert (gemäß DIN 67 507 oder DIN EN 410) ist der Gesamtenergiedurchlassgrad von Verglasungen für Sonnenstrahlung und wird in (%) ausgedrückt. Er beschreibt die Eignung der Verglasung, die einfallende Sonnenstrahlung im Wellenlängenbereich von 300 nm bis 2500 nm als Wärmeenergie in den Innenraum abzugeben. Die Dämmeigenschaften des Glases führen zum energetisch nutzbaren „Wärmefallen-Effekt“, indem die gewonnene Wärmeenergie durch die Isolation zurückgehalten wird.

#### 5.3.1.4 Emissionsvermögen

Unter dem Emissionsvermögen  $\varepsilon$  (gemäß DIN EN 673) ist das Abstrahlverhalten eines Körpers zu verstehen, das zur Berechnung des U-Wertes dient. Die Ermittlung des Emissionsvermögens erfolgt durch Messung der Reflexion einer Bauteiloberfläche.

### 5.3.2 Das Interpane Isolierglassystem

Interpane Isolierglas-Produkte bestehen in der Regel aus zwei Floatglasscheiben, die durch einen getrockneten und hermetisch abgeschlossenen Scheibenzwischenraum voneinander getrennt sind. Zu diesem Zweck werden die beiden Glasscheiben mit einem Abstandhalterprofil, üblicherweise aus Aluminium, auf den gewünschten Abstand gebracht. Der Isolierglas-Randverbund besteht grundsätzlich aus einer zweistufigen Dichtung:

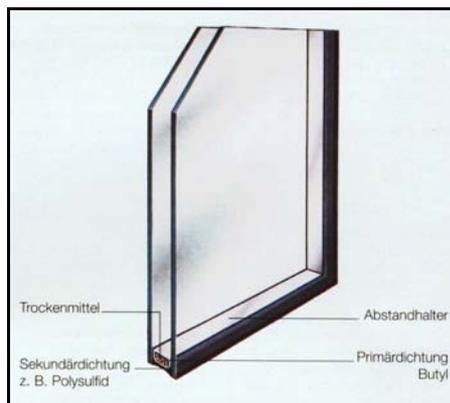
Eine auf beide Seitenflächen des metallischen Abstandhalters aufextrudierte und rundum geschlossene Butylschnur als Primärdichtung. Diese dient als Wasserdampf- und Gasdiffusionssperre und hat damit vornehmlich die Aufgabe, die Einheit vor dem Eindringen von Luftfeuchtigkeit und dem Entweichen von Gas zu schützen.

Der Sekundär-Dichtstoffauftrag (z. B. Polysulfid), erfolgt entsprechend der Systembeschreibung. Er muss vollsatt und blasenfrei appliziert werden. Die Sekundärdichtung hat zwei Aufgaben zu erfüllen:

Das dauerhafte Verbinden der beiden Scheiben, indem der Dichtstoff eine chemische Bindung mit den Glasoberflächen am Scheibenrand eingeht.  
Luft- bzw. gasdichtes Verschließen der Einheit, d. h., der Dichtstoff hat zugleich die Aufgabe, den Scheibenzwischenraum hermetisch abzudichten

(Quelle: nach Interpane – Gestalten mit Glas, 2002)

Durch die Füllung des Hohlraumes der perforierten Abstandhalterprofile mit Trockenmittel wird die Luft im Scheibenzwischenraum soweit getrocknet, dass sich eine Taupunkttemperatur von  $< -60$  °C einstellt. Das Trockenmittel hat weiterhin die Aufgabe, den während der Lebensdauer der Isolierglaseinheit im Randbereich eindiffundierenden Wasserdampf zu adsorbieren. Die folgende Abbildung zeigt den Querschnitt durch eine Interpane Isolierglas-Einheit:



**Abbildung 5-9: Schnitt durch eine Interpane Isolierglas-Einheit; Quelle: Interpane - Gestalten mit Glas, 2002**

### 5.3.2.1 Wärmedämmglas

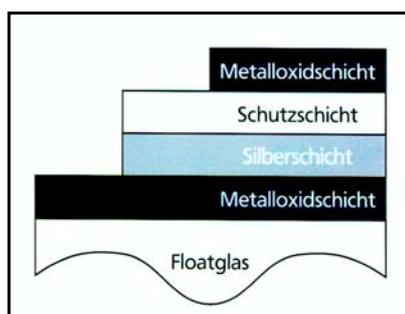
Beschichtete Wärmedämmgläser zeichnen sich im Wesentlichen durch einen niedrigen U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient), einen hohen Lichtdurchlassgrad und einen hohen g-Wert (Gesamtenergiedurchlassgrad) aus. Erreicht werden diese herausragenden technischen Eigenschaften durch hauchfeine Funktionsschichten (Low-E-Schichten), die die Wärmeverluste durch Abstrahlung minimieren. Der Aufbau dieser Funktionsschichten, ihre charakteristischen technischen Werte und ihre optischen Eigenschaften können je nach Schichtart verschieden sein. Grundsätzlich lassen sich die folgenden Schichttypen unterscheiden:

- Hard Coatings (Pyrolytisch aufgetragene Zinnoxidschichten mit oder ohne Unterschicht auf Siliziumoxidbasis)
- Soft Coatings (Schichten, die durch das Sputterverfahren auf das Floatglas aufgebracht werden und aus mehreren, übereinander liegenden Schichten bestehen. Es handelt sich um Haft-, Blocker-, Funktions- und Schutzschichten)

Diese Mehrschichten bilden ein Interferenzschichtsystem für die optische Entspiegelung der beschichteten Glasoberfläche. Jeder Schichttyp erhält dadurch eine spezifische Grundfarbe, die möglichst neutral sein soll.

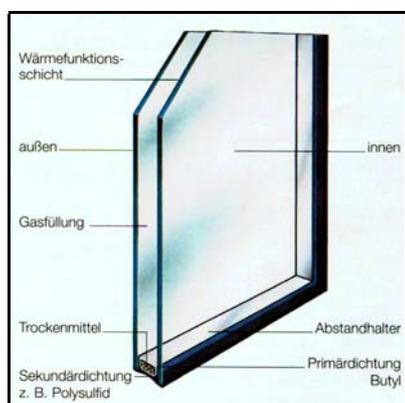
### 5.3.2.2 Das Warmglasprodukt „iplus neutral S“

Unter „beschichtetem Basisglas iplus neutral S“ (im Folgenden „iplus S“ genannt), versteht Interpane die mit einer Wärmefunktionsschicht überzogene Floatglasscheibe, die zu Wärmedämmglas (Warmglas) weiterverarbeitet wird. Das Warmglas iplus S besteht wie konventionelles Isolierglas aus zwei Floatglasscheiben. Diese sind durch einen hermetisch abgeschlossenen Scheibenzwischenraum voneinander getrennt. Die Glasscheiben werden über ein Abstandhalterprofil auf die Distanz von 14 mm – 16 mm gebracht und durch ein Butyl / Polysulfid-Doppeldichtungssystem dauerhaft verklebt. Im Gegensatz zu konventionellem Isolierglas ist der Scheibenzwischenraum mit dem Edelgas Argon gefüllt. Die iplus S-Funktionsschicht besteht aus einer 0,1 µm dünnen, auf der Innenscheibe zum Scheibenzwischenraum angeordneten Beschichtung. Der Aufbau der Funktionsschicht soll anhand der folgenden Abbildung erläutert werden. Bei den dargestellten Metalloxidschichten handelt es sich um eine Legierung aus Wismutoxid und Zinkoxid / Aluminium. Die Schutzschicht liegt in Form von Titanoxid vor.



**Abbildung 5-10: Aufbau der iplus S-Funktionsschicht; Quelle: Interpane – Verarbeitung von beschichtetem Basisglas zu Warmglas, 2002**

Durch die Wärmefunktionsschicht lässt sich der  $U_V$ -Wert der Isolierglaseinheit von  $3,0 \text{ (W / m}^2 \cdot \text{K)}$  auf  $1,1 \text{ (W / m}^2 \cdot \text{K)}$  reduzieren. Die folgende Abbildung zeigt den Schnitt durch eine iplus S-Warmglaseinheit.



**Abbildung 5-11: Schnitt durch das iplus neutral S-Warmglassystem; Quelle: Interpane – Gestalten mit Glas, 2002**

## 5.4 Verfahrensbeschreibung

### 5.4.1 Einteilung der Veredelungsprozesse für Flachglas

Prinzipiell zielt ein Veredelungsprozess auf die Erhöhung des Nutzwerts eines Produkts ab. Verfahren der Flachglasveredelung führen zu einer Veränderung der Glaseigenschaften, wodurch sich geänderte bzw. neue Funktionen und damit neue Produkte bzw. Marktmöglichkeiten erschließen lassen.

Prozesse zur Flachglasveredelung lassen sich grundsätzlich in vier Verfahrensgruppen gliedern:

- Veränderung der Form (z.B. Biege-, Bohr- und Kantschleifverfahren)
- Veränderung der Glasmatrix (z.B. thermisches und chemisches Vorspannen)
- Veränderung der Oberfläche
  - subtraktive (abtragende) Verfahren
  - additive (auftragende) Verfahren
- Glaskonstruktionen

Auf das von der Firma Interpane eingesetzte *Sputter-Beschichtungsverfahren*, das in der dritten Verfahrensgruppe eingeordnet ist, soll im folgenden verstärkt eingegangen werden.

### 5.4.2 Beschichtungsverfahren

#### 5.4.2.1 Allgemeine Erläuterungen zu Beschichtungen

Unter Beschichten wird allgemein das Aufbringen einer Schicht auf ein Substrat (Trägermaterial) verstanden. Die eine Schicht charakterisierenden Eigenschaften sind:

- großflächiges (auch strukturelles) Aufbringen
- Haftung auf der Substratoberfläche

Definitionsgemäß grenzt sich eine Schicht durch ihre Haftung auf der Oberfläche des Trägermaterials vom Belag ab. Beschichtungen lassen sich generell in drei Ausführungsformen gliedern:

- kontinuierliche Schicht
- diskontinuierliche Schicht
- Verbundscheibe

Durch Beschichtung lässt sich das Flachglas hinsichtlich seiner mechanischen, elektrischen, optischen, chemischen und dekorativen Eigenschaften bzw. Funktionen modifizieren. Die Sicherstellung der angestrebten Funktion einer Schicht fordert eine definierte Abstimmung der Eigenschaften des Substrats (und dessen Oberfläche), des Beschichtungsmaterials und des Beschichtungsprozesses.

Aufgrund ihrer großen Signifikanz hinsichtlich des Beschichtungstyps sowie der Beschichtungsqualität sollen im folgenden die wichtigsten Eigenschaften der Flachglasoberfläche dargestellt werden.

#### 5.4.2.2 Die Flachglasoberfläche

Die Beschaffenheit der Floatglasoberfläche wird im Wesentlichen durch chemische und physikalische Prozesse während der Formgebung bzw. Abkühlphase beeinflusst. Die in diesem Zusammenhang maßgeblichen Reaktionen sind:

- die Entalkalisierung
- Reaktion mit Wasser
- Verdampfen von Natrium

##### Entalkalisierung

Der Effekt der Entalkalisierung beruht auf der Reaktion von Natrium mit in der Kühlumgebung anwesendem Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ) und Sauerstoff bei einer Temperatur von ca.  $600\text{ }^\circ\text{C}$ . Das auf diese Weise aus dem Glas herausgelöste Natrium lagert sich als  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (Hüttenrauch) an der Glasoberfläche an.

##### Reaktion mit Wasser

Durch die Reaktion mit Wasserdampf wird der hydrophile Charakter der Floatglasoberfläche geprägt. Dieser resultiert aus den sich an der Oberfläche anlagernden Hydroxyl ( $\text{OH}^-$ )-Gruppen.

##### Verdampfen von Natrium

Das Verdampfen von Natrium führt zusammen mit dem Entalkalisierungsprozess zu einer deutlichen Abnahme der Natriumkonzentration im Bereich der Glasoberfläche. Das Natrium verdampft in der Floatbadzone als Natriumoxid ( $\text{NaO}_2$ ) oder Natriumhydroxid ( $\text{NaOH}$ ) in einem Temperaturfenster zwischen  $600$  bis  $1050\text{ }^\circ\text{C}$ . Bezüglich ihrer Oberflächenbeschaffenheit sind in diesem Zusammenhang deutliche Unterschiede zwischen der atmosphärenseitigen und der badseitigen Floatglasoberfläche zu beobachten.

Die Unterschiede resultieren aus den in die badseitige Fläche diffundierenden Zinnionen ( $\text{Sn}^{2+}$ ). Dieser Sachverhalt führt zu folgenden Effekten an der badseitigen Oberfläche:

- Erhöhung der Kratzfestigkeit, des Brechungsindex sowie der chemischen Resistenz
- Weitere Verringerung des Natriumgehaltes
- Verschlechterung der Wasserbeständigkeit
- Verschlechterung der Benetzbarkeit
- Erhöhung des Reduktionspotentials
- Verringerung der Rauigkeit um 2,8 bis 8,0 nm

Die spezifischen Eigenschaften der Glasseiten haben bezüglich einigen Produkten erheblichen Einfluss auf den Beschichtungsprozess, da sie Wechselwirkungen zu bestimmten Schichtmaterialien aufweisen und deren Funktionen verändern bzw. beeinträchtigen können.

Das Auslaugen der Flachglasoberfläche durch Entalkalisierung hat, soweit die Reaktionen unmittelbar an der Oberfläche stattfinden den positiven Nebeneffekt, dass sich eine konservierende Korrosionsschicht ausbildet. Diese besteht aus einer natriumarmen Siliziumoxid ( $\text{SiO}_x$ -) -schicht, deren Schutzwirkung gerade während der Transports der Glasscheiben über die Transportrollen bedeutend ist.

Wird die Oberfläche über einen längeren Zeitraum mit einem stehenden Wasserfilm beaufschlagt, reichern sich in diesem die Auslaugungsprodukte  $\text{Na}^+$  und  $\text{OH}^-$  an.

Es bildet sich eine stark konzentrierte Natronlauge ( $\text{NaOH}$ ), die, ohne kontinuierliche Erneuerung des Wasserfilms, die Glasoberfläche mehrere Mikrometer tief angreifen kann. Dieser fortschreitende Korrosionsprozess äußert sich in einer deutlichen Trübung der Flachglasoberfläche. Auch der anschließende Beschichtungsprozess kann durch eine solch ausgeprägte Korrosionsschicht erschwert werden, da die sich in der porösen Schicht anlagernden Verunreinigungen die Funktionalität der aufgetragenen Schichten erheblich beeinträchtigen können.

#### 5.4.2.3 *Verschiedene Beschichtungsverfahren*

##### 5.4.2.3.1 Die Chemische Beschichtung

Bei chemischen Beschichtungen werden die Schichtmaterialien mit den heißen Flachglasoberflächen in Kontakt gebracht. Die Schichten lagern sich nach Reaktion mit der umgebenden Atmosphäre als Oxide auf der Oberfläche ab. Zu diesem Zweck werden die Materialien entweder gelöst (organische oder anorganische Lösemittel), dampfförmig oder in einem Träger als pulverförmige

Dispersion zur Glasoberfläche transportiert. Auf eine detailliertere Darstellung dieser Verfahren soll an dieser Stelle verzichtet werden.

#### 5.4.2.3.2 Das plasmaunterstützte CVD

Die CVD-Technik (chemical vapour deposition) stellt ein spezielles chemisches Beschichtungsverfahren dar, bei dem die Schichtmaterialien als Gas über die Flachglasoberfläche geleitet werden.

Das plasmaunterstützte CVD kann dagegen nicht als rein chemisches Verfahren eingeordnet werden. Der wesentliche Unterschied zum konventionellen CVD liegt in der Gasentladung (Plasma), die anstatt von Wärme als Auslöser der chemischen Reaktionen an der Flachglasoberfläche fungiert.

#### 5.4.2.3.3 Das Vakuumverfahren

Dünnschichtbeschichtungen von Flachglas lassen sich im Rahmen des Vakuumverfahrens sowohl durch thermisches Aufdampfen (Verdampfungsverfahren) als auch durch die Sputtertechnik realisieren. Das Verdampfungsverfahren soll im folgenden kurz, die Sputtertechnik detailliert dargestellt werden.

#### 5.4.2.3.4 Das Verdampfungsverfahren

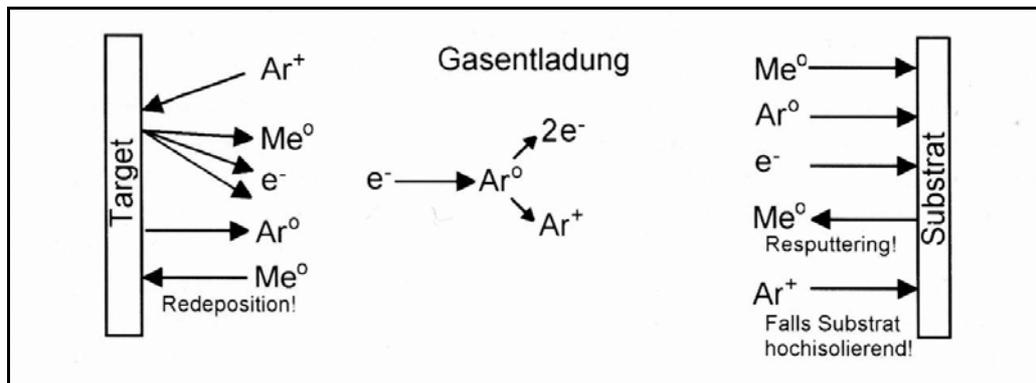
Beim Verdampfungsverfahren wird dem aufzubringenden Beschichtungsmaterial bei Unterdruck Wärmeenergie zugeführt. Die Erhöhung des Dampfdrucks führt unter den vorherrschenden Bedingungen schnell zum Verdampfen des Schichtmaterials.

Das Aufbringen der Schicht erfolgt durch Kondensation der Dampfteilchen an der Flachglasoberfläche. Hinsichtlich der Prozesssteuerung ist es wichtig, die Verdampfungsgeschwindigkeit so einzustellen, dass eine hinreichende Homogenisierung der Dampfteilchen an der Oberfläche gewährleistet ist.

#### 5.4.2.3.5 Beschichtung durch Sputtern

Der Begriff Sputtern ist an den englischen Begriff *sputtering* angelehnt. Er bezeichnet das Kathodenzerstäuben bzw. die Sputterdeposition des zerstäubten Materials auf ein Substrat. Das Sputtern beruht auf dem Prinzip einer bei Unterdruck gezündeten, selbständigen Gasentladung, die auch *Plasma* genannt wird. Dieses Plasma besteht aus einem, durch Anlegen einer elektrischen Spannung ionisierten Gas. Es enthält Ionen, neutrale Gasatome sowie Elektronen. Das Plasma steht in Wechselwirkung zu dem Beschichtungsmaterial, das auf Elektroden aufgebracht als *Target* bezeichnet

wird. Hierbei werden von den beschleunigten Gasteilchen Atome des Beschichtungsmaterials aus dem Target herausgeschlagen, die anschließend auf dem benachbart angeordneten Substrat als Schicht kondensieren. Zur Verdeutlichung dieses Sachverhalte zeigt die folgende Abbildung die wesentlichen Prozesse beim Sputtern mit einem Metalltarget in reiner Argonatmosphäre:

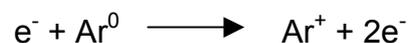


**Abbildung 5-12: Prozesse beim Sputtern mit einem Metalltarget in reiner Argonatmosphäre; Quelle: Gläser, J., Dünnschichttechnologie auf Flachglas, 1999**

Bezüglich der Plasmaeigenschaften wird zwischen Sputtern in nicht reaktiver Atmosphäre und Sputtern in reaktiver Atmosphäre unterschieden. Letzteres wird im Hause Interpane zur Flachglasbeschichtung eingesetzt, weshalb auf das Sputtern in nicht reaktiver Atmosphäre nicht weiter eingegangen werden soll.

Charakteristisch für das Sputtern in reaktiver Atmosphäre ist, dass dem Sputtergas, in diesem Fall Argon, reaktive Gase zugeführt werden. Durch chemische Reaktionen zwischen dem Targetmaterial, der abgeschiedenen Schicht und dem Reaktivgas ist das Aufbringen von elektrisch nicht leitfähigen Schichten möglich, die als Haft-, Schutz-, Entspiegelungs- oder Verspiegelungsschicht dienen.

Die durch Impulsübertragung ausgelöste Ionisation des Gases kann durch die Reaktionsgleichung



beschrieben werden (nach Gläser, J., Dünnschichttechnologie auf Flachglas, 1999). Die folgenden Abbildungen zeigen die betriebseigene Sputteranlage im Hause Interpane.



Abbildung 5-13: Sputteranlage im Hause Interpane, Lauenförde



Abbildung 5-14: Einschleusung des Floatglases in die Sputteranlage

Der Energieverlust der auf dem Target auftreffenden Argonteilchen wird zu 1 % in die Abstäubung von Targetmaterial und zu 75 % in Wärmeenergie umgesetzt. Um das Schmelzen des Targets zu verhindern muss letztere durch intensives Kühlen abgeführt werden. Die restliche von den Edelgasteilchen abgegebene Energie geht auf die Sekundärelektronen über und führt zur Erwärmung der Gegenelektrode und des Substrats. Die abgestäubten Teilchen bestehen überwiegend aus Atomen aber auch aus Atom-Clustern. Die Eigenschaften der aufgesputterten Schicht sind hauptsächlich von der Beschaffenheit der Substratoberfläche, der Substrattemperatur und der Beweglichkeit der auf der Oberfläche kondensierten Atome abhängig. Außer neutralen Atomen erreichen folgende Teilchen die Substratoberfläche:

- hochenergetische, neutrale Targetteilchen
- neutralisierte Edelgasatome
- hochenergetische, negative Ionen des Targetmaterials
- schnelle Elektronen

In Abhängigkeit vom gewünschten Schichttyp erfolgt aufgrund der Anwesenheit des Reaktivgases (Sauerstoff) die Oxidation der aufgesputterten Metallschicht. Mögliche Oxidationsprodukte sind z.B. Wismutoxid, Zinnoxid, Zinkoxid, Titanoxid oder Siliziumoxid.

## 5.5 Energie- und Stoffströme

### 5.5.1 Wasserbedarf

Der Wasserbedarf des Sputterprozesses resultiert hauptsächlich aus der vorgeschalteten Nassreinigung der Floatglasoberfläche. Die Wasserfließwege sollen durch die folgende Abbildung dargestellt werden:

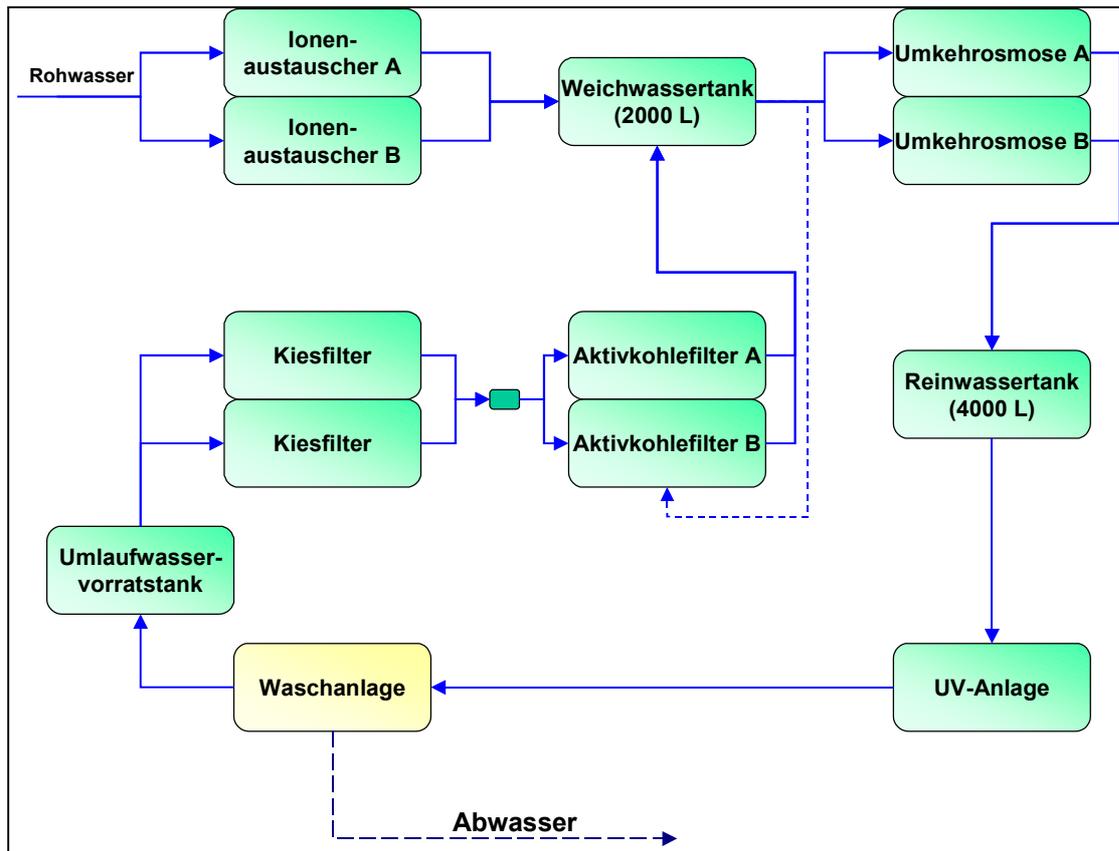


Abbildung 5-15: Kreislaufführung des Waschwassers

Der Wasserverbrauch im Jahre 2002 beläuft sich auf  $5.892 \text{ m}^3$ . Der Wert beinhaltet sowohl den Bedarf an Prozesswasser als auch durch sanitäre Anlagen verbrauchtes Trinkwasser. Des weiteren liegt die Annahme zu Grunde, dass der jeweilige spezifische Wasserbedarf bezüglich aller Produkte gleich ist. Die Produktionsmengen des Jahres 2002 gliedern sich wie folgt:

Tabelle 5-1: Produktionsmengen im Jahr 2002

Produktionsmengen im Jahr 2002	
iplus R	3.194.034 m <sup>2</sup>
iplus S	1.734.220 m <sup>2</sup>
ipasol	320.809 m <sup>2</sup>
Ausschuss	110.322 m <sup>2</sup>
<b>Summe</b>	<b>5.359.385 m<sup>2</sup></b>

Unter der oben aufgeführten Annahme gilt:

$$\Rightarrow 5.359.385 \left[ \text{m}^2_{\text{gesamt}} \right] \stackrel{!}{=} 5.359.385 \left[ \text{m}^2_{\text{iplus S}} \right] \quad \text{Gl. 5-1}$$

Der produktspezifische Wasserverbrauch berechnet damit wie folgt:

$$\Rightarrow \frac{5.892}{5.359.385} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2_{\text{iplus S}}} \right] \cdot 1000 \left[ \frac{\text{L}}{\text{m}^2_{\text{iplus S}}} \right] = 1,1 \left[ \frac{\text{L}}{\text{m}^2_{\text{iplus S}}} \right] \quad \text{Gl. 5-2}$$

Der produktspezifische Wasserbedarf beträgt somit  $1,1 \left[ \frac{\text{L}}{\text{m}^2_{\text{iplus S}}} \right]$ .

## 5.5.2 Energiebedarf

### 5.5.2.1 Elektrischer, prozessbezogener Energieverbrauch

Der Energieverbrauch des Sputterprozesses zur Beschichtung des Floatglases zu iplus S-Basisglas resultiert hauptsächlich aus dem elektrischen Energiebedarf der Sputterkathoden. Des weiteren wird ein beachtlicher Anteil durch die zur Einstellung des erforderlichen Betriebsdrucks installierten Vakuumpumpen verursacht. Die Ermittlung des produktspezifischen elektrischen Energiebedarfs erfolgt mittels einer online-Messung, die aus Vergleichsgründen sämtliche sowohl direkt (z.B. Sputterkathoden) als auch indirekt (z.B. Beleuchtung) an der Produktion beteiligten Verbraucher berücksichtigt. Die auf zwei Zähler gestützte Messung liefert über einen Zeitraum von 30 Minuten folgende Ergebnisse:

Zähler 1: 300 kWh

Zähler 2: 560 kWh

Der Gesamtverbrauch während des zu betrachtenden Zeitraums ergibt damit:

$$\Rightarrow 300 \text{ [kWh]} + 560 \text{ [kWh]} = 860 \text{ [kWh]} \quad \text{Gl. 5-3}$$

Während des Messzeitraums wurden 25 Bandmaße (6 m · 3,21 m) beschichtet. Demnach ermittelt sich der produktspezifische elektrische Energieverbrauch wie folgt:

$$\Rightarrow 6 \text{ [m]} \cdot 3,21 \text{ [m]} = 19,26 \left[ \frac{\text{m}^2}{\text{Bandmaß}} \right] \quad \text{Gl. 5-4}$$

$$\Rightarrow 19,26 \left[ \frac{\text{m}^2}{\text{Bandmaß}} \right] \cdot 25 \text{ [Bandmaße]} = 481,5 \text{ [m}^2\text{]} \quad \text{Gl. 5-5}$$

$$\Rightarrow \frac{860}{481,5} \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2_{\text{iplus S}}} \right] = 1,79 \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2_{\text{iplus S}}} \right] \quad \text{Gl. 5-6}$$

Der produktspezifische elektrische Energieverbrauch beträgt  $1,79 \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2_{\text{iplus S}}} \right]$ .

### 5.5.2.2 *Prozessexterner thermischer Energiebedarf*

Der aus der betriebsinternen Heizungsanlage resultierende Erdgasverbrauch im Jahre 2002 beträgt 99.493 kWh. Der produktspezifische Verbrauch kann dabei für jedes Produkt als gleich angesehen werden. Unter der Annahme, dass der produktspezifische Ausschuss bei allen Produkten gleich ist, kann der produktbezogene Verbrauch von Erdgas wie folgt ermittelt werden:

$$\Rightarrow \frac{108.484}{5.359.385} \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2_{\text{iplus S}}} \right] = 0,02 \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2_{\text{iplus S}}} \right] \quad \text{Gl. 5-7}$$

### 5.5.2.3 Gesamtenergieverbrauch

Der gesamte produktspezifische Energieverbrauch beträgt damit:

$$\Rightarrow 1,79 \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \right]_{\text{elektrisch, Prozess}} + 0,02 \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2_{\text{iplus S}}} \right]_{\text{thermisch, Heizung}} = 1,81 \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2_{\text{iplus S}}} \right] \text{ Gl. 5-8}$$

### 5.5.3 Abfallaufkommen

Der produktionsbezogene Abfall besteht zum Großteil aus Metallstäuben, die bei regelmäßigen Sandstrahlarbeiten anfallen. Bei den Stäuben handelt es sich um Reste der Beschichtungsmaterialien. In Abhängigkeit von der gewünschten Schicht kommen jeweils unterschiedliche Mengen bestimmter Materialien zum Einsatz. Die prozentualen Materialverluste können dabei für jedes Produkt als gleich angesehen werden. Bezüglich der Produktion von jeweils einer Einheit der Produkte iplus S und iplus R fallen die Gesamtmengen einiger Metallabfälle in folgenden Verhältnissen an:

**Tabelle 5-2: Aufteilung von Abfallmengen bei der Produktion von jeweils einer Einheit iplus R und iplus S**

Material	Abfallmenge bez. einer Einheit iplus R	Abfallmenge bez. einer Einheit iplus S
Wismut (Bi)	62,5 %	37,5 %
Silber (Ag)	50,0 %	50,0 %

Die folgende Tabelle zeigt den Abfallanfall im Jahr 2002, resultierend aus gesammelten und abgestrahlten Stäuben:

**Tabelle 5-3: Aus der Produktion von iplus R und iplus S resultierende Metallstaubabfälle**

Gesammelte und gestrahlte Stäube im Jahr 2002	
Material	Menge in kg
Wismut (Bi)	2110,3
Silber (Ag)	85,0
Titan (Ti)	41,4
Zink/Aluminium (Zn/Al)	1286,1

$$\Rightarrow \text{Gesamtproduktion von iplus R im Jahr 2002} = 3.194.034 \text{ m}^2$$

$$\Rightarrow \text{Gesamtproduktion von iplus S im Jahr 2002} = 1.734.220 \text{ m}^2$$

### 5.5.3.1 Aufkommen an Wismut-Abfall

Gemäß Tabelle 5-2 ergibt sich ein iplus R / iplus S-Verhältnis von 1,67. Mit dem Faktor 1,67 lässt sich die Gesamt-Produktionsmenge als iplus S-Äquivalent ermitteln:

$$3.194.034 \left[ \text{m}^2_{\text{iplus R}} \right] \cdot 1,67 + 1.734.220 \left[ \text{m}^2_{\text{iplus S}} \right] \cdot 1,00 = 7.068.257 \left[ \text{m}^2_{\text{iplus S-Äquivalent}} \right] \quad \text{Gl. 5-9}$$

Damit ergibt sich die folgende Wismutmasse :

$$\Rightarrow \frac{1.734,77}{7.068.257} \left[ \frac{\text{kg}_{\text{Bi}}}{\text{m}^2_{\text{iplus S}}} \right] = 0,0002454 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2_{\text{iplus S}}} \right] = 245,4 \left[ \frac{\text{mg}_{\text{Bi}}}{\text{m}^2_{\text{iplus S}}} \right] \quad \text{Gl. 5-10}$$

### 5.5.3.2 Aufkommen an Silber-Abfall

⇒ Gemäß Tabelle 5-2 ergibt sich ein iplus R / iplus S-Verhältnis von 1,00. Aus diesem Grunde entspricht das iplus S-Äquivalent der Gesamt-Produktionsmenge:

$$\Rightarrow 3.194.034 \left[ \text{m}^2_{\text{iplus R}} \right] + 1.734.220 \left[ \text{m}^2_{\text{iplus S}} \right] = 4.928.254 \left[ \text{m}^2_{\text{iplus S-Äquivalent}} \right] \quad \text{Gl.5-11}$$

$$\Rightarrow \frac{85,0}{4.928.254} \left[ \frac{\text{kg}_{\text{Ag}}}{\text{m}^2_{\text{iplus S}}} \right] = 0,0000172 \left[ \frac{\text{kg}_{\text{Ag}}}{\text{m}^2_{\text{iplus S}}} \right] = 17,3 \left[ \frac{\text{mg}_{\text{Ag}}}{\text{m}^2_{\text{iplus S}}} \right] \quad \text{Gl. 5-12}$$

### 5.5.3.3 Aufkommen an Titan-Abfall

Titan (Ti) wird ausschließlich in der Beschichtung von iplus S eingesetzt. Das produktbezogene Titan-Abfallaufkommen kann demnach wie folgt ermittelt werden:

$$\Rightarrow \frac{41,4}{1.734.220} \left[ \frac{\text{kg}_{\text{Ti}}}{\text{m}^2_{\text{iplus S}}} \right] = 0,0000237 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2_{\text{iplus S}}} \right] = 23,8 \left[ \frac{\text{mg}_{\text{Ti}}}{\text{m}^2_{\text{iplus S}}} \right] \quad \text{Gl. 5-13}$$

5.5.3.4 *Aufkommen an Zink/Aluminium-Abfall*

Die Masse des produktbezogenen Zink-/Aluminium-Abfallaufkommens berechnet sich analog zum Titan-Abfallaufkommen:

$$\Rightarrow \frac{1286,1}{1.734.220} \left[ \frac{\text{kg}_{\text{Zn/Al}}}{\text{m}^2_{\text{iplus S}}} \right] = 0,0007416 \left[ \frac{\text{kg}_{\text{Zn/Al}}}{\text{m}^2_{\text{iplus S}}} \right] = 741,6 \left[ \frac{\text{mg}_{\text{Zn/Al}}}{\text{m}^2_{\text{iplus S}}} \right] \quad \text{Gl. 5-14}$$

5.5.3.5 *Gesamt-Metallabfallaufkommen*

Tabelle 5-4 stellt das, aus der Beschichtung von iplus S resultierende, produktbezogene Gesamtabfallaufkommen dar:

Tabelle 5-4: Produktbezogenes Gesamtabfallaufkommen

Gesammelte und gestrahlte Stäube im Jahr 2002	
Material	Menge in [mg / m <sup>2</sup> <sub>iplus S</sub> ]
Wismut (Bi)	245,4
Silber (Ag)	17,3
Titan (Ti)	23,8
Zink/Aluminium (Zn/Al)	741,6

Des weiteren fielen im Jahr 2002 folgende Abfälle an:

Tabelle 5-5: Sonstige Abfälle im Jahr 2002

Sonstige Abfälle im Jahr 2002	
Abfallart	Menge
Glas zur Weiterverwertung	1.899 Mg
Glasschrott	161 Mg
Ölhaltige Abfälle	0,44 m <sup>3</sup>
Maschinenöl	0,45 m <sup>3</sup>
Pappe / Papier	12,01 Mg
Verpackungsabfälle	0,96 Mg
Eisenschrott	1,00 Mg
Gemischte Siedlungsabfälle	10,06 Mg
Holz	7,93 Mg

Diesbezüglich kann angenommen werden, dass die verschiedenen Produkte iplus S, iplus R und ipasol die gleichen produktspezifischen Abfallmengen aufweisen. Gemäß den in Tabelle 5-1 dargestellten Produktionszahlen und der zu Grunde liegenden Annahme einer gleichmäßigen Aufteilung des Ausschusses ergeben sich die folgenden prozentualen Anteile der einzelnen Produkte bezüglich der Gesamtproduktion:

**Tabelle 5-6: Gliederung der Gesamtproduktion im Jahr 2002**

<b>Produktanteile an der Gesamtproduktion im Jahr 2002</b>	
iplus R	60,9 %
iplus S	33,0 %
ipasol	6,1 %

Die folgende Tabelle stellt das daraus ermittelte absolute Abfallaufkommen bezüglich des Produktes „iplus S“ dar:

**Tabelle 5-7: absolutes Abfallaufkommen bezüglich iplus S im Jahr 2002**

<b>absolute Abfallmengen bezüglich iplus S im Jahr 2002</b>	
<b>Abfallart</b>	<b>Menge</b>
Glas zur Weiterverwertung	626,7 Mg
Glasschrott	53,1 Mg
Ölhaltige Abfälle	145,2 L
Maschinenöl	148,5 L
Pappe / Papier	4,0 Mg
Verpackungsabfälle	0,32 Mg
Eisenschrott	0,33 Mg
Gemischte Siedlungsabfälle	3,3 Mg
Holz	2,6 Mg

Gemäß der Produktionsmenge nach Tabelle 5-1 ergeben sich damit die folgenden produktspezifischen Abfallmengen:

**Tabelle 5-8: Produktbezogenes Abfallaufkommen bezüglich iplus S**

<b>Produktspezifische Abfälle bezüglich iplus S</b>	
<b>Abfallart</b>	<b>Menge</b>
Glas zur Weiterverwertung	361,4 [g / m <sup>2</sup> ]
Glasschrott	30,6 [g / m <sup>2</sup> ]
Ölhaltige Abfälle	0,08 [mL / m <sup>2</sup> ]
Maschinenöl	0,09 [mL / m <sup>2</sup> ]
Pappe / Papier	2,3 [g / m <sup>2</sup> ]
Verpackungsabfälle	0,2 [g / m <sup>2</sup> ]
Eisenschrott	0,2 [g / m <sup>2</sup> ]
Gemischte Siedlungsabfälle	1,9 [g / m <sup>2</sup> ]
Holz	1,5 [g / m <sup>2</sup> ]

Zusammenfassend ergeben sich die folgenden produktbezogenen Abfallmengen:

Tabelle 5-9: Produktbezogenes Gesamtabfallaufkommen bezüglich iplus S

<b>Gesamtes produktspezifisches Abfallaufkommen bezüglich iplus S</b>	
<b>Abfallart</b>	<b>Menge</b>
Wismut (Bi)	245,4 [mg / m <sup>2</sup> <sub>iplus S</sub> ]
Silber (Ag)	17,3 [mg / m <sup>2</sup> <sub>iplus S</sub> ]
Titan (Ti)	23,8 [mg / m <sup>2</sup> <sub>iplus S</sub> ]
Zink/Aluminium (Zn/Al)	741,6 [mg / m <sup>2</sup> <sub>iplus S</sub> ]
Glas zur Weiterverwertung	361,4 [g / m <sup>2</sup> <sub>iplus S</sub> ]
Glasschrott	30,6 [g / m <sup>2</sup> <sub>iplus S</sub> ]
Ölhaltige Abfälle	0,08 [mL / m <sup>2</sup> <sub>iplus S</sub> ]
Maschinenöl	0,09 [mL / m <sup>2</sup> <sub>iplus S</sub> ]
Pappe / Papier	2,3 [g / m <sup>2</sup> <sub>iplus S</sub> ]
Verpackungsabfälle	0,2 [g / m <sup>2</sup> <sub>iplus S</sub> ]
Eisenschrott	0,2 [g / m <sup>2</sup> <sub>iplus S</sub> ]
Gemischte Siedlungsabfälle	1,9 [g / m <sup>2</sup> <sub>iplus S</sub> ]
Holz	1,5 [g / m <sup>2</sup> <sub>iplus S</sub> ]

#### 5.5.3.6 Emissionen

Die Schadstoffemissionen des Beschichtungswerks im Jahre 2002 sind in der folgenden Tabelle qualitativ dargestellt:

Tabelle 5-10: Absolute Schadstoffemissionen im Jahr 2002

<b>Absolute Emissionen des Jahres 2002</b>	
<b>Schadstoff</b>	<b>Absolut emittierte Masse [Mg]</b>
CO	2,02
CO <sub>2</sub>	3.045,42
NO <sub>x</sub>	8,66
SO <sub>2</sub>	12,86
Staub	4,40
CH <sub>4</sub>	7,01
Nicht-CH <sub>4</sub> -Kohlenwasserstoffe	1,48

Zur Ermittlung der produktionsmengenbezogenen Emissionen ist zu berücksichtigen, dass die vorliegenden Emissionen ausschließlich aus dem Energieverbrauch resultieren. Da sowohl der thermische als auch der elektrische Energiebedarf einbezogen wurde, sind sowohl die direkten als auch die indirekten Emissionen bzw. zudem die Emission von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten berücksichtigt. Aus Gründen der Vergleichbarkeit, sollen in diesem Kontext

ausschließlich die direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen, die aus dem thermischen Energieverbrauch resultieren, fokussiert werden. CO<sub>2</sub>-Äquivalente werden dabei nicht berücksichtigt. Der Heizenergieverbrauch im Jahre 2002 betrug 108.484 [kWh]. Der spezifische Wärmeinhalt des Erdgases ist nicht bekannt. Aus diesem Grunde wird der allgemeingültige Durchschnittswert von 11,5 [kWh / m<sup>3</sup>] angenommen. Es wird damit das folgende Volumen an Erdgas verbraucht:

$$\Rightarrow \frac{108.484 \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \right]}{11,5 \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{Nm}^3} \right]} = 9433,4 \left[ \frac{\text{Nm}^3}{\text{a}} \right] = 25,9 \left[ \frac{\text{Nm}^3}{\text{d}} \right] \quad \text{Gl. 5-15}$$

Das aus der Verbrennung des Erdgases resultierende Abgasvolumen ist nicht bekannt. Es wird aus diesem Grunde der allgemeingültige Wert für die Mindestabgasmenge im trockenen Zustand ( $\dot{V}_{\text{min,t}}$ ) angenommen. Dieser beträgt für Erdgas (Erdgas H) 8,9 [m<sup>3</sup> / m<sup>3</sup><sub>Brennstoff</sub>] (nach Cerbe, G.: Grundlagen der Gastechnik, 1988). Das Abgasvolumen beträgt somit:

$$\Rightarrow \dot{V}_{\text{min,t}} = 8,9 \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{m}^3_{\text{Brennstoff}}} \right] \cdot 25,9 \left[ \frac{\text{m}^3_{\text{Brennstoff}}}{\text{d}} \right] = 230,5 \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \right] \quad \text{Gl. 5-16}$$

Die obigen Annahmen beziehen sich jeweils auf eine Luftzahl von  $\lambda = 1$ . Für die Verbrennung des Gases wird ein tatsächlicher Luftüberschuss von  $\lambda = 1,2$  angenommen. Der allgemeingültige maximale Kohlendioxidgehalt des trockenen Rauchgases beträgt CO<sub>2,max</sub> = 12,0 [Vol. %]. Gemäß der nachstehenden Gleichung berechnet sich der CO<sub>2</sub>-Gehalt des Rauchgases wie folgt:

$$\Rightarrow \text{CO}_2 \text{ [Vol. \%]} = \frac{\text{CO}_{2,\text{max}} \text{ [Vol. \%]}}{\lambda} = \frac{12,0 \text{ [Vol. \%]}}{1,2} = 10,0 \text{ [Vol. \%]} \quad \text{Gl. 5-17}$$

Der CO<sub>2</sub>-Volumenstrom beträgt damit:

$$\Rightarrow \dot{V}_{\text{CO}_2} = 230,5 \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \right] \cdot 0,1 = 23,05 \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \right] \quad \text{Gl. 5-18}$$

Die Berechnung der Dichte des Kohlendioxids im Rauchgas ( $t = 200^\circ\text{C}$ ) erfolgt gemäß der folgenden Gleichung :

$$\rho_2 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] = 1,98 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \cdot \frac{273 [\text{K}] \cdot 1013 [\text{hPa}]}{473 [\text{K}] \cdot 1013 [\text{hPa}]} = 1,14 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \quad \text{Gl. 5-19}$$

Der CO<sub>2</sub>-Massenstrom berechnet sich damit wie folgt:

$$\Rightarrow \dot{m}_{\text{CO}_2} = 23,05 \left[ \frac{\text{m}^3_{\text{CO}_2}}{\text{d}} \right] \cdot 1,14 \left[ \frac{\text{kg}_{\text{CO}_2}}{\text{m}^3_{\text{CO}_2}} \right] = 26,28 \left[ \frac{\text{kg}_{\text{CO}_2}}{\text{d}} \right] = \mathbf{1,10} \left[ \frac{\text{kg}_{\text{CO}_2}}{\text{h}} \right] \quad \text{Gl. 5-20}$$

Die produktspezifische CO<sub>2</sub>-Emission wird unter der Voraussetzung, dass der thermische Energiebedarf bezüglich aller Produkte gleich ist, damit wie folgt berechnet.

$$\Rightarrow \frac{1,10 \left[ \frac{\text{kg}_{\text{CO}_2}}{\text{h}} \right]}{611,8 \left[ \frac{\text{m}^2_{\text{iplus S}}}{\text{h}} \right]} = 18 \cdot 10^{-4} \left[ \frac{\text{kg}_{\text{CO}_2}}{\text{m}^2_{\text{iplus S}}} \right] = \mathbf{1,8} \left[ \frac{\text{g}_{\text{CO}_2}}{\text{m}^2_{\text{iplus S}}} \right] \quad \text{Gl. 5-21}$$

### 5.5.3.7 Fehlerbetrachtung bezüglich der Ermittlung der produktspezifischen Energie- und Stoffströme

Bei den im Rahmen der Berechnungen auftretenden Fehlern handelt es sich sowohl um zufällige als auch um systematische Fehler.

#### Zufällige Fehler

Zufällige Fehler können subjektiven und objektiven Ursachen zugeordnet sein. Sie entstehen im Wesentlichen durch Unzulänglichkeiten der Sinnesorgane der messenden Person, statistisch wirkende äußere Einflüsse (z.B. Erschütterungen, Spannungsschwankungen, Temperaturschwankungen), Ablesefehler u.ä. Grundsätzlich sind zufällige Fehler statistischen Charakters und besitzen positive und negative Vorzeichen. Im Falle einer Mehrfachmessung streuen die Messwerte um einen Mittelwert.

Im Rahmen der EDV-gestützten online-Messung des elektrischen Energiebedarfs bei der „iplus S“-Beschichtung wurden die jeweiligen Werte bereits unter der Berücksichtigung von zufälligen Fehler geliefert. Gerade vor dem Hintergrund des in diesem Kontext erhobenen Anspruchs an die Messgenauigkeit, ist der diesbezüglich auftretende Fehler vernachlässigbar.

### Systematische Fehler

Systematische Fehler sind hauptsächlich durch Unvollkommenheit der Messgeräte und vernachlässigte äußere Einflüsse (Druck / Temperatur u.a.) bedingt. Wird eine Messung unter gleichen Bedingungen wiederholt, so tritt ein systematischer Fehler auf, der durch die gleichbleibende Größe und gleichbleibendes Vorzeichen charakterisiert ist.

Systematische Fehler liegen in den Schätzungen bzw. Annahmen von Werten im Rahmen der Emissionsberechnungen. Dies betrifft im Wesentlichen:

- Annahme der Rauchgastemperatur
- Annahme von  $\text{CO}_{2,\text{max}}$
- Annahme der Mindestabgasmenge ( $\vartheta_{\text{min,t}}$ )
- Annahme der Luftzahl ( $\lambda$ )
- Annahme des Wärmeinhalts

Da bei beiden Bezugsobjekten (sofern erforderlich) die jeweils gleichen Annahmen getroffen werden sind die daraus resultierenden Fehler als marginal zu betrachten.



## 5.6 Bewertung des Produktes „iplus S“ durch Anwendung des Checklistsystems

### 5.6.1 Ökoeffizienz / optimale Funktion

Tabelle 5-11: Bewertungen des Bezugsobjekts „iplus S“ anhand der Checkliste „Ökoeffizienz / optimale Funktion“

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

#### 5.6.1.1 *optimale Funktion*

Durch den Einsatz von iplus S-Isolierglas kann der spezifische Heiz- bzw. Energiebedarf des Verbrauchers erheblich reduziert werden. Im Vergleich zu konventionellem Isolierglas resultieren aus den relativ niedrigen Wärmedurchgangskoeffizienten ( $U_V$ - Werten) deutlich geringere Wärmeverluste. Das Kriterium wird aus diesem Grund mit C bewertet.

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

Eine A-, B- oder C-Bewertung dieses Kriteriums ist unzutreffend, da die Möglichkeit des Mietens oder Leasens einer iplus S-Scheibe in keinem Verhältnis zu dem daraus resultierenden verwaltungstechnischem Aufwand stünde.

#### 5.6.1.3 *Ressourcenkaskade*

Eine Materialverwertung ermöglicht aufgrund des sehr hohen Anteils recycelfähiger Materialien die Herstellung mehrerer Nachfolgeprodukte. Dies betrifft sowohl die Wieder- als auch die Weiterverwertung des eingeschmolzenen Glases. Dementsprechend wird eine C-Wertung vergeben.

#### 5.6.1.4 *Produktsystem*

Eine hinreichende Bewertung des Produktsystems im Sinne einer umfassenden produktbezogenen Wirkungsbilanz ist im Rahmen dieser Arbeit aufgrund des zu diesem Zwecke notwendigen, erheblichen Aufwandes nicht möglich.

## 5.6.2 Ressourcenschonung

Tabelle 5-12: Bewertung des Bezugsobjekts „iplus S“ anhand der Checkliste „Ressourcenschonung“

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

### 5.6.2.1 *Reduktion des Materialinputs*

Die Beschaffenheit der Metallschichten muss auf Grund physikalischer Wechselwirkungen bestimmte technische Anforderungen erfüllen, um die Funktionalität der Wärmefunktionsschicht sicherzustellen. Die Schichtdicke beträgt einige Nanometer. Bezüglich des sich daraus ergebenden Energieeinsparpotentials während der Nutzungsphase als Isolierglas kann die Dimensionierung des Produkts als gering und verhältnismäßig angesehen werden. Die Bewertung dieses Kriteriums erfolgt aus diesem Grund mit B.

### 5.6.2.2 *Wieder- / Weiterverwendung*

Eine Wieder- bzw. Weiterverwendung aufgearbeiteter Teile oder des aufgearbeiteten Produkts ist im Wesentlichen auf Grund der Schichtkomponenten (Metalle und Metalloxide) nicht möglich. Die Weiterverwendung in Form von anderen Basisglastypen erfordert die Abtrennung der jeweils aufgetragenen Schichten zur Herstellung einer neu zu besputternden Floatglasscheibe. Diese Trennung ist nur im Rahmen einer Wieder- bzw. Weiterverwertung des Produkts umsetzbar. Anderweitige Einsatzbereiche des Basisglases im Rahmen einer Weiterverwendung sind kaum gegeben. Es wird daher die Wertung A vergeben.

### 5.6.2.3 *Einsatz von Sekundärrohstoffen*

Die während des Beschichtungsprozesses anfallenden Metallstaubreste werden in regelmäßigen zeitlichen Zyklen im Rahmen von Reinigungsmaßnahmen gesammelt. Nach entsprechenden externen Trennverfahren werden verschiedene Materialien im Sinne einer Wiederverwendung erneut der jeweiligen Target-Produktion zugeführt. Da die Materialien nicht als Produkte aus Materialrecyclingprozessen hervorgehen, ist deren Definition als Sekundärrohstoffe nicht gegeben. Die auf diese Weise erzielten ökologischen Effekte sind denen, die aus dem Einsatz von Sekundärrohstoffen im konventionellen Sinne resultieren allerdings gleichwertig, so dass die Wertung C vergeben werden kann.

## 5.6.3 Einsatz erneuerbarer und ausreichend verfügbarer Ressourcen

Tabelle 5-13: Bewertung des Bezugsobjektes „iplus S“ anhand der Checkliste „Einsatz erneuerbarer und ausreichend verfügbarer Ressourcen“

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

#### 5.6.3.1 *Ersetzen von nicht erneuerbaren Ressourcen durch erneuerbare*

Die eingesetzten Ressourcen lassen keine regenerativen Ausweichmöglichkeiten zu. Aus diesem Grund ist eine A-, B- oder C-Bewertung dieses Kriteriums nicht sinnvoll.

#### 5.6.3.2 *Ersetzen selten vorkommender Materialien durch weniger seltene*

Alle zur Beschichtung eingesetzten Materialien (Ag, Bi, Ti, Zn, Al) sind reichlich verfügbar. Dies trifft ebenfalls auf die Prozessgase Sauerstoff, Stickstoff und Argon zu, deren Verbräuche zudem minimal sind. Aus diesem Grund wird das Kriterium mit C bewertet.

#### 5.6.3.3 *Minimieren des Einsatzes selten vorkommender Materialien*

Dieses Kriterium trifft nicht zu, da keine seltenen Materialien eingesetzt werden.

## 5.6.4 Erhöhung der Langlebigkeit

Tabelle 5-14: Bewertung des Bezugsobjektes „iplus S“ anhand der Checkliste „Erhöhung der Langlebigkeit“

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

Bewertungsbezug<sup>6</sup>**5.6.4.1 Optimieren der Zuverlässigkeit**

Die Zuverlässigkeit des iplus S-Glases kann mit C bewertet werden, da bei sachgemäßer Behandlung kaum mit Beeinträchtigungen der Funktion oder anderweitigen Produkteigenschaften zu rechnen ist.

**5.6.4.2 Minimieren des Verschleißes**

Die Verschleißerscheinungen, die eventuell durch Temperatur-, Wind- oder sonstige äußere Einflüsse auftreten können, sind als vernachlässigbar gering zu betrachten. Aus diesem Grunde ist die Bewertung mit C angemessen.

**5.6.4.3 Zeitloses Design**

Die Beschichtung von iplus S-Basisglas erfolgt auf klarem Floatglas. Es kann angenommen werden, das farbneutrale Flachglas langfristig keinen modischen Trends unterworfen sein wird. Das Design kann als zeitlos angesehen werden. Dementsprechend wird eine C-Bewertung vergeben.

**5.6.4.4 Erweiterbarkeit**

Grundsätzlich lässt sich die Wärmefunktionsschicht des iplus S-Basisglases um beliebige sputterbare Schichten erweitern. Im Rahmen der Sputterbeschichtung ist eine Systemanpassung an zukünftige Entwicklungen daher möglich. Das Kriterium wird mit C bewertet.

**5.6.4.5 Einfache Reinigung**

Verunreinigungen auf der Glasoberfläche lassen sich mit Hilfe von Wasser und geeigneten Bürsten oder Ähnlichem entfernen. Es bedarf keiner speziellen Reinigungsmittel. Die Reinigung ist deshalb als sehr leicht anzusehen. Es wird die Wertung C vergeben.

**5.6.4.6 Einfache Wartung**

Der Wartungsaufwand des iplus S-Glases ist während der Nutzungsphase als Wärmedämmglasprodukt als sehr gering zu betrachten. Die Wartung beschränkt sich ausschließlich auf regelmäßige Reinigungsmaßnahmen, die einfach und gefahrlos durchführbar sind (siehe Kriterium 4.5). Da das Kriterium des Reinigungsaufwandes bereits berücksichtigt wird, erfolgt die Wertung dieses Kriteriums mit C.

**5.6.4.7 Einfache Reparierbarkeit**

Die Reparierbarkeit des Glases ist nicht gegeben. Beschädigte Produkte werden der direkten Wiederverwertung zugeführt. Das Kriterium wird daher mit A bewertet.

**5.6.4.8 Lange Garantiedauer**

Die Garantie des zu Wärmedämmglas verarbeiteten Halbzeugs beläuft sich auf 30 Jahre. Die Bewertung mit C ist daher angemessen.

---

<sup>6</sup> Die Bewertung dieses übergeordneten Kriteriums erfolgt in Bezug auf das zu Wärmedämmglas verarbeitete iplus S-Halbzeug

## 5.6.5 Design für Produkt-Wiederverwendung

Tabelle 5-15: Bewertung des Bezugsobjektes „iplus S“ anhand der Checkliste „Design für Produkt-Wiederverwendung“

5. Design für Produkt-Wiederverwendung						
Bezugsprodukt: iplus S						
Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Modulares Design	Das Produkt besitzt eine komplexe Struktur	o			o	X
	Das Produkt besitzt eine teilweise modulare Struktur		o			
	Das Produkt besitzt eine modulare Struktur			o		
2. Leichter Zugang zu Komponenten	Die Komponenten sind unzugänglich	o			o	o
	Die Komponenten sind unter akzeptablem Aufwand zugänglich		o			
	Die Komponenten sind gut zugänglich			X		
3. Korrosionsschutz	Das Produkt verfügt über keinen Korrosionsschutz	o			o	X
	Korrosionsschutz ist im Produkt installiert		o			
	Das Produkt ist resistent gegen Korrosion			o		
4. Standardisierung von Komponenten und Verbindungselementen	Es sind keine oder wenige Komponenten standardisiert	o			o	o
	Einzelne Komponenten sind standardisiert		o			
	Alle Komponenten sind standardisiert			X		

#### 5.6.5.1 *Modulares Design*

Die Produktdefinition des iplus S-Halbzeugs als (beschichtete) Glasscheibe lässt ein modulares Produktdesign nicht zu. Eine Bewertung dieses Kriteriums mit A, B oder C ist daher nicht sinnvoll.

#### 5.6.5.2 *Leichter Zugang zu Komponenten*

Im Rahmen einer Produkt-Wiederverwendung kann das iplus S-Halbzeug als nahezu 1-Materialprodukt angesehen werden, da ein Abtrennen der verschiedenen, sehr dünnen Schichtkomponenten nicht erforderlich ist. Das Kriterium kann aus diesem Grund mit C bewertet werden.

#### 5.6.5.3 *Korrosionsschutz*

Das iplus S-Basisglas verfügt über keinerlei Korrosionsschutz. Allerdings muss angemerkt werden, dass das vorliegende Produkt aufgrund seiner raschen Weiterverarbeitung zu Isolierglas kaum korrosiven Atmosphären ausgesetzt ist. Der Aufwand korrosionsschutztechnischer Maßnahmen stünde in keinem Verhältnis zu den erzielten Effekten. Während der Nutzungsphase als Warmglas ist die Glasaußenseite nicht gegen Korrosion geschützt. Korrosive Effekte treten während dieser Produktphase allerdings in vernachlässigbaren Maßen auf. Die korrosionsanfälligen Metallschichten sind durch Entwässerungskomponenten sowie durch die Edelgasfüllung im Scheibenzwischenraum gegen Korrosion geschützt. Diese Maßnahmen sind allerdings nicht Bestandteil der Halbzeug- sondern der Wärmedämmglaskonstruktion. Aus diesem Grunde wird das Kriterium *Korrosionsschutz* als nicht zutreffend gewertet.

#### 5.6.5.4 *Standardisierung von Komponenten und Verbindungselementen*

Sowohl die Dimensionierung und Beschaffenheit des Glaskörpers als auch die spezifischen Eigenschaften der Targetmaterialien sind in einschlägigen Regelwerken und Richtlinien vorgeschrieben. Für die verschiedenen Sputterschichten liegen keine Standardisierungen vor. Hinsichtlich einer Produkt-Wiederverwendung sind die vorhandenen Standardisierungen allerdings als hinreichend anzusehen. Demzufolge wird für dieses Kriterium die Wertung C vergeben.

## 5.6.6 Design für Materialrecycling

Tabelle 5-16: Bewertung des Bezugsobjektes „iplus S“ anhand der Checkliste „Design für Materialrecycling“

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

#### 5.6.6.1 *Recyclingfähigkeit*

Die Recyclingfähigkeit des iplus S-Basisglases ist grundsätzlich gegeben. Aufgrund diverser Verunreinigungen durch Metalloxide ist eine direkte Wiederverwertung nicht umsetzbar, da die Glasschmelze nicht den Anforderungen des entsprechenden Floatglases genügt und erforderliche Trennverfahren wirtschaftlich nicht effizient sind. Das Recyclat eignet sich dagegen zur Weiterverwertung in anderen Anwendungsbereichen. Aus diesem Grund wird das Kriterium mit B bewertet.

#### 5.6.6.2 *Einsatz recyclierbarer Materialien*

Aufgrund der sehr dünnen Schichtdicke der Metall- bzw. Metalloxidschichten stellt der recycelbare iplus S-Glaskörper den weitaus größten Volumen- und Massenanteil des Produkts dar. Bezüglich der Materialvielfalt ist dieser Anteil dagegen als gering anzusehen. Im Rahmen des Beschichtungsprozesses können Teilmengen der abgesputterten Targetmaterialien (vor allem Silber) in der Targetproduktion wiederverwendet werden. Der Anteil an recycelbaren Materialien kann insgesamt als relativ hoch angesehen und somit die Wertung C vergeben werden.

#### 5.6.6.3 *geringe Materialvielfalt*

Aufgrund der eingesetzten Beschichtungsmaterialien Wismut, Silber, Titan und Zink/Aluminium kann das Produkt trotz des erheblichen Volumen- und Massenanteils des Glases nicht als 1-Materialprodukt angesehen werden. Hinsichtlich der Schichtfunktion als Wärmedämmschicht kann die eingesetzte Materialvielfalt als angemessen d.h. mit B bewertet werden.

#### 5.6.6.4 *Materialkompatibilität*

Die Beschichtungsmaterialien sind, da sie während des Glasschmelzprozesse in der Schmelze verbleiben, als kompatibel anzusehen. Da eine direkte Wiederverwertung aufgrund der Materialvielfalt nicht umsetzbar ist, kann das Basisglas in diesem Kontext nicht als 1-Materialprodukt angesehen werden. Aus diesen Gründen wird das Kriterium mit B bewertet.

#### 5.6.6.5 *Zusatzstoffe*

Als Zusatzstoffe kommen die Prozessgase Sauerstoff, Stickstoff und Argon zum Einsatz. Diese verbleiben in Form von Verbindungen (vor allem Oxiden) in kleinsten Mengen auf der Glasoberfläche bzw. in der Schicht. Da diese Verbindungen sowohl als ungiftig und aufgrund ihrer sehr geringen Massenanteile zudem als recyclingkompatibel anzusehen sind, erfolgt die Bewertung dieses Kriteriums mit C.

#### 5.6.6.6 *Materialkennzeichnung*

Auf dem Glaskörper des „iplus S“-Basisglases befinden sich keine Kennzeichnungen. Allerdings ist das Produkt auf Lieferscheinen durch den Begriff „klares Float“ gemäß DIN gekennzeichnet. Die Lieferscheine verfügen zudem über weitere, teilweise maschinenlesbare Kennzeichnungen. Es wird die Bewertung B vergeben, da nicht alle Kennzeichnungen maschinenlesbar sind und diese nicht auf dem Produkt selbst befinden.

#### 5.6.6.7 *lokale Konzentration von Bauteilen mit gleichen Recyclingeigenschaften*

Die verschiedenen Sputterschichten sind nahezu homogen auf die Glasoberfläche aufgebracht. Die Struktur des Glaskörpers kann ebenfalls als homogen angesehen werden. In diesem Kontext kann das Produkt als 1-Material-Produkt angesehen werden woraus Wertung C resultiert.

## 5.6.7 Design für leichte Zerlegbarkeit

Tabelle 5-17: Bewertung des Bezugsobjektes „iplus S“ anhand der Checkliste „Design für leichte Zerlegbarkeit“

7. Design für leichte Zerlegbarkeit						
Bezugsprodukt: <b>iplus S</b>						
Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Produkt-Struktur	Komplexe Produktstruktur	o			o	o
	-		o			
	Produkt weist hierarchische bzw. Sandwichstruktur auf			X		
2. Erkennbarkeit von Verbindungselementen	Versteckt eingearbeitet	o			o	X
	Versteckt mit Markierung eingearbeitet		o			
	Sichtbare Einarbeitung			o		
3. Zugang zu Verbindungselementen	Elemente sind schwer zugänglich	o			o	X
	-		o			
	Axialer Zugang bei der Zerlegung möglich			o		
4. Lösbarkeit von Verbindungen	Eine Zerlegung führt zur Zerstörung von Komponenten	X			o	o
	Eine Zerlegung führt zur Zerstörung von Verbindungselementen		o			
	Zerstörungsfreie Zerlegung ist möglich			o		
5. Anzahl der Verbindungselemente	Viele Verbindungselemente	o			o	o
	Geringe Anzahl an Verbindungselementen		o			
	Verbindungselemente werden nicht verarbeitet			X		
6. Verzicht auf verbundähnliche Materialkomplexe	Es werden kaum oder gar nicht lösbare Materialkomplexe erzeugt	o			o	X
	Es wird auf Klammern verzichtet		o			
	Es wird auf Klammer und Kleben / Leimen verzichtet			o		
7. Anzahl der Komponenten	Produkt verfügt über eine große Anzahl an Komponenten	o			o	o
	Anzahl der Komponenten entspricht der Produktfunktionalität		o			
	Produkt verfügt über wenig Komponenten			X		
8. Werkzeugbedarf	Spezialwerkzeuge sind erforderlich	o			o	o
	Lediglich Allzweckwerkzeuge sind erforderlich		o			
	Es bedarf keinerlei Werkzeuge			X		
9. automatische Zerlegbarkeit	Zerlegung erfolgt manuell	o			o	o
	Zerlegung erfolgt mechanisch		o			
	Zerlegung erfolgt automatisch			X		

#### 5.6.7.1 *Produkt-Struktur*

Aufgrund der sehr geringen Schichtdicken der aufgesputterten Metallschichten, haben diese keinen Einfluss auf die Zerlegbarkeit des iplus S Basisglases. Das Kriterium wird demzufolge mit C bewertet.

#### 5.6.7.2 *Erkennbarkeit von Verbindungselementen*

Das unverarbeitete Halbzeug iplus S verfügt über keinerlei Verbindungselemente. Eine A-, B- oder C-Bewertung ist aus diesem Grunde nicht zweckmäßig.

#### 5.6.7.3 *Zugang zu Verbindungselementen*

Das unverarbeitete Halbzeug iplus S verfügt über keinerlei Verbindungselemente. Eine A-, B- oder C-Bewertung ist aus diesem Grunde nicht zweckmäßig.

#### 5.6.7.4 *Lösbarkeit von Verbindungen*

Eine Zerlegung der iplus S-Basisglasscheibe ist (sofern sie im Rahmen der Entsorgung bzw. einer Weiter- oder Wiederverwertung erfolgt) unmittelbar mit deren Zerstörung verbunden. Das Kriterium erfährt deshalb die Wertung A.

#### 5.6.7.5 *Anzahl der Verbindungselemente*

Das Produkt verfügt über keinerlei Verbindungselemente. Demzufolge ergibt sich eine C-Bewertung des Kriteriums.

#### 5.6.7.6 *Verzicht auf verbundähnliche Materialkomplexe*

Da die Produkt-Struktur des iplus S Halbzeugs keinerlei Verbindungselemente bzw. verbundähnliche Materialkomplexe erfordert, ist eine Bewertung dieses Kriteriums nicht angemessen.

#### 5.6.7.7 *Anzahl der Komponenten*

Das Volumenverhältnis der aufgesputterten Metallschichten ist in Bezug auf den Glaskörper verschwindend gering. Aus diesem Grunde können die jeweiligen Schichten im Kontext dieses Kriteriums als Produktkomponenten vernachlässigt werden. Demzufolge ergibt sich die Wertung C.

#### 5.6.7.8 *Werkzeugbedarf*

Die Zerlegung bzw. Zerstörung der Basisglaseinheiten erfordert keinerlei Werkzeug. Das Kriterium wird entsprechend mit C bewertet.

#### 5.6.7.9 *automatische Zerlegbarkeit*

Die Zerlegung bzw. Zerstörung der Basisglaseinheiten erfolgt automatisch durch Prallbeanspruchung. Gemäß dem Bewertungsprinzips dieses Kriteriums wird die Wertung C vergeben.

## 5.6.8 Minimierung des Einsatzes gefährlicher Stoffe

Tabelle 5-18: Bewertung des Bezugsobjektes „iplus S“ anhand der Checkliste „Minimierung des Einsatzes gefährlicher Stoffe“

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

#### 5.6.8.1 *Einsatz von Gefahrstoffen*

In der Beschichtung von iplus S Basisglas kommen relativ wenig Stoffe zum Einsatz, die gemäß Chemikaliengesetz als Gefahrstoffe zu definieren sind. Die jeweiligen Konzentrationen der betreffenden Substanzen können als gering angesehen werden. Das Kriterium ist deshalb mit B zu bewerten.

#### 5.6.8.2 *Einsatz von besonders gefährlichen Stoffen*

Stoffe, die gemäß der Gefahrstoffverordnung mit giftig, explosiv und / oder kanzerogen gekennzeichnet sind, kommen während der Produktion von iplus S Basisglas nicht zum Einsatz. Entsprechend des Bewertungsprinzips wird für dieses Kriterium die Wertung C vergeben.

#### 5.6.8.3 *Abtrennbarkeit von Gefahrstoffen*

Das Anhaften der eingesetzten Gefahrstoffe am Produkt kann ausgeschlossen werden, da die betreffenden Substanzen nicht in unmittelbarem Kontakt mit dem Produkt eingesetzt werden. Aus diesem Grunde ist eine A-, B- oder C-Bewertung dieses Kriteriums nicht angemessen.

#### 5.6.8.4 *gesellschaftliche Akzeptanz*

Derzeit befindet sich weder das Produkt iplus S noch der Produktionsprozess unter öffentlicher Kritik. Dementsprechend erfolgt die Bewertung mit C.

#### 5.6.8.5 *Gefährdungs- bzw. Störfallpotential*

Das Produkt „iplus S“ sowie der Beschichtungsprozess weisen persönlichen Informationen zufolge kaum ökologische Gefährdungspotentiale bzw. Störfallrisiken auf. Das Kriterium wird gemäß dem Bewertungsmuster mit C bewertet.

## 5.6.9 Umweltfreundliche Produktion

Tabelle 5-19: Bewertung des Bezugsobjektes „iplus S“ anhand der Checkliste „Umweltfreundliche Produktion“

9. umweltfreundliche Produktion						
Bezugsprodukt: <b>iplus S</b>						
Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Abfall-aufkommen	Es herrscht ein hohes Aufkommen an nicht oder kaum recycelbaren Abfällen	o			o	o
	Es herrscht ein geringes Aufkommen an recycelbaren Abfällen		X			
	Die Produktion läuft abfallfrei			o		
2. Energieverbrauch	Es herrscht ein hoher Energieverbrauch	o			o	o
	Die Produktion ist energiesparend		o			
	Die Produktion ist energiesparend und Abwärme wird genutzt			X		
3. Wasserverbrauch	Es herrscht ein hoher Wasserverbrauch	o			o	o
	Die Produktion ist wassersparend		o			
	Wasser wird im Kreislauf geführt			X		
4. besonders überwachungs-bedürftige Abfälle	Es fallen viele besonders überwachungs-bedürftige Abfälle an	o			o	o
	Es fallen wenig besonders überwachungs-bedürftige Abfälle an		o			
	Es fallen keine besonders überwachungs-bedürftigen Abfälle an			X		
5. Emissionen	Viele Emissionen	o			o	o
	Wenig Emissionen aufgrund integrierter Lösungen		X			
	Keine Emissionen			o		
6. Gefahrstoffe an den Arbeitsplätzen	Überschreitung der MAK-/BAT-Werte; Einsatz karzinogener und giftiger Stoffe	o			o	o
	MAK-/BAT-Werte werden eingehalten		o			
	Kein Einsatz von Gefahrstoffen bzw. entsprechend 10 % des MAK-Werts			X		
7. umweltrechtliche Anforderungen	Werden nicht eingehalten	o			o	o
	Einhaltung der Anforderungen; vorgesehene Verschärfungen durch den Gesetzgeber		o			
	Einhaltung der Anforderungen; keine gesetzlichen Verschärfungen vorgesehen			X		
8. Verwertungs- quote	Produkt kann die Verwertungsquote nicht erhöhen	o			o	o
	Produkt kann die Verwertungsquote leicht erhöhen		o			
	Produkt kann die Verwertungsquote deutlich erhöhen			X		
9. funktionierendes Umweltmanage- mentsystem	Nicht vorhanden	o			o	o
	Teilweise vorhanden		o			
	zertifizierungsfähig / zertifiziert			X		

#### 5.6.9.1 *Abfallaufkommen*

Der Großteil der während des Beschichtungsprozesses anfallenden Abfälle (siehe Tabelle 5-9) kann verschiedenen Wieder- / bzw. Weiterverwertungsverfahren zugeführt werden. Das Abfallaufkommen steht somit in einem akzeptablen Verhältnis bezüglich des Produktions-Inputs. Das Kriterium wird dementsprechend mit B bewertet.

#### 5.6.9.2 *Energieverbrauch*

Hinsichtlich der Produktion des iplus S-Halbzeugs werden integrierte Maßnahmen zum Zwecke eines minimalen Energieaufwandes umgesetzt. Die Abwärme wird unter relativ geringen Energieverlusten im Wesentlichen zum Beheizen diverser Räumlichkeiten genutzt. Die Bewertung mit C ist daher angemessen.

#### 5.6.9.3 *Wasserverbrauch*

Durch verschiedene Aufbereitungsverfahren wird eine Kreislaufführung des im Wesentlichen zu Reinigungszwecken eingesetzten Prozesswassers ermöglicht (siehe Abbildung 5-15: Kreislaufführung des Waschwassers). Auf diese Weise wird eine wirksame Maßnahme zum Zwecke einer wassersparenden Produktion umgesetzt. Die Bewertung dieses Kriteriums erfolgt mit C.

#### 5.6.9.4 *Besonders überwachungsbedürftige Abfälle*

Besonders überwachungsbedürftige Abfälle, die sich gemäß der „Verordnung zur Bestimmung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen“ definieren, fallen nicht an. Daraus ergibt sich die Wertung C.

#### 5.6.9.5 *Emissionen*

Die aus der Beschichtung des iplus S-Halbzeugs resultierenden Emissionen (Tabelle 5-10) können als gering bzw. mit B bewertet werden.

#### 5.6.9.6 *Gefahrstoffe an den Arbeitsplätzen*

An den Arbeitsplätzen erfolgt ein relativ geringer Einsatz von Gefahrstoffen. Die gesetzlich vorgeschriebenen MAK-Werte werden deutlich unterschritten. Die Bewertung mit C ist angemessen.

#### 5.6.9.7 *Umweltrechtliche Anforderungen*

Im Rahmen des Beschichtungsprozesses werden sämtliche gesetzlichen Anforderungen und Auflagen erfüllt bzw. eingehalten. Der Gesetzgeber sieht bis dato keinerlei Verschärfungen vor. Aus diesem Grund wird die Wertung C vergeben.

#### 5.6.9.8 *Verwertungsquote*

Das beschichtete iplus S-Basisglas kann am Ende seiner Nutzungsphase zu annähernd 100 % einer Materialverwertung zugeführt werden. Die produktspezifische Verwertungsquote kann daher als optimiert angesehen werden. Es erfolgt dementsprechend die Bewertung mit C.

#### 5.6.9.9 *Funktionierendes Umweltmanagementsystem*

Das Unternehmen ist sowohl nach ISO EN 14001 als auch nach EMAS zertifiziert, bzw. validiert. Das Kriterium wird demzufolge mit C bewertet.

## 5.6.10 Minimierung der Auswirkung während der Nutzungsphase

Tabelle 5-20: Bewertung des Bezugsobjektes „iplus S“ anhand der Checkliste „Minimierung der Auswirkung während der Nutzungsphase“

10. Minimierung der Auswirkung während der Nutzungsphase						
Bezugsprodukt: <b>iplus S</b>						
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="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Es treten wenig Emissionen auf	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>		
	Es treten keine Emissionen auf	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
2. Verbraucher-information	Es werden lediglich Tipps zur Entsorgung oder keine Informationen gegeben	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Es werden Tipps zur Entsorgung und zum Recycling gegeben.	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>		
	Es werden einfache Instruktionen zur Entsorgung und zum Recycling gegeben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
3. Unfallgefahr	Die Unfallgefahr ist groß	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Die Unfallgefahr ist gering	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>		
	Unfälle werden sicher ausgeschlossen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
4. Folgerucksack, Betriebsmittel-einsatz	Hoch und mit dem Einsatz umweltgefährdender Stoffe verbunden	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Gering und mit wenig Einsatz umweltgefährdender Stoffe verbunden	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>		
	Keine und mit keinem Einsatz umweltgefährdender Stoffe verbunden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
5. Verständlichkeit der Gebrauchsanweisung	Unverständlich	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Nur bedingt verständlich	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>		
	Gut verständlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

(Bewertungsbezug<sup>7</sup>)

#### 5.6.10.1 *gesundheitsschädliche Emissionen*

Gesundheitsschädliche Emissionen können während der Nutzungsphase des Basisglases als Wärmedämmglasprodukt mit Sicherheit ausgeschlossen werden. Dementsprechend wird das Kriterium mit C bewertet.

#### 5.6.10.2 *Verbraucherinformation*

Es werden hinreichende Informationen zur Reinigung und Entsorgung des Produkts gegeben. Eine Bewertung des Kriteriums mit C ist als angemessen anzusehen.

#### 5.6.10.3 *Unfallgefahr*

Unter der Voraussetzung sachgemäßer und vorhersehbarer Handhabung bzw. bestimmungsgemäßen Gebrauchs können Unfälle sicher ausgeschlossen werden. Aus diesem Grunde wird die Wertung C vergeben.

#### 5.6.10.4 *Folgerucksack, Betriebsmitteleinsatz*

Im Sinne dieses Kriteriums ist der Gebrauch des Produktes lediglich mit dem Einsatz von geeigneten Reinigungsmitteln während der Nutzungsphase verbunden. Eine hinreichende Reinigung kann bereits mit Hilfe von klarem Wasser realisiert werden. Der Betriebsmitteleinsatz kann aus diesem Grunde als sehr gering angesehen werden, weshalb eine Bewertung mit C gerechtfertigt ist.

#### 5.6.10.5 *Verständlichkeit der Gebrauchsanweisung*

Die Informationen der Gebrauchsanweisung können (soweit überhaupt notwendig) als gut verständlich und eindeutig angesehen werden. Es ergibt sich die Bewertung mit C.

---

<sup>7</sup> Die Bewertung dieses übergeordneten Kriteriums erfolgt in Bezug auf das zu Isolierglas verarbeitete iplus S Halbzeug

## 5.6.11 Umweltfreundliche Verpackung

Tabelle 5-21: Bewertung des Bezugsobjektes „iplus S“ anhand der Checkliste „Umweltfreundliche Verpackung“

11. umweltfreundliche Verpackung						
Bezugsprodukt: <b>iplus S</b>						
Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Verpackungsdefinition	Verbesserung der Verpackungsdesign-Kriterien	o			o	o
	Mehrwegverpackungen bei kurzen Transportwegen		o			
	Es besteht kein Verpackungsbedarf			X		
2. rücknahmefähige Verpackung	Keine Rücknahme möglich	o			o	o
	Implementierung ist möglich		o			
	existiert bereits			X		
3. wiederverwendbare Verpackung	Kein Wiederverwendung möglich	o			o	o
	Wiederverwendung ist teilweise möglich		o			
	Verpackung ist komplett wiederverwendbar			X		
4. Rücknahmesystem	Einführung eines R-Systems nicht möglich	o			o	o
	Implementierung ist möglich		o			
	Ein Rücknahmesystem existiert bereits			X		
5. Reduktion von Masse / Volumen	Keine Reduktion möglich	X			o	o
	Reduktion ist möglich		o			
	Reduktion ist offensichtlich erfolgt			o		
6. Schadstoffe auf Verpackungen	Verpackung enthält viele Schadstoffe	o			o	o
	Verpackung enthält wenig Schadstoffe		o			
	Verpackung enthält keine Schadstoffe			X		
7. Recyclierbare Verpackung	Verpackung ist nicht recycierbar	o			o	o
	Low-Quality-Recycling möglich		X			
	High-Quality-Recycling möglich			o		
8. Einsatz recycelter Materialien	Einsatz neuer Materialien	o			o	o
	Mittlerer/geringer Anteil an recycelten Materialien		o			
	Hoher Anteil an recycelten Materialien			X		
9. Einsatz biologisch abbaubarer Materialien	Nicht biologisch abbaubar	o			o	X
	Teilweise biologisch abbaubar		o			
	Biologisch abbaubare Verpackung			o		

#### 5.6.11.1 *Verpackungsdefinition*

Der Verpackungsbedarf umfasst lediglich die zu Transportzwecken erforderlichen Metallgestelle. Lässt sich in diesem Zusammenhang überhaupt von Verpackungsaufwand sprechen, so ist dieser als marginal anzusehen. Aus diesem Grunde wird das Kriterium mit C bewertet.

#### 5.6.11.2 *Rücknahmefähige Verpackung*

Nach Gebrauch werden die eingesetzten Transportgestelle dem zuliefernden Betrieb wieder zur erneuten Nutzung verfügbar gemacht. Die stetige Wiederverwendung der Gestelle führt zu einer Bewertung mit C.

#### 5.6.11.3 *Wiederverwendbare Verpackung*

Aufgrund der unter 5.6.11.2 aufgeführten stetigen Wiederverwendung der Transportgestelle wird dieses Kriterium mit C bewertet.

#### 5.6.11.4 *Rücknahmesystem*

Die Transporte der jeweiligen Gestelle werden mittels eines spezifischen EDV-Systems kontinuierlich verfolgt. Analog zu den Bewertungen der Kriterien 5.6.11.2 und 5.6.11.3 erfolgt die Wertung dieses Kriteriums aufgrund der gegebenen Wiederverwendung der Transportgestelle mit C.

#### 5.6.11.5 *Reduktion von Masse und Volumen*

Der Transport der Flachglasscheiben stellt spezifische Anforderungen an die zu diesem Zweck eingesetzten Transportgestelle. Die spezielle Gestellkonstruktion erlaubt daher weder eine Volumen- noch eine Massenreduktion. Die Bewertung erfolgt deshalb mit A.

#### 5.6.11.6 *Schadstoffe auf Verpackungen*

Die verwendeten Metallgestelle enthalten weder aus konstruktions- noch aus nutzungsbedingten Gründen als Schadstoffe zu bezeichnende Substanzen. Es wird daher die Wertung C vergeben.

#### 5.6.11.7 *Recyclierbare Verpackung*

Trotz der langen Nutzungsphase der Transportgestelle müssen diese aufgrund Verschleiß- und Abnutzungserscheinungen langfristig einer Entsorgung zugeführt werden. Die Metallkonstruktion erlaubt dabei eine Materialwiederverwertung, im Sinne eines Low-Quality-Recyclings. Die Bewertung dieses Kriteriums ist daher mit B angemessen.

#### 5.6.11.8 *Einsatz recycelter Materialien*

Die Herstellung der Transportgestelle erfolgt unter massivem Einsatz von Sekundärmetallen als Produkte eines vorgelagerten Materialrecyclings. Die Bewertung erfolgt aus diesem Grunde mit C.

#### 5.6.11.9 *Einsatz biologisch abbaubarer Materialien*

Aufgrund der stetigen Kreislaufführung der Gestelle bzw. der verarbeiteten Materialien ist der Einsatz biologisch abbaubarer Materialien nicht als zwingend notwendig anzusehen. Eine A-, B- oder C-Bewertung dieses Kriteriums ist daher nicht zutreffend.

## 5.6.12 Umweltfreundliche Beseitigung nicht verwertbarer Materialien

Tabelle 5-22: Bewertung des Bezugsobjektes „iplus S“ anhand der Checkliste „Umweltfreundliche Beseitigung nicht verwertbarer Materialien“

12. umweltfreundliche Beseitigung nicht verwertbarer Materialien						
Bezugsprodukt: <b>iplus S</b>						
Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Vermeiden von Schadstoffen bei der Entsorgung (Abbauprodukte, Emissionen bei Verbrennung etc.)	Komponenten enthalten Schadstoffe	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<b>X</b>
	Komponenten mit geringem toxischen Potential	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>		
	Komponenten sind schadstofffrei	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>		
2. Kennzeichnung von schadstoffhaltigen Komponenten	Werden nicht gekennzeichnet	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<b>X</b>
	Werden teilweise gekennzeichnet	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>		
	Alle Komponenten werden gekennzeichnet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>		
3. Garantie natürlicher Materialien	Materialien sind inkompatibel mit biochemischen Kreisläufen	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<b>X</b>
	Materialien sind kompatibel mit biochemischen Kreisläufen	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>		
	Biologisch abbaubare Materialien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>		

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

Das Produkt kann zu 100 % einem Materialrecycling zugeführt werden. Das Kriterium ist daher nicht zutreffend.

5.6.12.2 Kennzeichnung von schadstoffhaltigen Komponenten

Das Produkt kann zu 100 % einem Materialrecycling zugeführt werden. Das Kriterium ist daher nicht zutreffend.

5.6.12.3 Garantie natürlicher Materialien

Das Produkt kann zu 100 % einem Materialrecycling zugeführt werden. Das Kriterium ist daher nicht zutreffend.

## 5.6.13 Einführung umweltfreundlicher Logistik

Tabelle 5-23: Bewertung des Kriteriums „umweltfreundliche Logistik“

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

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

Die Logistik wird im Rahmen der betrieblichen Umweltpolitik nur teilweise berücksichtigt. Das Kriterium wird dementsprechend mit B bewertet.

#### 5.6.13.2 *Transportfahrzeuge*

Zur Bewertung dieses Kriteriums liegen keine gesicherten Daten vor.

#### 5.6.13.3 *Auswahl von Zulieferbetrieben und Entsorgern*

Die Beanspruchung der Zuliefer- und Entsorgungsunternehmen erfolgt überregional. Aus diesem Grunde wird für das Kriterium die Wertung B vergeben.

#### 5.6.13.4 *Auswahl der Transportmodi*

Im Rahmen des betrieblichen Logistiksystems wird ausschließlich auf Lkw als Transportmodus zurückgegriffen. Die spezifischen Anforderungen an den Transport von Flachglas lassen, gerade unter Berücksichtigung der am Standort gegebenen Infrastruktur, die Nutzung ökologischer sinnvollerer Transportmodi wie Binnenschiff oder Eisenbahn nicht zu. Unter Einbeziehung dieser Umstände wird das vorliegende Kriterium mit B bewertet.

#### 5.6.13.5 *Rückfahrten*

Das betriebliche Logistikkonzept sieht aus ökonomischen Gründen die Minimierung von Leerfahrten vor. Leerfahrten werden grundsätzlich vermieden. Daraus resultierend ergibt sich die C-Wertung dieses Kriteriums.

#### 5.6.13.6 *ökologisches Logistikkonzept*

Das Logistikkonzept ist in starker Anlehnung an das Just-in-time-Prinzip ausgerichtet. Im Rahmen einer logistischen Kurzzeitplanung wird auf Zwischenlager, Verteilerzentren oder ähnliche Einrichtungen verzichtet. Allerdings ist eine A- oder B-Bewertung dieses Kriteriums aufgrund der C-Wertung des Kriteriums 5.6.13.5 nicht gerechtfertigt. Da Leerfahrten sicher ausgeschlossen werden, stellt das Just-in-time-Prinzip (in diesem Fall) ein sowohl ökologisch als auch ökonomisch sinnvolles System dar. Es wird die Wertung C vergeben.

## 5.6.14 Betriebliche Umweltkosten

Tabelle 5-24: Bewertung des Bezugsobjektes „iplus S“ anhand der Checkliste „Betriebliche Umweltkosten“

14. betriebliche Umweltkosten						
Bezugsprodukt: <b>iplus S</b>						
Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Kosten, die das Unternehmen aufbringen muss, um bestimmte Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe zu ersetzen	Es bestehen hohe Umweltkosten	o			o	o
	Es bestehen mittlere Umweltkosten		X			
	Es bestehen geringe oder keine Umweltkosten			o		
2. Ressourcenproduktivitätsverluste	Es bestehen hohe Produktivitätsverluste	o			o	o
	Es bestehen mittlere Produktivitätsverluste		o			
	Es bestehe geringe oder keine Produktivitätsverluste			X		
3. umweltbezogene Gebühren und Auflagen	Es fallen hohe Umweltfolgekosten an	o			o	o
	Es fallen mittlere Umweltfolgekosten an		o			
	Es fallen geringe oder keine Umweltfolgekosten an			X		

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

Auf der Basis persönlicher Informationen werden die aufzubringenden Kosten als mäßig bewertet. Es wird dementsprechend die Wertung B vergeben.

#### 5.6.14.2 *Ressourcenproduktivitätsverluste*

Ressourcenproduktivitätsverluste liegen im Sinne einer Rohstoffvergeudung kaum vor. Die Ressourcen Wasser und Energie werden durch eine aufwändige Kreislaufführung bzw. Abwärmenutzung effizient genutzt. Die während des Sputterprozesses als Abfall anfallenden Metallstäube werden als Sekundärmetalle einer Wiederwendung im Rahmen der Target-Produktion zugeführt. Das vorliegende Kriterium wird aus diesen Gründen mit C bewertet.

#### 5.6.14.3 *Umweltbezogene Gebühren und Auflagen*

Die Umweltfolgekosten des Unternehmens sind persönlichen Informationen zufolge als gering zu betrachten. Es wird daher die Wertung C vergeben.

## 5.6.15 Allgemeine soziale Nachhaltigkeitsfaktoren

Tabelle 5-25: Bewertung des Bezugsobjektes „iplus S“ anhand der Checkliste „Allgemeine soziale Nachhaltigkeitsfaktoren“

15. allgemeine soziale Nachhaltigkeitsfaktoren						
Bezugsprodukt: <b>iplus S</b>						
Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Arbeitsbedingungen	Entsprechen nicht den arbeitsrechtlichen Anforderungen	o			o	o
	Entsprechen den arbeitsrechtlichen Anforderungen		o			
	Gehen über die arbeitsrechtlichen Anforderungen hinaus			X		
2. Einbeziehung der Mitarbeiter in betriebliche Entscheidungsprozesse	Keine Einbeziehung	o			o	o
	Geringe Einbeziehung		o			
	Angemessene Einbeziehung			X		
3. Qualität der Kommunikation, z.B. betriebliches Vorschlagswesen	Kommunikation ist deutlich verbesserungswürdig	o			o	o
	Kommunikation ist nicht ausreichend		o			
	Kommunikation ist angemessen			X		
4. Umweltmotivation	Umweltmotivation ist deutlich verbesserungswürdig	o			o	o
	Umweltmotivation ist nicht ausreichend		o			
	Umweltmotivation ist angemessen			X		
5. soziale Kompetenz des Unternehmens	soziale Kompetenz ist deutlich verbesserungswürdig	o			o	o
	soziale Kompetenz ist nicht ausreichend		o			
	soziale Kompetenz ist angemessen			X		
6. Integration ausländischer Mitarbeiter	Dieser Aspekt wird nicht berücksichtigt	o			o	o
	Entsprechende Maßnahmen sind geplant		o			
	Entsprechende Maßnahmen (z.B. Sprachkurse, mehrsprachige Informationen usw.) werden umgesetzt			X		
7. Integration behinderter Beschäftigter	Dieser Aspekt wird nicht berücksichtigt	o			o	X
	Entsprechende Maßnahmen sind geplant		o			
	Entsprechende Maßnahmen (z.B. behindertengerechte Sanitärausstattungen, alternatives Speiseangebot usw.) werden umgesetzt			o		

#### 5.6.15.1 *Arbeitsbedingungen*

Das Unternehmen wirtschaftet unter Auszahlung übertariflicher Löhne. Die Arbeitsbedingungen gehen über die arbeitsrechtlichen Mindestanforderungen hinaus. Die Bewertung erfolgt daher mit C.

#### 5.6.15.2 *Einbeziehung der Mitarbeiter in betriebliche Entscheidungsprozesse*

Die Einbeziehung der Mitarbeiter stellt eine Handlungsmaxime des Unternehmens dar. Die Einbeziehung erfolgt z.B. durch die Einrichtung des Umweltausschussgremiums. Das Kriterium kann somit als angemessen angesehen und mit C bewertet werden.

#### 5.6.15.3 *Qualität der Kommunikation, z.B. betriebliches Vorschlagswesen*

Das Unternehmen verfügt über kein institutionalisiertes betriebliches Vorschlagswesen. Die Funktion der vorhandenen Einrichtung wird jedoch hinreichend erfüllt. Die Kommunikation kann daher als angemessen angesehen und das Kriterium mit C bewertet werden.

#### 5.6.15.4 *Umweltmotivation*

Die Umweltmotivation ist als angemessen zu beurteilen. Dies zeigt sich z.B. durch Beschilderungen mit konkreten Verhaltens- und Handlungsanweisungen bezüglich der Abfallentsorgung.

#### 5.6.15.5 *Soziale Kompetenz des Unternehmens*

Das Unternehmen weist eine sehr geringe Personalwechselquote auf, wodurch die Bildung eines ausgeprägten Teamgeistes mit sozialen Handlungsmustern gefördert wird. Die soziale Kompetenz des Unternehmens ist folglich mit C zu bewerten.

#### 5.6.15.6 *Integration ausländischer Mitarbeiter*

Die Integration ausländischer Mitarbeiter stellt einen wesentlichen Teil der Internationalisierungs-Bestrebungen des Unternehmens dar. Wichtige Formulare, wie Bedienungsanleitungen, liegen in mehrsprachiger Form vor. Eine Bewertung mit C ist angemessen.

#### 5.6.15.7 *Integration behinderter Beschäftigter*

Bis dato gab es seitens behinderter Beschäftigter keinerlei Nachfragen bezüglich einer Beschäftigung im Hause Interpane. Eine Bewertung mit A, B, oder C ist daher nicht zutreffend

## 5.6.16 Gleichstellung der Geschlechter

Tabelle 5-26: Bewertung des Bezugsobjektes „iplus S“ anhand der Checkliste „Gleichstellung der Geschlechter“

16. Gleichstellung der Geschlechter						
Bezugsprodukt: <b>iplus S</b>						
Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. betriebliche Frauenförderung	Es existieren keine entsprechenden Programme oder Maßnahmen	X			o	o
	Entsprechende Programme oder Maßnahmen sind geplant		o			
	Entsprechende Programme oder Maßnahmen werden umgesetzt			o		
2. Unterstützung der Berufswiederaufnahme nach der Erziehungspause	Dieser Aspekt wird nicht berücksichtigt	o			o	o
	Entsprechende Maßnahmen sind geplant		o			
	Entsprechende Maßnahmen (z.B. Rückkehrhilfe, Kinderbetreuung usw.) werden umgesetzt			X		
3. Angebot an Teilzeitjobs	Teilzeitjobs werden nicht angeboten	o			o	o
	Teilzeitjobs werden nur sehr bedingt und in Ausnahmefällen angeboten		o			
	Grundsätzliches Teilzeitjob-Angebot			X		
4. Möglichkeit des Job-Sharings	Diese Möglichkeit existiert nicht	X			o	o
	Job-Sharing ist nur sehr begrenzt möglich		o			
	Möglichkeit des Job-Sharings ist grundsätzlich gegeben			o		
5. Telearbeitsplätze / Heimarbeit	Keine Möglichkeiten der Heimarbeit	o			o	X
	Heimarbeit ist nur sehr begrenzt möglich		o			
	Möglichkeit der Heimarbeit ist grundsätzlich gegeben			o		

#### 5.6.16.1 *betriebliche Frauenförderung*

Programme oder Maßnahmen zur betrieblichen Frauenförderung sind weder institutionalisiert, noch anderweitig umgesetzt oder geplant. Aus diesem Grund erfolgt die Bewertung des Kriteriums mit A.

#### 5.6.16.2 *Unterstützung der Berufswiederaufnahme nach der Erziehungspause*

Maßnahmen zur Kinderbetreuung werden in Form der engen Zusammenarbeit mit einem ansässigen Kindergarten und einer Schule umgesetzt. Es wird die Wertung C vergeben.

#### 5.6.16.3 *Angebot von Teilzeitjobs*

Das Unternehmen bietet die Möglichkeit von Teilbeschäftigungen an, weshalb das Kriterium mit C bewertet wird.

#### 5.6.16.4 *Möglichkeit des Job-Sharings*

Die Möglichkeit des Job-Sharings ist grundsätzlich nicht gegeben. Aus diesem Grunde wird das Kriterium mit A bewertet.

#### 5.6.16.5 *Telearbeitsplätze / Heimarbeit*

Das Arbeitsfeld des Unternehmens lässt die Einrichtung von Telearbeitsplätzen bzw. Heimarbeit nicht zu. Eine A-, B- oder C-Bewertung ist aus diesem Grunde nicht sinnvoll.

### 5.6.17 Globales Verantwortungsbewusstsein bei der Zusammenarbeit mit internationalen Lieferanten / Auftragnehmern

Tabelle 5-27: Bewertung des Bezugsobjektes „iplus S“ anhand der Checkliste „Globales Verantwortungsbewusstsein bei der Zusammenarbeit mit internationalen Lieferanten / Auftragnehmern“

17. globales Verantwortungsbewusstsein bei der Zusammenarbeit mit internationalen Lieferanten / Auftragnehmern						
Bezugsprodukt: <b>iplus S</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	o			o	X
	-		o			
	ILO 146-Empfehlungen werden eingehalten			o		
2. Berücksichtigung kultureller Gegebenheiten am jeweiligen Standort	keine Berücksichtigung kultureller Aspekte	o			o	X
	-		o			
	Kulturelle Aspekte werden berücksichtigt			o		
3. Unterstützung von Betrieben in Entwicklungsländern	Das Unternehmen leistet keinerlei Unterstützung	o			o	o
	Das Unternehmen leistet geringe Unterstützung		o			
	Das Unternehmen leistet große Unterstützung z.B. durch Know-how-Transfer, Kooperationsprojekte, Partnerschaften usw.			X		

*5.6.17.1 Einhaltung der ILO 146-Empfehlungen zur Kinderarbeit*

Das Unternehmen beschäftigt keine dieses Kriterium berührende Arbeitnehmer. Aus diesem Grunde ist eine A-, B- oder C-Bewertung dieses Kriteriums nicht zutreffend

*5.6.17.2 Berücksichtigung kultureller Gegebenheiten am jeweiligen Standort*

Es wird kein internationaler Standort mit besonderen kulturellen Gegebenheiten konfrontiert. Das Kriterium ist daher nicht zutreffend.

*5.6.17.3 Unterstützung von Betrieben in Entwicklungsländern*

Das Unternehmen unterstützt die Entwicklung osteuropäischer Partnerunternehmen. Die Bewertung des Kriteriums erfolgt dementsprechend mit C.

## 5.6.18 Ökonomische Aspekte / langfristige Unternehmenssicherung

Tabelle 5-28: Bewertung des Bezugsobjektes „iplus S“ anhand der Checkliste „Ökonomische Aspekte; langfristige Unternehmenssicherung“

18. ökonomische Aspekte; langfristige Unternehmenssicherung						
Bezugsprodukt: <b>iplus S</b>						
Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Stabilität der Marktposition	Die Marktposition des Unternehmens ist instabil	o			o	o
	Die Marktposition des Unternehmens ist im Vergleich zu Wettbewerbern relativ sicher		o			
	Das Unternehmen erweitert seine Marktanteile bzw. erschließt neue (zukunftsfähige) Märkte			X		
2. Anteil von Fremdkapital	Hohe Fremdkapitalquote	o			o	o
	Geringe Fremdkapitalquote		X			
	Es liegen keine Fremdkapitalanlagen vor			o		
3. ökonomische Handlungsgrundsätze	Das Unternehmen räumt kurzfristigen Gewinnen oberste Priorität ein	o			o	o
	-		o			
	Das Unternehmen verfolgt eine langfristige Unternehmenssicherung			X		
4. Minimierung von Transportwegen	Maßnahmen zur Minimierung der Transportwege werden nicht umgesetzt	o			o	o
	Maßnahmen zur Minimierung der Transportwege werden teilweise umgesetzt		o			
	Maßnahmen zur Minimierung der Transportwege werden stetig erarbeitet und umgesetzt			X		
5. Erhöhung der Energie- und Ressourcenproduktivität	Energie- und Ressourcenproduktivität werden nicht erhöht	o			X	o
	Erhöhung der Energie- und Ressourcenproduktivität um den Faktor 4		o			
	Erhöhung der Energie- und Ressourcenproduktivität um den Faktor 10			o		
6. innovative Wirtschaftspolitik	Umsetzen einer traditionellen / konservativen Wirtschaftspolitik	o			o	o
	Umsetzen einer teilweise innovativen Wirtschaftspolitik		o			
	Innovation ist (ein) Grundsatz der unternehmerischen Wirtschaftspolitik			X		
7. Sicherung der Konjunktur-Tragfähigkeit	Ökonomische Aktivitäten werden kaum geplant	o			o	o
	Ökonomische Aktivitäten werden in Maßen geplant		X			
	Massive Planung ökonomischer Aktivitäten zur Sicherung der Konjunktur-Tragfähigkeit			o		

(Bewertungsbezug)<sup>8</sup>

#### 5.6.18.1 *Stabilität der Marktposition*

Persönlichen Informationen zufolge durchläuft das Unternehmen einen stetigen Expansionsprozess. Die Bewertung mit C ist demnach gerechtfertigt.

#### 5.6.18.2 *Fremdkapitalanteil*

Die Fremdkapitalquote beträgt ca. 30 Prozent und stellt einen relativ geringen Anteil dar. Es wird die Wertung B vergeben.

#### 5.6.18.3 *Ökonomische Handlungsgrundsätze*

Die Unternehmenspolitik basiert nicht auf kurzfristiger Gewinnmaximierung, sondern auf Prinzipien langfristiger Unternehmenssicherung. Dementsprechend erfolgt die Bewertung mit C.

#### 5.6.18.4 *Minimierung von Transportwegen*

Aus überwiegend ökonomischen Interessen strebt das Unternehmen die stetige Optimierung des betrieblichen Logistikkonzepts an. Dabei stellt die Minimierung der Transportwege ein wesentliches Kriterium dar. Aus diesem Grunde wird die Bewertung C vergeben.

#### 5.6.18.5 *Erhöhung der Energie- und Ressourcenproduktivität*

Hinsichtlich der Bewertung der Ressourcenproduktivitätserhöhung stehen keine Daten zur Verfügung.

#### 5.6.18.6 *Innovative Wirtschaftspolitik*

Das Unternehmen betreibt eine innovative Wirtschaftspolitik. So werden z. B. stetig erhebliche Investitionen im Rahmen von Forschungs- bzw. Produktoptimierungsprojekten getätigt. Es ergibt sich eine C-Wertung dieses Kriteriums.

#### 5.6.18.7 *Sicherung der Konjunktur-Tragfähigkeit*

Spezifische Maßnahmen zum Zwecke der Sicherung der Konjunktur-Tragfähigkeit werden in Maßen umgesetzt. Demzufolge wird die Wertung B vergeben.

---

<sup>8</sup> Den Bewertungen liegen persönliche Informationen zugrunde.

## 5.6.19 Kooperationsbereitschaft mit Anspruchsgruppen (stakeholder)

Tabelle 5-29: Bewertung des Bezugsobjektes „iplus S“ anhand der Checkliste „Kooperationsbereitschaft mit Anspruchsgruppen (stakeholder)“

19. Kooperationsbereitschaft mit Anspruchsgruppen (stakeholder)						
Bezugsprodukt: <b>iplus S</b>						
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 Aktionsprogrammen	o			o	o
	Das Unternehmen beteiligt sich sehr bedingt an ökologischen oder sozialen Aktionsprogrammen		o			
	Das Unternehmen beteiligt sich stark an ökologischen oder sozialen Aktionsprogrammen			X		
3. behördliche Kooperation	Keine Zusammenarbeit mit Behörden	o			o	o
	Geringfügige Zusammenarbeit mit Behörden		o			
	Verstärkte Zusammenarbeit mit Behörden			X		
4. Einbeziehung der Anwohner	Anforderungen von Anwohnern werden (ohne behördlich Auflagen) nicht berücksichtigt	o			o	o
	Anforderungen von Anwohnern werden (ohne behördlich Auflagen) geringfügig berücksichtigt		o			
	Das Unternehmen reagiert (ohne behördliche Auflagen) umgehend auf Anforderungen/Beschwerden der Anwohner			X		

(Bewertungsbezug)<sup>9</sup>

#### 5.6.19.1 *Kundenanforderungen hinsichtlich ökologischen, sozialen und ökonomischen Aspekten*

Das Unternehmen betreibt stetige Aktivitäten zur Ermittlung und Berücksichtigung der Kundenanforderungen. Die Bewertung ist aus diesem Grunde mit C angemessen.

#### 5.6.19.2 *Beteiligung an der Erstellung (kommunaler) ökologischer oder sozialer Aktionsprogramme; z. B. lokale Agenda 21*

Das Unternehmen beteiligt sich an verschiedenen ökologischen und sozialen Aktionsprogrammen. Die Bewertung des Kriteriums erfolgt daher mit C.

#### 5.6.19.3 *Behördliche Kooperation*

Das Unternehmen agiert verstärkt in behördlicher Zusammenarbeit, woraus die Wertung C resultiert.

#### 5.6.19.4 *Einbeziehung der Anwohner*

Das Unternehmens hat bereits mehrmals freiwillig auf Anforderungen bzw. Beschwerden von Anwohnern reagiert. Es besteht beidseitiges Interesse an einem guten Nachbarschaftsverhältnis. Das Kriterium wird daher mit C bewertet.

---

<sup>9</sup> Die Bewertungen basieren auf persönlichen Informationen aus dem Hause Interpane.

## 6 Das Bezugsobjekt „Floatglas“

### 6.1 Das Unternehmen Pilkington

Pilkington ist einer der weltgrößten Hersteller von Glas und Glasprodukten für den Bau- und Automobilmarkt sowie weitere spezialisierte Anwendungsbereiche, z. B. in der Luft- und Raumfahrtindustrie. Mit Produktionsstandorten in 25 Ländern auf fünf Kontinenten hat Pilkington im Vergleich zu anderen Glasherstellern die größte geographische Verbreitung und kann damit sehr gut den Anforderungen seiner zunehmend global agierenden Kunden entsprechen.

Die Unternehmensgruppe Pilkington wurde 1826 gegründet und blieb ein Familienunternehmen, bis 1970 Aktien an der Londoner Börse ausgegeben wurden. Damals wurden noch ungefähr 70 % des Umsatzes in Großbritannien getätigt, heute liegen die Geschäftsaktivitäten zu mehr als 80 % außerhalb.

Der jährliche Umsatz beläuft sich auf etwa 4,5 Mrd. €. Davon sind über die Hälfte in Europa erwirtschaftet, fast ein Drittel in Nordamerika und der Rest vornehmlich in Südamerika und Australien. Bauglasprodukte haben am Gesamtumsatz einen Anteil von ca. 50 % und Fahrzeugglasprodukte von knapp unter 50 %. Pilkington hat jeweils bedeutende Marktanteile an den Bau- und Fahrzeugglasmärkten weltweit.

Von zentraler Bedeutung für Pilkington ist das Floatverfahren, das 1952 von Sir Alastair Pilkington erfunden wurde. Es ist inzwischen der universelle Prozess für die Herstellung von klaren, getönten und beschichteten Gläsern für den Baubereich sowie klaren und getönten Gläsern für Fahrzeuge.

Pilkington betreibt heute 25 Floatanlagen in 13 Ländern und ist an zehn weiteren beteiligt. Die breite Produktpalette ist im Bereich Building Products in Markenkategorien eingeteilt, die Nutzen und Funktion der einzelnen Produkte definieren:

- Energiemanagement
- Brandschutz
- Lärmschutz
- Sicherheit
- Gestaltung / Dekoranwendungen
- Glassysteme und Spezialgläser

Floatglas wird außerdem zu Fahrzeugglasprodukten und –systemen verarbeitet. Pilkington ist einer der weltweit größten Lieferanten von Einscheiben- und Verbundsicherheitsglas für Autos, Lkw, Busse etc. Als Zulieferer der bedeutenden Fahrzeughersteller der Welt hat das Unternehmen

eine führende Position bei der Weiterentwicklung von komplexen und funktional hochleistungsfähigen Fahrzeuggläsern.

Pilkington stellt des weiteren besonders dünnes Floatglas für die Elektronikindustrie sowie Kunststoff-Verbundeinheiten u. a. für Flugzeuge her.

Weltweit beschäftigt Pilkington etwa 26.800 Mitarbeiter, davon arbeiten ungefähr 16.300 in Europa, 6.000 in Nordamerika, 1.900 in Südamerika und 2.600 in Australien, Neuseeland und Asien.

Pilkington investiert jährlich etwa 58 Mio. € in Forschung und Entwicklung. Die Programme konzentrieren sich auf die Entwicklung neuer Produkte und die Verbesserung der Produktionsleistung.

### Standort Seingbouse

Am Standort in Seingbouse (Frankreich) sind derzeit ca. 200 Mitarbeiter beschäftigt. Der Standort wurde am 17. Februar, 2000 als Joint-Venture der Unternehmen Pilkington und Interpane gegründet. Die Fläche des Standortes umfasst 900 m · 500 m. Davon bestehen 57.000 m<sup>2</sup> aus versiegelter Fläche, 32.00 m<sup>2</sup> werden durch Straßen genutzt. Das Kapital des Standortes beträgt 45 Mio. €.



**Abbildung 6-1: Floatherstellung am Standort Seingbouse (Frankreich) des Joint-Ventures Pilkington / Interpane**

## 6.2 Produkt- / Verfahrensbeschreibung

### 6.2.1 Definition des Begriffes „Floatglas“

Floatglas ist nach DIN EN 572-1 wie folgt definiert:

„Planes, durchsichtiges, klares oder eingefärbtes Natronkalkglas mit parallelen und feuerpolierten Oberflächen, das durch Aufgießen und Fließen über ein Metallbad hergestellt wird.“

### 6.2.2 Der Floatprozess

Maßgeblich für den Namen Floatglas ist der Fluss der Glasschmelze über das Metallbad im Zuge des Formgebungsprozesses. Abbildung 6-2 zeigt die schematische Darstellung des Flachglasherstellungsprozesses nach dem Floatverfahren. Die einzelnen Prozessabschnitte sollen im Folgenden dargestellt werden:

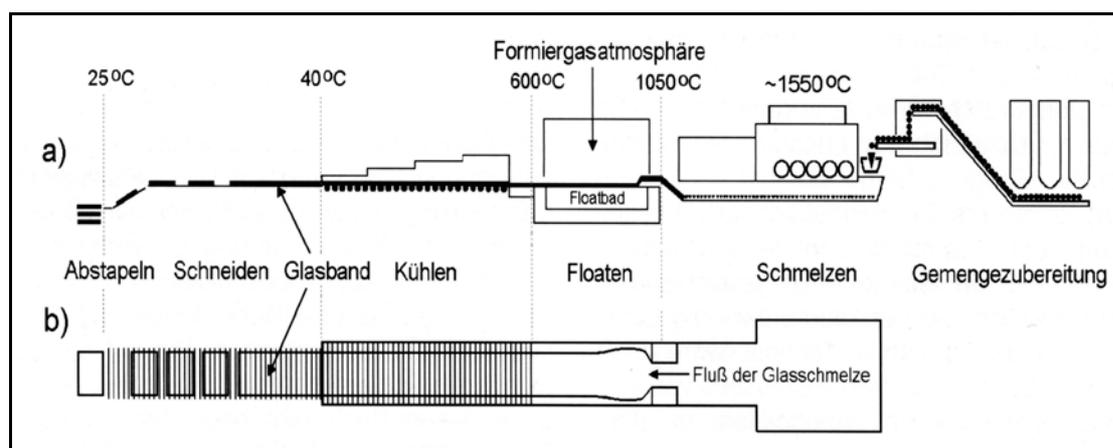


Abbildung 6-2: Schematische Darstellung des Flachglasherstellungsprozesses nach dem Float-Verfahren, mit a) Seitenansicht; b) Aufsicht; Quelle: Gläser, L., Dünnschichttechnologie auf Flachglas, 1999

### 6.2.2.1 *Gemengezubereitung*

Natronkalkgläser werden im Wesentlichen aus den natürlichen Rohstoffen Quarzsand ( $\text{SiO}_2$ ), Kalk ( $\text{CaCO}_3$ ), Dolomit ( $\text{CaCO}_3/\text{MgCO}_3$ ) und Feldspat bzw. Nephelinsyenit sowie aus den synthetischen Rohstoffen Soda ( $\text{NaCO}_3$ ) und Natriumsulfat ( $\text{NaSO}_4$ ) erschmolzen. Zudem erfolgt die Zumischung eines relativ hohen Anteils Flachglasscherben, um die Schmelztemperatur zu senken. In Abhängigkeit vom jeweiligen Ursprung der Rohstoffe, kann Floatglas noch geringe Anteile von Eisenoxid ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) und anderen Bestandteilen aufweisen. Der Transport, das Abwiegen sowie Vermischung der einzelnen Komponenten erfolgt weitestgehend automatisch. Zusätzlich wird dem Gemisch ein bestimmter Prozentsatz Wasser zugesetzt, um eine Entmischung der unterschiedlichen Kornmaterialien und Staubbefreiungen zu verhindern.

### 6.2.2.2 *Schmelzofen*

Das Schmelzen der Grundstoffe erfolgt bei einer Temperatur von 1560 °C. Unmittelbar nach der Schmelze erfolgt das Läutern der flüssigen Glasmasse, wobei diese homogenisiert und von gashaltigen Blasen befreit wird. Die Viskosität des zähflüssigen Glases wird durch Kühlung den Anforderungen des Formgebungsprozesses angepasst.

### 6.2.2.3 *Floatbad*

Aus der Schmelzwanne wird das Glas über das flüssige Metall, in diesem Fall bei ungefähr 1000 °C geschmolzenes Zinn, ausgegossen. Aufgrund seiner geringeren Dichte schwimmt das Glas auf dem Zinn und bildet ein 6 bis 7 mm starkes, absolut planes Band. Die Politur der Glasoberflächen erfolgt badseitig durch das Zinn, atmosphärenseitig durch die Flammen der Ofenfeuerung.

### 6.2.2.4 *Kühlkanal*

Im sich dem Zinnbad anschließenden Kühlkanal erfolgt die Abkühlung des erstarrten Floatbandes von 620 °C auf 250 °C. An der Luft erfährt das Glas schließlich die notwendige langsame Abkühlung, wodurch alle inneren Spannungen, die beim Zuschnitt zu Bruch führen können, abgebaut werden.

### 6.2.2.5 *Zuschneiden*

Das erkaltete Glasband wird automatisch in Bandmaße von 3,21 m · 6,00 m geschnitten. Fehlerhafte Abschnitte werden dabei automatisch erfasst und dem Scherbenbunker zugeführt.

In Abbildung 6-3 sind die verschiedenen Rohstoffströme im Rahmen des Floatprozesses schematisch dargestellt:

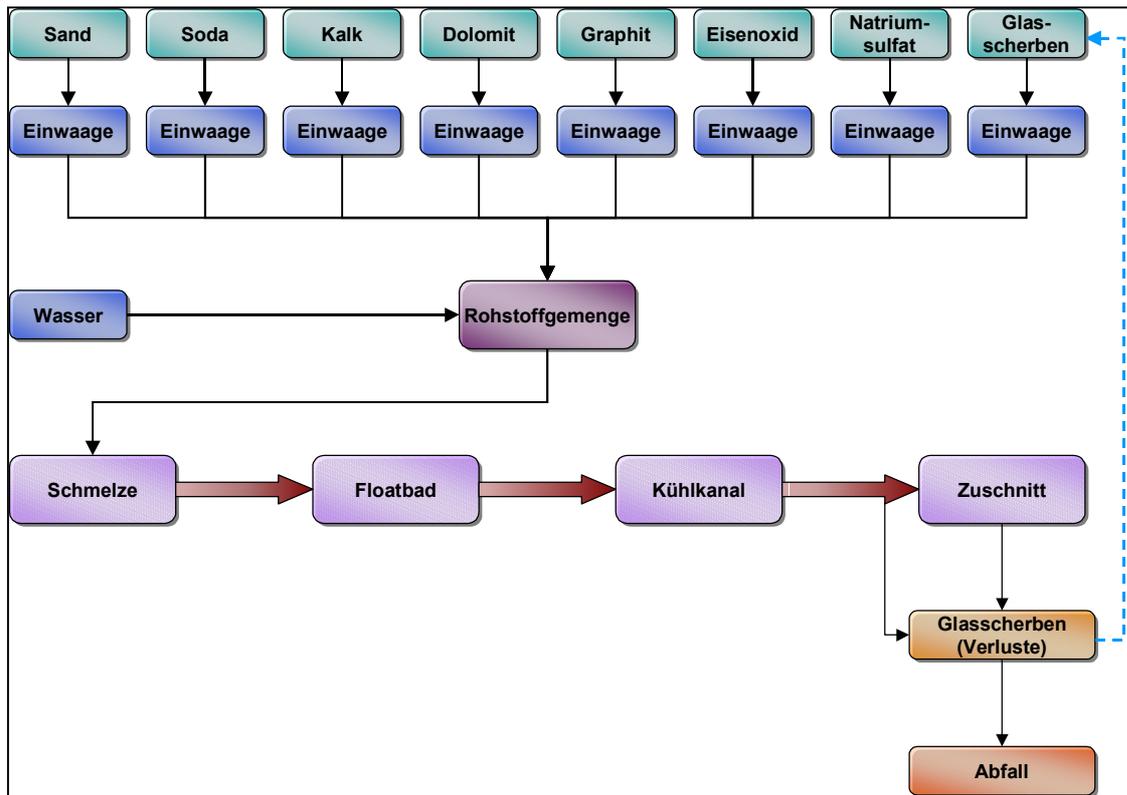


Abbildung 6-3: Darstellung der beim Floatprozess relevanten Rohstoffströme

## 6.3 Energie- und Stoffströme

### 6.3.1 Wasserbedarf

Der Wasserbedarf des Floatprozesses resultiert im Wesentlichen aus dem zur Viskositätseinstellung im späten Schmelzprozess eingesetzten Kühlwasser, dem Wasserbedarf der Waschanlage sowie dem zur Einstellung der Gemengefeuchtigkeit benötigten Wasser. Dieser Sachverhalt soll durch die folgende Abbildung verdeutlicht werden:

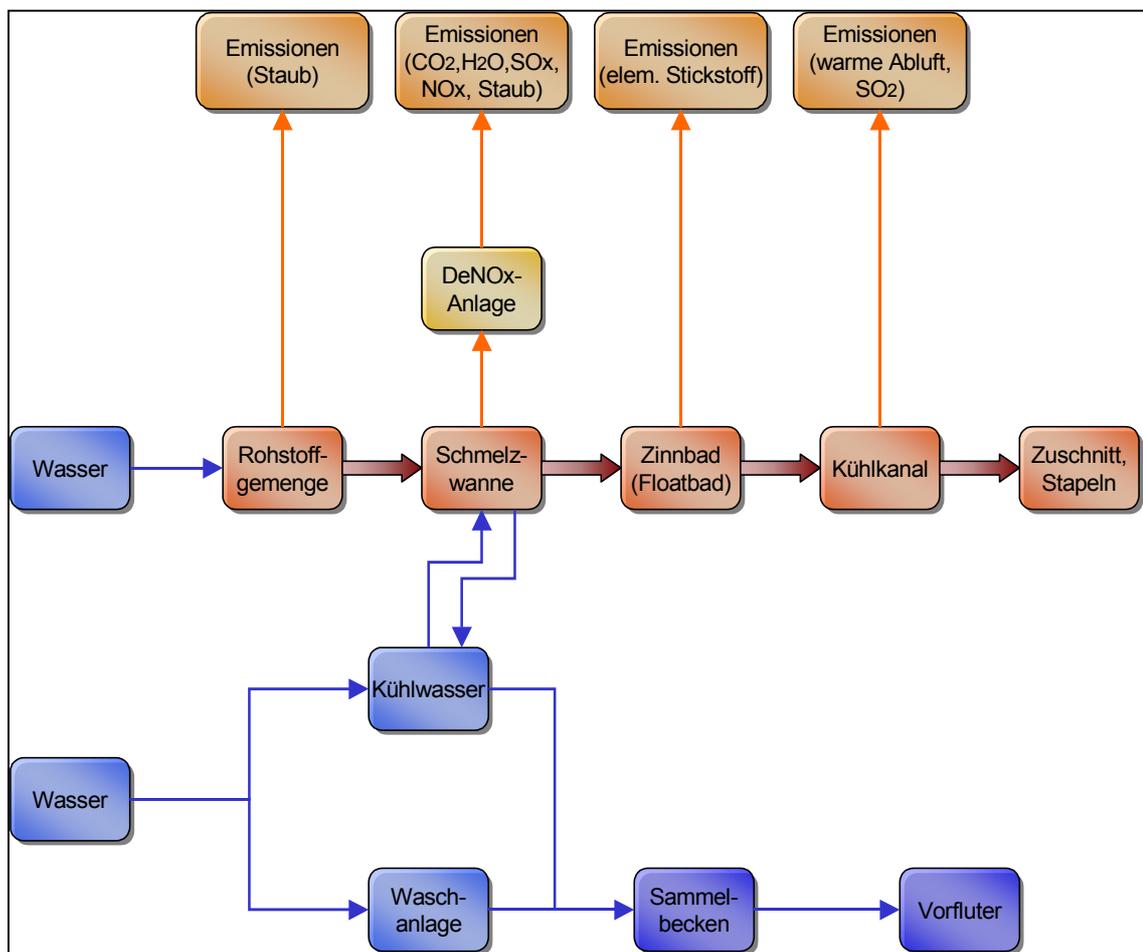


Abbildung 6-4: Qualitative Darstellung von Wassereinsatz und Emissionen während des Floatprozesses

Quantitativ ergibt sich ein Wasserverbrauch von  $8,7 \text{ [m}^3 / \text{h]}$ . Dieser Wert schließt den Bedarf an Trinkwasser ein. Dessen Verbrauch durch sanitäre Anlagen liegt bei  $2,0 \text{ [m}^3 / \text{h]}$ . Aus Gründen der Vergleichbarkeit soll dieser bei der Ermittlung des produktbezogenen Wasserbedarfs mit einbezogen werden. Es wird ein täglicher Durchsatz von 800 Tonnen Floatglas erzielt. Der produktbezogene Wasserbedarf errechnet sich damit wie folgt:

$$\Rightarrow \frac{800 \left[ \frac{t_{\text{Produkt}}}{d} \right]}{24 \left[ \frac{h}{d} \right]} = 33,3 \left[ \frac{t_{\text{Produkt}}}{h} \right] \quad \text{Gl. 6-1}$$

$$\Rightarrow \frac{8,7 \left[ \frac{\text{m}^3_{\text{Wasser}}}{h} \right]}{33,3 \left[ \frac{t_{\text{Produkt}}}{h} \right]} = 0,26 \left[ \frac{\text{m}^3_{\text{Wasser}}}{t_{\text{Produkt}}} \right] = 0,26 \left[ \frac{\text{L}}{\text{kg}_{\text{Produkt}}} \right] \quad \text{Gl. 6-2}$$

Mittels der Glasdichte ( $\rho = 2,4 \text{ [kg / m}^2 / \text{mm]}$ ) lässt sich dieser Wert auf einen  $\text{m}^2$  Float beziehen:

$$\Rightarrow \rho = 2,4 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{mm}} \right] = 2,4 \left[ \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right] = 2.400 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \quad \text{Gl. 6-3}$$

Bei einer Glasstärke von 4,0 mm entspricht dies:

$$\Rightarrow 2.400 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \cdot 0,004 \text{ [m]} = 9,6 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right] \quad \text{Gl. 6-4}$$

$$\Rightarrow 0,26 \left[ \frac{\text{L}}{\text{kg}} \right] \cdot 9,6 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right] = 2,5 \left[ \frac{\text{L}}{\text{m}^2} \right] \quad \text{Gl. 6-5}$$

Der produktbezogene Wasserverbrauch von  $2,5 \text{ [L / m}^2]$  berücksichtigt bereits die Kreislaufführung des Schmelzofenkühlwassers.

## 6.3.2 Energiebedarf

### 6.3.2.1 Prozessbezogener Energiebedarf

Der Energieverbrauch des Floatprozesses gliedert sich in elektrische und thermische Energie. Hinsichtlich des elektrischen Energieverbrauchs ist eine isolierte Betrachtung des Prozesses nicht möglich. Die Datenerhebung berücksichtigt sowohl die gesamte Produktion als auch nicht produktionsintegrierte Verbraucher wie z.B. Büros und bestimmte Beleuchtungseinheiten.

#### 6.3.2.1.1 Elektrischer Energiebedarf

Die Stromversorgung erfolgt durch sechs Trafos mit jeweils  $2000 \text{ [A]} \cdot 220 \text{ [V]} = 440 \text{ [kW]}$  Leistung, sowie durch vier Trafos mit jeweils  $3150 \text{ [A]} \cdot 200 \text{ [V]} = 630 \text{ [kW]}$  Leistung. Es werden dabei ca. 60 % der insgesamt zur Verfügung stehenden Leistung kontinuierlich benötigt. Damit ergibt sich ein Wert von:

$$\Rightarrow (440 \text{ [kW]} + 630 \text{ [kW]}) \cdot 0,6 = 642 \text{ [kW]} \quad \text{Gl. 6-6}$$

Der produktbezogene elektrische Energiebedarf ermittelt sich daraus wie folgt:

$$\Rightarrow \frac{800 \left[ \frac{\text{t}_{\text{Produkt}}}{\text{d}} \right]}{24 \left[ \frac{\text{h}}{\text{d}} \right]} = 33,3 \left[ \frac{\text{t}_{\text{Produkt}}}{\text{h}} \right] \quad \text{Gl. 6-7}$$

$$\Rightarrow \frac{642 \text{ [kW]}}{33,3 \left[ \frac{\text{t}}{\text{h}} \right] \cdot 1.000 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{t}} \right]} = 0,02 \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{kg}} \right] \quad \text{Gl. 6-8}$$

$$\Rightarrow 0,02 \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{kg}} \right] \cdot 9,6 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2_{\text{Float}}} \right] = 0,19 \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2_{\text{Float}}} \right] \quad \text{Gl. 6-9}$$

Der produktspezifische elektrische Energiebedarf beträgt  $0,19 \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2_{\text{Float}}} \right]$ .

## 6.3.2.1.2 Thermischer Energiebedarf

Thermische Energie wird hauptsächlich zur Erzeugung der erforderlichen Temperatur während des Schmelzprozesses benötigt. Der Schmelzofen ist zu diesem Zweck mit 14 Brennersystemen ausgestattet, von denen sich jeweils sieben auf der rechten bzw. der linken Ofenseite befinden. Als Brennstoff dient Erdgas, d.h. hauptsächlich Methan. Für den kontinuierlichen Schmelzvorgang kommen die linken und rechten Brennereinheiten alternierend zum Einsatz. Die Betriebsperioden betragen dabei jeweils 20 Minuten. Das entstehende Rauchgas wird zur regenerativen Vorwärmung der Verbrennungsluft genutzt. Die auf jeder Ofenseite angebrachten Gaskanäle dienen dabei je nach Betriebsperiode der Luftversorgung oder der Rauchgasableitung. Die folgende Abbildung soll diesen Sachverhalt verdeutlichen:

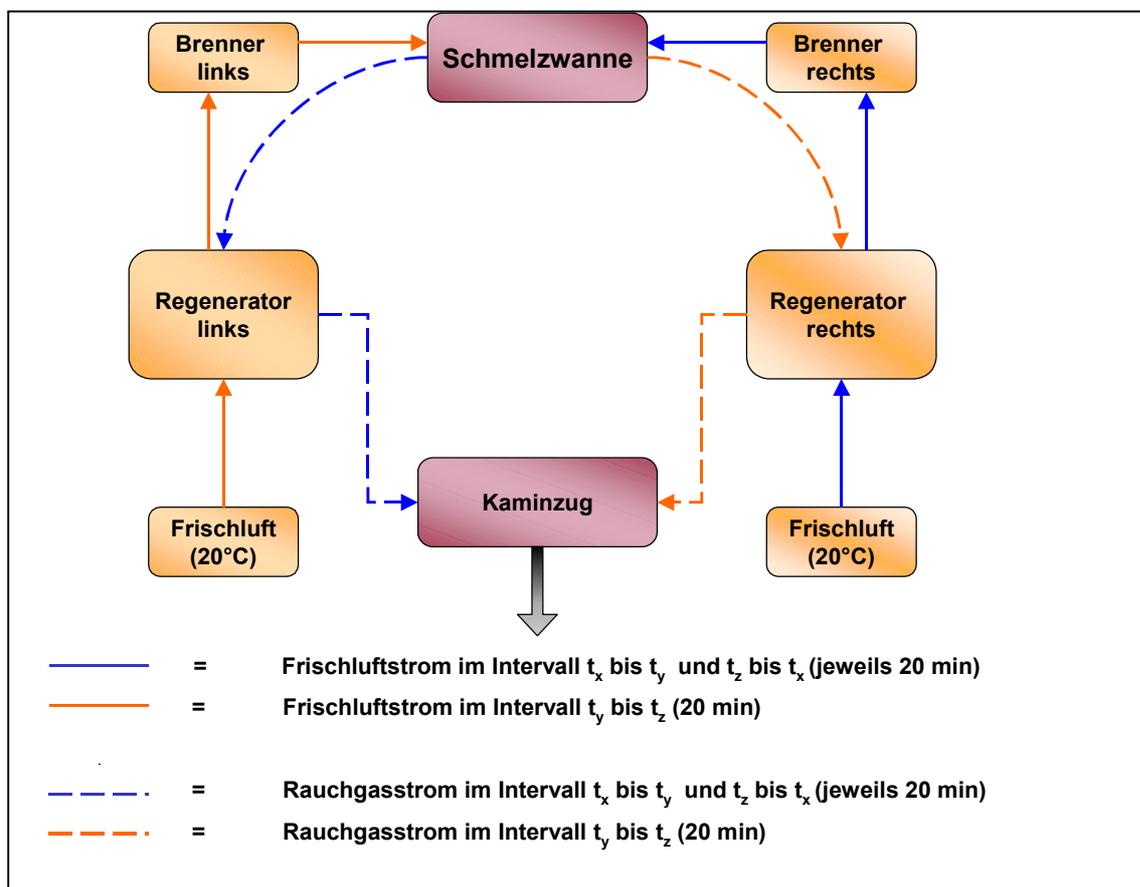


Abbildung 6-5: Darstellung der regenerativen Frischluft- und Rauchgasströme während des Schmelzprozesses

Auf diese Weise werden durch den Floatprozess 5.600 [Nm<sup>3</sup> / h] Gas verbraucht. Mittels des Wärmeinhalts des Erdgases kann dessen Verbrauch in kWh bestimmt werden. Da Erdgas aus vielen unterschiedlichen Quellen bezogen wird, liegen i.d.R. erhebliche Schwankungen hinsichtlich des Wärmeinhalts vor. Aus diesem Grunde ist die Umrechnung des thermischen Energieverbrauchs in die Einheit kWh in Bezug auf den Normzustand des Gases sinnvoll. Durch den Bezug auf eine Normtemperatur von 273,15 Kelvin, einem Normdruck von 1.013,25 [mbar] und den Trockenzustand wird die Vergleichbarkeit entsprechend ermittelter Werte ermöglicht. Der nach den Bestimmungen des Eichgesetzes ermittelte Wärmeinhalt des Erdgases beträgt unter den oben genannten Voraussetzungen derzeit 11,5 [kWh / m<sup>3</sup>]. Der produkt-bezogene, thermische Energieverbrauch beträgt damit:

$$\Rightarrow 11,5 \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3} \right] \cdot 5.600 \left[ \frac{\text{Nm}^3}{\text{h}} \right] = 64.400 \text{ [kW]} \quad \text{Gl. 6-10}$$

$$\Rightarrow \frac{64.400 \text{ [kW]}}{33,3 \left[ \frac{\text{t}_{\text{Produkt}}}{\text{h}} \right] \cdot 1.000 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{t}_{\text{Produkt}}} \right]} = 1,93 \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{kg}} \right] \quad \text{Gl. 6-11}$$

$$\Rightarrow 1,93 \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{kg}} \right] \cdot 9,6 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2_{\text{Float}}} \right] = 18,53 \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2_{\text{Float}}} \right] \quad \text{Gl. 6-12}$$

Der produktspezifische thermische Energiebedarf beträgt  $18,53 \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2_{\text{Float}}} \right]$ .

### 6.3.2.2 Produkt- bzw. prozessbezogener Gesamtenergiebedarf

Der produkt- bzw. prozessbezogene Gesamtenergiebedarf beträgt somit:

$$\Rightarrow \left( 0,19 \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2_{\text{Float}}} \right] \right)_{\text{elektrisch}} + \left( 18,53 \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2_{\text{Float}}} \right] \right)_{\text{thermisch}} = 18,72 \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2_{\text{Float}}} \right]_{\text{gesamt}} \quad \text{Gl. 6-13}$$

### 6.3.2.3 Prozessexterner thermischer Energiebedarf

Der prozessexterne thermische Energiebedarf resultiert aus dem Verbrauch von Erdgas durch die betriebsinterne Heizungsanlage. Der jährliche Heizenergiebedarf beträgt 83.950 [kWh] bzw. 230 [kWh / d]. Der produktspezifische prozessexterne Heizenergiebedarf beträgt somit:

$$\frac{230 \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{d}} \right]}{83.333 \left[ \frac{\text{m}^2_{\text{Float}}}{\text{d}} \right]} = 0,003 \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2_{\text{Float}}} \right] \quad \text{Gl. 6-14}$$

## 6.3.3 Emissionen

Emissionen treten zum einen während der Gemengezubereitung in Form von Staub auf. Das aus dem restlichen Prozess abgeleitete Abgas enthält zudem CO<sub>2</sub>, Schwefeldioxid und Schwefeltrioxid (SO<sub>x</sub>), Stickoxide (NO<sub>x</sub>), Chlorwasserstoff (HCl) sowie warme Abluft (siehe Abbildung 6-4). Des Weiteren ist der betriebsinterne Verbrauch von Heizenergie mit direkten Emissionen verbunden.

### 6.3.3.1 Prozessbezogene Emissionen

Die aus der Floatglasherstellung resultierenden (prozessspezifischen) wesentlichen Schadstoffemissionen sind in der folgenden Tabelle quantitativ dargestellt. Hierbei handelt es sich um nicht normierte Werte, die einem Bezugssauerstoffgehalt von 8 % zu Grunde liegen. Der Rauchgasvolumenstrom beträgt 77.750 [Nm<sup>3</sup> / h].

Tabelle 6-1: Prozessbezogene Emissionsmassenströme und -konzentrationen der Floatanlage

Schadstoff	Massenstrom [kg/h]	Massenkonzentration [mg/m <sup>3</sup> ]
Staub	10,3	132,5
Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	55,2	710,0
Stickstoffmonoxid / Stickstoffdioxid (NO <sub>x</sub> )	62,2	800,0
Chlorwasserstoff (HCl)	2,6	33,4

### 6.3.3.2 Prozessbezogene Kohlendioxid-Emission

Bezüglich der Emission von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) stehen keine betriebsinternen Daten zur Verfügung. Aus diesem Grunde wird die CO<sub>2</sub>-Emission nachfolgend ermittelt. Der Luftüberschuss ( $\lambda$ ) berechnet sich nach der Gleichung:

$$\Rightarrow \lambda = \frac{21[\text{Vol. \%}]}{21[\text{Vol. \%}] - \text{O}_2[\text{Vol. \%}]} \quad \text{Gl. 6-15}$$

Dabei entspricht O<sub>2</sub> dem Rest- bzw. Bezugssauerstoffgehalt von 8 Vol. %. Demnach beträgt der Luftüberschuss:

$$\Rightarrow \lambda = \frac{21[\text{Vol. \%}]}{21[\text{Vol. \%}] - 8[\text{Vol. \%}]} = 1,62 \quad \text{Gl. 6-16}$$

Der Kohlendioxidgehalt des Rauchgases (CO<sub>2</sub>) kann durch die folgende Beziehung ermittelt werden.

$$\Rightarrow \text{CO}_2[\text{Vol. \%}] = \frac{\text{CO}_{2,\text{max}}[\text{Vol. \%}]}{\lambda} \quad \text{Gl. 6-17}$$

Der Wert für CO<sub>2,max</sub> stellt den brennstoffspezifischen maximalen Kohlendioxidgehalt im trockenen Abgas in Volumenprozent dar. Der genaue CO<sub>2,max</sub> – Wert des eingesetzten Erdgases ist nicht bekannt. Aus diesem Grunde wird der allgemeingültige Durchschnittswert von 12,0 für Erdgas H (nach G. Cerbe, Grundlagen der Gastechnik, 1988) angenommen. Der CO<sub>2</sub>-Gehalt des Rauchgases beträgt somit:

$$\Rightarrow \text{CO}_2[\text{Vol. \%}] = \frac{12,0[\text{Vol. \%}]}{1,62} = 7,41[\text{Vol. \%}] \quad \text{Gl. 6-18}$$

Der CO<sub>2</sub>-Volumenstrom beträgt damit:

$$\Rightarrow \dot{V}_{\text{CO}_2} = 77.750 \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right] \cdot 0,0741 = 5.761 \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right] \quad \text{Gl. 6-19}$$

Die Umrechnung auf den diesbezüglich emittierten Massenstrom erfordert die Berechnung der Dichte in Abhängigkeit von der Rauchgastemperatur. Diese beträgt näherungsweise 473 K. Die Umrechnung der Normdichte des Kohlendioxids auf den Betriebszustand erfolgt nach der Zustandsgleichung

$$\Rightarrow \rho_2 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] = \rho_1 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \cdot \frac{T_1 [\text{K}] \cdot p_2 [\text{hPa}]}{T_2 [\text{K}] \cdot p_1 [\text{hPa}]} \quad (\text{s.o.})$$

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

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

$$\Rightarrow \rho_2 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] = 1,98 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \cdot \frac{273 [\text{K}] \cdot 1013 [\text{hPa}]}{473 [\text{K}] \cdot 1013 [\text{hPa}]} = 1,14 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \quad (\text{s.o.})$$

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

$$\Rightarrow \dot{m}_{\text{CO}_2} = 5.761 \left[ \frac{\text{m}^3_{\text{CO}_2}}{\text{h}} \right] \cdot 1,14 \left[ \frac{\text{kg}_{\text{CO}_2}}{\text{m}^3_{\text{CO}_2}} \right] = \mathbf{6.568} \left[ \frac{\text{kg}_{\text{CO}_2}}{\text{h}} \right] = 57.536 \left[ \frac{\text{Mg}}{\text{a}} \right]$$

Gl. 6-20

Dabei handelt es sich um den direkt emittierten  $\text{CO}_2$ -Massenstrom. Die Emission von  $\text{CO}_2$ -Äquivalenten wird nicht berücksichtigt.

Die produktbezogenen Massenströme werden wie folgt ermittelt:

$$\Rightarrow \frac{83.333 \left[ \frac{\text{m}^2_{\text{Float}}}{\text{d}} \right]}{24 \left[ \frac{\text{h}}{\text{d}} \right]} = 3.472 \left[ \frac{\text{m}^2_{\text{Float}}}{\text{h}} \right] \quad \text{Gl. 6-21}$$

$$\Rightarrow \frac{x \left[ \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right]}{3.472 \left[ \frac{\text{m}^2_{\text{Float}}}{\text{h}} \right]} = y \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2_{\text{Float}}} \right] \quad \text{Gl. 6-22}$$

Die auf diese Weise berechneten Emissionen sind in der folgenden Tabelle quantitativ dargestellt:

Tabelle 6-2: Produkt- bzw. prozessbezogene Schadstoffmassenströme

Schadstoff	Massenstrom [g/m <sup>2</sup> <sub>Float</sub> ]	Massenkonzentration [g/m <sup>3</sup> ]
<b>Staub</b>	<b>2,97</b>	0,133
<b>Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>)</b>	<b>15,90</b>	0,710
<b>Stickstoffmonoxid / Stickstoffdioxid (NO<sub>x</sub>)</b>	<b>17,91</b>	0,800
<b>Chlorwasserstoff (HCl)</b>	<b>0,749</b>	0,034
<b>Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)</b>	<b>1.891,7</b>	84,4

### 6.3.3.3 Prozessexterne Kohlendioxid-Emission

Die prozessexterne CO<sub>2</sub>-Emission resultiert ausschließlich aus dem thermischen Energiebedarf der erdgasbefeuerten Heizungsanlage. Der tägliche Heizenergieverbrauch beträgt 230 [kWh]. Der Wärmeinhalt des Erdgases ist nicht bekannt. Aus diesem Grunde wird der allgemeingültige Wert von 11,5 [kWh / Nm<sup>3</sup>] angenommen (nach Cerbe, G.: Grundlagen der Gastechnik, 1988). Es wird damit das folgende tägliche Volumen Stadtgas verbraucht:

$$\Rightarrow \frac{230 \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{Nm}^3} \right]}{11,5 \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{Nm}^3} \right]} = 20,0 \left[ \text{Nm}^3 \right] \quad \text{Gl. 6-23}$$

Das aus der Verbrennung des Erdgases resultierende Rauchgasvolumen ist nicht bekannt. Es wird daher der allgemeingültige Wert für die Mindestabgasmenge im trockenen Zustand ( $\dot{V}_{\text{min,t}}$ ) angenommen. Dieser beträgt für Erdgas H 8,9 [m<sup>3</sup> / m<sup>3</sup><sub>Brennstoff</sub>] (nach Cerbe, G.: Grundlagen der Gastechnik, 1988). Das Abgasvolumen beträgt somit:

$$\Rightarrow \dot{V}_{\text{min,t}} = 8,9 \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{m}^3_{\text{Brennstoff}}} \right] \cdot 20,0 \left[ \frac{\text{m}^3_{\text{Brennstoff}}}{\text{d}} \right] = 178,0 \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \right] \quad \text{Gl. 6-24}$$

Den obigen Annahmen beziehen sich jeweils auf eine Luftzahl von  $\lambda = 1$ . Für die Verbrennung des Gases wird ein tatsächlicher Luftüberschuss von  $\lambda = 1,2$  angenommen. Der allgemeingültige maximale Kohlendioxidgehalt des trockenen Rauchgases beträgt CO<sub>2,max</sub> = 12,0 [Vol. %]. Der CO<sub>2</sub>-Gehalt des Rauchgases berechnet sich wie folgt:

$$\Rightarrow \text{CO}_2 \text{ [Vol. \%]} = \frac{\text{CO}_{2,\text{max}} \text{ [Vol. \%]}}{\lambda} = \frac{12,0 \text{ [Vol. \%]}}{1,2} = 10,0 \text{ [Vol. \%]} \quad \text{Gl. 6-25}$$

Der CO<sub>2</sub>-Volumenstrom beträgt damit:

$$\Rightarrow \dot{V}_{\text{CO}_2} = 178,0 \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \right] \cdot 0,10 = 17,80 \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \right] \quad \text{Gl. 6-26}$$

Die Berechnung der Dichte des Kohlendioxids im Rauchgas ( $t = 200 \text{ }^\circ\text{C}$ ) erfolgt gemäß der folgenden Gleichung:

$$\Rightarrow \rho_2 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] = 1,98 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \cdot \frac{273 \text{ [K]} \cdot 1013 \text{ [hPa]}}{473 \text{ [K]} \cdot 1013 \text{ [hPa]}} = 1,14 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \quad \text{Gl. 6-27}$$

Der CO<sub>2</sub>-Massenstrom berechnet sich damit wie folgt:

$$\Rightarrow \dot{m}_{\text{CO}_2} = 17,80 \left[ \frac{\text{m}^3_{\text{CO}_2}}{\text{d}} \right] \cdot 1,14 \left[ \frac{\text{kg}_{\text{CO}_2}}{\text{m}^3_{\text{CO}_2}} \right] = 20,3 \left[ \frac{\text{kg}_{\text{CO}_2}}{\text{d}} \right] = \mathbf{0,85 \left[ \frac{\text{kg}_{\text{CO}_2}}{\text{h}} \right]} \quad \text{Gl. 6-28}$$

Die produktspezifische prozessexterne CO<sub>2</sub>-Emission beträgt somit:

$$\Rightarrow \frac{0,85 \left[ \frac{\text{kg}_{\text{CO}_2}}{\text{h}} \right]}{3.472 \left[ \frac{\text{m}^2_{\text{Float}}}{\text{h}} \right]} = 24,5 \cdot 10^{-5} \left[ \frac{\text{kg}_{\text{CO}_2}}{\text{m}^2_{\text{Float}}} \right] = \mathbf{0,245 \left[ \frac{\text{g}_{\text{CO}_2}}{\text{m}^2_{\text{Float}}} \right]} \quad \text{Gl. 6-29}$$

Weitere Schadstoff-Emissionen, die auf den Heizenergieverbrauch zurückzuführen sind, sollen an dieser Stelle vernachlässigt werden.

### 6.3.4 Abfallaufkommen

Der während der Floatglasproduktion anfallende Abfall gliedert sich grundsätzlich in drei Gruppen:

- Recyclierbare bzw. wiederverwendbare Abfälle
- vorzubehandelnde Abfälle
- Abfälle zur direkten Entsorgung

Die unterschiedlichen Abfallarten und –materialien sollen in den folgenden Tabellen qualitativ und quantitativ dargestellt werden:

**Tabelle 6-3: Qualitatives und quantitatives Aufkommen recyclebarer bzw. wiederverwendbarer Abfälle**

<b>Recyclebare bzw. wiederverwendbare Abfälle</b>			
<b>Abfallart</b>	<b>Material</b>	<b>Anfallende Menge</b>	<b>Entsorgungsziel</b>
Verpackungen	Glas und Kunststoff	5,0 [Mg/a]	Wertsteigerung durch Wäsche, Zerkleinerung
Metallfässer	Eisen	2,0 [Mg/a]	Wertsteigerung durch Wäsche, Pressen
Kunst-/ Pressstoffe	PEHD, Polypropylen	3,0 [Mg/a]	Wäsche, Zerkleinerung, Granulieren und energetische Verwertung
Paletten	Holz	4,0 [Mg/a]	Wiederverwendung oder Kompostierung

**Tabelle 6-4: Qualitatives und quantitatives Aufkommen vorzubehandelnder Abfälle**

<b>Vorzubehandelnde Abfälle</b>			
<b>Abfallart</b>	<b>Material</b>	<b>Anfallende Menge</b>	<b>Entsorgungsziel</b>
Altöl	Mineralöle und Fette	3,5 [Mg/a]	Vorbehandlung zur Wertsteigerung
Verpackungspapier	Verschmutztes Papier	1,0 [Mg/a]	Zerkleinerung und Verbrennung

Tabelle 6-5: Qualitatives und quantitatives Aufkommen direkt entsorgter Abfälle

Abfälle zur direkten Entsorgung			
Abfallart	Material	Anfallende Menge	Entsorgungsziel
Gewöhnliche Industrieabfälle	Papier-, Speise- und Bioabfälle	45,0 [Mg/a]	Deponierung

Die Abfallmengen pro m<sup>2</sup> Produkt werden wie folgt bestimmt:

$$\Rightarrow 800.000 \left[ \frac{\text{kg}_{\text{Float}}}{\text{d}} \right] \cdot \frac{1}{9,6} \left[ \frac{\text{m}^2_{\text{Float}}}{\text{kg}_{\text{Float}}} \right] = 83.333 \left[ \frac{\text{m}^2_{\text{Float}}}{\text{d}} \right] \quad \text{Gl. 6-30}$$

$$\Rightarrow \frac{x \left[ \frac{\text{Mg}_{\text{Abfall}}}{\text{a}} \right]}{365 \left[ \frac{\text{d}}{\text{a}} \right] \cdot 83.333 \left[ \frac{\text{m}^2_{\text{Produkt}}}{\text{d}} \right]} = z \left[ \frac{\text{Mg}_{\text{Abfall}}}{\text{m}^2_{\text{Produkt}}} \right] \quad \text{Gl. 6-31}$$

$$\Rightarrow z \left[ \frac{\text{Mg}_{\text{Abfall}}}{\text{m}^2_{\text{Produkt}}} \right] \cdot 10^9 \left[ \frac{\text{mg}}{\text{Mg}} \right] = y \left[ \frac{\text{mg}_{\text{Abfall}}}{\text{m}^2_{\text{Produkt}}} \right] \quad \text{Gl. 6-32}$$

Die auf diese Weise ermittelten produktspezifischen Abfallmengen sind in der folgenden Tabelle dargestellt:

Tabelle 6-6: Produktbezogenes Abfallaufkommen

Produktbezogenes Abfallaufkommen			
Abfallart	Material	Anfallende Menge	Entsorgungsziel
Verpackungen	Glas und Kunststoff	164,4 [mg/m <sup>2</sup> <sub>Float</sub> ]	Wertsteigerung durch Wäsche, Zerkleinerung
Metallfässer	Eisen	65,8 [mg/m <sup>2</sup> <sub>Float</sub> ]	Wertsteigerung durch Wäsche, Pressen
Kunst-/ Pressstoffe	PEHD, Polypropylen	98,6 [mg/m <sup>2</sup> <sub>Float</sub> ]	Wäsche, Zerkleinerung, Granulieren und energetische Verwertung
Paletten	Holz	131,5 [mg/m <sup>2</sup> <sub>Float</sub> ]	Wiederverwendung oder Kompostierung
Altöl	Mineralöle und Fette	115,1 [mg/m <sup>2</sup> <sub>Float</sub> ]	Vorbehandlung zur Wertsteigerung
Verpackungspapier	verschmutztes Papier	32,9 mg/m <sup>2</sup> <sub>Float</sub>	Zerkleinerung und Verbrennung
Gewöhnliche Industrieabfälle	Papier-, Speise- und Bioabfälle	1.480 mg/m <sup>2</sup> <sub>Float</sub>	Deponierung

#### 6.3.4.1 Fehlerbetrachtung bezüglich der Ermittlung der produktspezifischen Energie- und Stoffströme

Bei den im Rahmen der Berechnungen auftretenden Fehlern handelt es sich ausschließlich um systematische Fehler<sup>10</sup>. Diesbezügliche Fehlerquellen ergeben sich durch:

- Annahme der Rauchgastemperatur
- Annahme CO<sub>2,max</sub>-Wertes
- Annahme der Mindestabgasmenge ( $\vartheta_{\min,t}$ )
- Annahme der Luftzahl ( $\lambda$ )

<sup>10</sup> Siehe Kapitel 5.5.3.7

Da bei beiden Bezugsobjekten (sofern erforderlich) die jeweils gleichen Annahmen getroffen werden sind die daraus resultierenden Fehler als marginal zu betrachten.



## 6.4 Bewertung des Produktes „Floatglas“ durch Anwendung der Checklisten

### 6.4.1 Ökoeffizienz / optimale Funktion

Tabelle 6-7: Bewertung des Bezugsobjekts „Floatglas“ anhand der Checkliste „Ökoeffizienz / optimale Funktion“

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

#### 6.4.1.1 *Optimale Funktion*

Unbeschichtetem Floatglas stellt das konventionelle Basismaterial einer Isolierglaseinheit dar. Aus diesem Grunde führt dessen Einsatz weder zu einer Reduzierung noch zu einer Vergrößerung der Konsumentenbedürfnisse. Es wird die Wertung B vergeben.

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

Eine A-, B- oder C-Bewertung dieses Kriteriums ist unzutreffend, da die Möglichkeit des Mietens oder Leasens einer iplus S-Scheibe in keinem Verhältnis zu dem daraus resultierenden verwaltungstechnischem Aufwand stünde.

#### 6.4.1.3 *Ressourcenkaskade*

Eine Materialverwertung ermöglicht aufgrund des sehr hohen Anteils recycelbarer Materialien (nahezu 100 %) die Herstellung mehrerer Nachfolgeprodukte. Dies betrifft sowohl die Wieder- als auch die Weiterverwertung des eingeschmolzenen Glases. Aus diesem Grunde wird die Wertung C vergeben.

#### 6.4.1.4 *Produktsystem*

Eine hinreichende Bewertung des Produktsystems im Sinne einer umfassenden produktbezogenen Wirkungsbilanz aufgrund des zu diesem Zwecke notwendigen, erheblichen Aufwandes ist im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich.

## 6.4.2 Ressourcenschonung

Tabelle 6-8: Bewertung des Bezugsobjekts „Floatglas“ anhand der Checkliste „Ressourcenschonung“

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

#### 6.4.2.1 *Reduktion des Materialinputs*

Eine offensichtliche Reduktion des Materialinputs kann nicht nachgewiesen werden. Ebenso wenig ist eine deutliche Überbemessung des Produktes bezüglich seiner zweckgerichteten Funktion zu beobachten. Dementsprechend wird das Kriterium mit B bewertet.

#### 6.4.2.2 *Wieder- / Weiterverwendung*

Am Ende seiner bestimmungsgemäßen Nutzungsphase kann das Floatglas vollständig einem Materialrecycling zugeführt werden. Eine direkte Wieder- oder Weiterverwendung ist im Rahmen der bestimmungsgemäßen Nutzung nicht gegeben. Das Kriterium wird deshalb mit A bewertet.

#### 6.4.2.3 *Einsatz von Sekundärrohstoffen*

Die Floatherstellung erfordert einem bestimmten Anteil an Glasscherben im Materialinput. Die Glasscherben stammen zum einen aus Reststoffen des Floatprozesses selbst (siehe Kapitel 6.2.2 „Verfahrensbeschreibung – Floatprozess“) oder aus Recyclingprozessen aus denen sie als Sekundärrohstoff hervorgehen. Für die restlichen Input-Materialien ist die Verwendung von Sekundärrohstoffen nicht bzw. kaum gegeben, so dass die Wertung C vergeben wird.

## 6.4.3 Einsatz erneuerbarer und ausreichend verfügbarer Ressourcen

Tabelle 6-9: Bewertung des Bezugsobjekts „Floatglas“ anhand der Checkliste „Einsatz erneuerbarer und ausreichend verfügbarer Ressourcen“

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

#### 6.4.3.1 *Ersetzen von nicht erneuerbaren Ressourcen durch erneuerbare*

Sämtliche in der Floatherstellung eingesetzten Rohstoffe bestehen aus abiotischen, nicht erneuerbaren Ressourcen, die keine Substitution durch regenerative Ressourcen zulassen. Eine A-, B- oder C-Wertung dieses Kriteriums ist daher nicht zweckmäßig.

#### 6.4.3.2 *Ersetzen selten vorkommender Materialien durch weniger seltene*

Sämtliche in der Floatglasherstellung eingesetzten Ressourcen zeichnen sich durch eine hohe Verfügbarkeit aus. Dies betrifft vor allem Sand, der mit ca. 73 Massenprozent den Hauptanteil des Inputs bildet. Es wird dementsprechend die Wertung C vergeben.

#### 6.4.3.3 *Minimierung des Einsatzes selten vorkommender Materialien*

Das Kriterium ist nicht zutreffend, da keine seltenen Materialien zum Einsatz kommen.

## 6.4.4 Erhöhung der Langlebigkeit

Tabelle 6-10: Bewertung des Bezugsobjekts „Floatglas“ anhand der Checkliste „Erhöhung der Langlebigkeit“

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

(Bewertungsbezug)<sup>11</sup>

#### 6.4.4.1 *Optimieren der Zuverlässigkeit*

Die Zuverlässigkeit des Floatglases kann mit C bewertet werden, da bei sachgemäßer Behandlung kaum mit Beeinträchtigungen der Funktion oder anderweitigen Produkteigenschaften zu rechnen ist.

#### 6.4.4.2 *Minimieren des Verschleißes*

Die Verschleißerscheinungen, die eventuell durch Temperatur-, Wind- oder sonstige äußere Einflüsse auftreten können, sind als vernachlässigbar gering zu betrachten. Aus diesem Grunde ist die Bewertung mit C angemessen.

#### 6.4.4.3 *Zeitloses Design*

Es kann angenommen werden, das farbneutrale Flachglas langfristig keinen modischen Trends unterworfen sein wird. Das Design kann deshalb als zeitlos angesehen werden. Dementsprechend wird eine C-Bewertung vergeben.

#### 6.4.4.4 *Erweiterbarkeit*

Die Erweiterbarkeit des Floatglases zeigt sich bereits in der Umsetzung entsprechender Maßnahmen, wie z.B. Beschichtungsprozesse, die die Herstellung verschiedenster Flachglastypen ermöglichen. Es wird entsprechenderweise die Wertung C vergeben.

#### 6.4.4.5 *Einfache Reinigung*

Verunreinigungen auf der Glasoberfläche lassen sich mit Hilfe von Wasser und geeigneten Bürsten oder Ähnlichem entfernen. Es bedarf keiner speziellen Reinigungsmittel. Die Reinigung ist deshalb als sehr leicht anzusehen. Es wird die Wertung C vergeben.

#### 6.4.4.6 *Einfache Wartung*

Der Wartungsaufwand des Glases ist während der Nutzungsphase als Wärmedämmglasprodukt als sehr gering zu betrachten. Die Wartung beschränkt sich ausschließlich auf regelmäßige Reinigungsmaßnahmen, die einfach und gefahrlos durchführbar sind (siehe 6.4.4.5). Da das Kriterium des Reinigungsaufwandes bereits berücksichtigt wird, erfolgt die Wertung dieses Kriteriums mit C.

#### 6.4.4.7 *Einfache Reparierbarkeit*

Die Reparierbarkeit des Glases ist nicht gegeben. Beschädigte Produkte werden der direkten Wiederverwertung zugeführt. Das Kriterium wird daher mit A bewertet.

#### 6.4.4.8 *Lange Garantiedauer*

Die Garantie des zu Wärmedämmglas verarbeiteten Halbzeugs beläuft sich auf 30 Jahre. Die Bewertung mit C ist angemessen.

---

<sup>11</sup> Die Bewertung dieses Kriteriums erfolgt in Bezug auf das zu Wärmedämmglas verarbeitete Floatglas.

## 6.4.5 Design für Produkt-Wiederverwendung

Tabelle 6-11: Bewertung des Bezugsobjekts „Floatglas“ anhand der Checkliste „Design für Produkt-Wiederverwendung“

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

#### 6.4.5.1 *Modulares Design*

Die Produktdefinition des Float-Halbzeugs als Glasscheibe lässt ein modulares Produktdesign nicht zu. Eine Bewertung dieses Kriteriums mit A, B oder C ist daher nicht sinnvoll.

#### 6.4.5.2 *Leichter Zugang zu Komponenten*

Im Rahmen einer Produkt-Wiederverwendung kann das Floatglas als nahezu 1-Materialprodukt angesehen werden. Es ergibt sich daher die Wertung C.

#### 6.4.5.3 *Korrosionsschutz*

Das Floatglasprodukt verfügt über keinerlei Korrosionsschutz. Allerdings muss angemerkt werden, dass das vorliegende Produkt aufgrund seiner raschen Weiterverarbeitung zu Isolierglas (oder anderweitigen Zwecken) kaum korrosiven Atmosphären ausgesetzt ist. Der Aufwand korrosionsschutztechnischer Maßnahmen stünde in keinem Verhältnis zu den erzielten Effekten. Während der Nutzungsphase als Warmglas ist die Glasaußenseite nicht gegen Korrosion geschützt. Korrosive Effekte treten während dieser Produktphase allerdings in vernachlässigbaren Maßen auf. Aus diesem Grunde wird das Kriterium *Korrosionsschutz* als nicht zutreffend gewertet.

#### 6.4.5.4 *Standardisierung von Komponenten und Verbindungselementen*

Sowohl die materielle Beschaffenheit als auch die Dimensionierung des Floatproduktes sind in einschlägigen Regelwerken und Richtlinien festgeschrieben. Im Rahmen einer Produkt-Wiederverwendung sind die Standardisierungen daher als ausreichen zu betrachten und mit C zu bewerten.

## 6.4.6 Design für Materialrecycling

Tabelle 6-12: Bewertung des Bezugsobjekts „Floatglas“ anhand der Checkliste „Design für Materialrecycling“

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

#### 6.4.6.1 *Recyclingfähigkeit*

Das Floatglas kann grundsätzlich einer direkten Wieder- bzw. Weiterverwertung zugeführt werden. So werden recyceltes Floatglasmaterial direkt der Floatglasherstellung zugesetzt. Das Kriteriums wird mit C bewertet.

#### 6.4.6.2 *Einsatz recyclierbarer Materialien*

Das Floatprodukt kann aufgrund seiner Definition nach DIN EN 572-1 (siehe Kapitel xy „Verfahrensbeschreibung – Floatprozess“) als 1-Materialprodukt angesehen werden. Das Material ist zu annähernd 100 % recyclierbar. Dementsprechend wird die Wertung C vergeben.

#### 6.4.6.3 *Geringe Materialvielfalt*

Wie in Kapitel x6.2 erläutert, ist das Floatglas als 1-Materialprodukt anzusehen. Es wird die Wertung C vergeben.

#### 6.4.6.4 *Materialkompatibilität*

Aufgrund der bereits dargestellten Produktdefinition als 1-Materialprodukt, wird die Wertung C vergeben.

#### 6.4.6.5 *Zusatzstoffe*

Im Verlauf des Floatprozesses kann es zu Zink-Anhaftungen an der Oberfläche des Flachglases kommen, die allerdings als marginal zu betrachten sind. Des weiteren erfolgt eine Einlagerung von Spurenanteilen des Prozessgases Stickstoff in den Glaskörper. Während die Stickstoffeinlagerungen sowohl aus toxikologischen als auch qualitätssichernden Gründen zu vernachlässigen sind, ist ein Abscheiden der Zink-Anhaftungen erforderlich. Die Abrennung erfolgt relativ einfach mittels der prozessnachgeschalteten Waschanlage und erfordert daher keinerlei technischen Mehraufwand. Eine B-Wertung des Kriteriums ist deshalb angemessen.

#### 6.4.6.6 *Materialkennzeichnung*

Auf dem Glaskörper des Floatproduktes befinden sich keine Kennzeichnungen. Allerdings ist das Produkt auf Lieferscheinen durch den Begriff „klares Float“ gemäß DIN gekennzeichnet. Die Lieferscheine verfügen zudem über weitere, teilweise maschinenlesbare Kennzeichnungen. Es wird die Bewertung B vergeben, da nicht alle Kennzeichnungen maschinenlesbar sind und diese nicht auf dem Produkt selbst befinden.

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

Wie bereits oben dargestellt, ist das Floatglas als 1-Materialprodukt anzusehen. Dementsprechend ergibt sich die Wertung C.

## 6.4.7 Design für leichte Zerlegbarkeit

Tabelle 6-13: Bewertung des Bezugsobjekts „Floatglas“ anhand der Checkliste „Design für leichte Zerlegbarkeit“

7. Design für leichte Zerlegbarkeit						
Bezugsprodukt: <b>Floatglas</b>						
Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Produkt-Struktur	Komplexe Produktstruktur	o			o	o
	-		o			
	Produkt weist hierarchische bzw. Sandwichstruktur auf			X		
2. Erkennbarkeit von Verbindungselementen	Versteckt eingearbeitet	o			o	X
	Versteckt mit Markierung eingearbeitet		o			
	Sichtbare Einarbeitung			o		
3. Zugang zu Verbindungselementen	Elemente sind schwer zugänglich	o			o	X
	-		o			
	Axialer Zugang bei der Zerlegung möglich			o		
4. Lösbarkeit von Verbindungen	Eine Zerlegung führt zur Zerstörung von Komponenten	X			o	o
	Eine Zerlegung führt zur Zerstörung von Verbindungselementen		o			
	Zerstörungsfreie Zerlegung ist möglich			o		
5. Anzahl der Verbindungselemente	Viele Verbindungselemente	o			o	o
	Geringe Anzahl an Verbindungselementen		o			
	Verbindungselemente werden nicht verarbeitet			X		
6. Verzicht auf verbundähnliche Materialkomplexe	Es werden kaum oder gar nicht lösbare Materialkomplexe erzeugt	o			o	X
	Es wird auf Klammern verzichtet		o			
	Es wird auf Klammer und Kleben / Leimen verzichtet			o		
7. Anzahl der Komponenten	Produkt verfügt über eine große Anzahl an Komponenten	o			o	o
	Anzahl der Komponenten entspricht der Produktfunktionalität		o			
	Produkt verfügt über wenig Komponenten			X		
8. Werkzeugbedarf	Spezialwerkzeuge sind erforderlich	o			o	o
	Lediglich Allzweckwerkzeuge sind erforderlich		o			
	Es bedarf keinerlei Werkzeuge			X		
9. automatische Zerlegbarkeit	Zerlegung erfolgt manuell	o			o	o
	Zerlegung erfolgt mechanisch		o			
	Zerlegung erfolgt automatisch			X		

#### 6.4.7.1 *Produkt-Struktur*

Das Floatprodukt, das sich als „Glasscheibe“ definiert, weist eine komplexe Struktur auf. Allerdings wird die Zerlegbarkeit des Produktes aufgrund seiner Eigenschaft als 1-Materialprodukt bzw. den diesbezüglichen physikalischen Glaseigenschaften in keiner Weise beeinträchtigt. Da die Produkt-Struktur keinerlei (negative) Einflüsse auf die Zerlegbarkeit ausübt, wird das Kriterium mit C bewertet.

#### 6.4.7.2 *Erkennbarkeit von Verbindungselementen*

Das Produkt verfügt über keinerlei Verbindungselemente. Aus diesem Grunde trifft eine Bewertung dieses Kriteriums nicht zu.

#### 6.4.7.3 *Zugang zu Verbindungselementen*

Da keine Verbindungselemente im Floatprodukt verarbeitet werden, ist eine A-, B- oder C-Bewertung dieses Kriteriums nicht zutreffend.

#### 6.4.7.4 *Lösbarkeit von Verbindungen*

Die Zerlegung des Floatglasproduktes geht zwingend mit der Zerstörung der Glasscheibe einher. Daher wird das Kriterium mit A bewertet.

#### 6.4.7.5 *Anzahl der Verbindungselemente*

Wie oben dargestellt, verfügt das Floatglasprodukt über keine Verbindungselemente. Es ergibt sich daher die Bewertung C.

#### 6.4.7.6 *Verzicht auf verbundähnliche Materialkomplexe*

Aufgrund der Definition des Floatglases als 1-Materialprodukt trifft dieses Kriterium nicht zu.

#### 6.4.7.7 *Anzahl der Komponenten*

Die Definition des Floatglases als Glasscheibe (eine Komponente) führt zu einer C-Wertung dieses Kriteriums.

#### 6.4.7.8 *Werkzeugbedarf*

Die Zerlegung des Floatglases im Rahmen der betriebsinternen Reststoff- bzw. Ausschussverwertung geschieht automatisch. Zu diesem Zwecke werden die Floatscheiben einem Scherbenbunker zugeführt, in dem sie aufgrund Prallbeanspruchungen zerbrechen. Es werden demnach keinerlei Werkzeuge eingesetzt. Es ergibt sich eine C-Bewertung des Kriteriums.

#### 6.4.7.9 *Automatische Zerlegbarkeit*

Wie unter Kriterium 6.4.7.8 ausgeführt, erfolgt die Zerlegung des Floatglases automatisch. Das Kriteriums wird entsprechend mit C bewertet.

## 6.4.8 Minimieren des Einsatzes gefährlicher Stoffe

Tabelle 6-14: Bewertung des Bezugsobjekts „Floatglas“ anhand der Checkliste „Minimierung des Einsatzes gefährlicher Stoffe“

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

#### 6.4.8.1 *Einsatz von Gefahrstoffen*

In der Floatglasherstellung kommen relativ wenig Stoffe zum Einsatz, die gemäß Chemikaliengesetz als Gefahrstoffe zu definieren sind. Die jeweiligen Konzentrationen der betreffenden Substanzen können als gering angesehen werden. Das Kriterium ist deshalb mit B zu bewerten.

#### 6.4.8.2 *Einsatz von besonders gefährlichen Stoffen*

Stoffe, die gemäß der Gefahrstoffverordnung mit giftig, explosiv und / oder kanzerogen gekennzeichnet sind, kommen während der in relativ geringen Mengen zum Einsatz. Eine Substitution der jeweiligen Substanzen ist persönlichen Informationen zufolge nicht möglich. Entsprechend wird für dieses Kriterium die Wertung B vergeben.

#### 6.4.8.3 *Abtrennbarkeit von Gefahrstoffen*

Das Anhaften der eingesetzten Gefahrstoffe am Produkt kann ausgeschlossen werden, da die betreffenden Substanzen nicht in unmittelbarem Kontakt mit dem Produkt eingesetzt werden. Aus diesem Grunde ist eine A-, B- oder C-Bewertung dieses Kriteriums nicht angemessen.

#### 6.4.8.4 *Gesellschaftliche Akzeptanz*

Derzeit befindet sich weder das Floatprodukt noch der Produktionsprozess unter öffentlicher Kritik. Dementsprechend erfolgt die Bewertung mit C.

#### 6.4.8.5 *Gefährdungs- bzw. Störfallpotential*

Persönlichen Informationen zufolge weist die Produktion des Floatglases kaum ökologische Gefährdungspotentiale bzw. Störfallrisiken auf. Das Kriterium wird gemäß dem Bewertungsmuster mit C bewertet.

## 6.4.9 Umweltfreundliche Produktion

Tabelle 6-15: Bewertung des Bezugsobjekts „Floatglas“ anhand der Checkliste „umweltfreundliche Produktion“

9. umweltfreundliche Produktion						
Bezugsprodukt: <b>Floatglas</b>						
Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Abfall-aufkommen	Es herrscht ein hohes Aufkommen an nicht oder kaum recycelbaren Abfällen	o			o	o
	Es herrscht ein geringes Aufkommen an recycelbaren Abfällen		X			
	Die Produktion läuft abfallfrei			o		
2. Energieverbrauch	Es herrscht ein hoher Energieverbrauch	X			o	o
	Die Produktion ist energiesparend		o			
	Die Produktion ist energiesparend und Abwärme wird genutzt			o		
3. Wasserverbrauch	Es herrscht ein hoher Wasserverbrauch	o			o	o
	Die Produktion ist wassersparend		X			
	Wasser wird im Kreislauf geführt			o		
4. besonders überwachungs-bedürftige Abfälle	Es fallen viele besonders überwachungs-bedürftige Abfälle an	o			o	o
	Es fallen wenig besonders überwachungs-bedürftige Abfälle an		X			
	Es fallen keine besonders überwachungs-bedürftige Abfälle an			o		
5. Emissionen	Viele Emissionen	X			o	o
	Wenig Emissionen aufgrund integrierter Lösungen		o			
	Keine Emissionen			o		
6. Gefahrstoffe an den Arbeitsplätzen	Überschreitung der MAK-/BAT-Werte; Einsatz karzinogener und giftiger Stoffe	o			o	o
	MAK-/BAT-Werte werden eingehalten		X			
	Kein Einsatz von Gefahrstoffen bzw. entsprechend 10 % des MAK-Werts			o		
7. umweltrechtliche Anforderungen	Werden nicht eingehalten	o			o	o
	Einhaltung der Anforderungen; vorgesehene Verschärfungen durch den Gesetzgeber		X			
	Einhaltung der Anforderungen; keine gesetzlichen Verschärfungen vorgesehen			o		
8. Verwertungs- quote	Produkt kann die Verwertungsquote nicht erhöhen	o			o	o
	Produkt kann die Verwertungsquote leicht erhöhen		o			
	Produkt kann die Verwertungsquote deutlich erhöhen			X		
9. funktionierendes Umweltmanage- mentsystem	Nicht vorhanden	X			o	o
	Teilweise vorhanden		o			
	zertifizierungsfähig / zertifiziert			o		

#### 6.4.9.1 *Abfallaufkommen*

Das Abfallaufkommen der Floatherstellung besteht zu einem Großteil aus recycelbaren Abfällen (siehe Tabelle 6-6). Nicht recyclingfähige Abfälle, wie z.B. Fette und Mineralöle werden mindestens einer hinreichenden Vorbehandlung zum Zwecke der Wertsteigerung zugeführt. Das Abfallaufkommen kann daher mit B bewertet werden.

#### 6.4.9.2 *Energieverbrauch*

Der produktspezifische Energieverbrauch ist als sehr hoch zu bewerten. Obwohl das regenerative Vorheizen der zur Schmelzwannenbeheizung notwendigen Verbrennungsluft eine Einsparung an Energie ermöglicht, ist gerade der thermische Energiebedarf mit 18,53 (kWh / m<sup>2</sup><sub>Float</sub>) erheblich. Gezielte, integrierte Maßnahmen zur Energieeinsparung bzw. Maßnahmen zur Abwärmenutzung werden nicht umgesetzt. Das Kriterium wird aus diesem Grunde mit A bewertet.

#### 6.4.9.3 *Wasserverbrauch*

Der Wasserverbrauch kann mit 2,5 (L / m<sup>2</sup><sub>Float</sub>) als relativ hoch angesehen werden. Allerdings wird zumindest das Kühlwasser der Schmelzwanne im Kreislauf geführt, wodurch der Wasserverbrauch deutlich reduziert wird. Aus diesem Grunde wird die Wertung B vergeben.

#### 6.4.9.4 *Besonders überwachungsbedürftige Abfälle*

Auf der Grundlage persönlicher Informationen fallen wenig besonders überwachungsbedürftige Abfälle an. Dementsprechend wird das Kriterium mit B bewertet.

#### 6.4.9.5 *Emissionen*

Die Schadstoffemissionen der Floatherstellung werden mit A bewertet. Diese Wertung ist bereits aufgrund der erheblichen direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen von 20.000 (mg / m<sup>2</sup><sub>Float</sub>) gerechtfertigt. Aufgrund der Emissionen von SO<sub>2</sub>, HCl sowie NO<sub>x</sub> sind diese des weiteren unter qualitativen Aspekten als kritisch zu bewerten.

#### 6.4.9.6 *Gefahrstoffe an den Arbeitsplätzen*

Der Einsatz von Gefahrstoffen an den Arbeitsplätzen erfolgt nach pers. Informationen unter Einhaltung der national festgelegten Grenzwerte. Es wird daher die Wertung B vergeben.

#### 6.4.9.7 *Umweltrechtliche Anforderungen*

Die nationalen rechtliche Anforderungen werden eingehalten. Allerdings sind durch den Gesetzgeber noch innerhalb des laufenden Jahres Verschärfungen vorgesehen (pers. Inf.).

#### 6.4.9.8 *Verwertungsquote*

Da das Floatprodukt zu annähernd 100 % einer Wieder- bzw. Weiterverwertung zugeführt werden kann, trägt es wesentlich zur Erhöhung der Verwertungsquote bei. Es ergibt sich die Bewertung mit C.

#### 6.4.9.9 *Funktionierendes Umweltmanagementsystem*

Der Standort verfügt über kein Umweltmanagementsystem. Dementsprechend erfolgt die Bewertung mit A.

## 6.4.10 Minimierung der Auswirkung während der Nutzungsphase

Tabelle 6-16: Bewertung des Bezugsobjekts „Floatglas“ anhand der Checkliste „Minimierung der Auswirkung während der Nutzungsphase“

10. Minimierung der Auswirkung während der Nutzungsphase						
Bezugsprodukt: <b>Floatglas</b>						
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"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Es treten wenig Emissionen auf	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		
	Es treten keine Emissionen auf	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
2. Verbraucher-information	Es werden lediglich Tipps zur Entsorgung oder keine Informationen gegeben	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Es werden Tipps zur Entsorgung und zum Recycling gegeben.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		
	Es werden einfache Instruktionen zur Entsorgung und zum Recycling gegeben.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
3. Unfallgefahr	Die Unfallgefahr ist groß	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Die Unfallgefahr ist gering	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		
	Unfälle werden sicher ausgeschlossen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
4. Folgerucksack, Betriebsmittel-einsatz	Hoch und mit dem Einsatz umweltgefährdender Stoffe verbunden	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Gering und mit wenig Einsatz umweltgefährdender Stoffe verbunden	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		
	Keine und mit keinem Einsatz umweltgefährdender Stoffe verbunden	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
5. Verständlichkeit der Gebrauchs-anweisung	Unverständlich	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Nur bedingt verständlich	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		
	Gut verständlich	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		

#### 6.4.10.1 *Gesundheitsschädliche Emissionen*

Gesundheitsschädliche Emissionen können während der Nutzungsphase des Basisglases als Wärmedämmglasprodukt mit Sicherheit ausgeschlossen werden. Dementsprechend wird das Kriterium mit C bewertet.

#### 6.4.10.2 *Verbraucherinformation*

Es werden hinreichende Informationen zur Reinigung und Entsorgung des Produkts gegeben. Eine Bewertung des Kriteriums mit C ist daher angemessen.

#### 6.4.10.3 *Unfallgefahr*

Im Rahmen einer sachgemäßen und vorhersehbaren Handhabung bzw. eines bestimmungsgemäßen Gebrauchs können Unfälle sicher ausgeschlossen werden. Aus diesem Grunde wird die Wertung C vergeben.

#### 6.4.10.4 *Folgerucksack, Betriebsmitteleinsatz*

Im Sinne dieses Kriteriums ist der Gebrauch des Produktes lediglich mit dem Einsatz von geeigneten Reinigungsmitteln während der Nutzungsphase verbunden. Eine hinreichende Reinigung kann bereits mit Hilfe von klarem Wasser realisiert werden. Der Betriebsmitteleinsatz kann aus diesem Grunde als sehr gering angesehen werden, weshalb eine Bewertung mit C gerechtfertigt ist.

#### 6.4.10.5 *Verständlichkeit der Gebrauchsanweisung*

Die Informationen der Gebrauchsanweisung können (soweit überhaupt notwendig) als gut verständlich und eindeutig angesehen werden. Es ergibt sich die Bewertung mit C.

## 6.4.11 Umweltfreundliche Verpackung

Tabelle 6-17: Bewertung des Bezugsobjekts „Floatglas“ anhand der Checkliste „umweltfreundliche Verpackung“

11. umweltfreundliche Verpackung						
Bezugsprodukt: <b>Floatglas</b>						
Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Verpackungsdefinition	Verbesserung der Verpackungsdesign-Kriterien	o			o	o
	Mehrwegverpackungen bei kurzen Transportwegen		o			
	Es besteht kein Verpackungsbedarf			X		
2. rücknahmefähige Verpackung	Keine Rücknahme möglich	o			o	o
	Implementierung ist möglich		o			
	existiert bereits			X		
3. wiederverwendbare Verpackung	Kein Wiederverwendung möglich	o			o	o
	Wiederverwendung ist teilweise möglich		o			
	Verpackung ist komplett wiederverwendbar			X		
4. Rücknahmesystem	Einführung eines R-Systems nicht möglich	o			o	o
	Implementierung ist möglich		o			
	Ein Rücknahmesystem existiert bereits			X		
5. Reduktion von Masse / Volumen	Keine Reduktion möglich	X			o	o
	Reduktion ist möglich		o			
	Reduktion ist offensichtlich erfolgt			o		
6. Schadstoffe auf Verpackungen	Verpackung enthält viele Schadstoffe	o			o	o
	Verpackung enthält wenig Schadstoffe		o			
	Verpackung enthält keine Schadstoffe			X		
7. Recyclierbare Verpackung	Verpackung ist nicht recycelbar	o			o	o
	Low-Quality-Recycling möglich		X			
	High-Quality-Recycling möglich			o		
8. Einsatz recycelter Materialien	Einsatz neuer Materialien	o			o	o
	Mittlerer/geringer Anteil an recycelten Materialien		o			
	Hoher Anteil an recycelten Materialien			X		
9. Einsatz biologisch abbaubarer Materialien	Nicht biologisch abbaubar	o			o	X
	Teilweise biologisch abbaubar		o			
	Biologisch abbaubare Verpackung			o		

#### 6.4.11.1 *Verpackungsdefinition*

Der Verpackungsbedarf umfasst lediglich die zu Transportzwecken erforderlichen Metallgestelle. Lässt sich in diesem Zusammenhang überhaupt von Verpackungsaufwand sprechen, so ist dieser als marginal anzusehen. Aus diesem Grunde wird das Kriterium mit C bewertet.

#### 6.4.11.2 *Rücknahmefähige Verpackung*

Nach Gebrauch werden die eingesetzten Transportgestelle dem zuliefernden Betrieb wieder zur erneuten Nutzung verfügbar gemacht. Die stetige Wiederverwendung der Gestelle führt zu einer Bewertung mit C.

#### 6.4.11.3 *Wiederverwendbare Verpackung*

Aufgrund der unter 6.4.11.2 aufgeführten stetigen Wiederverwendung der Transportgestelle wird dieses Kriterium mit C bewertet.

#### 6.4.11.4 *Rücknahmesystem*

Die Transporte der jeweiligen Gestelle werden mittels eines spezifischen EDV-Systems kontinuierlich verfolgt. Analog zu den Bewertungen der Kriterien 6.4.11.2 und 6.4.11.3 erfolgt die Wertung dieses Kriteriums aufgrund der gegebenen Wiederverwendung der Transportgestelle mit C.

#### 6.4.11.5 *Reduktion von Masse / Volumen*

Der Transport der Flachglasscheiben stellt spezifische Anforderungen an die zu diesem Zweck eingesetzten Transportgestelle. Die spezielle Gestellkonstruktion erlaubt daher weder eine Volumen- noch eine Massenreduktion. Die Bewertung erfolgt deshalb mit A.

#### 6.4.11.6 *Schadstoffe auf Verpackungen*

Die verwendeten Metallgestelle enthalten weder aus konstruktions- noch aus nutzungsbedingten Gründen als Schadstoffe zu bezeichnende Substanzen. Es wird daher die Wertung C vergeben.

#### 6.4.11.7 *Recyclierbare Verpackung*

Trotz der langen Nutzungsphase der Transportgestelle müssen diese aufgrund Verschleiß- und Abnutzungserscheinungen langfristig einer Entsorgung zugeführt werden. Die Metallkonstruktion erlaubt dabei eine Materialwiederverwertung, im Sinne eines Low-Quality-Recyclings. Die Bewertung dieses Kriteriums ist daher mit B angemessen.

#### 6.4.11.8 *Einsatz recycelter Materialien*

Die Herstellung der Transportgestelle erfolgt unter massivem Einsatz von Sekundärmetallen als Produkte eines vorgelagerten Materialrecyclings. Die Bewertung erfolgt aus diesem Grunde mit C.

#### 6.4.11.9 *Einsatz biologisch abbaubarer Materialien*

Aufgrund der stetigen Kreislaufführung der Gestelle bzw. der verarbeiteten Materialien ist der Einsatz biologisch abbaubarer Materialien nicht als zwingend notwendig anzusehen. Eine A-, B- oder C-Bewertung dieses Kriteriums ist daher nicht zutreffend.

## 6.4.12 Umweltfreundliche Beseitigung nicht verwertbarer Materialien

Tabelle 6-18: Bewertung des Bezugsobjekts „Floatglas“ anhand der Checkliste „umweltfreundliche Beseitigung nicht verwertbarer Materialien“

12. umweltfreundliche Beseitigung nicht verwertbarer Materialien						
Bezugsprodukt: <b>Floatglas</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	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<b>X</b>
	Komponenten mit geringem toxischen Potential		<input type="radio"/>			
	Komponenten sind schadstofffrei			<input type="radio"/>		
2. Kennzeichnung von schadstoffhaltigen Komponenten	Werden nicht gekennzeichnet	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<b>X</b>
	Werden teilweise gekennzeichnet		<input type="radio"/>			
	Alle Komponenten werden gekennzeichnet			<input type="radio"/>		
3. Garantie natürlicher Materialien	Materialien sind inkompatibel mit biochemischen Kreisläufen	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>	<b>X</b>
	Materialien sind kompatibel mit biochemischen Kreisläufen		<input type="radio"/>			
	Biologisch abbaubare Materialien			<input type="radio"/>		

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

Das Produkt kann zu 100 % einem Materialrecycling zugeführt werden. Das Kriterium ist daher nicht zutreffend.

*6.4.12.2 Kennzeichnung von schadstoffhaltigen Komponenten*

Das Produkt kann zu 100 % einem Materialrecycling zugeführt werden. Das Kriterium ist daher nicht zutreffend.

*6.4.12.3 Garantie natürlicher Materialien*

Das Produkt kann zu 100 % einem Materialrecycling zugeführt werden. Das Kriterium ist daher nicht zutreffend.

## 6.4.13 Einführung umweltfreundlicher Logistik

Tabelle 6-19: Bewertung des Bezugsobjekts „Floatglas“ anhand der Checkliste „Einführung umweltfreundlicher Logistik“

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

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

Die Logistik wird in keiner Weise in der betrieblichen Umweltpolitik berücksichtigt. Das Kriterium wird dementsprechend mit A bewertet.

#### 6.4.13.2 *Transportfahrzeuge*

Zur Bewertung dieses Kriteriums liegen keine gesicherten Daten vor.

#### 6.4.13.3 *Auswahl von Zulieferbetrieben und Entsorgern*

Die Beanspruchung der Zuliefer- und Entsorgungsunternehmen erfolgt überregional. Aus diesem Grunde wird für das Kriterium die Wertung B vergeben.

#### 6.4.13.4 *Auswahl der Transportmodi*

Im Rahmen des betrieblichen Logistiksystems wird ausschließlich auf Lkw als Transportmodus zurückgegriffen. Die spezifischen Anforderungen an den Transport von Flachglas lassen gerade unter Berücksichtigung der am Standort gegebenen Infrastruktur die Nutzung ökologisch sinnvollerer Transportmodi wie Binnenschiff oder Eisenbahn nicht zu. Unter Einbeziehung dieser Umstände wird das vorliegende Kriterium mit B bewertet.

#### 6.4.13.5 *Rückfahrten*

Das betriebliche Logistikkonzept sieht aus ökonomischen Gründen die Minimierung von Leerfahrten vor. Leerfahrten werden gänzlich vermieden. Es ergibt sich die Bewertung mit C.

#### 6.4.13.6 *ökologisches Logistikkonzept*

Das Logistikkonzept ist in starker Anlehnung an das Just-in-time-Prinzip ausgerichtet. Im Rahmen einer logistischen Kurzzeitplanung wird auf Zwischenlager, Verteilerzentren oder ähnliche Einrichtungen verzichtet. Allerdings ist eine A- oder B-Bewertung dieses Kriteriums aufgrund der C-Wertung des Kriteriums 13.5 „Rückfahrten“ nicht gerechtfertigt. Da Leerfahrten sicher ausgeschlossen werden, stellt das Just-in-time-Prinzip (in diesem Fall) ein sowohl ökologisch als auch ökonomisch sinnvolles System dar. Es wird daher die Wertung C vergeben.

## 6.4.14 Betriebliche Umweltkosten

Tabelle 6-20: Bewertung des Bezugsobjekts „Floatglas“ anhand der Checkliste „betriebliche Umweltkosten“

14. betriebliche Umweltkosten						
Bezugsprodukt: <b>Floatglas</b>						
Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Kosten, die das Unternehmen aufbringen muss, um bestimmte Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe zu ersetzen	Es bestehen hohe Umweltkosten	o			o	o
	Es bestehen mittlere Umweltkosten		X			
	Es bestehen geringe oder keine Umweltkosten			o		
2. Ressourcenproduktivitätsverluste	Es bestehen hohe Produktivitätsverluste	X			o	o
	Es bestehen mittlere Produktivitätsverluste		o			
	Es bestehe geringe oder keine Produktivitätsverluste			o		
3. umweltbezogene Gebühren und Auflagen	Es fallen hohe Umweltfolgekosten an	o			o	o
	Es fallen mittlere Umweltfolgekosten an		X			
	Es fallen geringe oder keine Umweltfolgekosten an			o		

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

Auf der Basis persönlicher Informationen werden die aufzubringenden Kosten als mäßig bewertet. Es wird dementsprechend die Wertung B vergeben.

#### 6.4.14.2 *Ressourcenproduktivitätsverluste*

Die Ressourcenproduktivitätsverluste sind aufgrund des erheblichen (thermischen) Energiebedarfs in Verbindung mit der emittierten Abwärme als hoch anzusehen. Da integrierte Maßnahmen zum Zwecke einer sinnvollen Nutzung der Prozessabwärme nicht umgesetzt werden, ist das Kriterium mit A zu bewerten.

#### 6.4.14.3 *Umweltbezogene Gebühren und Auflagen*

Die Umweltfolgekosten des Unternehmens sind persönlichen Informationen zufolge als mäßig zu betrachten. Es wird daher die Wertung B vergeben.

## 6.4.15 Allgemeine soziale Nachhaltigkeitsfaktoren

Tabelle 6-21: Bewertung des Bezugsobjekts „Floatglas“ anhand der Checkliste „allgemeine soziale Nachhaltigkeitsfaktoren“

15. allgemeine soziale Nachhaltigkeitsfaktoren						
Bezugsprodukt: <b>Floatglas</b>						
Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Arbeitsbedingungen	Entsprechen nicht den arbeitsrechtlichen Anforderungen	o			o	o
	Entsprechen den arbeitsrechtlichen Anforderungen		X			
	Gehen über die arbeitsrechtlichen Anforderungen hinaus			o		
2. Einbeziehung der Mitarbeiter in betriebliche Entscheidungsprozesse	Keine Einbeziehung	o			o	o
	Geringe Einbeziehung		X			
	Angemessene Einbeziehung			o		
3. Qualität der Kommunikation, z.B. betriebliches Vorschlagswesen	Kommunikation ist deutlich verbesserungswürdig	o			o	o
	Kommunikation ist nicht ausreichend		X			
	Kommunikation ist angemessen			o		
4. Umweltmotivation	Umweltmotivation ist deutlich verbesserungswürdig	o			o	o
	Umweltmotivation ist nicht ausreichend		X			
	Umweltmotivation ist angemessen			o		
5. soziale Kompetenz des Unternehmens	soziale Kompetenz ist deutlich verbesserungswürdig	o			o	o
	soziale Kompetenz ist nicht ausreichend		X			
	soziale Kompetenz ist angemessen			o		
6. Integration ausländischer Mitarbeiter	Dieser Aspekt wird nicht berücksichtigt	X			o	o
	Entsprechende Maßnahmen sind geplant		o			
	Entsprechende Maßnahmen (z.B. Sprachkurse, mehrsprachige Informationen usw.) werden umgesetzt			o		
7. Integration behinderter Beschäftigter	Dieser Aspekt wird nicht berücksichtigt	o			o	X
	Entsprechende Maßnahmen sind geplant		o			
	Entsprechende Maßnahmen (z.B. behindertengerechte Sanitärausstattungen, alternatives Speiseangebot usw.) werden umgesetzt			o		

(Bewertungsbezug)<sup>12</sup>

#### 6.4.15.1 *Arbeitsbedingungen*

Die Arbeitsbedingungen entsprechen den arbeitsrechtlichen Anforderungen. Eine Bewertung mit B erscheint angemessen.

#### 6.4.15.2 *Einbeziehung der Mitarbeiter in betriebliche Entscheidungsprozesse*

Die Beschäftigten werden nur geringfügig in betriebliche Entscheidungsprozesse einbezogen. Es ergibt sich entsprechend die Wertung B.

#### 6.4.15.3 *Qualität der Kommunikation, z.B. betriebliches Vorschlagwesen*

Die Qualität der Kommunikation am Standort *Seingbouse* kann als ausreichend angesehen und somit mit B bewertet werden.

#### 6.4.15.4 *Umweltmotivation*

Die Umweltmotivation des Unternehmens kann nicht als ausreichend angesehen werden. Es ergibt sich die Bewertung mit B.

#### 6.4.15.5 *Soziale Kompetenz des Unternehmens*

Die soziale Kompetenz des Unternehmens wird mit B, d. h. nicht ausreichend bewertet.

#### 6.4.15.6 *Integration ausländischer Mitarbeiter*

Der Aspekt der verstärkten Integration ausländischer Mitarbeiter wird nicht berücksichtigt. Demzufolge ergibt sich die Wertung A.

#### 6.4.15.7 *Integration behinderter Beschäftigter*

Das Arbeitsfeld des Unternehmens (bzw. des Standortes) bietet keine Möglichkeiten zur Beschäftigung behinderter Arbeitnehmer. Aus diesem Grunde muss das Kriterium als nicht zutreffend angesehen werden.

---

<sup>12</sup> Der Bewertung der aufgeführten Kriterien liegen persönliche Informationen aus dem Hause Interpane / Pilkington zugrunde.

## 6.4.16 Gleichstellung der Geschlechter

Tabelle 6-22: Bewertung des Bezugsobjekts „Floatglas“ anhand der Checkliste „Gleichstellung der Geschlechter“

16. Gleichstellung der Geschlechter						
Bezugsprodukt: <b>Floatglas</b>						
Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. betriebliche Frauenförderung	Es existieren keine entsprechenden Programme oder Maßnahmen	o			o	o
	Entsprechende Programme oder Maßnahmen sind geplant		X			
	Entsprechende Programme oder Maßnahmen werden umgesetzt			o		
2. Unterstützung der Berufswiederaufnahme nach der Erziehungspause	Dieser Aspekt wird nicht berücksichtigt	o			o	o
	Entsprechende Maßnahmen sind geplant		X			
	Entsprechende Maßnahmen (z.B. Rückkehrhilfe, Kinderbetreuung usw.) werden umgesetzt			o		
3. Angebot an Teilzeitjobs	Teilzeitjobs werden nicht angeboten	o			o	o
	Teilzeitjobs werden nur sehr bedingt und in Ausnahmefällen angeboten		X			
	Grundsätzliches Teilzeitjob-Angebot			o		
4. Möglichkeit des Job-Sharing	Diese Möglichkeit existiert nicht	o			o	o
	Job-Sharing ist nur sehr begrenzt möglich		X			
	Möglichkeit des Job-Sharings ist grundsätzlich gegeben			o		
5. Telearbeitsplätze / Heimarbeit	Keine Möglichkeiten der Heimarbeit	o			o	X
	Heimarbeit ist nur sehr begrenzt möglich		o			
	Möglichkeit der Heimarbeit ist grundsätzlich gegeben			o		

(Bewertungsbezug)<sup>13</sup>

#### 6.4.16.1 16.1 betriebliche Frauenförderung

Das Unternehmen plant die Umsetzung von Maßnahmen zur betrieblichen Frauenförderung. Es wird entsprechend die Wertung B vergeben.

#### 6.4.16.2 Unterstützung der Berufswiederaufnahme nach der Erziehungspause

Maßnahmen zur Unterstützung der Berufswiederaufnahme sind mittelfristig geplant. Das Kriterium wird daher mit B bewertet.

#### 6.4.16.3 Angebot von Teilzeitjobs

Das Unternehmen bietet lediglich in Ausnahmefällen die Möglichkeit der Teilzeitbeschäftigung an. Es wird daher die Wertung B vergeben.

#### 6.4.16.4 Möglichkeit des Job-Sharings

Das Unternehmen bietet eingeschränkte Möglichkeiten des Job-Sharings, weshalb das Kriterium mit B bewertet wird.

#### 6.4.16.5 Telearbeitsplätze / Heimarbeit

Das Arbeitsfeld des Unternehmens lässt die Einrichtung von Telearbeitsplätzen bzw. Heimarbeit nicht zu. Eine A-, B- oder C-Bewertung ist aus diesem Grunde nicht sinnvoll.

---

<sup>13</sup> Den Bewertungen dieses übergeordneten Kriteriums liegen persönlichen Informationen zugrunde.

### 6.4.17 globales Verantwortungsbewusstsein bei der Zusammenarbeit mit internationalen Lieferanten / Auftragnehmern

Tabelle 6-23: Bewertung des Bezugsobjekts „Floatglas“ anhand der Checkliste „globales Verantwortungsbewusstsein bei der Zusammenarbeit mit internationalen Lieferanten / Auftragnehmern

17. globales Verantwortungsbewusstsein bei der Zusammenarbeit mit internationalen Lieferanten / Auftragnehmern						
Bezugsprodukt: <b>Floatglas</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	o			o	X
	-		o			
	ILO 146-Empfehlungen werden eingehalten			o		
2. Berücksichtigung kultureller Gegebenheiten am jeweiligen Standort	keine Berücksichtigung kultureller Aspekte	o			o	X
	-		o			
	Kulturelle Aspekte werden berücksichtigt			o		
3. Unterstützung von Betrieben in Entwicklungsländern	Das Unternehmen leistet keinerlei Unterstützung	o			o	o
	Das Unternehmen leistet geringe Unterstützung		X			
	Das Unternehmen leistet große Unterstützung z.B. durch Know-how-Transfer, Kooperationsprojekte, Partnerschaften usw.			o		

(Bewertungserläuterung)<sup>14</sup>

#### 6.4.17.1 *Einhaltung der ILO 146-Empfehlungen zur Kinderarbeit*

Das Unternehmen beschäftigt keine dieses Kriterium berührende Arbeitnehmer. Aus diesem Grunde ist eine A-, B- oder C-Bewertung dieses Kriteriums nicht zutreffend.

#### 6.4.17.2 *Berücksichtigung kultureller Gegebenheiten am jeweiligen Standort*

Es wird kein internationaler Standort mit besonderen kulturellen Gegebenheiten konfrontiert. Das Kriterium ist daher nicht zutreffend.

#### 6.4.17.3 *Unterstützung von Betrieben in Entwicklungsländern*

Das Unternehmen leistet geringe Unterstützung von Betrieben in Südamerika.

---

<sup>14</sup> Die Bewertungen der jeweiligen Kriterien beruhen auf persönlichen Informationen aus dem Hause Interpane / Pilkington

## 6.4.18 Ökonomische Aspekte / langfristige Unternehmenssicherung

Tabelle 6-24: Bewertung des Bezugsobjekts „Floatglas“ anhand der Checkliste „ökonomische Aspekte; langfristige Unternehmenssicherung“

18. ökonomische Aspekte; langfristige Unternehmenssicherung						
Bezugsprodukt: <b>Floatglas</b>						
Kriterium	Merkmale	Bewertung			keine Daten	trifft nicht zu
		A	B	C		
1. Stabilität der Marktposition	Die Marktposition des Unternehmens ist instabil	o			o	o
	Die Marktposition des Unternehmens ist im Vergleich zu Wettbewerbern relativ sicher		X			
	Das Unternehmen erweitert seine Marktanteile bzw. erschließt neue (zukunftsfähige) Märkte			o		
2. Anteil von Fremdkapital	Hohe Fremdkapitalquote	X			o	o
	Geringe Fremdkapitalquote		o			
	Es liegen keine Fremdkapitalanlagen vor			o		
3. ökonomische Handlungsgrundsätze	Das Unternehmen räumt kurzfristigen Gewinnen oberste Priorität ein	o			X	o
	-		o			
	Das Unternehmen verfolgt eine langfristige Unternehmenssicherung			o		
4. Minimierung von Transportwegen	Maßnahmen zur Minimierung der Transportwege werden nicht umgesetzt	o			o	o
	Maßnahmen zur Minimierung der Transportwege werden teilweise umgesetzt		o			
	Maßnahmen zur Minimierung der Transportwege werden stetig erarbeitet und umgesetzt			X		
5. Erhöhung der Energie- und Ressourcenproduktivität	Energie- und Ressourcenproduktivität werden nicht erhöht	o			X	o
	Erhöhung der Energie- und Ressourcenproduktivität um den Faktor 4		o			
	Erhöhung der Energie- und Ressourcenproduktivität um den Faktor 10			o		
6. innovative Wirtschaftspolitik	Umsetzen einer traditionellen / konservativen Wirtschaftspolitik	o			o	o
	Umsetzen einer teilweise innovativen Wirtschaftspolitik		X			
	Innovation ist (ein) Grundsatz der unternehmerischen Wirtschaftspolitik			o		
7. Sicherung der Konjunktur-Tragfähigkeit	Ökonomische Aktivitäten werden kaum geplant	o			X	o
	Ökonomische Aktivitäten werden in Maßen geplant		o			
	Massive Planung ökonomischer Aktivitäten zur Sicherung der Konjunktur-Tragfähigkeit			o		

(Bewertungserläuterung)<sup>15</sup>

#### 6.4.18.1 *Stabilität der Marktposition*

Die Marktposition des Unternehmens kann als stabil angesehen werden, woraus die Bewertung mit B resultiert.

#### 6.4.18.2 *Fremdkapitalanteil*

Das Unternehmenskapital weist eine hohe Fremdkapitalquote auf. Das Kriterium wird entsprechend mit A bewertet.

#### 6.4.18.3 *Ökonomische Handlungsgrundsätze*

Es liegen keine Daten bezüglich den ökonomischen Handlungsgrundsätzen des Unternehmens vor.

#### 6.4.18.4 *Minimierung von Transportwegen*

Aus ökonomischen Interessen strebt das Unternehmen die stetige Optimierung des betrieblichen Logistikkonzepts an. Dabei stellt die Minimierung der Transportwege ein wesentliches Kriterium dar. Aus diesem Grunde wird die Bewertung C vergeben.

#### 6.4.18.5 *Erhöhung der Energie- und Ressourcenproduktivität*

Hinsichtlich der Bewertung der Ressourcenproduktivitätserhöhung stehen keine Daten zur Verfügung.

#### 6.4.18.6 *Innovative Wirtschaftspolitik*

Das Unternehmen betreibt eine teilweise innovative Wirtschaftspolitik. Es ergibt sich die Bewertung des Kriteriums mit B.

#### 6.4.18.7 *Sicherung der Konjunktur-Tragfähigkeit*

Hinsichtlich ökonomischen Aktivitäten im Kontext der Sicherung der betrieblichen Konjunktur-Tragfähigkeit liegen keine Daten vor.

---

<sup>15</sup> Die Bewertungen beruhen auf persönlichen Informationen aus dem Hause Interpane / Pilkington

## 6.4.19 Kooperationsbereitschaft mit Anspruchsgruppen (stakeholder)

Tabelle 6-25: Bewertung des Bezugsobjekts „Floatglas“ anhand der Checkliste „Kooperationsbereitschaft mit Anspruchsgruppen (stakeholder)“

19. Kooperationsbereitschaft mit Anspruchsgruppen (stakeholder)						
Bezugsprodukt: <b>Floatglas</b>						
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 Aktionsprogrammen	o			o	o
	Das Unternehmen beteiligt sich sehr bedingt an ökologischen oder sozialen Aktionsprogrammen		X			
	Das Unternehmen beteiligt sich stark an ökologischen oder sozialen Aktionsprogrammen			o		
3. behördliche Kooperation	Keine Zusammenarbeit mit Behörden	o			o	o
	Geringfügige Zusammenarbeit mit Behörden		o			
	Verstärkte Zusammenarbeit mit Behörden			X		
4. Einbeziehung der Anwohner	Anforderungen von Anwohnern werden (ohne behördlich Auflagen) nicht berücksichtigt	o			o	X
	Anforderungen von Anwohnern werden (ohne behördlich Auflagen) geringfügig berücksichtigt		o			
	Das Unternehmen reagiert (ohne behördliche Auflagen) umgehend auf Anforderungen/Beschwerden der Anwohner			o		

(Bewertungserläuterung)<sup>16</sup>

#### 6.4.19.1 *Kundenanforderungen hinsichtlich ökologischen, sozialen und ökonomischen Aspekten*

Das Unternehmen betreibt stetige Aktivitäten zur Ermittlung und Berücksichtigung der Kundenanforderungen. Die Bewertung erfolgt aus diesem Grunde mit C.

#### 6.4.19.2 *Beteiligung an der Erstellung (kommunaler) ökologischer oder sozialer Aktionsprogramme; z. B. lokale Agenda 21*

Das Unternehmen beteiligt sich nur geringfügig an ökologischen bzw. sozialen Aktionsprogrammen. Die Bewertung des Kriteriums erfolgt daher mit B.

#### 6.4.19.3 *Behördliche Kooperation*

Das Unternehmen agiert verstärkt in behördlicher Zusammenarbeit, woraus die Wertung C resultiert.

#### 6.4.19.4 *Einbeziehung der Anwohner*

Die Bewertung dieses Kriteriums ist nicht zutreffend, da aufgrund der lokalen Gegebenheiten des Standorts keine Anwohner mit dem betrieblichen Aktionismus des Unternehmens direkt oder indirekt in Berührung kommen.

---

<sup>16</sup> Die Bewertungen liegen im Wesentlichen persönlichen Informationen aus dem Hause Interpane / Pilkington zugrunde.

## 7 Zusammenfassende Bewertung

### 7.1 Bewertung des Bezugsobjektes „Floatglas“

#### 7.1.1 Auswertung der Ergebnisse

Im Rahmen der Beurteilung des Bezugsobjektes „Floatglas“, dem ersten Glied der Isolierglas-Wertschöpfungskette, wurden 81 Kriterien (von insgesamt 104 Kriterien) bewertet. Die folgende Tabelle liefert eine Übersicht über die A-, B- und C-Verteilung hinsichtlich der Floatglas-Bewertung:

Tabelle 7-1: Quantitative Aufgliederung der A-, B- und C-Kategorien im Rahmen der Floatglas-Bewertung

Bewertungskategorie	absolute Anzahl
A	11
B	29
C	41
<b>Summe:</b>	<b>81</b>

Die Bewertungskategorien verteilen sich demnach auf 13,6 % (A), 35,8 % (B) und 50,6 % (C). Die prozentuale A-, B-, und C-Verteilung wird in der folgenden Abbildung veranschaulicht.

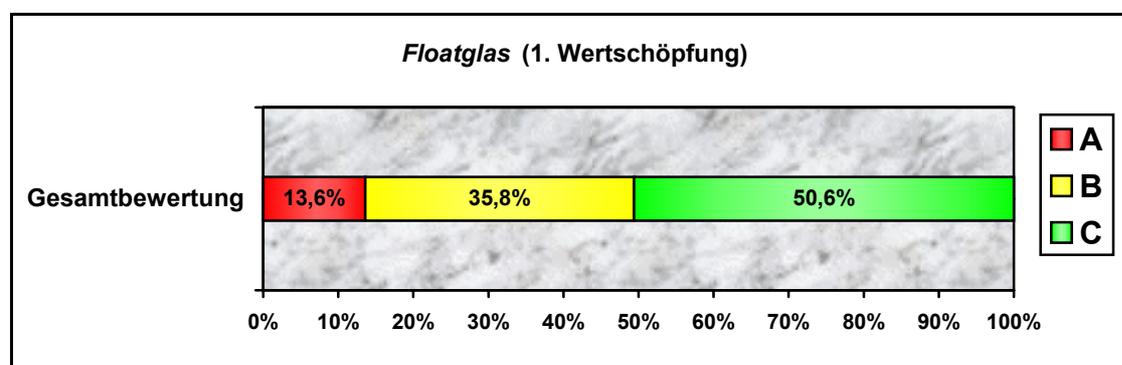


Abbildung 7-1: Prozentuale Verteilung der A-, B- und C-Wertungen im Rahmen der Floatglas-Bewertung

Gemäß dem Bewertungsschlüssel zur zusammenfassenden Produktbewertung ergibt die Aggregation der Ergebnisse die Gesamt-Wertung **B (akzeptable Situation)**. Die diesbezügliche Anforderung eines maximalen A-Anteils von 20 % wird mit einem Anteil von 13,6 % sicher erfüllt. Andererseits beträgt der Anteil der C-Wertungen lediglich 50,6 %. Der hinsichtlich einer B-Gesamtwertung erforderliche C-Anteil von > 50 % wird damit gerade erreicht, weshalb die Produktbewertung mit B sehr kritisch zu betrachten ist. Die A-, B-, C-Verteilung bezüglich der einzelnen, übergeordneten Leitkriterien ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

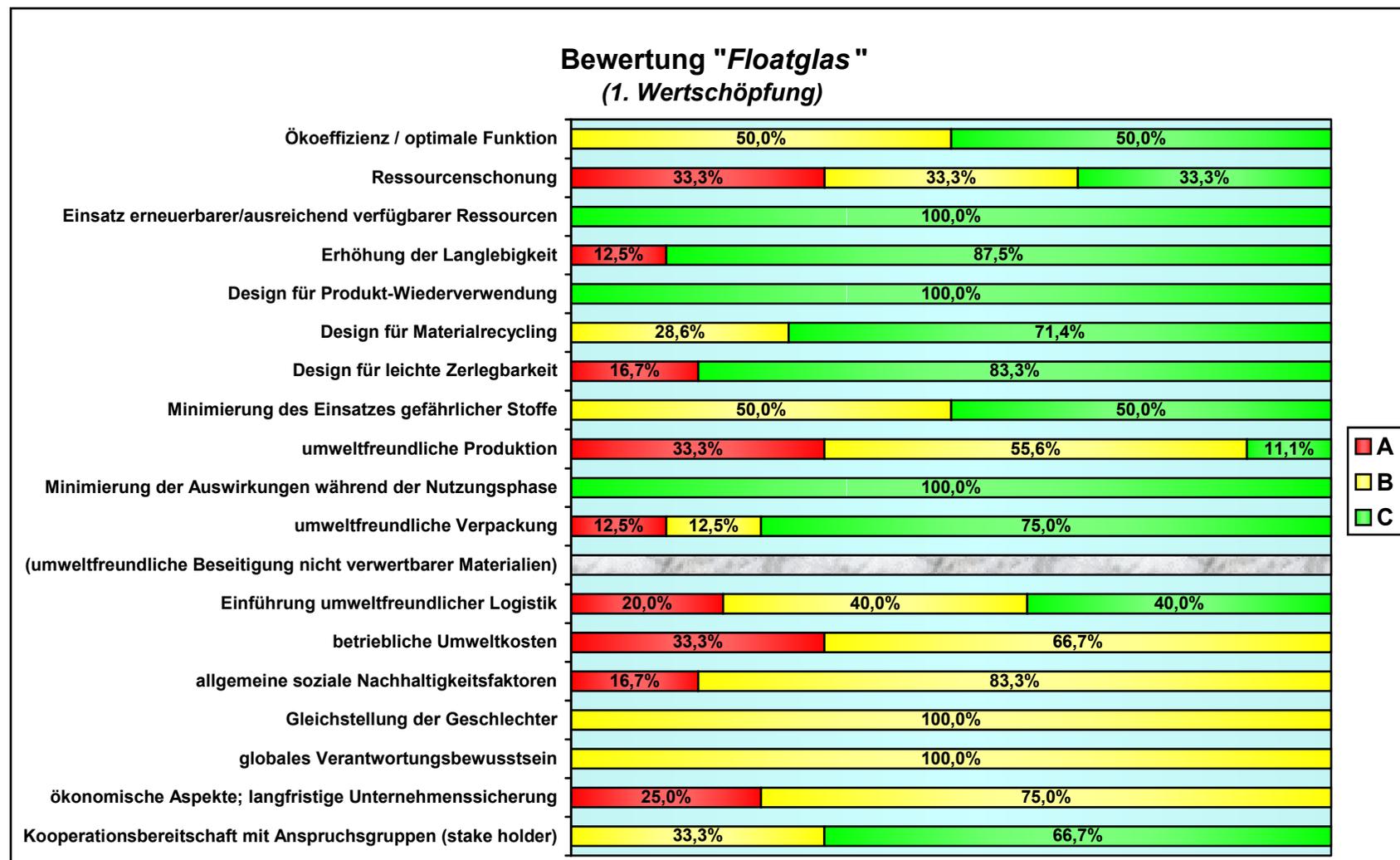


Abbildung 7-2: Darstellung der A-, B-, C-Verteilung bezüglich der einzelnen Leitkriterien im Rahmen der Floatglas-Bewertung

### 7.1.2 Diskussion der Ergebnisse für „Floatglas“ und Maßnahmenvorschläge

Die Aggregation der Ergebnisse liefert eine abschließende Produktbewertung mit B (akzeptable Situation). Diskussionsbedarf besteht vor allem bezüglich der Bewertung des Kriteriums „Lösbarkeit von Verbindungen“. Da eine Zerlegung unmittelbar mit der Zerstörung des Produktes verbunden ist, wurde dieses Kriterium zwingenderweise mit A bewertet. Allerdings ist fraglich, ob seitens des Verbrauchers oder im Rahmen eines Recyclings eine anderweitige Zerlegung überhaupt von Interesse ist. Des weiteren erscheint die Bewertung des Kriteriums „Wieder- / Weiterverwendung“ mit A im Widerspruch zu der jeweiligen C-Bewertung der Kriterien „Leichter Zugang zu Komponenten“ sowie „Standardisierung von Verbindungselementen“ unter dem übergeordneten Leitkriterium „Design für Produkt-Wiederverwendung“ zu stehen. Die A-Wertung ergibt sich dabei aus dem Sachverhalt, dass keine Glasprodukte, die eine Einbindung der Floatglasscheiben im Rahmen einer Weiterverwendung (z. B. als Möbelverglasungen) zulassen, existieren. Eine Weiterverwendung ist allenfalls im Rahmen provisorischer Eigenkonstruktionen gegeben. Die C-Wertungen ergeben sich, da das Produkt an sich die Voraussetzungen für eine theoretisch denkbare Wieder- bzw. Weiterverwendung aufweist.

Das Produkt zeichnet sich grundsätzlich durch eine geringe Materialintensität aus. Herauszustellen sind vor allem die sehr guten Recyclingeigenschaften, die eine vollständige stoffliche Verwertung des Floatglases zulassen. In diesem Zusammenhang ist weiterhin die ausgezeichnete Verfügbarkeit der eingesetzten Materialien (insbesondere des Sandes) anzumerken. Hinsichtlich der Nutzungsphase steht der sehr geringe Wartungsaufwand in hervorragendem Verhältnis zu der relativ langen Produktlebensdauer. Abgesehen von der Tatsache, dass die Abschlusswertung des Floatglases mit B aufgrund des geringen C-Anteils ohnehin sehr knapp ist, wird das Ergebnis durch die Gleichgewichtung der einzelnen Kriterien zusätzlich verzerrt. So zeigen sich die wesentlichen Schwachstellen des Produktes in der Produktion. In diesem Kontext muss der fehlende Einfluss des nicht vorhandenen Umweltmanagements angemerkt werden. Im Rahmen eines zertifizierungsfähigen bzw. zertifizierten Umweltmanagementsystems, dessen Einführung dringend empfohlen wird, ließen sich insbesondere produktionsrelevante Kriterien durch die Erarbeitung und Umsetzung integrierter Maßnahmen entscheidend verbessern.

Hervorzuheben ist hier vor allem der erhebliche Energieaufwand, der überdies an ein entsprechend hohes Emissionsaufkommen, insbesondere an CO<sub>2</sub>, gekoppelt ist. Die Reduzierung des produktionsbezogenen Energiebedarfs stellt sich dabei als sehr schwierig dar, da die in diesem Zusammenhang wesentlichen, hoch spezifischen Prozessanforderungen (insbesondere der Schmelzwannenbetrieb) so gut wie keine verfahrenstechnischen Modifikationen zulassen. Optimierungspotenzial liegt vor allem in der sowohl ökologisch als auch wirtschaftlich sinnvollen Erhöhung der Ressourcenproduktivität. Diesbezüglich empfiehlt sich die Erarbeitung eines Konzeptes zur Einbindung der Abwärme in die Heizungsanlage. Der Heizenergiebedarf des Unternehmens ist allerdings als relativ gering anzusehen. Der geringe Heizenergieverbrauch

resultiert aus dem Sachverhalt, dass der Großteil der prinzipiell ohnehin geringen Büroanzahl in unmittelbarer Umgebung des Prozesses angeordnet ist, so dass diese Büros so gut wie keiner Heizenergie bedürfen. Der auf diese Weise ehe „zufällig“ genutzte Teil der Prozessabwärme ist allerdings angesichts des erheblichen ungenutzten Anteils marginal. Da sich die Abwärmenutzung innerhalb des Unternehmens als schwierig gestaltet, wird die Auslegung eines Fernwärmesystems vorgeschlagen wodurch ein Großteil der Abwärme anderweitigen Zwecken zugeführt werden kann. Aufgrund des kontinuierlichen Schmelzwannenbetriebs ließe sich in diesem Kontext zudem eine sehr hohe Versorgungssicherheit gewährleisten. So ist z. B. die Einbindung der Abwärme im Rahmen eines Industrieparks denkbar, dessen Struktur durch diverse Wärmenutzer geprägt ist. Des Weiteren ist die Auslegung eines effektiveren Wasserkreislaufsystems im Rahmen der Waschanlage sinnvoll, da auf diese Weise der Bedarf an Waschwasser erheblich reduziert werden kann.

Die integrierten Maßnahmen sollten weiterhin darauf abzielen, das, wenngleich auch relativ geringe, Aufkommen an besonders überwachungsbedürftigen Abfällen weiter zu reduzieren bzw. gänzlich zu vermeiden. In diesem Zusammenhang bietet sich ebenfalls die gezielte Suche nach geeigneten Gefahrstoffsubstituten an, um den generellen Einsatz von Gefahrstoffen (vor allem besonders gefährlicher Stoffe) sowie den direkten Umgang mit gefährlichen Stoffen an den Arbeitsplätzen zu minimieren.

Hinsichtlich der Logistik fordert hauptsächlich deren mangelnde Einbindung in die Umweltpolitik des Unternehmens dringenden Handlungsbedarf. Spätestens nach Einführung eines (zertifizierungsfähigen) Umweltmanagementsystems sollte diesem Bereich daher verstärkte Aufmerksamkeit zukommen und die umweltpolitische Integration dieses Bereichs erfolgen. Optimierungsbedarf besteht vor allem in der Wahl der Transportmodi. Die infrastrukturellen Gegebenheiten fordern zwangsläufig die Wahl des Transportmodus Lkw. Trotzdem sollte zumindest eine Kombination aus Zug- und Lkw-Verkehr angestrebt werden.

Bezüglich der sozialen Ebene geben mehrere Kriterien Anlass zum Handeln. Wesentliche Maßnahmen sind allerdings relativ einfach umzusetzen. So können z. B. die Arbeitsbedingungen durch die Installation von Trinkwasserspendern im hochtemperierten Arbeitsbereich um die Schmelzwanne zusätzlich verbessert werden. Des Weiteren ist die Ernennung von betriebsinternen Gleichstellungsbeauftragten als Ansprechpersonen für diesbezügliche Belange zu empfehlen. Außerdem sollten Kontakte zu Kindergärten, Schulen oder ähnlichen Einrichtungen geknüpft werden, um ein möglichst breites Angebot an Rückkehrhilfen (insbesondere Kinderbetreuung) zu gestalten.

Die verstärkte Integration ausländischer Beschäftigter sollte durch mehrsprachige Informationsmaterialien, Sprachkurse etc. optimiert werden. Die geographische Lage des Unternehmens im nationalen Grenzgebiet misst diesem Kriterium zusätzliche Bedeutung bei.

Die als nicht ausreichend bewertete betriebliche Umweltmotivation wird sich nach Einführung eines Umweltmanagementsystems wahrscheinlich zwangsläufig verbessern. Dabei spielt die Förderung der Mitarbeitermotivation eine entscheidende Rolle. Entsprechende Maßnahmen liegen z. B. in regelmäßigen, zweckgerichteten Schulungen, Transparentmachen der

betrieblichen Umweltleitlinien am „schwarzen Brett“ etc. Die angeführten Maßnahmvorschläge sollen unter Eingliederung in die drei Nachhaltigkeitsdimensionen in der folgenden Tabelle zusammenfassend dargestellt werden:

**Tabelle 7-2: Zusammenfassung der Maßnahmvorschläge im Rahmen der Floatglas-Bewertung**

<b>Maßnahmvorschläge</b>	
<b><i>ökologische Dimension</i></b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung eines zertifizierungsfähigen Umweltmanagementsystems</li> <li>• Auslegung eines Fernwärmesystems (z. B. Einbindung der Abwärme in einen Industriepark mit diversen Wärmenutzern)</li> <li>• gezielte Einbindung der Abwärme in die betriebsinterne Heizungsanlage</li> <li>• Installation eines Wasserkreislaufsystems (bez. Waschwasser)</li> <li>• Reduzierung des Gefahrstoffeinsatzes, insbesondere an den Arbeitsplätzen</li> <li>• Kombination aus Zug- und Lkw-Verkehr umsetzen</li> <li>• Einbindung des Logistikaspekts in die betriebliche Umweltpolitik</li> <li>• Integrierte Maßnahmen zur Minimierung besonders überwachungsbedürftiger Abfälle</li> </ul>	
<b><i>ökonomische Dimension</i></b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung eines zertifizierungsfähigen Umweltmanagementsystems (s.o.)</li> <li>• Erhöhung der Ressourcenproduktivität               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Auslegung eines Fernwärmesystems</li> <li>○ Einbindung der Abwärme in die betriebsinterne Heizungsanlage (s.o.)</li> <li>○ Installation eines Wasserkreislaufsystems (bez. Waschwasser) (s.o.)</li> </ul> </li> </ul>	
<b><i>soziale Dimension</i></b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimierung der Arbeitsbedingungen durch Trinkwasserspender im Schmelzwannen-bereich</li> <li>• Ernennung betrieblicher Gleichstellungsbeauftragter</li> <li>• Förderung der Berufswiederaufnahme durch die Zusammenarbeit mit entsprechenden Einrichtungen (z. B. Schulen, Kindergärten etc.)</li> <li>• verstärkte Integration ausländischer Beschäftigter durch Einführung mehrsprachiger Informationsmaterialien, Sprachkurse etc.</li> <li>• Förderung der Umweltmotivation der Mitarbeiter durch Schulungen, Aushängen der Umweltleitlinien etc.</li> </ul>	

## 7.2 Bewertung des Bezugsobjektes „iplus S“

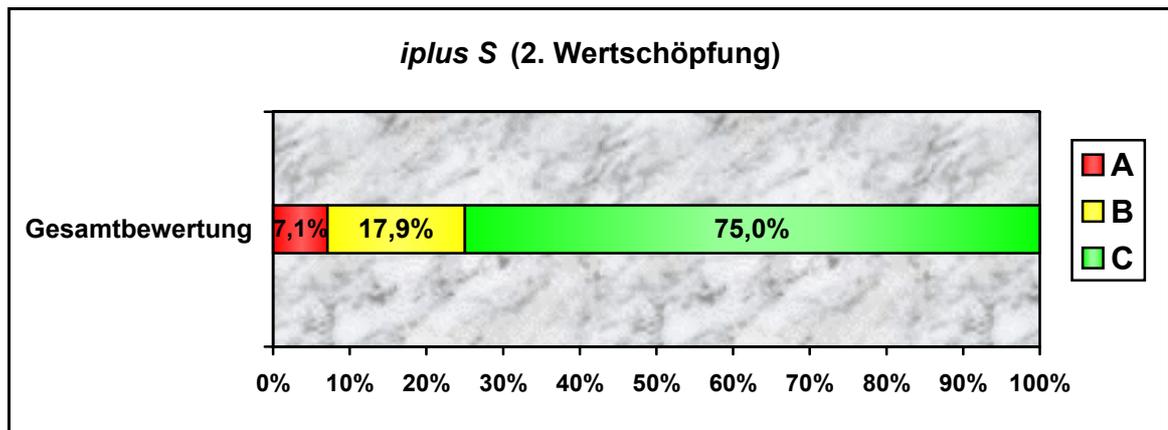
### 7.2.1 Auswertung der Ergebnisse

Die A-, B-, C-Wertungen verteilen sich im Rahmen der „iplus S“-Bewertung auf 84 (von insgesamt 104) Kriterien. Die Anzahl der jeweiligen Kategorien sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

**Tabelle 7-3: Quantitative Aufgliederung der A-, B- und C-Kategorien im Rahmen der iplus S-Bewertung**

Bewertungskategorie	absolute Anzahl
A	6
B	15
C	63
<b>Summe:</b>	<b>84</b>

Die prozentuale Verteilung der Bewertungskategorien ergibt sich demnach zu 7,1 % (A), 17,9 % (B) und 75 % (C), was in der folgenden Abbildung veranschaulicht wird:



**Abbildung 7-3: Prozentuale Verteilung der A-, B- und C-Wertungen im Rahmen der „iplus S“-Bewertung**

Die Aggregation der Ergebnisse führt gemäß dem Bewertungsschlüssel zu einer Gesamtbewertung des „iplus S“-Produktes mit B (akzeptable Situation). Der A-Anteil von 7,1 % kann den diesbezüglich determinierten Maximalwert von 20 % sehr deutlich unterschreiten. Der weiterhin geforderte C-Anteil von > 50 % wird mit 75 % ebenfalls souverän erreicht. Der geringe Anteil der A-Kategorien von 7,1 % ließe dementsprechend überdies eine Bewertung mit C (ideale Situation) zu. Der hierzu notwendige C-Anteil von > 80 % wird mit 75 % knapp verfehlt. Grundsätzlich können die Bedingungen der Gesamtbewertung mit B daher als sicher erfüllt angesehen werden. Die folgende Abbildung liefert eine Übersicht über die A-, B-, C-Verteilung bezüglich der Bewertung der einzelnen Leitkriterien:

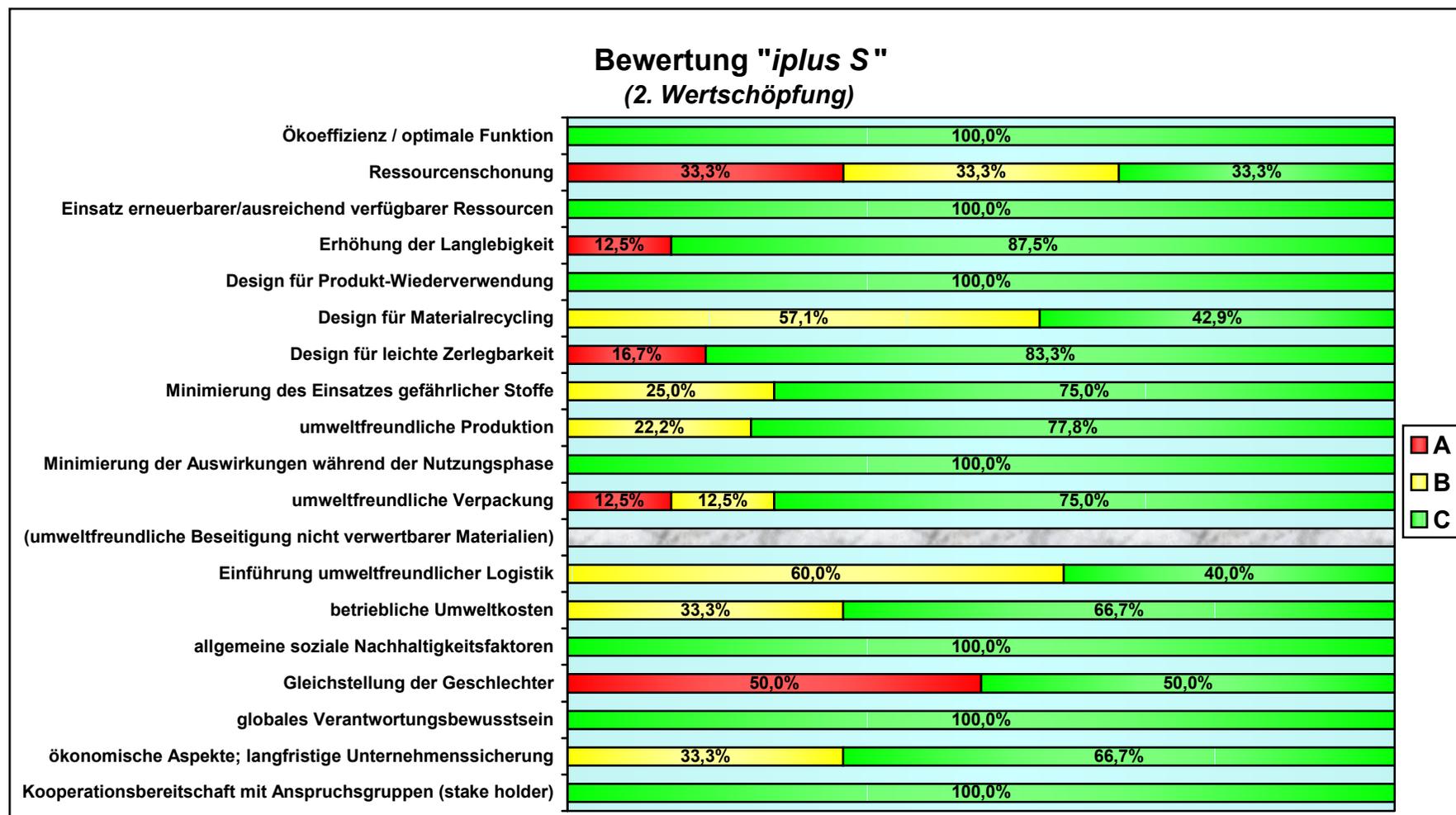


Abbildung 7-4: Darstellung der A-, B-, C-Verteilung bezüglich der einzelnen Leitkriterien im Rahmen der „iplus S“-Bewertung

### 7.2.2 Diskussion der Ergebnisse für „iplus S“ und Maßnahmenvorschläge

Die gemeinsame Produktdefinition des Floatglases und dem „iplus S“-Halbzeug als Glasscheibe führt bezüglich einiger Kriterien zu gleichen Bewertungen. Unter anderem betrifft dies die Kriterien „Einfache Zerlegbarkeit“ sowie „Wieder- / Weiterverwendung“. Aus diesem Grunde sei an dieser Stelle auf die im vorangegangenen Kapitel diesbezüglich angeführten Diskussionsinhalte verwiesen.

Die Aggregation der Ergebnisse liefert eine abschließende Gesamtbewertung mit B (akzeptable Situation). Wie bereits in Kapitel 0 erläutert, führt die rein mathematische Ermittlung der Gesamtbewertung aufgrund der Gleichgewichtung der einzelnen Kriterien zu verzerrten Ergebnissen. Im Kontext der „iplus S“-Bewertung wird auf diese Weise vor allem dem Kriterium der Ökoeffizienz eine zu geringe Bedeutung beigemessen. Gerade das aus der Wärmefunktionsschicht resultierende Energie- bzw. CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial während der Nutzungsphase führt zu einer erheblichen Reduzierung sowohl der Verbraucherbedürfnisse (Heizkosten) als auch der indirekten produktspezifischen Energie- und Stoffströme (Schonung energetischer Ressourcen, CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung). Aufgrund der sehr geringen Schichtdicken erfolgt die Wertschöpfung dabei auf der Basis einer sehr geringen Materialintensität, wobei sich die jeweiligen Materialien zusätzlich durch einer jeweils sehr gute Verfügbarkeit auszeichnen. Aufgrund der recyclingkompatiblen Eigenschaften der in sehr geringen Mengen eingesetzten Stoffe wird die sehr hohe Verwertungsquote des Floatglases kaum beeinflusst. Im Rahmen eines Materialrecyclings müssen lediglich geringe Qualitätsverluste aufgrund der Metallkomponenten der Schichten in Kauf genommen werden, die die Wieder- bzw. Weiterverwertungseigenschaften des Recyclats jedoch grundsätzlich kaum beeinträchtigen.

Des weiteren sind die geringen ökologischen Auswirkungen der Produktion herauszustellen. Das geringe Emissionsaufkommen resultiert ausschließlich aus dem betrieblichen Heizenergiebedarf, während der Sputterprozess praktisch keine direkten Schadstoffemissionen erzeugt. Im Rahmen eines zertifizierten Umweltmanagementsystems erfolgte die Umsetzung produktionsintegrierter Maßnahmen insbesondere zur Minimierung des Energie- und Wasserbedarfs (Abwärmenutzung, Kreislaufführung des Wassers). Auf diese Weise und durch die Wiederverwendung der abgestrahlten Sputtermaterialien werden ebenfalls die Ressourcenproduktivitätsverluste und damit die betrieblichen Umweltkosten deutlich reduziert.

Die minimalen Auswirkungen des Floatglases während der Nutzungsphase werden durch die Beschichtungen in keiner Weise beeinträchtigt.

Im Rahmen der sozialen Nachhaltigkeitsanforderungen werden wesentliche Kriterien erfüllt. Dieses zeigt sich vor allem in der Bewertung der Leitkriterien „allgemeine soziale Nachhaltigkeitsfaktoren“ sowie „Kooperationsbereitschaft mit Anspruchsgruppen (stakeholder)“, die jeweils einen C-Anteil von 100 % erreichen. Weiterhin ist in diesem Kontext u. a. die gute Umsetzung geeigneter Maßnahmen zur Unterstützung der Berufswiederaufnahme, sowie die

Unterstützung von Betrieben in Entwicklungsländern durch die Zusammenarbeit mit osteuropäischen Partnerunternehmen herauszustellen.

Abbildung 7-4 zeigt, dass das Leitkriterium „Gleichstellung der Geschlechter“ aufgrund des hohen A-Anteils von 50 % die schlechteste Bewertung erfährt. Allerdings führt die bereits angeführte Gleichgewichtung der Einzelkriterien zu einer Ergebnisverzerrung. Durch die oben erwähnte Umsetzung von Maßnahmen zur Unterstützung der Berufswiederaufnahme, sowie infolge des grundsätzlichen Angebots an Teilzeitjobs wird die dargestellte Kriteriumsbewertung deutlich entschärft. Die Optimierung dieses Leitkriteriums ließe sich durch die Ernennung betriebsinterner Ansprechpartner bzw. Gleichstellungsbeauftragter sowie durch die zumindest begrenzte Möglichkeit des Job-Sharings erreichen.

Ökologische Schwachstellen zeigen sich im Wesentlichen in der Logistik. Diese sollte im ganzen Umfang in die Umweltpolitik des Unternehmens integriert werden. Des weiteren empfiehlt sich die verstärkte Beanspruchung von regionalen Zulieferern bzw. Entsorgern sowie zumindest die Einbindung von Schiffs- und / oder Zugverkehr. Hinsichtlich des Gefahrstoffeinsatzes bietet sich die gezielte Suche nach geeigneten Stoffsubstituten an, um den Einsatz von Gefahrstoffen weiter zu reduzieren bzw. gänzlich zu vermeiden.

**Tabelle 7-4: Zusammenfassung der Maßnahmenvorschläge im Rahmen der „iplus S“-Bewertung**

<b>Maßnahmenvorschläge</b>	
<i>ökologische Dimension</i>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einbindung des Logistikaspektes in die betriebliche Umweltpolitik</li> <li>• Nach Möglichkeit eine Kombination aus Lkw- und Zug-Verkehr umsetzen</li> <li>• weitere Reduzierung des Gefahrstoffeinsatzes</li> </ul>
<i>ökonomische Dimension</i>	
-	
<i>soziale Dimension</i>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ernennung betrieblicher Gleichstellungsbeauftragter</li> <li>• Möglichkeiten des Job-Sharings anbieten</li> </ul>

### 7.3 Vergleichende Gesamtbewertung

In Abbildung 7-5 sind die Gesamtbewertungen der Produkte „Floatglas“ und „iplus S“ zusammenfassend dargestellt.

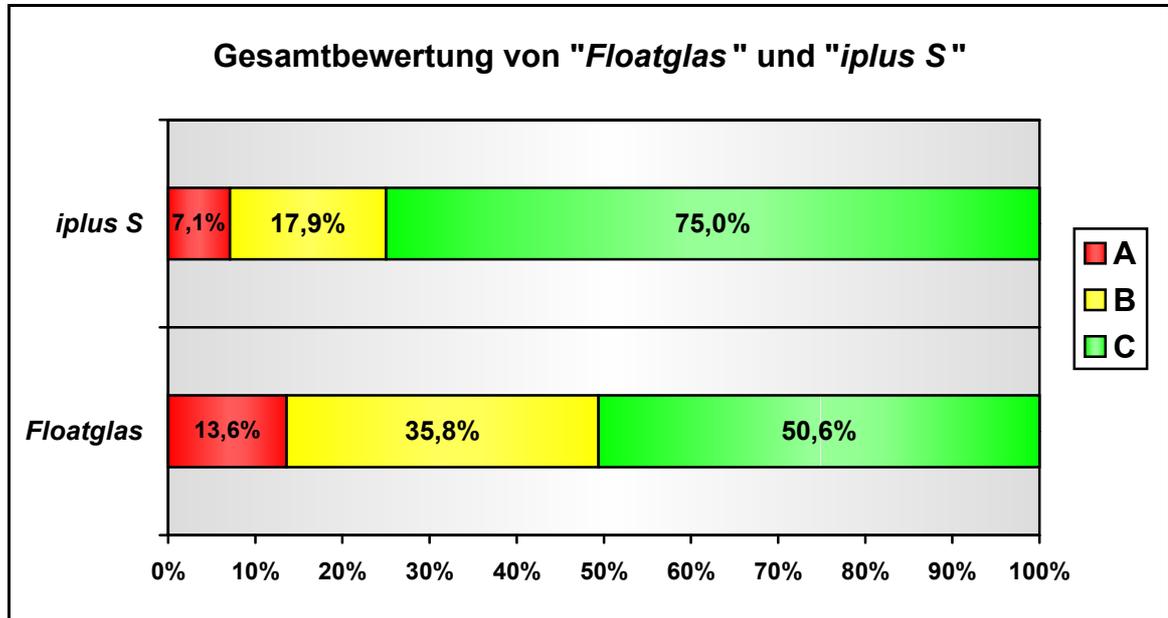


Abbildung 7-5: Gesamtbewertungen der Produkte „Floatglas“ und „iplus S“

Während die Aggregation der Ergebnisse für beide Produkte die abschließende Wertung B (akzeptable Situation) liefert, werden die dementsprechenden Differenzen der beiden Bezugsobjekte durch die obige Abbildung sehr transparent. So weist „iplus S“ lediglich gut die Hälfte (52,2 %) der A-Wertung des „Floatglases“ auf und kann weiterhin dessen C-Anteil um 24,4 % deutlich übertreffen.

Die deutlichsten Unterschiede liegen in der Produktion. Aufgrund der erheblichen ökologischen Bedeutung sollen hier die quantitativ krass differierenden Schadstoffemissionen gegenübergestellt werden. Die Ausführungen beschränken sich dabei auf die Fokussierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen, denen in diesem Kontext die größte Bedeutung zukommt. Die produktspezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen sind (ohne Berücksichtigung von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten) in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 7-5: Gegenüberstellung der produktspezifischen direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen

Emittent	CO <sub>2</sub> -Emission [g / m <sup>2</sup> <sub>Produkt</sub> ]	
	Floatglas	iplus S
Prozess	1.891,7	-
Heizungsanlage	0,245	1,800
<b>Summe</b>	<b>1.892,0</b>	<b>1,800</b>

Die Darstellung zeigt, dass die (standortbezogene) produktspezifische CO<sub>2</sub>-Emission im Rahmen der Floatglasherstellung um den **Faktor 1.051** höher ist als bei der „iplus S“-Beschichtung. Die Differenzierung der Emittenten verdeutlicht, dass die CO<sub>2</sub>-Intensität der Floatglasherstellung fast ausschließlich auf den Floatprozess an sich zurückzuführen ist. Aufgrund des relativ hohen Floatglasdurchsatzes (800 Mg / d) wird dieser Sachverhalt zusätzlich verzerrt. Zur Verdeutlichung der CO<sub>2</sub>-Intensität des Floatprozesses sollen nachfolgend die direkten standortspezifischen Kohlendioxid-Emissionen (ohne die Berücksichtigung von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten) gegenübergestellt werden:

**Tabelle 7-6: Gegenüberstellung der standortspezifischen direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen**

Emittent	absolute CO <sub>2</sub> -Emission [Mg / a]	
	Floatglas	iplus S
Prozess	57.536	-
Heizungsanlage	7,45	9,65
<b>Summe</b>	<b>57.544</b>	<b>9,65</b>

Die direkte standortspezifische direkte Kohlendioxidemission der Floatglasherstellung ist damit knapp 6.000 mal höher als die der „iplus S“-Beschichtung. Die verschiedenen CO<sub>2</sub>-Emissionen ergeben sich dabei hauptsächlich aus dem ebenfalls sehr unterschiedlichen thermischen Energieverbrauch. Dieser beträgt seitens der Floatglasherstellung 18,53 [kWh / m<sup>2</sup>] gegenüber 0,02 [kWh / m<sup>2</sup>] der „iplus S“-Beschichtung. Für den gesamten Energiebedarf ergibt sich ein ähnlicher Sachverhalt. Diesbezüglich stehen 18,72 [kWh / m<sup>2</sup>] der Floatglasherstellung lediglich 1,81 [kWh / m<sup>2</sup>] der „iplus S“-Beschichtung gegenüber. Die Aufteilung des jeweiligen Energiebedarfs wird in der folgenden Tabelle veranschaulicht:

**Tabelle 7-7: Aufgliederung der jeweiligen produktspezifischen Energiebedarfs**

Verursacher	Energiebedarf [kWh / m <sup>2</sup> <sub>Produkt</sub> ]			
	Floatglas		iplus S	
	thermisch	elektrisch	thermisch	elektrisch
<b>Prozess + Beleuchtung</b>	18,53	0,19	-	1,79
Heizung	0,003	-	0,02	-

Prinzipiell wird im Rahmen der „iplus S“-Bewertung bei jedem Leitkriterium ein C-Anteil von mindestens 33,3 % erreicht. Diesbezüglich zeigt die Floatglasbewertung dagegen erhebliche Schwachstellen auf, da bei fünf Kriterien („betriebliche Umweltkosten“, „allgemeine soziale Nachhaltigkeitsfaktoren“, „Gleichstellung der Geschlechter“, „globales Verantwortungsbewusstsein“ sowie „ökonomische Aspekte / langfristige Unternehmenssicherung“) keine einzige C-Wertung erreicht wird. Das deutliche Übergewicht des „iplus S“-Produktes hinsichtlich der C-Anteile soll anhand der folgenden Abbildung veranschaulicht werden:

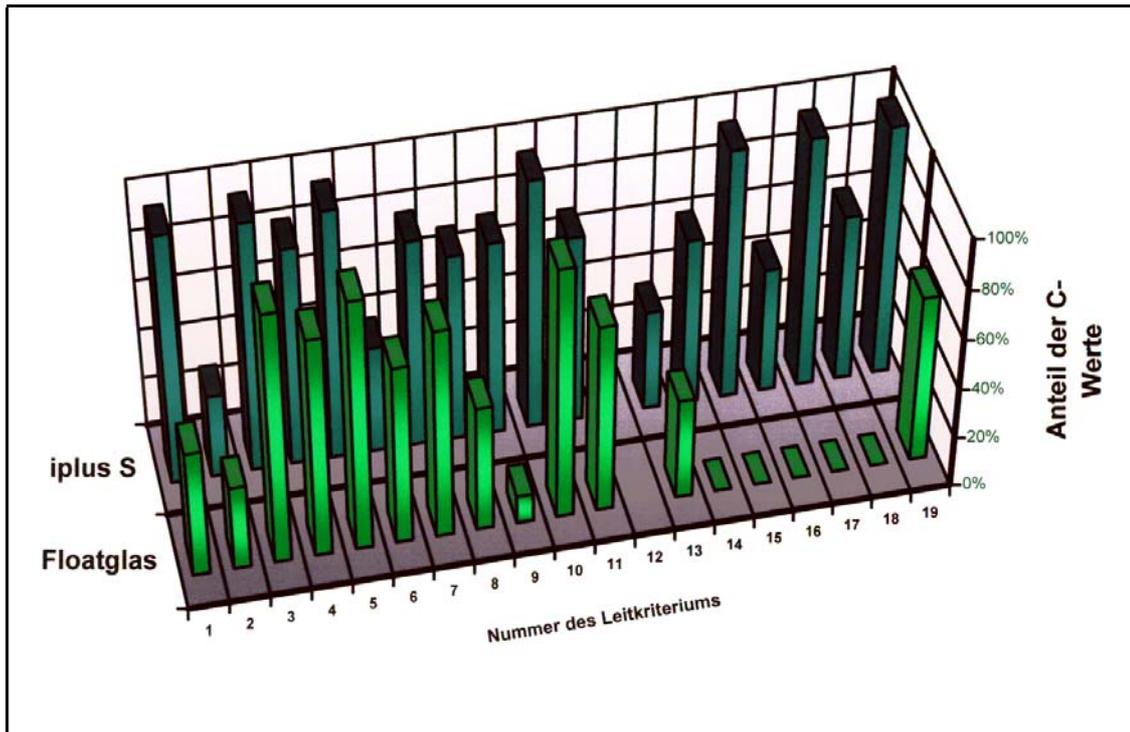


Abbildung 7-6: Gegenüberstellung der prozentualen Anteile der C-Wertungen hinsichtlich der Bezugsobjekte „Floatglas“ und „Iplus S“

Die Nummerierung der Leitkriterien erfährt folgende Zuordnung:

Tabelle 7-8: Zuordnung der Nummerierung der Leitkriterien aus

Nummer des Leitkriteriums	Titel des Leitkriteriums
1	Ökoeffizienz / optimale Funktion
2	Ressourcenschonung
3	Einsatz erneuerbarer / ausreichend verfügbarer Ressourcen
4	Erhöhung der Langlebigkeit
5	Design für Produkt-Wiederverwendung
6	Design für Materialrecycling
7	Design für leichte Zerlegbarkeit
8	Minimierung des Einsatzes gefährlicher Stoffe
9	Umweltfreundliche Produktion
10	Minimierung der Auswirkung während der Nutzungsphase
11	Umweltfreundliche Verpackung
12	Umweltfreundliche Beseitigung nicht verwertbarer Materialien
13	Einführung umweltfreundlicher Logistik
14	Betriebliche Umweltkosten
15	Allgemeine soziale Nachhaltigkeitsfaktoren
16	Gleichstellung der Geschlechter
17	Globales Verantwortungsbewusstsein
18	Ökonomische Aspekte / langfristige Unternehmenssicherung
19	Kooperationsbereitschaft mit Anspruchsgruppen (stakeholder)

Die Anteile der A-Bewertungen können, gerade angesichts des jeweils deutlich eingehaltenen Maximalwerts von 20 %, bei beiden Bezugsobjekten als gering angesehen werden. Im Rahmen des Produktvergleichs ist der sehr geringe A-Anteil von „iplus S“ (7,1 %) gegenüber dem ohnehin schon geringen A-Anteil des Floatglases (13,6 %) herauszustellen. Die diesbezüglichen Unterschiede ergeben sich im Wesentlichen durch die Kriterien „umweltfreundliche Produktion“, „Einführung umweltfreundlicher Logistik“, „betriebliche Umweltkosten“, „allgemeine soziale Nachhaltigkeitsfaktoren“ sowie „ökonomische Aspekte / langfristige Unternehmenssicherung“. Während jedes dieser Kriterien im Rahmen der Floatglasbewertung einen A-Anteil von mindestens 12,5 % aufweist, ist bei „iplus S“ keine einzige A-Wertung vorhanden. Bezüglich des „iplus S“-Produktes weist lediglich das Kriterium „Gleichstellung der Geschlechter“ einen höheren A-Anteil als das Floatglas auf. Mit Bezugnahme auf die Nummerierung bzw. Zuordnung der einzelnen Leitkriterien gemäß Tabelle 7-8 wird die Verteilung der A-Bewertungen im Rahmen der Produkt-Gegenüberstellung durch die folgende Abbildung verdeutlicht:

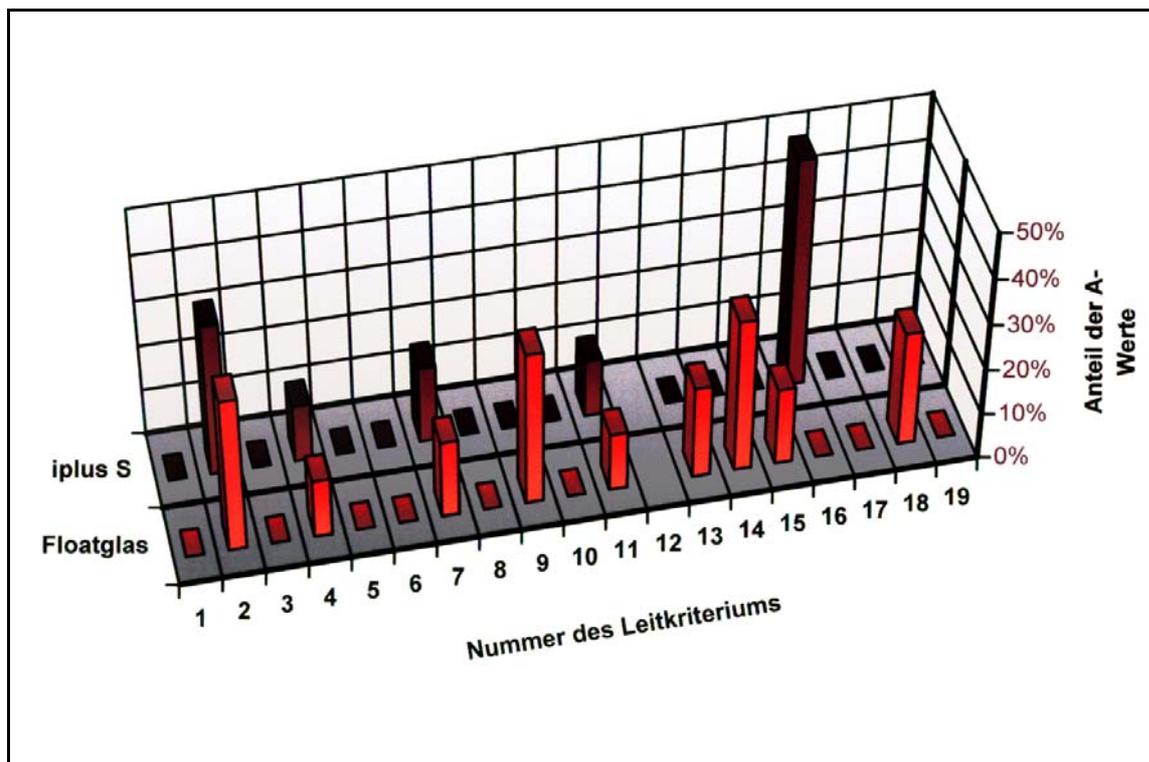


Abbildung 7-7: Gegenüberstellung der prozentualen Anteile der A-Wertungen hinsichtlich der Bezugsobjekte „Floatglas“ und „iplus S“

## 7.4 Abschließende Bewertung des „iplus S“-Halbzeugs

Die Bewertung des Produktes „iplus S“ im Kontext einer vergleichenden Bezugnahme auf unbeschichtetes Floatglas lässt den Schluss zu, dass der im Rahmen des Beschichtungsprozesses aufzubringende Mehraufwand in einem ausgezeichneten Verhältnis zu der, das „iplus S“-Produkt charakterisierenden, Reduzierung der Verbraucherbedürfnisse in Form des Energie- bzw. CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzials während der Nutzungsphase steht. Diesbezüglich ermöglicht die Beschichtung des Floatglases eine erhebliche Reduzierung der produktspezifischen indirekten Energie- und Stoffströme. Das Produkt zeichnet sich auf diese Weise durch eine sehr hohe Ökoeffizienz aus. Dabei werden im Rahmen der Produktwertschöpfung wesentliche Anforderungen an eine nachhaltige Fertigung industrieller Produkte erfüllt.

Besonders hervorzuheben ist in diesem Kontext die umweltfreundliche Produktion. Der Energie- und Materialaufwand sowie das produktionsspezifische Emissionsaufkommen (insbesondere an Kohlendioxid) ist gerade in Bezug auf die Floatglasherstellung sehr gering. Zudem werden der Produktnutzungsphase nachgelagerte Prozesse kaum beeinflusst. Dies betrifft im Wesentlichen Prozesse im Rahmen eines Materialrecyclings. Die ohnehin schon hohe Verwertungsquote des Floatglases wird durch die spezifischen Eigenschaften des „iplus S“-Halbzeugs somit marginal beeinflusst. Auf diese Weise zeichnet sich das Produkt auch im Hinblick auf dessen gesamten Lebenszyklus durch eine geringe Ressourcenintensität aus. Dieser Sachverhalt wird zusätzlich dadurch unterstrichen, dass im Zuge des Beschichtungsprozesses keine seltenen bzw. schlecht verfügbaren Materialien zum Einsatz kommen.

Vor dem Hintergrund der sozialen Nachhaltigkeitsdimension sind hauptsächlich die guten sozialen Faktoren am Standort sowie die wirtschaftliche Kooperation mit osteuropäischen Partnerunternehmen herauszustellen. Die diesbezüglichen, geringfügigen Schwachstellen lassen sich durch die Umsetzung entsprechender Maßnahmen relativ einfach beheben.

Die Anforderungen an die ökonomische Dimension werden im Wesentlichen durch die stetige Erweiterung der Marktanteile und die sich daraus ergebende stabile Marktposition erfüllt. Zudem verfolgt die Unternehmensgruppe eine innovative Wirtschaftspolitik mit Ausblick auf eine langfristige Unternehmenssicherung.

## V Literaturverzeichnis

### Printmedien

- BANK, M.: Basiswissen Umwelttechnik. Würzburg: Vogel Buchverlag, 2000
- BAUMBACH, G.: Luftreinhaltung, *Entstehung, Ausbreitung und Wirkung von Luftverunreinigungen – Messtechnik, Emissionsminderung und Vorschriften*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1994
- BRAUER, H.: Handbuch des Umweltschutzes und der Umweltschutztechnik, *Produktions- und produktintegrierter Umweltschutz*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 1996
- BUNDESUMWELTMINISTERIUM / UMWELTBUNDESAMT: Handbuch Ökocontrolling. München: Verlag Franz Vahlen GmbH, 1995
- CERBE, G.: Studienbücher der technischen Wissenschaften, *Grundlagen der Gastechnik*. München, Wien: Carl Hanser Verlag, 1988
- FLEISCHER, G.: Produktionsintegrierter Umweltschutz. Berlin: EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik GmbH, 1994
- GLÄSER, H. J.: Dünnfilmtechnologie auf Flachglas. Schorndorf: Verlag Karl Hofmann, 1999
- HERMANN, W. / BALZER, M.: Lokale Agenda 21 – Anstöße zur Zukunftsfähigkeit. Stuttgart, Berlin, Köln: Kohlhammer GmbH, 2000
- IGNATOWITZ, E.: Europa-Fachbuchreihe für Chemieerberufe, *Chemietechnik*. Haan-Grutten: Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co., 1997
- INTERPANE GLAS INDUSTRIE AG: Bauen mit Glas. Beverungen: Offsetdruck Hillebrand, (Veröffentlichungs-Datum nicht bekannt)
- INTERPANE GLAS INDUSTRIE AG: Gestalten mit Glas. Beverungen: Offsetdruck Hillebrand, 2002
- INTERPANE GLAS INDUSTRIE AG: Verarbeitung von beschichtetem Basisglas zu Warmglas. Beverungen: Offsetdruck Hillebrand, (Veröffentlichungs-Datum nicht bekannt)
- JÄNICKE, M. / BOLLE, H.-J. / CARIUS, A.: Umwelt Global. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1994
- KALTSCHMITT, M. / WIESE, A.: Erneuerbare Energien, *Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1997

- MEADOWS, D. L.: Die Grenzen des Wachstums, *Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit*. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, 1972
- MINISTERIUM FÜR FRAUEN, JUGEND, FAMILIE UND GESUNDHEIT DES LANDES NORDRHEIN- WESTFALEN: Broschüre *Frauenpolitik für Nordrhein-Westfalen*, 2003
- NÖLLE, G.: Technik der Glasherstellung. Stuttgart: Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1997
- QUASCHNING, V.: Regenerative Energiesysteme. München, Wien: Carl Hanser Verlag, 1999
- SIETZ, M.: Handbuch zur Gestaltung und Entwicklung umweltgerechter Möbel. Frankfurt am Main: Verlag Harri Deutsch, 2001
- SIETZ, M.: Leitfaden für Umwelthandbücher mit Praxisbeispielen. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1995
- VON WEIZSÄCKER, E. U. / LOVINS, A. B. / HUNTER LOVINS, L.: Faktor vier, *Doppelter Wohlstand – halbiertes Naturverbrauch*. München: Droemersch Verlagsanstalt Th. Knauer, 1996
- WICKE, L.: Vahlens Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, *Umweltökonomie*. München: Verlag Franz Vahlen GmbH, 1993
- WÖHE, G.: Vahlens Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, *Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre*. Verlag Franz Vahlen GmbH, 1993
- WOLL, A.: Vahlens Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, *Allgemeine Volkswirtschaftslehre*. München: Verlag Franz Vahlen GmbH, 1993
- WUPPERTAL-INSTITUT FÜR KLIMA, UMWELT, ENERGIE / BUND / MISEREOR: *Zukunftsfähiges Deutschland, Ein Beitrag zu einer global nachhaltigen Entwicklung*. Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 1997
- ZWAHR, A. (RED. LEITUNG): Meyers großes Taschenlexikon. Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich: B.I.-Taschenbuchverlag, 1999

Elektronische Medien

[http://verlagskv.ch/htm/htm\\_d/index.htm](http://verlagskv.ch/htm/htm_d/index.htm)

<http://www.a-m.de/>

<http://www.awm.consulting.de/>

<http://www.chancenfueralle.de/>

<http://www.c-willmann.de/>

<http://www.eco-effizienz.de/eco/>

<http://www.hmi.de/>

<http://www.interpane.net/>

<http://www.oekoeffizienz.de/>

<http://www.qm-trend.de/>

<http://www.sup-im-net.de/>

<http://www.symposion.de/>

<http://www.transfair.de/>

<http://www.umsetzungsberatung.de/>

<http://www.umweltbundesamt.de/>

<http://www.umweltministerium.bayern.de/>

<http://www.uni.bayreuth.de>

<http://www.uni-hannover.de/>

<http://www.upi-institut.de/>

<http://www.wupperinst.org/>