

Nachhaltigkeitsanalyse demontagegerechter Baukonstruktionen

Entwicklung eines Analysemodells für den Entwurf von Gebäuden

Dem Fachbereich Bauingenieurwesen und Geodäsie
der Technischen Universität Darmstadt
zur Erlangung der Würde eines
Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
vorgelegte

DISSERTATION

vorgelegt von
Dipl.-Ing. Katja Reiche
aus Wuppertal

D 17

Darmstadt, April 2001

Referent: Prof. Dr.-Ing. C.-A. Graubner

Korreferent: Prof. Dr.-Ing. J.-D. Wörner

Tag der Einreichung: 08.05.2001

Tag der mündlichen Prüfung:

Inhaltsverzeichnis

Glossar

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

1. Einleitung	1-1
2. Zielsetzung	2-2
3. Ausgangssituation	3-4
3.1. Ausgangslage für eine nachhaltige Entwicklung	3-4
3.2. Aspekte der Nachhaltigkeit für das Bauwesen	3-7
3.2.1. Nachhaltigkeitsaspekte im Handlungsfeld Bauen und Wohnen.....	3-7
3.2.2. Indikatoren zur Bewertung von Aspekten der Nachhaltigkeit im Bauwesen	3-9
3.3. Gesetzliche Rahmenbedingungen einer nachhaltigen Entwicklung	3-10
3.3.1. Allgemeines	3-10
3.3.2. Umweltrecht	3-11
3.3.3. Bauordnungs- und Bauproduktenrecht.....	3-12
3.3.4. Empfehlungen für öffentliche Bauten	3-13
3.3.5. Gesetzliche Rahmenbedingungen zur Entsorgung von Baurestmassen	3-13
3.3.5.1 Das Kreislaufwirtschafts-Abfallgesetz.....	3-13
3.3.5.2 Regelung der Überwachung und Charakterisierung von Baurestmassen	3-16
3.3.5.3 Verwaltungsvorschriften zum Kreislaufwirtschafts – und Abfallgesetz.....	3-18
4. Strategien und Entwurfskonzepte für eine nachhaltige Entwicklung im Bauwesen	4-20
4.1. Ganzheitliche Strategien für eine nachhaltige Entwicklung	4-20
4.2. Reduktion der Umweltbelastungen bei der Bauwerkserstellung	4-23
4.3. Reduktion des erforderlichen Energiebedarfs in der Nutzungsphase ..	4-24
4.4. Kreislaufführung von Baurestmassen	4-26
4.4.1. Ausgangssituation.....	4-26
4.4.2. Abgrenzung zwischen Produktrecycling und stofflicher Verwertung	4-28
4.4.3. Stoffliche Verwertung von Baurestmassen	4-30

4.5.	Nachhaltig Bauen durch den Einsatz recyclinggerechter Konstruktionen	4-31
4.6.	Der Demontagegerechte Entwurf.....	4-32
4.6.1.	Ausgangssituation und Zielsetzung	4-32
4.6.2.	DFD-Konzept	4-33
4.6.3.	Wertschöpfung und Demontagetiefe	4-34
4.6.4.	Ebenenmodell des demontagegerechten Entwurfs	4-35
5.	Instrumente für die Nachhaltigkeitsanalyse von Bauwerken	5-37
5.1.	Anforderungen.....	5-37
5.2.	Vorhandene Instrumente für die Nachhaltigkeitsanalyse	5-39
5.2.1.	Vorbemerkung	5-39
5.2.2.	Instrumente für die Vorplanung	5-42
5.2.3.	Instrumente für die Vorentwurfsphase auf Stoff- und Materialebene.....	5-43
5.2.4.	Instrumente für die Vorentwurfsphase auf Produkt- bzw. Bauteilebene.....	5-46
5.3.	Ganzheitliche Methoden mit Lebenszyklusansatz	5-47
5.3.1.	Überblick	5-47
5.3.2.	Die Ökobilanz als Grundlage verschiedener Methoden zur Lebenszyklusanalyse	5-48
5.3.3.	Weitere Methoden der Lebenszyklusanalyse	5-51
5.4.	Softwaretools zur Nachhaltigkeitsanalyse.....	5-55
5.5.	Einordnung von Instrumenten und Methoden für die Nachhaltigkeitsanalyse.....	5-58
5.5.1.	Informationssysteme, Orientierungshilfen und Methoden	5-58
5.5.2.	Softwaretools zur Analyse des demontagegerechten Entwurfs.....	5-60
6.	Grundlagen der Nachhaltigkeitsanalyse demontagegerechter Baukonstruktionen.....	6-62
6.1.	Zielsetzung und Überblick.....	6-62
6.2.	Lebenszyklusmodell der Nachhaltigkeitsanalyse	6-63
6.3.	Bewertungskriterien.....	6-64
6.4.	Funktionelle Einheit.....	6-67
6.5.	Methodik des Analysemodells „BauLoop“	6-68

7.	Stoffstromberechnung	7-71
7.1.	Das Schichtenmodell	7-71
7.2.	Prozeßstufen und Systemgrenzen der Analyse	7-72
7.2.1.	Erfassung von Prozeßstufen in einer Analyse	7-72
7.2.2.	Systemgrenzen einzelner Prozeßstufen und Abschneidekriterien der Analyse	7-74
7.2.3.	Systemgrenzen der Prozeßstufe „Entsorgung“	7-76
7.3.	Austausch- und Instandsetzungszyklen	7-79
7.4.	Verbindungstypen	7-81
7.4.1.	Definition	7-81
7.4.2.	Klassifizierung der Verbindung von Materialschichten (Flächenverbindungen)	7-83
7.4.3.	Klassifizierung der Verbindung einzelner Bauteile	7-85
8.	Ökobilanzierung der Materialherstellung	8-87
8.1.	Allgemeines	8-87
8.2.	Das Programm SimaPro IV	8-88
8.3.	Dateneingabe und Ergebnisse der Ökobilanzierung mit SimaPro IV ..	8-90
9.	Qualitative / Quantitative Bewertung von Rückbauprozessen	9-94
9.1.	Behandlung von Baurestmassen	9-94
9.2.	Ausgangssituation für den Rückbau und die Instandsetzung von Gebäuden	9-95
9.2.1.	Vorbemerkungen	9-95
9.2.2.	Konventioneller Abbruch	9-96
9.2.3.	Selektiver Rückbau und Demontage	9-97
9.3.	Bewertungsverfahren zur Einordnung von Rückbauprozessen	9-99
9.3.1.	Zielsystem	9-99
9.3.2.	Kriterien der Bewertung	9-100
9.3.3.	Bewertungsvorgang	9-101

10. Qualitative / Quantitative Bewertung von Entsorgungsprozessen	10-105
10.1. Vorbemerkung.....	10-105
10.2. Stand der Technik von Aufbereitungsverfahren für Baurestmassen	10-105
10.2.1. Sortierung und Aufbereitung von Bauschutt und Baustellenabfällen	10-105
10.2.2. Entsorgungsmöglichkeiten für verschiedene Baurestmassen.....	10-107
10.3. Entsorgungspfade der Baurestmassenbehandlung	10-109
10.3.1. Allgemeines.....	10-109
10.3.2. Produktwiederverwendung und Produktweiterverwendung	10-111
10.3.3. Verwertung.....	10-111
10.3.4. Deponierung	10-112
10.4. Bewertungsverfahren zur Einordnung unterschiedlicher Entsorgungsprozesse	10-115
10.4.1. Grundsätzliches zum Bewertungsverfahren	10-115
10.4.2. Zielsystem.....	10-115
10.4.3. Bewertungskriterien	10-117
10.4.4. Übertragung der Verteilungsmodelle für die Systemgrenze „Entsorgung“ in das Verfahren.....	10-119
10.4.5. Klassifizierung von Baurestmassen.....	10-120
10.4.6. Bewertungsvorgang.....	10-122
10.5. Anwendung des Verfahrens zur Bewertung von Entsorgungsprozessen	10-127
10.5.1. Datengrundlage zur Bewertung von Entsorgungsprozessen der Hauptmaterialgruppen	10-127
10.5.2. Beispielhafte Bewertung der Entsorgung	10-129
11. „BauLoop“– Softwaretool zur Nachhaltigkeitsanalyse	11-131
11.1. Übersicht	11-131
11.1.1. Programmstruktur- und Aufbau	11-131
11.1.2. Datenbanken	11-132
11.2. Programmeinheiten	11-137
11.2.1. Eingabemodul.....	11-137
11.2.2. Berechnungsmodul	11-141
11.2.3. Analyseeinheit	11-147
11.2.4. Beispielhafte Auswertung einer Nachhaltigkeitsanalyse	11-148

12. Modellanwendung zur Identifikation von Optimierungspotentialen.....	12-158
12.1. Ziele, Strategien und Lösungsvorschläge zum demontagegerechten Entwurf	12-158
12.2. Auswertung von Deckenkonstruktionen	12-160
12.2.1. Vergleich von zwei Stahlbetondecken mit Fliesenbelag.....	12-160
12.2.2. Vergleich eines konventionellen und eines demontagegerechten Entwurfs für Deckenkonstruktionen mit unterschiedlichen Nutzsichten	12-165
12.2.3. Vergleich von Deckenkonstruktionen mit unterschiedlicher Tragschicht	12-168
12.2.4. Ergebnis der Analyse verschiedener Deckenkonstruktionen	12-169
12.3. Auswertung von Wandkonstruktionen	12-170
12.4. Auswertung demontagegerecht entworfener Gebäude.....	12-173
12.5. Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse	12-176
13. Schlußfolgerungen und Handlungsempfehlungen	13-179
13.1. Erkenntnisse aus der Modellanwendung	13-179
13.1.1. Gültigkeit der Hypothese zum demontagegerechten Entwurf.....	13-179
13.1.2. Wesentliche Ergebnisse der Modellanwendung.....	13-180
13.1.3. Zukünftige Einsatzgebiete von „BauLoop“	13-182
13.2. Handlungsempfehlungen zur Förderung der Ziele eines demontagegerechten Entwurfs im Hinblick auf eine nachhaltige Entwicklung im Bauwesen.....	13-183
14. Zusammenfassung.....	14-186
Literaturverzeichnis	L1
Anhang.....	A1