

**Demontage von Plattenbauten unter Berücksichtigung der  
Wiederverwendung (Remontage) ausgewählter Fertigteile  
aus baubetrieblicher und bauwirtschaftlicher Sicht,  
dargestellt am Beispiel der Plattenbauserie P 2**

Von der Fakultät für Architektur, Bauingenieurwesen und Stadtplanung der  
Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus zur Erlangung des  
akademischen Grades eines Doktor-Ingenieurs genehmigte Dissertation

vorgelegt von

Dipl.-Ing. Anja Nagora, geb. Kuhlee

aus Spremberg (Niederlausitz)

Gutachter: Prof. Dr.-Ing. habil. H.-P. Unruh, BTU Cottbus,  
Lehrstuhl Baubetrieb und Bauwirtschaft,  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. E. Petzschmann, BTU Cottbus,  
Lehrstuhl Baubetrieb und Bauwirtschaft,  
Univ.-Prof. Dr.-Ing., M.S. F. Gehbauer, Universität Karlsruhe (TH),  
Institut für Maschinenwesen im Baubetrieb

Tag der Disputation: 21.08.2002



## **Vorwort**

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl Baubetrieb und Bauwirtschaft der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus und dokumentiert meinen Beitrag bei der Bearbeitung des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Forschungsvorhabens „Rückbau von Plattenbauten und Wiederverwendung der Fertigteile im Wohnungsbau“.

Mein Dank gilt im besonderen Herrn Prof. Dr.-Ing. habil. H.-P. Unruh für die wissenschaftliche Betreuung meiner Arbeit, die stetige Diskussionsbereitschaft und die wertvollen Anregungen, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben sowie für die Übernahme des Referates.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. E. Petzschmann als Lehrstuhlleiter danke ich für die großzügige Unterstützung und Förderung meiner wissenschaftlichen Arbeit und die Übernahme des Korreferates.

Für die Übernahme eines weiteren Korreferates danke ich ganz herzlich Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing., M.S. F. Gehbauer von der Universität Karlsruhe.

Weiterhin bedanke ich mich bei den von mir betreuten Studenten, die durch ihr großes Engagement bei der Anfertigung ihrer Diplomarbeit wertvolle Teilergebnisse erarbeitet haben.

Danken möchte ich auch den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Lehrstuhls Baubetrieb und Bauwirtschaft, insbesondere den technischen Mitarbeitern Kerstin Löhnert und Dipl.-Ing. Peer Hänßel sowie der Sekretärin Renate Bär, die durch Ihre Hilfsbereitschaft auf organisatorischer und technischer Ebene das Entstehen der Arbeit unterstützten.

Cottbus, im August 2002

Anja Nagora



<b>1</b>	<b>Ausgangssituation, Zielstellung und Themenabgrenzung.....</b>	<b>1</b>
1.1	Ausgangssituation .....	1
1.2	Zielstellung, Vorgehensweise und Themenabgrenzung .....	5
1.3	Definitionen, Begriffe .....	6
1.3.1	Abbruch .....	6
1.3.2	Rückbau .....	7
1.3.3	Demontage .....	8
1.3.4	Recycling .....	9
	1.3.4.1 Wiederverwertung (Materialrecycling) .....	10
	1.3.4.2 Wiederverwendung (Produktrecycling) .....	10
<b>2</b>	<b>Die Plattenbauserie P 2 und das Musterprojekt .....</b>	<b>11</b>
2.1	Grundstruktur und Elementesortiment der Plattenbauserie P 2 .....	11
2.1.1	Grundstruktur .....	11
2.1.2	Elementesortiment .....	13
2.2	Verbindungen und Fugen .....	15
2.2.1	Verbindungen .....	15
2.2.2	Fugen .....	16
2.3	Musterprojekt .....	18
2.3.1	Demontage .....	18
2.3.2	Remontage .....	19
<b>3</b>	<b>Abbruch- und Demontageanweisung für Fertigteilkonstruktionen.....</b>	<b>22</b>
3.1	Bestehende Bestimmungen und Vorschriften für die Montage von Fertigteilen.....	23
3.1.1	DIN 1045 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton .....	23
3.1.2	Berufsgenossenschaftliche Vorschrift Bauarbeiten .....	24
3.1.3	Arbeitsunterlagen für Baustellenprozesse im Fertigteilbau.....	25
3.2	Bestehende Bestimmungen und Vorschriften für den Abbruch und die Demontage .....	27
3.2.1	Berufsgenossenschaftliche Vorschrift Bauarbeiten .....	27
3.2.2	Abbrucharweisung entsprechend BGI Abbrucharbeiten .....	28
3.3	Entwicklung einer Abbruch- und Demontageanweisung für Fertigteilkonstruktionen .....	30
<b>4</b>	<b>Demontagehilfsmittel und Trennverfahren .....</b>	<b>33</b>
4.1	Lastaufnahmeeinrichtungen .....	33
4.1.1	Anschlagmittel .....	33
4.1.2	Anschlagpunkte .....	35

4.1.2.1	Wiederverwendung von Tragösen.....	35
4.1.2.2	Schaffung neuer Anschlagpunkte.....	39
4.1.2.3	Anschlagen ohne Anschlagpunkte.....	41
4.1.3	Fazit .....	42
4.2	Demontagehalterungen.....	42
4.2.1	Anforderungen an die Ausbildung.....	42
4.2.2	Erforderliche Strebenkräfte.....	43
4.2.3	Erforderliche Strebenlänge .....	46
4.2.4	Auswahl der Streben.....	46
4.2.5	Verankerung der Streben .....	48
4.2.5.1	Lastfall 2 (Demontage).....	49
4.2.5.2	Lastfall 1 (Unterbrechung der Demontage).....	52
4.2.6	Fazit .....	53
4.3	Trennverfahren.....	54
4.3.1	Charakterisierung der Trennstellen.....	54
4.3.2	Verfahren und Geräte für demontagespezifische Trennstellen.....	54
4.3.3	Fazit .....	60
<b>5</b>	<b>Hebezeugeinsatz, Transport und Zwischenlagerung.....</b>	<b>61</b>
5.1	Hebezeugeinsatz.....	61
5.1.1	Kranart, Krananordnung und Krananzahl.....	61
5.1.2	Hebezeugnachweis.....	62
5.1.2.1	Ausgangswerte.....	62
5.1.2.2	Erforderliche Hebezeugparameter .....	63
5.1.2.3	Kranauswahl und Krannachweis .....	65
5.1.2.4	Hebezeugeinsatz beim Musterprojekt .....	66
5.2	Transport .....	67
5.2.1	Transporttechnik .....	67
5.2.2	Transportorganisation .....	67
5.2.3	Transportkosten .....	69
5.3	Zwischenlagerung der Fertigteile.....	71
<b>6</b>	<b>Arbeitsstudien bei Demontagen .....</b>	<b>73</b>
6.1	Zeitaufnahmen.....	73
6.1.1	Kranspielzeiten .....	75
6.1.1.1	Vorbereitende Arbeiten .....	75

6.1.1.2	Durchführung der Zeitaufnahme .....	77
6.1.1.3	Auswertung der Zeitaufnahme .....	78
6.1.2	Kranunabhängige Arbeiten .....	83
6.1.2.1	Decken .....	83
6.1.2.2	Außenwände .....	85
6.1.2.3	Tragende Innenwände .....	86
6.1.3	Fazit .....	88
6.2	Multimomentaufnahmen .....	89
6.2.1	Vorbereitende Arbeiten .....	91
6.2.2	Durchführung der Beobachtungen .....	99
6.2.3	Auswertung der Multimomentaufnahmen .....	102
6.2.3.1	Stemmarbeiter .....	102
6.2.3.2	Anschläger .....	104
6.2.3.3	Fazit .....	106
6.3	Aufwandswerte .....	107
6.4	Zusammensetzung der Demontagekolonne .....	109
6.5	Zusammenfassung und Verallgemeinerung der Ergebnisse .....	109
<b>7</b>	<b>Wiederverwendung von Fertigteilen – Remontage.....</b>	<b>111</b>
7.1	Eignung der Fertigteile aus statisch-konstruktiver Sicht .....	112
7.1.1	Vergleich der Normen (TGL, DIN) .....	112
7.1.2	Bewertung der Bauteiltragfähigkeit ausgewählter Elemente .....	113
7.1.2.1	Decken- und Treppenelemente .....	113
7.1.2.2	Wände .....	114
7.1.3	Fazit .....	114
7.2	Eignung der Fertigteile aus bauphysikalischer Sicht .....	115
7.2.1	Vergleich der Normen .....	115
7.2.2	Bauphysikalische Nachweise für ausgewählte Elemente .....	115
7.2.2.1	Wärmeschutz .....	115
7.2.2.2	Schallschutz .....	116
7.2.2.3	Brandschutz .....	118
7.2.3	Fazit .....	120
7.3	Zustandsanalyse (Ermittlung der Restgebrauchswerteigenschaften).....	121
7.3.1	Grundlagen.....	121
7.3.1.1	Typische Schäden an Beton-Fertigteilen.....	121

7.3.1.2	Entwicklung eines Modells zur Zustandsanalyse.....	122
7.3.1.3	Entwicklung einer Checkliste.....	124
7.3.2	Überprüfung der Eingangswerte (Schritt 1).....	125
7.3.2.1	Ermittlung der Druckfestigkeit.....	125
7.3.2.2	Betondeckung.....	130
7.3.3	Erste visuelle Prüfung – Untersuchung des Bauzustandes (Schritt 2).....	131
7.3.4	Zweite Visuelle Prüfung (Schritt 3).....	134
7.3.5	Auswertung der Zustandsanalyse an untersuchten Elementen des Musterprojekts .....	135
7.3.5.1	Innenwände.....	135
7.3.5.2	Decken.....	138
7.3.5.3	Außenwände.....	141
7.3.5.4	Treppen.....	143
7.3.5.5	Sanitärzellen.....	143
7.3.5.6	Auswertung und Zusammenfassung.....	144
7.4	Elementierung bei Wiederverwendung der Fertigteile .....	146
<b>8</b>	<b>Bauwirtschaftliche Bewertung von De- und Remontagen.....</b>	<b>149</b>
8.1	Kosten von Demontagen.....	149
8.1.1	Einzelkosten der Teilleistungen (EKT).....	150
8.1.1.1	Baustelleneinrichtung (BE).....	151
8.1.1.2	Abbruchtechnologie.....	151
8.1.1.3	Entkernung.....	151
8.1.1.4	Elemente-Demontage.....	152
8.1.1.5	Entsorgung der nicht zur Wiederverwendung vorgesehenen Elemente.....	152
8.1.1.6	Zusammenstellung der EKT.....	153
8.1.2	Gemeinkosten der Baustelle (GKB).....	153
8.1.3	Allgemeine Geschäftskosten, Wagnis und Gewinn.....	154
8.1.4	Ermittlung der Endsumme.....	154
8.1.5	Ermittlung der „Positionspreise“.....	155
8.1.6	Auswertung der ermittelten Demontagekosten.....	156
8.1.7	Verallgemeinerbare Kalkulationsansätze für Demontagen von Plattenbauten .....	157
8.2	Remontagekosten.....	161
8.2.1	Bauwirtschaftliche Untersuchungen zur Remontage anhand von Einzelementen .....	161
8.2.1.1	Elementecharakterisierung.....	161
8.2.1.2	Aufwandswerte (Kostenart Lohn).....	162

8.2.1.3	Material- und Sonstige Kosten .....	165
8.2.1.4	Gerätekosten .....	168
8.2.1.5	Kalkulation für die Einzelemente .....	171
8.2.1.6	Auswertung Remontagekosten Einzelemente .....	172
8.2.2	Remontagekosten des Musterprojektes .....	173
8.2.2.1	Ermittlung der Bauzeit.....	174
8.2.2.2	Einzelkosten der Teilleistungen .....	176
8.2.2.3	Gemeinkosten der Baustelle .....	177
8.2.2.4	Allgemeine Geschäftskosten, Wagnis und Gewinn .....	178
8.2.2.5	Ermittlung der Endsumme.....	178
8.2.2.6	Ermittlung der Positionspreise .....	178
8.2.3	Auswertung ermittelten Remontagekosten.....	179
8.2.4	Verallgemeinerbare Kalkulationsansätze für Remontagen im Plattenbau .....	183
8.3	Fazit.....	184
<b>9</b>	<b>Ergebnisse, Verallgemeinerungen und Ausblick .....</b>	<b>186</b>
9.1	Zielstellung und Bearbeitungsschritte.....	186
9.2	Wesentliche Ergebnisse und Verallgemeinerungen - Handlungsanleitungen .....	187
9.2.1	Vorbereitung von Demontagen ohne WV – Abbruch- und Demontageanweisung .....	188
9.2.2	Vorbereitung und Durchführung von Demontagen mit dem Ziel der partiellen WV .....	191
9.2.3	Vorbereitung und Durchführung von Montagen / Remontagen.....	195
9.3	Ausblick .....	197
	<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>201</b>
	<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>202</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>205</b>
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>207</b>
	<b>Anlagenverzeichnis.....</b>	<b>225</b>



# 1 Ausgangssituation, Zielstellung und Themenabgrenzung

## 1.1 Ausgangssituation

Die Zerstörungen im 2. Weltkrieg sowie die danach einsetzende rasante industrielle Entwicklung verbunden mit der Abwanderung der Arbeitskräfte vom Land in die Stadt führten in den fünfziger und sechziger Jahren des vorigen Jahrhunderts in vielen europäischen Ländern zu einem großen Wohnungsbedarf, der nur durch industrielle Bauweisen gedeckt werden konnte. Es entstanden auf der „grünen Wiese“ Wohnsiedlungen in Stahlbetonfertigteil-Bauweise. Die Bebauung dieser Satellitenstädte bestand aus mehr oder weniger unterschiedlichen Blöcken bzw. Segmenten, meist 5- bis 6-, 8- oder 11-geschossig, nach dem Motto: je höher der Wiederholgrad, um so rationeller die Vorfertigung und um so schneller die Montage. Nicht selten bestimmte die günstigste Anordnung der Kranbahn die Einordnung der Wohnblöcke. Es entstanden Satellitenstädte aus Betonfertigteilen in den Randgebieten der Großstädte, die das Problem des Wohnraummangels beseitigten, jedoch in den meisten Fällen städtebaulich nicht befriedigen konnten. Hohe Bevölkerungsdichten und erhöhte Arbeitslosigkeit durch Rückgang der Konjunktur erzeugten soziale Spannungen und erhöhte Kriminalität in den Großsiedlungen. Die Ansprüche der Bevölkerung an Wohnkultur und Wohnumfeld änderten sich, wirtschaftlich potente Mieter wanderten bzw. wandern in Kleinsiedlungsgebiete ab. Hinzu kommen sinkende Geburtenraten und Bevölkerungsabwanderungen aus wirtschaftlichen Gründen.

Folge dieser Entwicklung ist Wohnungsleerstand, soziale Probleme häufen sich. Der Untergang dieser Satellitenstädte ist vorprogrammiert, wenn nicht durch Umdenken und städtebauliche Veränderungen eine verbesserte Wohnsituation geschaffen wird. Die aufgezeigten Probleme sind typisch für viele Industriestaaten der Welt, wenn auch zu unterschiedlichen Zeitpunkten. So trat die beschriebene Situation in Westeuropa beispielsweise schon Ende der 70er Jahre auf, in den neuen Bundesländern wurden ähnliche Probleme erst seit den 90er Jahren aktuell.

Im Zeitraum von 1958 bis 1990 wurden auf dem Gebiet der Neuen Bundesländer 2,17 Mio. Wohnungen industriell in Block-, Streifen- und Plattenbauweise errichtet, wobei die Plattenbauweise bzw. Großtafelbauweise mit 67 % den Hauptteil am industriellen Wohnungsbau einnimmt (Abb. 1.1).

Ab 1989/90 begonnene Instandsetzungs- und Modernisierungsmaßnahmen in Form von Teil- bzw. Komplettsanierungen wurden von einem zunehmenden Wohnungsleerstand begleitet.

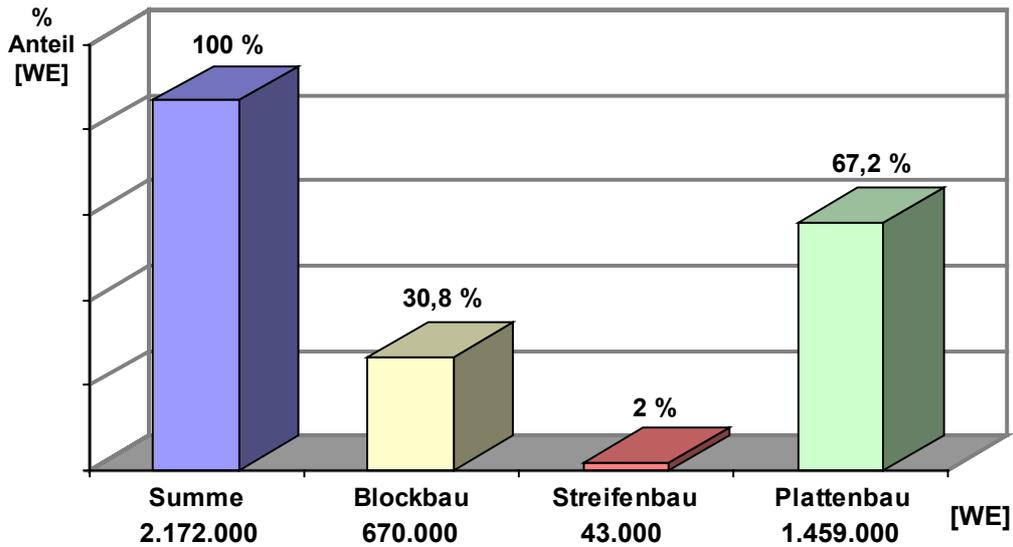


Abb. 1.1: Anteil der verschiedenen Bauweisen am Wohnungsneubau in Fertigteilbauweise in der ehemaligen DDR<sup>1</sup>

In Cottbus Sachsendorf beispielsweise, dem größten Plattenbauwohngebiet im Land Brandenburg, lebten im Jahre 1993 in ca. 11.000 Wohnungen 34.100 Menschen. Die Wohnbevölkerung in Sachsendorf verringerte sich bis Ende 1999 auf 22.693 Einwohner, was einem Bevölkerungsrückgang von mehr als 30 % entspricht. Im Gegensatz dazu verringerte sich die Einwohnerzahl der Stadt Cottbus nur um ca. 12 %.<sup>2</sup> Demnach stehen in Cottbus-Sachsendorf z.Z. mehr als 3.000 Wohnungen leer. Es kann davon ausgegangen werden, dass auf dem Gebiet der neuen Bundesländer mehr als 600.000 Wohnungen in Fertigteilbauweise in den nächsten 10 bis 15 Jahren nicht mehr benötigt werden. Im Zusammenhang mit Modernisierungsentscheidungen muss deshalb heute auch über eine Reduzierung des Wohnraums durch Rückbaumaßnahmen nachgedacht werden.

Dort, wo bereits mit dem Stadtumbau begonnen wurde, setzten sich hauptsächlich Modernisierungen (Wohnungsmodernisierungen, Aufwertung der Fassaden, Neugestaltung der Loggien und Balkone, etc.) durch, da ihre Realisierung auf den ersten Blick bzw. kurzfristig am kostengünstigsten erscheint. Langfristig gesehen bedeuten sie aber keine Aufwertung des Wohnumfeldes. Diese kann nur durch einen städtebaulich gut durchdachten Geschoss- bzw. Komplettrückbau, Umgestaltung der Infrastruktur (ruhender Verkehr, Parks etc.) und Aufwertung der Wohnsiedlungen durch Neubau niedriggeschossiger Ergänzungsbauten (Wohngebäude, Gebäude für

<sup>1</sup> OSWALD, R.: Ausmaß und Schwerpunkte der Bauschäden an den Fertigteilwohnungsbauten der neuen Bundesländer

<sup>2</sup> Analyse der Bevölkerungsentwicklung der Stadt Cottbus

Kleingewerbe, gesellschaftliche Kommunikationszentren etc.) erzielt werden. Diese ganzheitlichen Lösungen wurden bisher nur vereinzelt praktiziert, da finanzielle Zwänge dem entgegen stehen und es außerdem an ausreichender Erfahrung auf diesem Gebiet mangelt.

Eine Geschossreduzierung bzw. das Herausnehmen einzelner Segmente ist beim jetzigen Stand der Technik nicht mit konventionellen Abrissverfahren, sondern nur durch Demontagen möglich. Bei Demontagen ist die Möglichkeit der Wiederverwendung bzw. Remontage einzelner Elemente gegeben. Eine Wertevernichtung, wie sie bei konventionellen Abbruchmethoden zwangsläufig stattfindet, kann in erheblichen Maße begrenzt werden. Die Verwendungsmöglichkeiten der wiedergewonnenen Elemente sind vielfältig. Möglich ist beispielsweise der Einsatz bei der Neuerrichtung von:

- Wohn- und Gewerbebauten geringer Höhe (ein- bis dreigeschossige Bauweise),
- Abenteuerspielplätzen und Erlebnisbereichen (Beispiel: Kletterwand),
- Lärmschutzwänden an Autobahnen und Bundesstraßen sowie Hofbefestigungen.

Bereits in den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts wurden in Schweden Plattenbauten partiell demontiert. Beispielsweise wurde in Göteborg<sup>3</sup> eine 4-geschossige Quartierbebauung in eine Reihenhaussiedlung umgestaltet. Aus den zur Remontage geeigneten Fertigteilen wurden neue niedriggeschossige Wohngebäude errichtet. In den neuen Bundesländern wurde 1999 mit dem partiellen Rückbau von Plattenbauten begonnen, teilweise wurden auch demontierte Fertigteile wiederverwendet. Tab. 1.1 enthält ausgewählte Beispiele, die in einem unter maßgeblicher Mitarbeit der Verfasserin erarbeiteten Forschungsbericht<sup>4</sup> ausführlich erläutert werden.

Bisherige Untersuchungen zum Tragverhalten<sup>5</sup> und zu bauphysikalischen Eigenschaften<sup>6</sup> demontierter Elemente sowie zur Verwendung der Anschlagpunkte (Tragösen)<sup>7</sup> bestätigen die Möglichkeit der Wiederverwendung aus technischer Sicht.

---

<sup>3</sup> Junkers, H.: Erfahrungen in der Demontage und der Wiederverwendung der Fertigteile in Schweden

<sup>4</sup> Forschungsbericht „Rückbau von Plattenbauten und Wiederverwendung der Fertigteile im Wohnungsbau“

<sup>5</sup> Bredow, V: Tragverhalten ausgewählter Fertigteile der Wohnungsbauserie P 2

<sup>6</sup> Nagora, A.: Bauphysikalische Bewertung ausgewählter Fertigteile der Wohnungsbauserie P 2

<sup>7</sup> Unruh, H.-P.: Einsatz von Lastaufnahmeeinrichtungen bei Demontagen

Land/Ort/Jahr	WV	Beschreibung des Vorhabens	Bild
Schweden/ Göteborg / 1986/87	ja	Siedlung Bergsjön, Umgestaltung einer 4-geschossigen Quartierbebauung in eine Reihenhaussiedlung.  Wiederverwendung der demontierten Fertigteile für Ein- bis Vierfamilienhäuser in Backatorp	
Deutschland/ Hoyerswerda/ 1999	nein	Partieller Rückbau eines 11-Geschossers der Typenbauserie P 2 von 11 auf 8 Geschosse,  Modernisierung und Umbau als altersgerechte Wohnungen.	
Deutschland/ Eggesin/ 1999	nein	Partieller Rückbau einer 5-geschossigen Zeilenbebauung (Gebäudetyp PN – 36), Geschossreduzierung um ein bzw. zwei Geschosse,  keine Wiederverwendung der demontierten Fertigteile	
Deutschland/ Eggesin/ 1999	ja	Neubau eines Doppelhauses unter Verwendung von acht einschichtigen Leichtbetonaußenwänden eines 5-geschossigen WBS 70 - Gebäudes	
Deutschland/ Hoyerswerda/ 2001	ja	Rückbau eines P 2-Gebäudes und Remontage eines Einfamilienhauses,  Wiederverwendung tragender Innenwand- und Deckenelemente	
Deutschland/ Magdeburg/ 2001	nein	Rückbau eines 5-geschossigen P 2 – Gebäudes um zwei Geschosse unter bewohnten Bedingungen,  keine Wiederverwendung der demontierten Fertigteile	

Tab. 1.1: Ausgewählte Beispiele für die Demontage und Wiederverwendung (WV)

## 1.2 Zielstellung, Vorgehensweise und Themenabgrenzung

Zielstellung der Dissertation ist die Erarbeitung und wissenschaftliche Aufbereitung von Grundlagen für die Demontage von Plattenbauten mit anschließender Wiederverwendung ausgewählter Fertigteile am Beispiel der Typenbauserie P 2. Zur Zeit liegen keine abgesicherten Daten und Informationen als Entscheidungsgrundlage für die Umgestaltung von Plattenbauten bei teilweiser Wiederverwendung von Fertigteilen vor. Es sollen Kennzahlen in Form von Leistungs- und Kostenwerten geschaffen werden, die Wohnungsbaugesellschaften, Planungs- und Architekturbüros sowie ausführende Unternehmen in die Lage versetzen, zukünftige De- und Remontagavorhaben fachlich fundierter vorzubereiten.

Zunächst erfolgt eine Charakterisierung der Plattenbauserie P 2 und des wissenschaftlich begleiteten Musterprojektes, auf die sich wesentliche Teile der Arbeit beziehen.

Da die Demontage als ein spezielles Abbruchverfahren in den technischen Bestimmungen bisher nur unzureichend berücksichtigt wurde, soll eine Abbruch- und Demontageanweisung entwickelt werden, die die bestehende Lücke im Vorschriftenwerk schließt.

Bei Demontagen zur Anwendung kommende Hilfsmittel sowie Probleme des Hebezeugeinsatzes, des Transportes und der Zwischenlagerung sind zwingend Gegenstand weiterer Untersuchungen, um komplexe Aussagen zur Verfahrenstechnik machen zu können.

Im Rahmen der wissenschaftlichen Betreuung des Musterprojektes sollen auf der Grundlage von Zeit- und Multimomentaufnahmen bisher nicht vorhandene, verallgemeinerungsfähige Leistungswerte bei der Demontage von Plattenbauten ermittelt werden, die eine sichere und sachlich fundierte Baupreisbildung bei der Vorbereitung zukünftiger Demontagavorhaben ermöglichen.

Einen weiteren Schwerpunkt der Arbeit stellen Untersuchungen zur Wiederverwendung demonzierter Fertigteile dar. Es wird die statisch-konstruktive und bauphysikalische Eignung der zu demontierenden Fertigteile zur Remontage überprüft. Ein leicht handhabbares und praxisnahes Modell zur Ermittlung der Restgebrauchswerteigenschaften remontagefähiger Fertigteile einschließlich praxisfähiger Checkliste soll entwickelt werden.

Die Wirtschaftlichkeit von De- und Remontagen wird über zukünftige Rückbaumaßnahmen entscheiden. Deshalb werden die De- und Remontageloskosten für das Musterprojekt ermittelt, analysiert und verallgemeinerungsfähig aufbereitet.

Die erarbeiteten Grundlagen für die Demontage von Plattenbauten mit anschließender teilweiser Wiederverwendung von Fertigteilen sollen durch die baubetriebliche und bauwirtschaftliche Auswertung des Musterprojektes überprüft werden.

Fragen der architektonischen Gestaltung sowie die ausführliche Behandlung der Sanierung bzw. Regenerierung von Fertigteilen werden nicht behandelt.

Die vorliegende Arbeit basiert wesentlich auf Ergebnissen eines im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung geförderten Forschungsvorhabens, an dessen Bearbeitung die Verfasserin maßgeblich mitgewirkt hat. Es wird deshalb an einigen Stellen der Arbeit auf entsprechende bereits dokumentierte Ausarbeitungen Bezug genommen, das betrifft insbesondere analytisches Material, welches in der vorliegenden Arbeit ausgewertet wird.

### **1.3 Definitionen, Begriffe**

Zu „Abbruch, Rückbau und Demontage“ existieren eine Vielzahl von Begriffskombinationen in der Fachliteratur. Die im folgenden dargestellten Begriffsdefinitionen dienen dem besseren Verständnis der Problematik und spiegeln den aktuellen Erkenntnisstand wider.

#### **1.3.1 Abbruch**

Gemäß der TV Abbrucharbeiten ist Abbruch die Teilung eines vorherigen Ganzen durch trennende Verfahren in zwei oder mehrere Teile.<sup>8</sup>

KORTH/LIPPOK<sup>9</sup> definieren den Begriff Abbruch als das Beseitigen von Bauwerken (Totalabbruch), Bauwerksteilen, Bauelementen oder deren Teile (Teilabbruch) durch Demontage oder teilweise oder vollständige Zertrümmerung.

Nach DIN 18007<sup>10</sup> werden 21 verschiedene Abbruchverfahren unterschieden (Tab. 1.2).

Die Verfasserin unterscheidet im weiteren zwischen dem klassischen Abbruch, dem alle Abbruchverfahren der DIN 18007 mit Ausnahme der Demontage zugeordnet werden, und dem Rückbau. Die Demontage stellt wiederum einen Teilbereich des Rückbaus dar (Tab. 1.3).

Als Arbeitsdefinition für den klassischen Abbruch gilt im folgenden: Zerkleinerung des Abbruchobjektes bzw. vollständige Zerstörung der Konstruktion, wobei im Vorfeld der Abbrucharbeiten keine (konventioneller Abbruch) bzw. nur teilweise Entkernungsarbeiten (selektiver Abbruch) durchgeführt werden.

---

<sup>8</sup> TV – Abbrucharbeiten, S. 6

<sup>9</sup> KORTH, D.; LIPPOK, J.: Abbrucharbeiten – Vorbereitung und Durchführung, S. 14

<sup>10</sup> DIN 18007 Abbrucharbeiten – Begriffe, Verfahren, Anwendungsbereiche, 05/2000

### 1.3.2 Rückbau

Nach METTKE<sup>11</sup>, SILBE<sup>12</sup> und KOCH<sup>13</sup> wird ein Rückbau durchgeführt, wenn vor dem Abbruch der Konstruktion schadstoffhaltige Materialien abgetrennt und alle verwendeten Baumaterialien getrennt erfasst werden. Zielstellung ist hierbei eine höchstmögliche Sortenreinheit und eine Weiterverwendung oder wenigstens Weiterverwertung. Synonyme für den kontrollierten Rückbau sind: geordneter, systematischer, recyclinggerechter und selektiver Rückbau.

Abbruch- und Rückbauverfahren			
Mechanische Verfahren			
Abbrechen	Trennen	Bohren	Demontage
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stemmen</li> <li>• Abgreifen</li> <li>• Abtragen</li> <li>• Einschlagen</li> <li>• Eindrücken</li> <li>• Einziehen</li> <li>• Reißen</li> <li>• Pressschneiden</li> <li>• Sprengen</li> <li>• Spalten (Pressen/Quellen)</li> <li>• Fräsen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sägen</li> <li>• Scherschneiden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bohren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Demontieren</li> </ul>
Thermische Verfahren			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brennschneiden mit Sauerstoffkerlanzen</li> <li>• Brennschneiden mit Autogenbrennern</li> <li>• Brennschneiden mit Pulverschneidbrennern</li> </ul>			
Hydrodynamische Verfahren			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hochdruckwasserschneiden</li> </ul>			
Chemische Verfahren			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plasmaschneiden</li> </ul>			

Tab. 1.2: Abbruch- und Rückbauverfahren in Anlehnung an DIN 18 007

Abbruchmethoden			
Klassischer Abbruch		Rückbau	
Konventionell	Selektiv	Kontrollierter Rückbau	Demontage

Tab. 1.3: Einordnung der Begriffe Abbruch und Rückbau

<sup>11</sup> METTKE, A.; THOMAS, C.: Wiederverwendung von Gebäuden und Gebäudeteilen, S. 12

<sup>12</sup> SILBE, Katrin: Wirtschaftlichkeit kontrollierter Rückbauarbeiten, S. 23 ff.

<sup>13</sup> KOCH, E.; SCHNEIDER, U. (Hrsg.): Flächenrecycling durch kontrollierten Rückbau – Ressourcenschonender Abbruch von Gebäuden und Industrieanlagen, S. 3

### 1.3.3 Demontage

In der Literatur kommt der Begriff der Demontage sehr vielseitig zur Anwendung. Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass die Demontage immer ein Lösen von Bauteilen, die nicht vor Ort gefertigt wurden, in umgekehrter Einbaureihenfolge darstellt.<sup>14</sup>

Betrachtet wird hier ausschließlich die Demontage von Bauwerken und Bauwerksteilen im Beton-Fertigteilbau.

In der DIN 18007 wird Demontieren als zerstörungsfreier Rückbau von Bauteilen durch Lösen der Verbindungen und Abheben der Bauteile definiert. Als Hauptanwendungsgebiet werden der Ausbau von Bauteilen zur Wiederverwendung und Wiederverwertung sowie das Entfernen von Bauteilen zur Vermeidung der Freisetzung von Schadstoffen genannt.

Die TV-Abbrucharbeiten<sup>15</sup> definiert Demontieren als Rückbau einer baulichen oder technischen Anlage zur späteren Wiederverwendung. Dies geschieht in der Regel durch Lösen der Verbindungen und Abheben der Bauteile.

UNRUH/KOITSCH<sup>16</sup> verstehen den Begriff der Demontage als „das Zerlegen von Bauwerken oder Bauwerksteilen durch Lösen der Verbindungen und /oder Herstellen von Trennschlitzten bei weitestgehender Erhaltung des Gebrauchswertes der Fertigteile zum Teil mit dem Ziel der Wiederverwendung.“

Nach KORTH/LIPPOK<sup>17</sup> ist unter Demontage das „Beseitigen von Bauwerksteilen oder Bauelementen mit Hilfe einer Hebevorrichtung bei weitgehender Erhaltung ihrer Form und Funktionsfähigkeit nach dem Lösen der Verbindungen zu noch bestehenden Bauwerken oder Bauwerksteilen“ zu verstehen.

LINDER<sup>18</sup> definiert Demontage als „Auseinandernehmen von Konstruktionsteilen durch Lösen der Verbindungen oder durch Abbrennen etwa an den Verbindungsstellen in der umgekehrten Reihenfolge wie bei der Montage zum Teil mit dem Ziel, die Konstruktionsteile wieder zu verwenden.“

---

<sup>14</sup> KOCH, U.; SCHNEIDER, U.: Flächenrecycling durch kontrollierten Rückbau, S. 102

<sup>15</sup> TV-Abbrucharbeiten, S. 11

<sup>16</sup> UNRUH, H.-P.; KOITSCH, H.: Demontage von Stahlbetonkonstruktionen in Fertigteilbauweise, S. 4

<sup>17</sup> KORTH, D.; LIPPOK, J.: Abbrucharbeiten – Vorbereitung und Durchführung, S. 14

<sup>18</sup> LINDER, R.: Schälen, Trennen und Abbrechen von Betonteilen, S. 65

Auch ALBRECHT<sup>19</sup> versteht unter Demontage das Auseinandernehmen einer Konstruktion zum Zwecke des Abbaues oder der Wiederverwendung. Die Demontage erfolgt in umgekehrter Reihenfolge der Montage durch Lösen der Verbindungen und Trennen der Konstruktion in Einzelteile. Vor dem Lösen und Trennen sind die Konstruktionsteile durch Anschlagmittel und Hebezeuge gegen Herabfallen zu sichern.

Abweichend von den bisherigen Definitionen erläutert SIMONS<sup>20</sup> den Begriff Demontage als Bestandteil des Rückbaus, der ausschließlich das Ziel hat, den umbauten Raum zu verringern. Dabei handelt es sich hier um einen Teilabbruch eines Gebäudes, bei dem die verbleibende Bausubstanz unbeschadet bleiben muss.

Als Arbeitsdefinition für Demontage gilt im folgenden: das Zerlegen von Bauwerken oder Bauwerksteilen durch Lösen der Verbindungen und / oder Herstellen von Trennschlitzten bei weitestgehender Erhaltung des Gebrauchswertes der Einzelelemente mit der Möglichkeit der Wiederverwendung einzelner und Weiterverwertung fast aller Konstruktionsteile. Dabei wird zwischen partieller Demontage (Teile eines Gebäudes bleiben erhalten) und totaler Demontage (das gesamte Gebäude wird entfernt) unterschieden.

Sollen Gebäudeteile erhalten bleiben, ist die Demontage das einzig mögliche Verfahren, das aus umwelttechnischer Sicht und unter Betrachtung der Werterhaltung eine Stufe über dem kontrollierten Rückbau einzuordnen ist.

### 1.3.4 Recycling

Unter Recycling wird eine Wiederverwertung bzw. Wiederverwendung bereits benutzter Rohstoffe, Abfälle oder Nebenprodukte verstanden.

„Das Rückführen von Stoff (Materie als auch Energie) bzw. der Stoffrückfluss (-lauf) in einem natürlichen Kreisprozess (-lauf) nachgeefferten und ähnelnden künstlichen Kreisprozess (-lauf)“ kann nach WEEGE<sup>21</sup> als Recycling definiert werden.

Abb. 1.2 zeigt den anzustrebenden Stoffkreislauf im Fertigteilbau.

---

<sup>19</sup> ALBRECHT, R.: Moderner Abbruch, S. 37

<sup>20</sup> SIMONS, K.: Kostendämpfung durch vergleichende Untersuchungen betrieblicher Verfahren für den Rückbau bzw. Umbau von Wohngebäuden, S. 6

<sup>21</sup> WEEGE, R.-D.: Recyclinggerechtes Konstruieren, S. 52

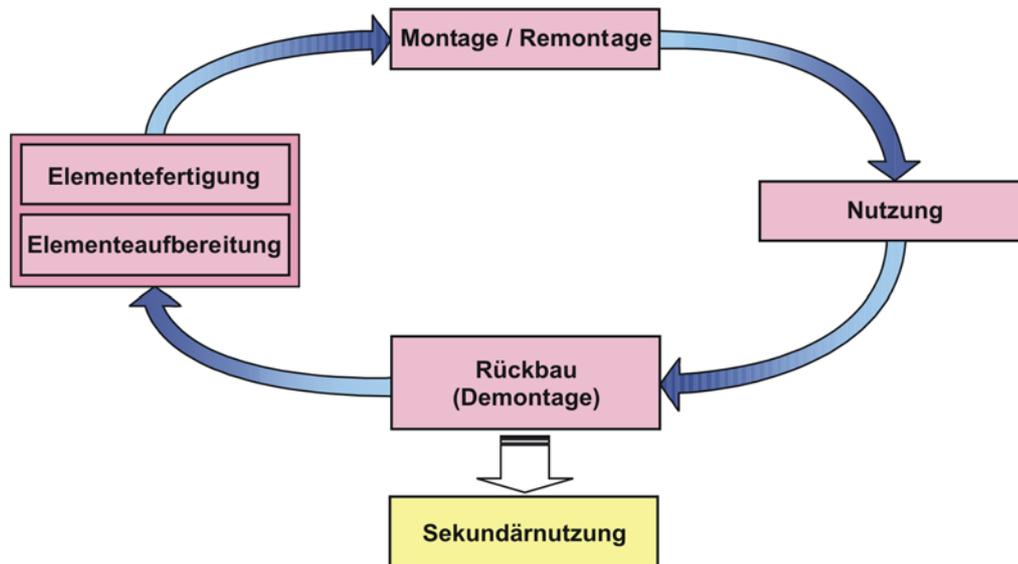


Abb. 1.2: Anzustrebender Stoffkreislauf im Fertigteilbau verändert nach UNRUH/KOITSCH<sup>22</sup>

#### 1.3.4.1 Wiederverwertung (Materialrecycling)

Als Wiederverwertung (Materialrecycling) wird die stoffliche oder energetische Nutzung von Abfällen bezeichnet. Häufig stehen für eine Abfallart unterschiedliche Verwertungsmöglichkeiten zur Verfügung. Soweit wirtschaftlich zumutbar, sollte immer die umweltverträglichere Verwendungsart gewählt werden.

Auf die Problematik Demontage von Fertigteilkonstruktionen bezogen heißt das beispielsweise eine Aufbereitung von nicht zur Wiederverwendung vorgesehenen Fertigteilen zu Betonzuschlagstoffen oder Recycling-Schotter.

#### 1.3.4.2 Wiederverwendung (Produktrecycling)

Von einer Wiederverwendung kann gesprochen werden, wenn z.B. demontierte Fertigteile ohne bzw. mit Elementeaufbereitung zum primären oder sekundären Nutzungszweck eingesetzt werden.

Der Vorgang des erneuten Zusammenfügens demontierter Elemente mit oder ohne Elementeaufbereitung zu einem Bauwerk bzw. Bauwerksteil wird als **Remontage** bezeichnet. In der Regel werden die Fertigteile entsprechend ihres ursprünglichen Verwendungszweckes eingesetzt. Remontage ist ein primäres Produktrecycling.

---

<sup>22</sup> UNRUH, H.-P.; Koitsch, H.: Demontage von Stahlbetonkonstruktionen in Fertigteilbauweise, S. 4

## 2 Die Plattenbauserie P 2 und das Musterprojekt

### 2.1 Grundstruktur und Elementesortiment der Plattenbauserie P 2

#### 2.1.1 Grundstruktur

Die Gebäude der Typenbauserie P 2 werden in die Typen P 2 / 5-geschossig, P 2 / 10-geschossig, P 2 / 8-geschossig und P 2 / 11-geschossig unterteilt. Weniger verbreitet sind die rationalisierte Variante des Typs P 2 mit 6 Geschossen und Wohngebäude mit bis zu 14 Geschossen, in denen als Funktionsunterlagerungen Restaurants, Geschäfte, Gewerberäume o.ä. in den unteren Geschossen angeordnet sind.

Die Grundstruktur der P 2- Wohngebäude besteht aus mehreren Wohnsegmenten. Jedes Segment besitzt ein innen liegendes quadratisches Treppenhaus (siehe Abb. 2.1).

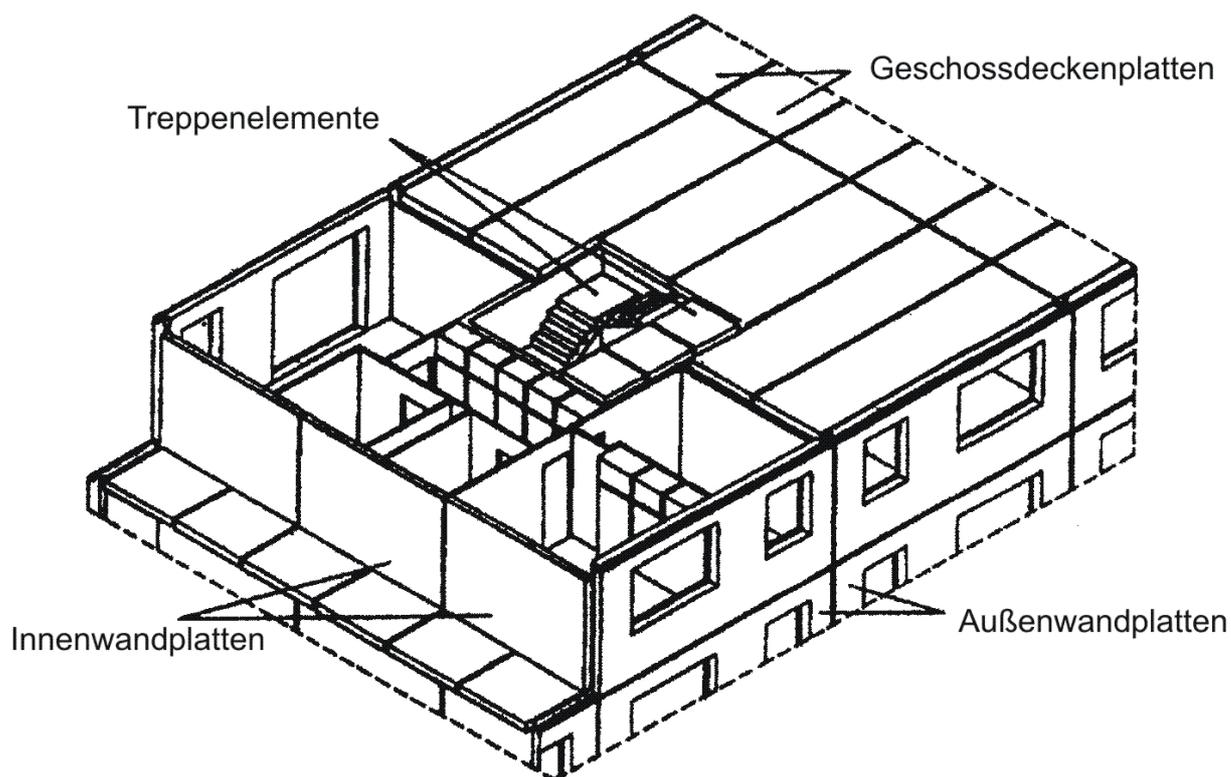


Abb. 2.1: Prinzipdarstellung der Plattenbauweise P 2<sup>23</sup>

---

<sup>23</sup> Leitfäden für die Instandsetzung und Modernisierung von Wohngebäuden in der Plattenbauweise – Typenserie P 2 5,0 t, S. 11

Der Grundriss ist in drei in Längsrichtung verlaufende Abschnitte geteilt (Abb. 2.2, zwischen Achsen 7-5, 5-3 und 3-1). In den beiden äußeren Abschnitten sind die Wohnräume angeordnet. Der mittlere Abschnitt enthält die innen liegenden fensterlosen Treppenhäuser, die Wohnungsflurbereiche, die Küchen und Bäder sowie im P 2 / 10 und P 2 / 11 den Aufzugsschacht.

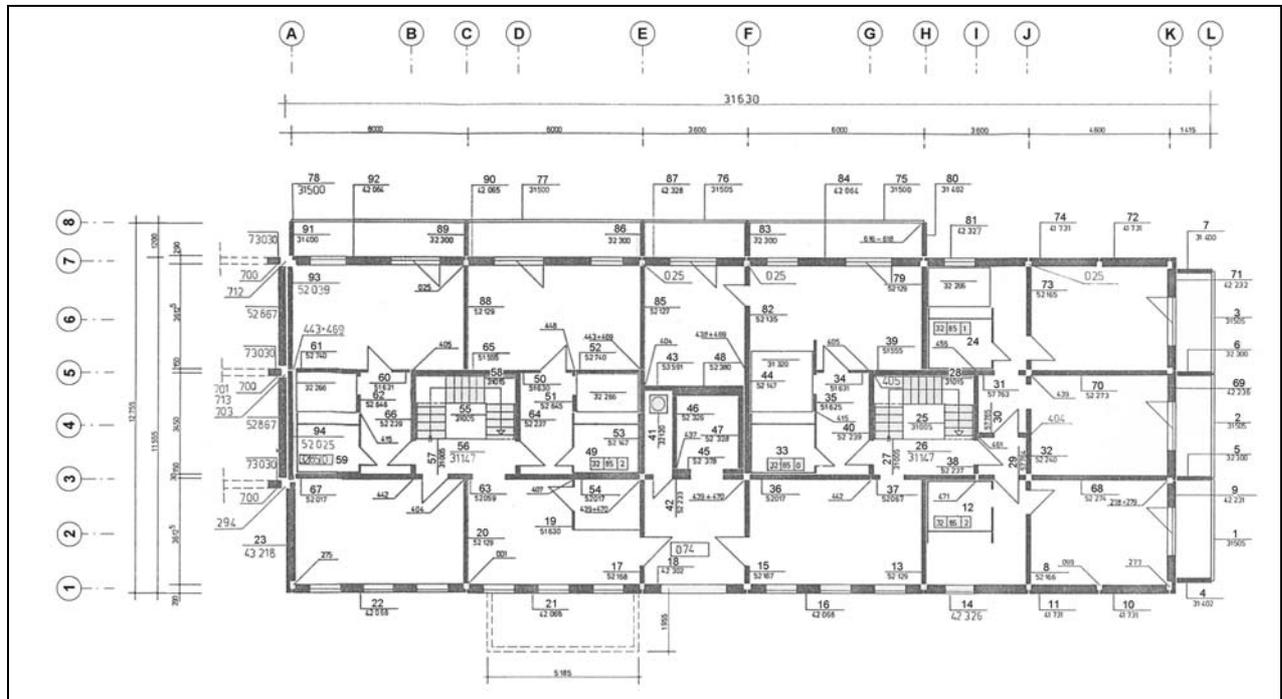


Abb. 2.2: Übersichtszeichnung Normalgeschoss mit Verteilergang eines P 2 / 11 – Ratio 77

Als weitere wesentliche Merkmale der Typenbauserie P 2 sind zu nennen:

- die Errichtung der Gebäude in **Montagebauweise** der 50 kN-Laststufe,
- die **Querwandbauweise** (die zu einer Deckenebene verschweißten Deckenelemente lagern auf den tragenden Querwänden auf),
- das **600 mm – Grundraster**,
- der 6,00 m - **Achsabstand** der **Querwände** (3,60 m im Bereich der Aufzüge bei P 2 / 10 und P 2 / 11),
- die **Achsabstände** der **Längswände**: 3,60 m / 3,60 m / 3,60 m,
- die Ausbildung der Außenlängswände als **Standfassade**,
- **Fugensystem (Außenwand)**: geschlossen oder offen,
- **Gebäudeaussteifung** über die Innenlängswände des Treppenhauses, die Querwände und die Deckenscheibe,

- Ausbildung der P 2-Wohnblöcke i.d.R. als **Zweispänner** (jeweils zwei Wohnungen auf einer Etage) aber auch als **Dreispänner**,
- **I.d.R. innen liegende Küchen und Bäder** (Ein-, Zwei-, Drei- oder Vierraumwohnungen),
- **Geschosshöhe:** 2,80 m in den Normalgeschossen und 2,40 m im Kellergeschoss,
- **Außenwände:** je nach Variante ein- bis dreischichtig (220 mm bis 300 mm),
- **Innenwände:** tragend 150 mm und nicht tragend 40 bzw. 70 mm,
- **Decken: Spannweite** 6,00 m (Spannbetonelemente), 2,40 m, 3,60 m und 4,20 m (schlaff bewehrte Elemente),
- **Kaltdach**, Drempehhöhe 1,25 m bis 1,50 m.

### 2.1.2 Elementesortiment

Die in Tafelbauweise errichteten Gebäude der Typenbauserie P 2 bestehen komplett aus Fertigteilen. Alle Elemente sind in so genannten Elementekatalogen ausgewiesen, die heute nur noch unvollständig vorhanden sind. Tab. 2.1 enthält ausgewählte Bauteilkennwerte der Hauptelemente.

Element	Betongüte	Bewehrung	Bemerkungen
	TGL 0-1045		
tragende Innenwand	B 225	St A-I	konstruktive Bewehrung
Decke 6,0 m	B 300	St 140/160	Spannbeton
Decke < 6,0 m	B 225	St A-I, StA-III	
Außenwand (dreischichtig)	B 160/	St A-I, StA-III,	Tragschale
	B 225	St T-IV, Edelstahl	Wetterschale
Treppe	B 225	St A-I	

Tab. 2.1: Charakterisierung der Hauptelemente der Typenbauserie P 2

Eine ausführliche Elementeliste für die Typenbauserie „P 2 / 8- und 11-geschossig, Ratio 77, WBK Cottbus“ wurde im Rahmen des Forschungsprojektes erarbeitet. Auszugsweise wurde daraus in Tab. 2.2 eine Übersicht der Hauptelemente (ohne Dach, Keller, Hauseingänge und Treppen) erstellt.

Elementtyp/ Bezeichnung	Abmessungen [m]	Skizze	Masse [t]
Außenwand	2,39 x 0,29 x 2,85		3,187
Außenwand	3,59 x 0,29 x 2,85		3,169
Außenwand	3,75 x 0,29 x 2,85		3,798
Außenwand	3,89 x 0,29 x 2,85		5,573
Außenwand	5,99 x 0,29 x 2,85		6,395
Innenwand	3,58 x 0,15 x 2,64 (2,79)		3,192 (3,279)
Innenwand	3,75 x 0,15 x 2,79		3,404
Innenwand	4,10 x 0,15 x 2,79		4,150
Innenwand	4,10 x 0,15 x 2,79		2,758
Innenwand	4,61 x 0,15 x 2,64 (2,79)		4,123 (4,328)
Decke	3,57 x 1,79 x 0,14		0,536
Decke	4,77 x 1,79 x 0,14		2,640
Decke	5,97 x 1,79 x 0,14		3,590

Tab. 2.2: Übersicht der Hauptelemente der Typenbauserie P 2 / 11 – Ratio 77

Ein elfgeschossiges Wohngebäude der Typenbauserie P 2 Ratio 77 (55 WE) besteht aus 1.820 Elementen.

## 2.2 Verbindungen und Fugen

Charakteristisch für die Plattenbauserie P 2 sind kraftschlüssige Schweißverbindungen, deren Ausführung (Art der jeweiligen Schweißverbindungen, Länge und Dicke der Schweißnähte sowie Durchmesser und Länge der Verbindungsstäbe) in Rohbaudetailkatalogen dokumentiert wurde (Beispiel: Katalog Rohbaudetails und Stahleinbauteile Tafelbau, WBK Cottbus<sup>24</sup>).

Jede Schweißverbindung wird durch eine allseitige Ummantelung mit Fugenmörtel oder Fugenbeton vor Korrosion geschützt. Erst das Zusammenwirken von Schweißverbindung und Fugenkonstruktion (Reibungsverbindung) ermöglicht die Aufnahme größerer Horizontal- und Vertikalkräfte durch die mit 140 mm relativ dünnen Deckenscheiben.

### 2.2.1 Verbindungen

Die Verbindungen der Wandelemente untereinander bilden gleichzeitig den Ringanker, der ein wichtiges Element der Bauwerksaussteifung darstellt. Er befindet sich innerhalb der Sturzbewehrung der Außenwandplatten und führt in jedem Geschoss in Deckenhöhe um das ganze Gebäude. Auch die tragenden Innenwände besitzen eine Ringankerbewehrung und sind über diese untereinander bzw. mit den Außenwänden verbunden (Abb. 2.3).

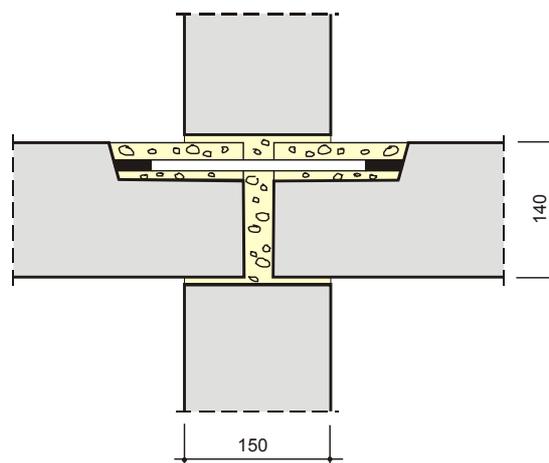
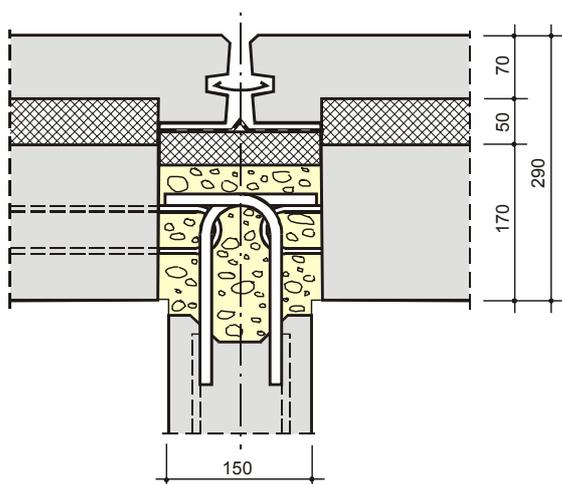


Abb. 2.3: Schweißverbindung AW – AW - IW    Abb. 2.4: Schweißverbindung Decke - Decke

<sup>24</sup> Rohbaudetails und Stahleinbauteile Tafelbau – Katalog 01 (incl. Fugenrichtlinie), Cottbus, VE Wohnungsbaukombinat Cottbus, 1982

Als Verbindungsmittel kamen Rundstähle ( $\varnothing$  12 bis  $\varnothing$  14) zur Anwendung, die mit der Ringankerbewehrung mittels Kehlnähten verschweißt wurden.

Die zur Stabilisierung notwendige horizontale Deckenscheibe wird durch Verschweißen der einzelnen Deckenelemente und Ausbetonieren der Fugen realisiert. Die Deckenelemente besitzen an der Oberseite Randausklinkungen, aus denen Bewehrungsstähle der oberen Mattenbewehrung herausragen (Abb. 2.4). Diese Verbindungsstähle benachbarter Decken sind miteinander verschweißt.

Anlage 1 (A 1, Abb. 1 bis Abb. 22) enthält eine Übersicht ausgewählter Decken- und Wandverbindungen der Plattenbauserie P 2/11 Ratio 77.

### 2.2.2 Fugen

Ein in Plattenbauweise errichtetes Gebäude enthält eine Vielzahl von Fugen, welche zusammen mit den Verbindungen die Lastübertragung zwischen den Elementen gewährleisten. Eine Übersicht der einzelnen Fugentypen ist in Abb. 2.5 dargestellt.

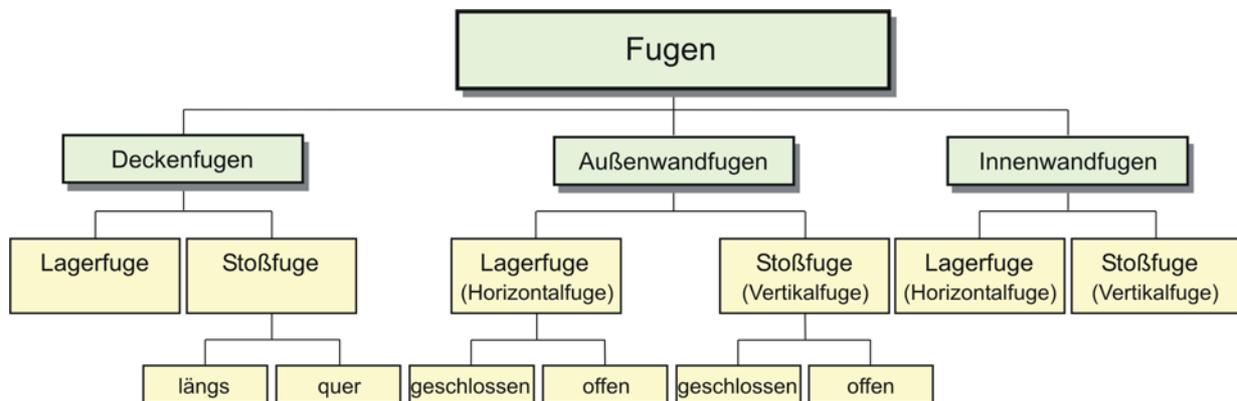


Abb. 2.5: Übersicht der Fugen im Plattenbau

Als Fugenmörtel oder Fugenbeton wurde schwindarmer Beton verwendet, der über Haftverbund bzw. Reibungswiderstand an der Lastabtragung beteiligt ist. Die Verdichtung erfolgte während des Einbringens. Anlage 1 (A 1, Abb. 23 ff.) enthält ausgewählte Fugendetails.

Da im Plattenbau die Außenwandfugen in bauphysikalischer Hinsicht die größte Schwachstelle darstellen, werden diese im Folgenden erläutert. Es wird unterschieden zwischen offenen und geschlossenen Fugensystemen.

Geschlossene Fugen (Abb. 2.6) wurden vor allem in den Anfangsjahren des Plattenbaus ausgeführt. Ihre Abdichtung bestand aus Morinolkitt, einem faserverstärkten plastischen Dichtstoff auf

Bitumenbasis. Dieser Dichtstoff hatte den Nachteil, dass er nicht alterungsbeständig und dauerelastisch war, um einen dauerhaften Schutz gegen Feuchtigkeit zu gewährleisten.

Beim offenen Fugensystem (Abb. 2.7) handelt es sich um eine zweistufige Dichtung. Die Abdichtung gegen Wind und Regen wird in einer ersten nicht völlig dichten Sperrstufe (PVC-Streifen) und einer danach folgenden dichten zweiten Stufe (Fugenband) erreicht. Beide „Sperrren“ sind durch einen nicht ausgefüllten Luftraum getrennt, der die Aufgabe hat, einen Druckausgleich herbeizuführen und damit die hintere Sperre entlastet. Wird dieser Luftraum (Dekompressionsraum) durch Unachtsamkeit ausgefüllt, so verliert das gesamte Fugensystem weitgehend seine Wirkung. Das äußere Erscheinungsbild dieser Fugen ist „offen“.

Mit den P 2-Außenwandplatten waren sowohl offene als auch geschlossene Fugenausbildungen bei gleicher Elementengeometrie möglich.

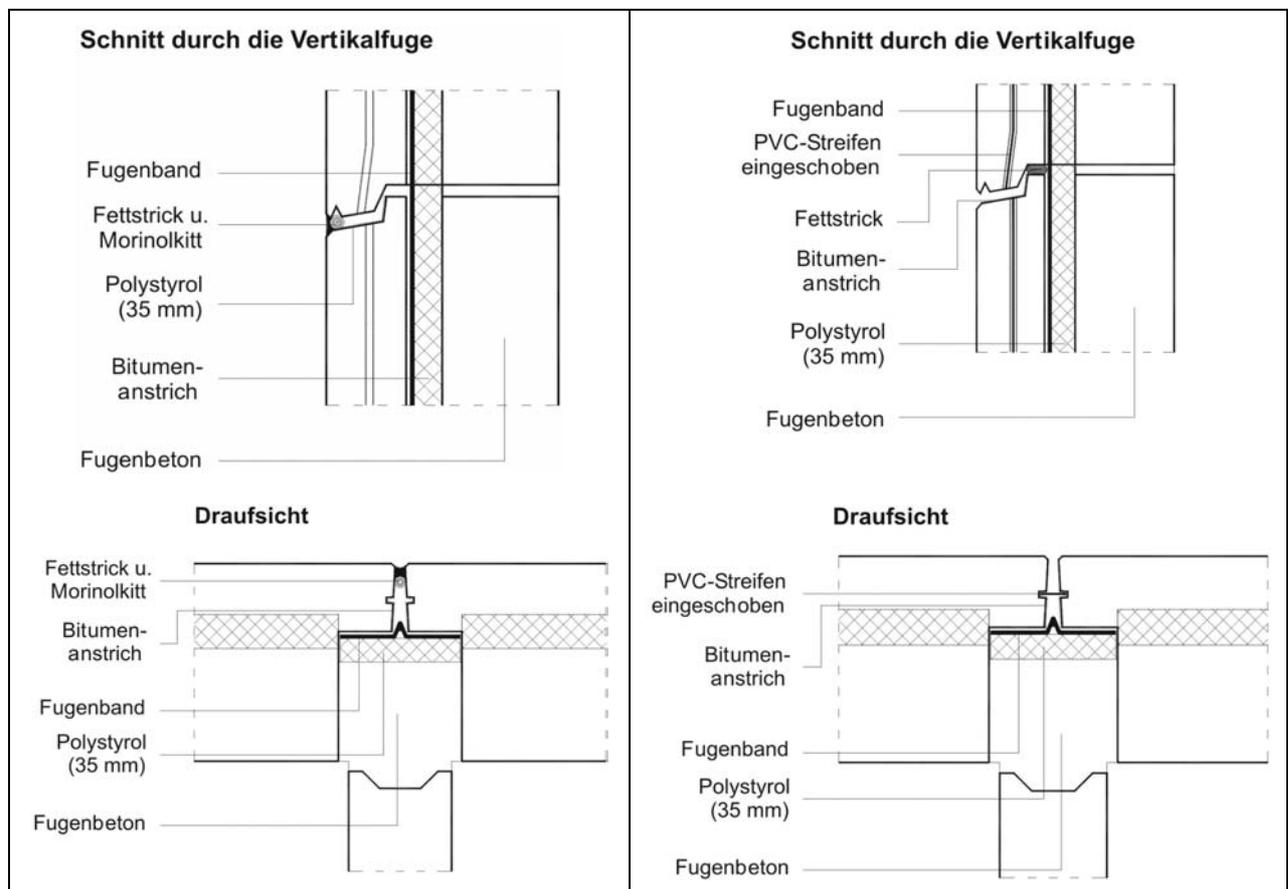


Abb. 2.6: geschlossene Fuge

Abb. 2.7: offene Fuge

Die Fugen im Kellergeschoss wurden grundsätzlich geschlossen ausgebildet. Als Schutz gegen Spritzwasser und Erdfeuchtigkeit wurden die Fugenzwischenräume mit einem mit Dichtungsmittel versetzten Sperrbeton vergossen und von außen mit Sperrmörtel verfügt.

## 2.3 Musterprojekt

Mit der partiellen Demontage des Gebäudes Theodor-Storm-Straße 9 und der Remontage der Gebäude Theodor-Storm-Straße 9 C bis 9 E wurde in Cottbus ein Beispiel für die Wiederverwendung demontierter Fertigteile geschaffen. Zielstellung des Gesamtvorhabens war die Beseitigung städtebaulicher Fehler, die Schaffung einer einzelhausähnlichen Bebauung, die Reduzierung des Wohnungsbestandes sowie der Neubau von 7 Wohnungen in 3 einzeln stehenden Häusern bei Wiederverwendung ausgewählter demontierter Fertigteile.

### 2.3.1 Demontage

Beim Musterprojekt „Theodor-Storm-Straße 9“ handelt es sich um einen 11-geschossigen, Ende der siebziger Jahre errichteten Plattenbau der Typenbauserie P 2, der mit dem Gebäude Theodor-Storm-Straße 8 verbunden ist (Abb. 2.8 und Abb. 2.9).



Abb. 2.8: Stormstraße 8 (rechts) und 9 (links) mit Verbinder, Ostansicht



Abb. 2.9: Stormstraße 9 vor der Demontage, Westansicht

Beim partiellen Rückbau des Gebäudes blieben zwei dreigeschossige Mehrfamilienhäuser mit jeweils drei WE stehen, was einer Reduzierung des Wohnungsbestandes von 55 auf 6 Wohneinheiten entspricht. Das Kellergeschoss des Gebäudes blieb insgesamt erhalten. Der Verbinderbau zwischen den Gebäuden 8 und 9 wurde vollständig demontiert (Abb. 2.10).

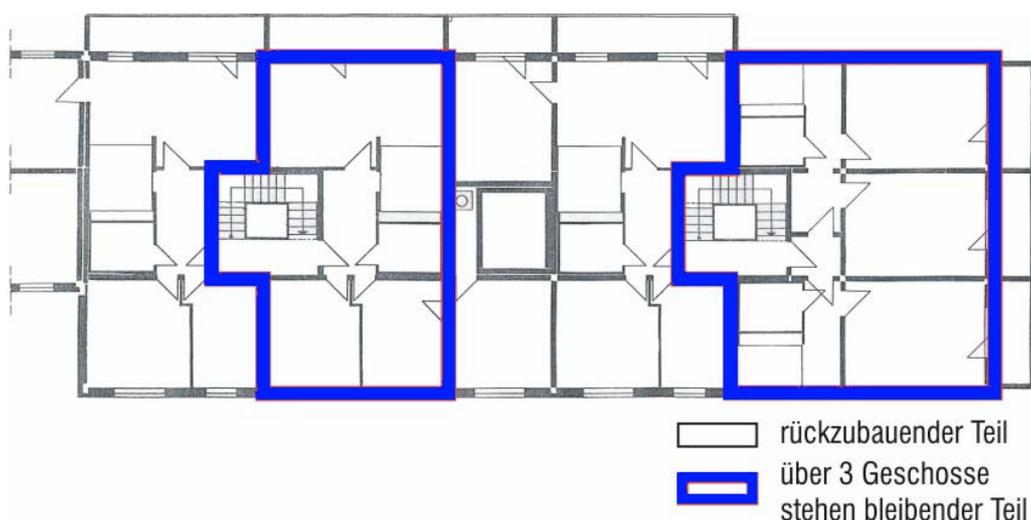


Abb. 2.10: Partielle Demontage Theodor-Storm-Str. 9 (Grundriss)

### 2.3.2 Remontage

Unter Verwendung ausgewählter rückgebauter Fertigteile entstanden in unmittelbarer Nähe der Demontagebaustelle zwei weitere Mehrfamilienhäuser (je 3 WE, (Häuser 9 D und 9 E) und ein Einfamilienhaus (Haus 9 C). Diese Gebäude sind nicht unterkellert, es werden die vorhandenen Kellerräume des teilweise demontierten Gebäudes genutzt. Abb. 2.11 zeigt die Situation vor und nach der De- und Remontage im Grundriss, Abb. 2.12 eine Modelldarstellung<sup>25</sup> und die remon- tierten Gebäude.

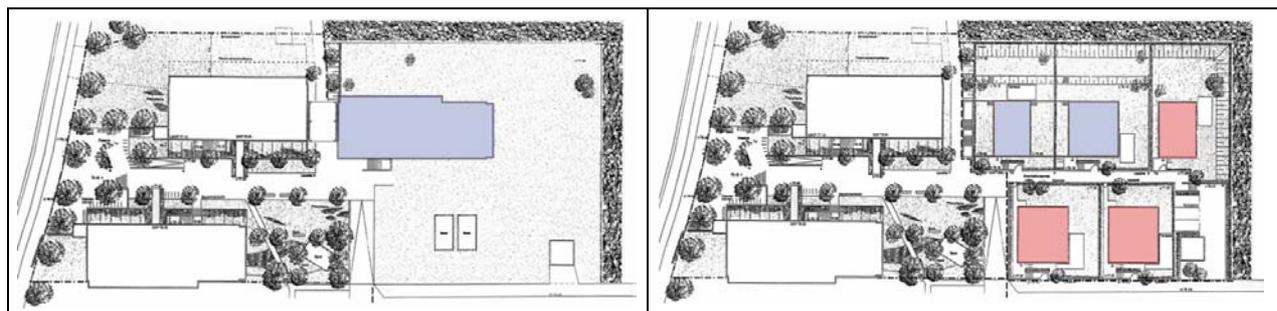


Abb. 2.11: Theodor-Storm-Straße 9 vor und nach der Umgestaltung (Häuser 9 A – 9 E)

Zur Wiederverwendung wurden vom Architekten tragende Innenwände, Decken, Außenwände, Treppen einschl. der Treppengeländer sowie Sanitärraumzellen vorgesehen. Insgesamt wurden

<sup>25</sup> Bild: Zimmermann + Partner Architekten BDA, Cottbus 2000

266 von den rd. 1.488 demontierten Elementen remontiert, was einem Wiederverwendungsgrad von ca. 18 % entspricht (Tab. 2.3).



Abb. 2.12: Modelldarstellung und Rohbau Musterprojekt Theodor-Storm-Straße 9 in Cottbus

Nr.	Elementegruppe	Demontage	Remontage	Wiederverwendungsanteil
1a	Innenwände - tragend	333	104	31%
1b	Innenwände – nicht tragend	137	0	0%
2	Außenwände	167	33	20%
3	Decken	333	106	32%
4	Treppen	64	17	27%
5	Sanitärraumzellen	55	6	11%
6	Loggiaelemente	253	0	0%
7	Dach- + Drempelemente	102	0	0%
8	Terrazzoplatte Küche	33	0	0%
9	Müllschlucker-elemente	11	0	0%
<b>Demo / Remo</b>		<b>1488</b>	<b>266</b>	<b>18%</b>
<b>Demo / Remo ohne 1b, 6-9</b>		<b>952</b>	<b>266</b>	<b>28%</b>

Tab. 2.3: Wiederverwendungsanteile einzelner Elementegruppen am Musterprojekt

Treppen, Decken, Außenwände sowie die meisten Innenwände kamen in ihrem ursprünglichen Verwendungszweck wieder zum Einsatz. Einige Innenwände wurden an den Giebelseiten als

Außenwände eingebaut und mit einem Wärmedämmverbundsystem versehen. Die Sanitärzellen dienen in 6 Wohnungen als Abstellräume.

Die neuen Gebäude entsprechen nicht in vollem Umfang dem System der P 2-Bauweise. Es wurden Grundrissveränderungen vorgenommen und teilweise großflächige Terrassen vorgesehen. Dadurch wurden Unterzüge, Deckenverstärkungen, Schneid- und Sägearbeiten sowie Maurerarbeiten erforderlich, die sich nicht zwingend aus der Typenbauserie sondern vielmehr aus dem Gestaltungswillen des Architekten ergeben und nicht immer den Möglichkeiten der Typenbauserie entsprechen. Durch die teilweise Wiederverwendung von Außenwänden bestimmt die Lochfassade der Typenbauserie das äußere Erscheinungsbild der remontierten Gebäude mit. Ein Verzicht auf die Remontage von Außenwänden zugunsten einer gemauerten Fassade wäre eine sinnvolle Alternative gewesen, zumal nachträglich vom Architekt entschieden wurde, ein Wärmedämmverbundsystem auch auf die dreischichtigen Außenwände aufzubringen.

Kooperationspartner zur Realisierung des Vorhabens waren:

- die Gemeinnützige Wohnungsbaugesellschaft „Stadt Cottbus“ e.G. als AG,
- das Architekturbüro Zimmermann und Partner, Cottbus als Planer sowie weitere Fachplaner,
- die Bilfinger + Berger Bauaktiengesellschaft, Niederlassung Cottbus, als ausführendes Bauunternehmen (GU) sowie
- der Lehrstuhl Baubetrieb und Bauwirtschaft der BTU Cottbus als wissenschaftliche Begleitung.

Gefördert wurde das Vorhaben von der Investitionsbank des Landes Brandenburg.

### 3 Abbruch- und Demontageanweisung für Fertigteilkonstruktionen

Die Qualitätssicherung ist heute eine wesentliche Voraussetzung für die erfolgreiche Tätigkeit eines Bauunternehmens. Außerdem verlangen die Auftraggeber zunehmend die Darlegung der qualitätssichernden Maßnahmen der Unternehmen. Deshalb werden ausgehend von den Normen der Reihe DIN EN ISO 9000 bis 9004<sup>26</sup> die firmenspezifischen Qualitätsziele in Qualitätssicherungs-Handbüchern festgeschrieben. Ein Qualitätssicherungs-Handbuch beinhaltet Unterlagen, in denen das firmeneigene, projektunabhängige Qualitätssicherungssystem und die wesentlichen, zu seiner Durchsetzung erforderlichen Schritte beschrieben sind. Für den Bereich der Baustellenprozesse und damit auch für Demontagen und Remontagen von Fertigteilbauten sollten darin Arbeits- und Verfahrensanweisungen dargelegt werden, mit deren Hilfe eine wirtschaftliche und sichere Bauausführung ermöglicht wird und die teilweise nach dem Baukastenprinzip den jeweiligen Ausführungsunterlagen direkt zugeordnet werden können. Unter diesem Blickwinkel wird ein Vorschlag für die Gliederung und den Inhalt der Arbeitsunterlagen für De- und Remontagen von Fertigteilbauten unter Beachtung der geltenden Normen und Bestimmungen erarbeitet.

Da das Abbruchgewerbe selbst ein vergleichsweise junges Gewerbe ist, stellt es noch kein eigenständiges Gewerk der Bauwirtschaft dar. Es fehlen gewerketypische Regelungen (ATV, Standardleistungsbuch). Die Ausübung des Gewerbes bedarf lediglich einer Anmeldung.

Die einschlägigen Forderungen an die Durchführung von Abbruch- und damit auch Demontagerbeiten hinsichtlich der Gewährleistung des Arbeits- und Gesundheitsschutzes stellen die Bau-Berufsgenossenschaften mit der Berufsgenossenschaftlichen Vorschrift BGV C 22 Bauarbeiten<sup>27</sup> und der Berufsgenossenschaftlichen Information BGI 665 Abbrucharbeiten<sup>28</sup> bereit. Weiter reichende Hinweise und Regelungen für Ausschreibung, Arbeitsvorbereitung und Ausführung bis hin zur Abrechnung liefert die TV Abbrucharbeiten<sup>29</sup>, verfasst und herausgegeben vom Deutschen Abbruchverband. Diese TV Abbrucharbeiten entsprechen zwar in ihrem Aufbau den bereits existierenden ATVen, haben aber nicht deren rechtliche Wirkung und sind nicht Bestandteil der VOB. Sie stellen jedoch das bisher einzige, allgemein anerkannte Regelwerk dar, das sich mit allen Bereichen der Abbruchtechnik beschäftigt.<sup>30</sup>

---

<sup>26</sup> DIN EN ISO 9000 bis 9004: Qualitätsmanagementsysteme, 12/2000

<sup>27</sup> Berufsgenossenschaftliche Vorschrift Bauarbeiten BGV C 22 (früher: VBG 37)

<sup>28</sup> Berufsgenossenschaftliche Information Abbrucharbeiten (BGI 665)

<sup>29</sup> TV Abbrucharbeiten, Technische Vorschriften für Abbrucharbeiten

<sup>30</sup> O. WANGLER et al. Präventive Berücksichtigung des Arbeits- und Gesundheitsschutzes, S. 194

Die DIN 18007<sup>31</sup> regelt ausschließlich Begriffsbestimmungen und Definitionen von Abbruchverfahren. In ihrem Anhang wird auf die Eignung und Auswirkung der Verfahren für exemplarisch aufgeführte Anwendungsgebiete hingewiesen.

Generell wird für einen Großteil von Rückbaumaßnahmen die Erstellung von Arbeitsunterlagen gefordert, die als Grundlage für eine Vorbereitung solcher Maßnahmen entsprechend den Forderungen der Arbeitssicherheit dienen. Dazu zählen in erster Linie Abbrucharweisungen, die als Muster durch die Bau- Berufsgenossenschaften in der BGI 665 Abbrucharbeiten vorgegeben sind.

Die TV Abbrucharbeiten schließt als ein mögliches Verfahren des Abbruchs das Demontieren ein. In der Berufsgenossenschaftlichen Vorschrift Bauarbeiten wird unter III Zusätzliche Bestimmungen für Montagearbeiten, Durchführungsanweisung zu § 17 darauf hingewiesen, dass zu den Montagearbeiten auch die Demontage von großflächigen vormontierten Traggerüsten zählt. Offen bleibt, wie die Demontage von Fertigteilen unter dem Gesichtspunkt der Wiederverwendung der demontierten Elemente einzuordnen ist. Im Weiteren werden deshalb die für die Montage von Stahlbetonfertigteilen geltenden Vorschriften bzw. Bestimmungen (DIN 1045<sup>32</sup>, Berufsgenossenschaftliche Vorschrift Bauarbeiten und Mustermontageanweisung für den Betonfertigteilbau<sup>33</sup>) sowie die für Abbrucharbeiten geltenden Bestimmungen (Berufsgenossenschaftliche Vorschrift C 22 Bauarbeiten, Berufsgenossenschaftliche Information 665 Abbrucharbeiten und TV Abbrucharbeiten) analysiert und zu einer Abbruch- und Demontageanweisung zusammengeführt.

## **3.1 Bestehende Bestimmungen und Vorschriften für die Montage von Fertigteilen**

### **3.1.1 DIN 1045 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton**

#### **DIN 1045-1 Bemessung und Konstruktion**

Prinzipiell sind für die Ausführung von Fertigteilkonstruktionen die gleichen bautechnischen Unterlagen wie für monolithische Beton- und Stahlbetonkonstruktionen erforderlich. Zusätzlich ist auf den Zeichnungen bei Verwendung von Fertigteilen entsprechend Ziffer 4.2.1 der DIN 1045-1 anzugeben:

---

<sup>31</sup> DIN 18007 Abbrucharbeiten – Begriffe, Verfahren, Anwendungsbereiche, 05/2000

<sup>32</sup> DIN 1045 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teile 1 bis 4, 07/2001

<sup>33</sup> Muster-Montageanweisung für den Betonfertigteilbau, Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau

- Art sowie Typ- oder Positionsnummer und Eigenlast der Fertigteile,
- Mindestdruckfestigkeitsklasse des Betons beim Transport und bei der Montage,
- Art, Lage und zulässige Einwirkungsrichtung der für den Transport und die Montage erforderlichen Anschlagmittel, Abstützpunkte und Lagerungen,
- ggf. zusätzliche konstruktive Maßnahmen zur Sicherung gegen Stoßbeanspruchung und
- auf der Baustelle zusätzlich zu verlegende Bewehrung.

#### **DIN 1045-3 Bauausführung**

Nach Ziffer 4.2.1 der DIN 1045-3 gehören zu den bautechnischen Unterlage neben den für die Ausführung des Bauwerkes notwendigen Zeichnungen und der statischen Berechnung, wenn für die Bauausführung erforderlich, eine ergänzende Projektbeschreibung sowie etwaige allgemeine Zulassungen- und Prüfbescheide.

Entsprechend Ziffer 4.2.2 sind bei Bauten mit Fertigteilen für die Baustelle Verlegezeichnungen der Fertigteile mit den Positionsnummern der einzelnen Teile und eine Positionsliste anzufertigen. Weiterhin sind Angaben über Auflagertiefen und Abstützungen der Fertigteile erforderlich.

Neben einer Baubeschreibung werden nach Ziffer 4.2.4 bei Fertigteilbauten Angaben über den Montagevorgang einschließlich zeitweiliger Abstützungen und Aufhängungen und über die während der Montage auftretenden, für die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit wichtigen Zwischenzustände gefordert. Besondere Anforderungen an die Lagerung der Fertigteile sind in den Planungsunterlagen und der Montageanleitung anzugeben.

In Ziffer 9 wird für das Bauen mit Betonfertigteilen eine Montageanweisung, die auf der Baustelle verfügbar sein muss, mit nachfolgendem Inhalt gefordert:

- Angabe aller Lasten und deren Anschlagpunkte,
- Anordnung der Hebevorrichtungen und ggf. besonderer Hilfseinrichtungen,
- Gesamtgewicht für jedes Betonfertigteil,
- Angaben zur Lagerung und zulässigen Höhe der Lagerstapel,
- detaillierte Angaben zum Anheben, Versetzen und Einbau der Fertigteile,
- Angaben zum Herstellen der Verbindungen, zum Einbau zusätzlicher Bewehrung sowie zum Einbau von Beton.

#### **3.1.2 Berufsgenossenschaftliche Vorschrift Bauarbeiten**

Die Berufsgenossenschaftliche Vorschrift Bauarbeiten (BGV C 22) ist bei allen Arbeiten zur Herstellung, Instandhaltung, Änderung und Beseitigung von baulichen Anlagen einschließlich der hierfür vorbereitenden und abschließenden Arbeiten zu beachten. Im „Teil III Zusätzliche

Bestimmungen für Montagearbeiten“ sind Forderungen aus Sicht der Arbeitssicherheit zum Transport, zur Lagerung und zum Einbau der Fertigteile enthalten. Außerdem wird für die Durchführung von Montagearbeiten das Vorliegen einer schriftlichen Montageanweisung, die alle erforderlichen sicherheitstechnischen Angaben zu enthalten hat, gefordert. Auf die Schriftform kann verzichtet werden, wenn für die jeweiligen Montagearbeiten besondere sicherheitstechnische Angaben nicht erforderlich sind.

Die Durchführungsanweisung zum § 17 der Berufsgenossenschaftlichen Vorschrift Bauarbeiten enthält den Inhalt der erwarteten sicherheitstechnischen Angaben:

- Angaben über das Gewicht der Teile, das Lagern, die Anschlagpunkte, das Anschlagen an Hebezeuge, das Transportieren und die beim Transportieren einzuhaltende Transportlage, den Einbau und die zur Montage erforderlichen Hilfskonstruktionen, die Reihenfolge der Montage und des Zusammenfügens der Bauteile, die Tragfähigkeit der einzusetzenden Hebezeuge;
- Angabe erforderlicher Maßnahmen zur Gewährleistung der Tragfähigkeit und Standsicherheit von Bauwerk und Bauteilen, auch während der einzelnen Montagezustände, zur Erstellung von Arbeitsplätzen und von deren Zugängen gegen Abstürzen oder Abrutschen Beschäftigter bei der Montage, gegen Herabfallen von Gegenständen;
- Übersichtszeichnungen oder -skizzen mit den vorzusehenden Arbeitsplätzen und deren Zugängen.

Erhalten bauaufsichtliche Zulassungsbescheide die erforderlichen Angaben, können sie als Montageanweisung angesehen werden. Übersichtszeichnungen und Verlegepläne ohne zusätzliche Angaben ersetzen eine Montageanweisung nicht.

#### **3.1.3 Arbeitsunterlagen für Baustellenprozesse im Fertigteilbau**

Zusammenfassend kann entsprechend Ziffer 3.1.1 und 3.1.2 festgestellt werden, dass neben den üblichen Anforderungen an die Vorbereitung von Baustellenprozessen entsprechend DIN 1045 und Berufsgenossenschaftlicher Vorschrift Bauarbeiten BGV C 22 zusätzlich im Fertigteilbau Montagefolgepläne (Verlegepläne, Montagepläne) und Montagefolgelisten (Positionslisten) sowie Montageanweisungen erforderlich sind. Da der Inhalt von Montageanweisungen nicht eindeutig festgeschrieben ist, hat die Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau Muster-Montageanweisungen für den Betonfertigteilbau erarbeitet, die in einen objektunabhängigen und einen objektbezogenen Teil gegliedert sind. Offen bleibt dabei eine Verbindung zwischen Montageanweisung und weiteren für die Realisierung der Baustellenprozesse notwendigen Unterla-

gen. UNRUH<sup>34</sup> schlägt vor, die Arbeitsunterlagen für Baustellenprozesse im Fertigteilbau entsprechend Abb. 3.1 zu gliedern.

Diese Gliederung einer Montageanweisung ist auch für die Vorbereitung von Remontagen geeignet. Ein Beispiel für eine spezielle Remontageanweisung enthält Anlage A 2.

<b>Teil I Allgemeine Montageanweisung (objektunabhängig)</b>	<b>Teil II Spezielle Montageanweisungen (objektunabhängig)</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Personal                             <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1 Qualifikation</li> <li>1.2 Voraussetzung für die Arbeitsaufnahme</li> </ol> </li> <li>2 Weisungsbefugnisse                             <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 Verantwortlicher Fachbauleiter</li> <li>2.2 Kolonnenführer</li> </ol> </li> <li>3 Persönliche Schutzausrüstung</li> <li>4 Arbeitsplätze und Verkehrswege                             <ol style="list-style-type: none"> <li>4.1 Allgemeines</li> <li>4.2 Absturzsicherungen und Auffangeinrichtungen</li> <li>4.3 Anlegeleitern als Arbeitsplatz und als Verkehrsweg</li> <li>4.4 Laufstege und Begehen von Bauteilen</li> <li>4.5 Hochziehbare Personenaufnahmemittel</li> <li>4.6 Fahrbare Arbeitsbühnen</li> </ol> </li> <li>5 Transportüberprüfung und Abladen</li> <li>6 Lagerung                             <ol style="list-style-type: none"> <li>6.1 Allgemeines</li> <li>6.2 Waagerechte Lagerung</li> <li>6.3 Senkrechte Lagerung</li> <li>6.4 Geneigte Lagerung</li> <li>6.5 Lagerung an und auf Bauwerken</li> </ol> </li> <li>7 Versetzen                             <ol style="list-style-type: none"> <li>7.1 Hebezeuge</li> <li>7.2 Auswahl der Lastaufnahmemittel</li> <li>7.3 Anschlagan der Fertigteile</li> </ol> </li> <li>8 Geltende Vorschriften</li> </ol>	<p>Montagevorschriften für häufig vorkommende Elemente wie eingespannte Stützen, Pendelstützen, Riegel, Binder, Deckenplatten, Wandplatten usw.) mit folgender Gliederung:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Baufreiheitsbedingungen</li> <li>2 Vorbereitungen zur Montage</li> <li>3 Montage</li> <li>4 Montagebedingte Nebenarbeiten</li> <li>5 Erforderliche Montagehilfsmittel</li> <li>6 Arbeitskräftebedarf</li> <li>7 Besondere Maßnahmen der Arbeitssicherheit</li> </ol>
	<p><b>Teil III Erläuterung des Montageablaufes (objektbezogen)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Daten des Bauvorhabens</li> <li>2 Arbeitsvorbereitung Montage                             <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 Baustelleneinrichtungsplan</li> <li>2.2 Abschnittseinteilung</li> <li>2.3 Montagefolgeplan und Montagefolgelisten</li> <li>2.4 Montagezeitenplan</li> <li>2.5 Montagekalkulation</li> <li>2.6 Messtechnik</li> </ol> </li> <li>3 Montagevorschriften für Sonderelemente (falls nicht in Teil II enthalten)</li> <li>4 Objektspezifische Maßnahmen der Arbeitssicherheit</li> </ol>

Abb. 3.1: Inhalt einer Montageanweisung für den Fertigteilbau nach UNRUH

Teil I entspricht im wesentlichen dem Teil I der Mustermontageanweisung der Fachvereinigung Deutscher Fertigteilbau. Er enthält allgemeine Angaben zum Personal, zu den Arbeitsplätzen und Verkehrswegen sowie zum Transport, zur Lagerung und zum Versetzen der Fertigteile. Die

<sup>34</sup> UNRUH, H.-P.: Vorbereitung von Baustellenprozessen im Fertigteilbau

allgemeine Montageanweisung ist objektunabhängig und gilt prinzipiell für jede Montageaufgabe.

Teil II enthält Montagevorschriften für häufig vorkommende Fertigteile. Er ist auch objektunabhängig. Damit ist es möglich, die für ein bestimmtes Vorhaben erforderlichen Montagevorschriften nach dem Baukastenprinzip den Arbeitsunterlagen für ein spezielles Bauobjekt zuzuordnen. Die einzelnen Montagevorschriften sollten einheitlich gegliedert sein und die angegebenen 7 Gliederungspunkte enthalten.

Teil III der Arbeitsunterlagen enthält die Planung der Montage für ein konkretes Vorhaben, wobei der Inhalt des Gliederungspunktes 2 der üblichen Arbeitsvorbereitung entspricht. Bestandteil des Teiles III sind außerdem Montagevorschriften für solche Fertigteile, die nicht im Teil II enthalten sind und nur im jeweiligen Vorhaben vorkommen. Auch diese Montagevorschriften sollten entsprechend Teil II gegliedert werden.

Mit der vorgeschlagenen Gliederung und dem Inhalt der Arbeitsunterlagen für die Baustellenprozesse im Fertigteilbau werden die Forderungen der DIN 1045 und der Berufsgenossenschaftlichen Vorschrift Bauarbeiten BGV C 22 erfüllt und damit eine sichere und wirtschaftliche Vorbereitung und Durchführung der Montage ermöglicht. Außerdem werden Grundlagen für Arbeits- und Verfahrensanweisungen als Bestandteil des Qualitätssicherheitssystems eines Unternehmens gelegt.

## **3.2 Bestehende Bestimmungen und Vorschriften für den Abbruch und die Demontage**

### **3.2.1 Berufsgenossenschaftliche Vorschrift Bauarbeiten**

Für Abbrucharbeiten gelten neben den allgemeinen Forderungen der BGV C 22 speziell die „Zusätzlichen Bestimmungen für Abbrucharbeiten“ im Teil IV dieser Vorschrift. Im § 20 (3) wird das Vorliegen einer schriftlichen Abbrucharweisung bei allen Abbrucharbeiten, für die besondere sicherheitstechnische Angaben erforderlich sind, gefordert. Nach der zum § 20 gehörenden Durchführungsanweisung sind schriftliche Abbrucharweisungen ausdrücklich bei Demontagen erforderlich.

Die Abbrucharweisung hat nach § 20 (3) alle erforderlichen sicherheitstechnischen Angaben zu enthalten. Der genaue Inhalt dieser „Angaben“ wird nicht näher erläutert, es wird jedoch auf die Berufsgenossenschaftliche Information Abbrucharbeiten (BGI 665) hingewiesen. Daraus kann

geschlossen werden, dass deren Angaben für den Inhalt einer Abbrucharweisung auf jeden Fall zu berücksichtigen sind und dadurch die Forderungen der BGV C 22 ausreichend erfüllt werden. Damit wäre der Inhalt einer Abbrucharweisung zur Demontage eindeutig und bereits vollständig umrissen. Bei Betrachtung des zum Teil III - „Zusätzliche Bestimmungen für Montagearbeiten“ gehörenden § 17 mit seiner Durchführungsanweisung, kommen jedoch Zweifel, denn dort wird ausgeführt: „Zu den Montagearbeiten können auch die Montage und Demontage von großflächigen vormontierten Traggerüsten zählen.“

Wird eine gewisse Übertragbarkeit dieser Formulierung auf andere komplexe Montage- und Demontageobjekte unterstellt, kann daraus auch die Zuständigkeit dieses Abschnittes der BGV C 22 für bestimmte Demontageaufgaben abgeleitet werden.

#### **3.2.2 Abbrucharweisung entsprechend BGI Abbrucharbeiten**

In der BGI 665 Abbrucharbeiten ist das Muster einer Abbrucharweisung enthalten (Abb. 3.2). Es werden folgende Angaben gefordert:

- Art, Umfang und Reihenfolge der Arbeiten und Abbruchmethode,
- Art und Anzahl der einzusetzenden Geräte und Maschinen,
- Hilfskonstruktionen, erforderliche Gerüste und Aufstiege, Absturzsicherungen,
- Abbruchtiefen und mögliche Auswirkungen auf angrenzende Gebäude,
- Sicherungsmaßnahmen, z.B. Absperren von Gefahrenbereichen und
- Schutzmaßnahmen gegen auftretende Gefahrstoffe.

Die „Muster-Abbrucharweisung“ ist in 5 Hauptteile gegliedert. Im ersten Teil sind Angaben zur Abbruchbaustelle selbst zu machen, im zweiten Teil sind die an der Ausführung beteiligten oder hierfür verantwortlichen Personen, Subunternehmen und die zuständige Berufsgenossenschaft zu benennen. Teil 3 ist dem Abbruchobjekt gewidmet. Hier wird eine Kurzbeschreibung der baulichen Anlage und die Darlegung ihrer konstruktiven Besonderheiten gefordert.

Es folgt der umfangreichste vierte Teil, der den gesamten Bereich der für die Ausführung wichtigen Fragestellungen, stichpunktartig abhandelt. Er umfasst zum Einen eine kurze Darstellung der Abfolge geplanter Arbeitsschritte, den dazu geplanten Geräteeinsatz und die gewählten Abbruchmethoden. Zum Anderen werden Angaben zu erforderlichen Sicherungsmaßnahmen gefordert.

### 3 Abbruch- und Demontageanweisung für Fertigteilkonstruktionen

Abbruchbaustelle (Ort/Straße) _____	Beginn: _____
Abbruchgenehmigung, Nr.: _____	
Auftraggeber: _____	Ende: _____
Aufsichtführender (Polier): _____	Fachbauleiter: _____
Bauleiter, LBO: _____	Koordinator des Auftraggebers: _____
Zuständige BG: _____	Mitglieds-Nr.: _____
Einsatz von Subunternehmern: _____	ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>
Wenn ja, für welchen Teilbereich: _____	
Kurzbeschreibung der baulichen Anlage*: _____ _____ _____	
Konstruktive Besonderheiten: _____ _____	
Art und Lage verbleibender Ver- und Entsorgungsleitungen*: _____	
Sicherung des öffentlichen Verkehrs durch: _____	
Reihenfolge und Beschreibung der einzelnen Arbeitsschritte: _____ _____ _____	
Vorgesehene Arbeitsabschnitte: _____	
Gewählte Abbruchmethoden* (ggf. mehrere): _____	
Geplanter Geräteinsatz: _____	
Tragfähigkeit befahrbarer Decken, kN/qm: _____	
Abbruchstatik: _____	ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>
Schutz benachbarter Grundstücke durch: _____	
Besondere Sicherheitsleistung benachbarter Grundstücke/Anlagen: _____	
Abstützmaßnahmen am Gebäude: _____	
Erforderliche Gerüste/Schutzdächer: _____	
Zugänge zu den Arbeitsplätzen über: _____	
Erforderliche Absturzsicherungen: _____	
Personenseilfahrt mit Kran/Bagger und Anzeige bei der BG erforderlich: _____ ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>	
Besondere Gefahrstoffe im Baustellenbereich: _____	
Erforderliche persönliche Schutzausrüstungen: _____	
Sicherung des Grundstücks nach Beendigung der Arbeiten: _____	
Abfuhr umweltschädlicher Stoffe auf Sondermülldeponie: _____	
Entsorgung Abbruchmaterial auf Deponie: _____	
*Siehe Technische Vorschriften für Abbrucharbeiten (TVA) des Deutschen Abbruchverbandes e.V.	
_____ Datum/Unterschrift des Abbruchunternehmers	

Abb. 3.2: Muster einer Abbruchanweisung nach BGI 665<sup>35</sup>

<sup>35</sup> Berufsgenossenschaftliche Information Abbrucharbeiten (BGI 665), S. 8

Der fünfte und letzte Teil betrifft besonders den Arbeits- und Gesundheitsschutz. Hier sind geplante Maßnahmen beim Vorhandensein von Gefahrstoffen und der Ort ihres Verbleibes zu nennen. Die erforderliche persönliche Schutzausrüstung ist aufzuzählen.

Auf dem Muster ist bezüglich der gewählten Abbruchmethoden ein Hinweis auf die TV Abbrucharbeiten enthalten.

Die Abbrucharweisung trägt die Unterschrift des Abbruchunternehmers.

Für Demontearbeiten ist grundsätzlich eine Abbrucharweisung nach diesem Muster zu erstellen. Eine derartige Abbrucharweisung allein stellt jedoch noch keine ausreichende, sicherheitstechnisch einwandfreie Vorbereitung einer Demontage dar. Zusätzlich müssen Arbeitsunterlagen erstellt werden, die den Demontageablauf erläutern und geeignet darstellen. Sie gehen weit über das für konventionelle Abbrucharbeiten Geforderte hinaus. So ist es nicht ausreichend, Art, Umfang und Reihenfolge der notwendigen Arbeiten kurz zu benennen. Gleiches gilt für die Angabe der benötigten Geräte und der gewählten Abbruchmethode.

Hinweise zum Abbruch von Hand/Demontieren enthält Blatt D 77 der BGI 665 Abbrucharbeiten. Es liegt jedoch die Vermutung nahe, dass damit nicht die Demontage von Fertigteilkonstruktionen gemeint ist, denn die Ausführungen beziehen sich hauptsächlich auf Handabbruch. Es wird zwar gefordert, dass die Durchführung von Abbrucharbeiten ausführlich zu planen ist, nicht aber mit welchem Inhalt.

### **3.3 Entwicklung einer Abbruch- und Demontageanweisung für Fertigteilkonstruktionen**

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das vorliegende Muster einer Abbrucharweisung entsprechend Merkheft Abbrucharbeiten als alleinige Grundlage für eine vollständig sicherheitsgerechte Arbeitsvorbereitung von Demontageaufgaben nicht ausreichend ist.

Es wird daher vorgeschlagen, die Abbrucharweisung für derartige Bauvorhaben zu erweitern und in eine Abbruch- und Demontageanweisung zu überführen, um den besonderen Risiken des Arbeits- und Gesundheitsschutzes bei Demontearbeiten Rechnung zu tragen. Dabei wird berücksichtigt, dass für die Demontage von Fertigteilkonstruktionen ohnehin ein höherer Planungsaufwand, verglichen mit dem herkömmlicher oder konventioneller Abbruchobjekte, verlangt bzw. erforderlich wird.

Ein Rückgriff auf die Mustermontageanweisung der Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau bzw. die modifizierte Montageanweisung nach UNRUH (Ziffer 3.1.3) zur Erarbeitung einer Abbruch- und Demontageanweisung bietet sich an. Die Risiken bezüglich der Arbeitssicherheit bei Montagearbeiten sind zwar nur ein Teil derer, die bei Demontagearbeiten anzutreffen sind. Die Art und Weise, in der die Muster-Montageanweisungen diese Risiken zu verringern versuchen, ist bemerkenswert. Dieser Effekt wird durch das Muster einer Abbrucharweisung bei weitem nicht erreicht. Dies spricht für eine Einbeziehung der Muster-Montageanweisungen in die Erstellung entsprechender Unterlagen für die Demontage von Fertigteilkonstruktionen. Hinzu kommen wesentliche Gemeinsamkeiten von Montage und Demontage.

Nachfolgend wird der Inhalt der von der Verfasserin erarbeiteten Abbruch- und Demontageanweisung für Fertigteilkonstruktionen (Abb. 3.3) erläutert.

#### **Teil I Spezielle Demontageanweisung (objektbezogen)**

Grundlage der Speziellen (objektbezogenen) Abbruch- und Demontageanweisung bildet die Abbrucharweisung entsprechend BRI 665 Abbrucharbeiten. Dies erzwingt nicht nur allein die Zugehörigkeit des „Demontierens“ zu den fest definierten Abbruchverfahren. Ausschlaggebend ist auch die Tatsache, dass zum Demontieren von Bauteilen auch andere typische Abbruchmethoden nötig sind. Darüber hinaus können zur Vorbereitung der eigentlichen Bauteildemontage eine Vielzahl von konventionellen Abbruchverfahren erforderlich werden. In diesem ersten Teil wird jedoch der gesamte vierte Komplex des Musters einer Abbrucharweisung von der Bearbeitung nicht berücksichtigt. Die Darstellung der geplanten Demontagedurchführung wird dem Teil III zugeordnet.

#### **Teil II Demontagevorschriften**

Teil II enthält Demontagevorschriften für häufig vorkommende Fertigteile nach einer einheitlichen Gliederung in 7 Punkte, ähnlich der Gliederung nach Teil II unter Ziffer 3.1.3 bzw. Abb. 3.1. (Beispiel für eine Demontageschrift siehe Anlage A 3).

#### **Teil III Erläuterung des Demontageablaufes**

Der Inhalt des Teiles III orientiert sich am Teil III der Arbeitsunterlagen für Baustellenprozesse im Fertigteilbau (Ziffer 3.1.3 bzw. Abb. 3.1) mit entsprechenden Modifizierungen bzw. demontagespezifischen Ergänzungen sowie Aussagen zu den Abbruchmethoden und dem Geräteeinsatz.

<b>Teil I Spezielle Abbruch- und Demontageanweisung (objektbezogen)</b>	<b>Teil II Demontagevorschriften (objektunabhängig)</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Allgemeine Angaben zum Bauvorhaben               <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1 Abbruchbaustelle (Ort, Straße)</li> <li>1.2 Abbruchgenehmigung, Nr.</li> <li>1.3 Auftraggeber</li> <li>1.4 Baubeginn</li> <li>1.5 Bauende</li> </ol> </li> <li>2 Verantwortlichkeiten               <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 Aufsichtsführender (Polier)</li> <li>2.2 Fachbauleiter</li> <li>2.3 Bauleiter</li> <li>2.4 Koordinator des Auftraggebers</li> <li>2.5 Zuständige Berufsgenossenschaft, Mitglieds-Nr.</li> <li>2.6 Subunternehmen, in welchen Teilbereichen</li> </ol> </li> <li>3 Demontageobjekt               <ol style="list-style-type: none"> <li>3.1 Kurzbeschreibung des Demontageobjektes</li> <li>3.2 Konstruktive Besonderheiten</li> </ol> </li> <li>4 Besondere Sicherheitstechnische Angaben               <ol style="list-style-type: none"> <li>4.1 Personenseilfahrt mit Kran / Bagger erforderlich, Anzeige bei der BG</li> <li>4.2 Besondere Gefahrstoffe im Baustellenbereich</li> <li>4.3 Erforderliche persönliche Schutzausrüstung</li> <li>4.4 Sicherung des Grundstücks nach Beendigung der Arbeiten</li> <li>4.5 Abfuhr umweltschädlicher Stoffe auf Sondermülldeponie</li> <li>4.6 Entsorgung von Abbruchmaterial auf Deponie</li> <li>4.7 Schutz benachbarter Grundstücke</li> <li>4.8 Erforderliche Gerüste/Schutzdächer</li> <li>4.9 Zugänge zu den Arbeitsplätzen</li> <li>4.10 Erforderliche Absturzsicherungen</li> </ol> </li> </ol>	<p>Demontagevorschriften für häufig vorkommende Fertigteile mit folgender Gliederung</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Baufreiheitsbedingungen</li> <li>2 Vorbereitungen zur Demontage</li> <li>3 Demontage</li> <li>4 Demontagebedingte Nebenarbeiten</li> <li>5 Erforderliche Demontagehilfsmittel</li> <li>6 Arbeitskräftebedarf</li> <li>7 Besondere Maßnahmen der Arbeitssicherheit</li> </ol>
	<p><b>Teil III Erläuterung des Demontageablaufes (objektbezogen)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Daten des Demontagevorhabens</li> <li>2 Abbruchmethoden und Geräteeinsatz               <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 Abbruchmethoden</li> <li>2.2 Geräteeinsatz</li> </ol> </li> <li>3 Arbeitsvorbereitung Demontage               <ol style="list-style-type: none"> <li>3.1 Baustelleneinrichtungsplan</li> <li>3.2 Abschnittseinteilung/ Demontagestabilität</li> <li>3.3 Demontagefolge und Demontagelisten</li> <li>3.4 Ablaufplan</li> <li>3.5 Kalkulation der Demontage</li> </ol> </li> <li>4 Demontagevorschriften für Sonder-elemente</li> </ol>

Abb. 3.3: Vorschlag für den Inhalt einer Abbruch- und Demontageanweisung für Fertigteilkonstruktionen.

Die Anwendung der vorgestellten Abbruch- und Demontageanweisung ermöglicht eine umfassende sicherheitstechnische, baubetriebliche und bauwirtschaftliche Vorbereitung von Demontagen im Fertigteilbau und wird der Stellung der Demontage als ein spezielles, eine Stufe über dem kontrollierten Rückbau stehendes Abbruchverfahren gerecht. Sie geht über die in der Abbruchanweisung enthaltenen Inhalte hinaus, schließt eine Lücke im Gesetzes- und Vorschriftenwerk und trägt den besonderen Bedingungen der Demontage Rechnung.

## 4 Demontagehilfsmittel und Trennverfahren

Untersuchungen zu Demontagehilfsmitteln und Trennverfahren sind erforderlich, weil sie einen entscheidenden Einfluss auf die baubetriebliche Vorbereitung sowie die Wirtschaftlichkeit des Demontageprozesses haben.

### 4.1 Lastaufnahmeeinrichtungen

Zu den Lastaufnahmeeinrichtungen zählen nach DIN 15002<sup>36</sup> und DIN 15003<sup>37</sup> Tragmittel (Lasthaken), Lastaufnahmemittel (Traversen, Krangabeln, Zangen, Gehänge etc.) und Anschlagmittel (Anschlagseile und -ketten, Hebebänder u.ä.).

Grundsätzlich gibt es bei Demontagen im Vergleich zu Montagen keine Unterschiede bei der Verwendung von Lastaufnahmeeinrichtungen. Genau wie bei Montagen eignen sich bei De- und Remontagen uneingeschränkt nur Traversen ggf. in Verbindung mit Anschlagmitteln. Besonderes Augenmerk soll im Folgenden auf demontage- und remontagespezifische Besonderheiten bezüglich Anschlagmittel und Anschlagpunkte gelegt werden.

#### 4.1.1 Anschlagmittel

Als Anschlagmittel werden Seile oder Ketten, die als Ein- oder Mehrstranggehänge zum Einsatz kommen, sowie Hebebänder verwendet.

Die Tragfähigkeit von Stranggehängen hängt neben dem Durchmesser des Stranges auch wesentlich vom Spreizwinkel (Winkel, den zwei tragende Stränge miteinander bilden) ab. Bei gleichem Seildurchmesser wird die zulässige Tragfähigkeit durch Anordnung eines Lastausgleiches verdoppelt.<sup>38</sup>

Nach Unfallverhütungsvorschrift VBG 9a<sup>39</sup> und nach TGL 22 841/01<sup>40</sup> gilt für Mehrstranggehänge:

---

<sup>36</sup> DIN 15 002 Lastaufnahmeeinrichtungen, 04/1980

<sup>37</sup> DIN 15 003 Lastaufnahmeeinrichtungen, Lasten und Kräfte, 02/1970

<sup>38</sup> UNRUH, H.-P.: Einsatz von Lastaufnahmeeinrichtungen bei Demontagen, S. 114

<sup>39</sup> Unfallverhütungsvorschrift VBG 9 a

<sup>40</sup> TGL 22 841/01 Gehänge

- Wenn nicht sichergestellt ist, dass sich die Last gleichmäßig auf mehr als zwei Stränge verteilt, dürfen nur zwei Stränge als tragend angenommen werden.
- Der Neigungswinkel (Winkel zwischen der Vertikalen und dem Strang) darf bei Stranggehängen  $60^\circ$  nicht überschreiten. Daraus resultiert ein Spreizwinkel (Winkel zwischen zwei tragenden Seilen) von  $\leq 120^\circ$ .

Eine gleichmäßige Lastverteilung kann erreicht werden durch (Abb. 4.1):

- Traverse in Verbindung mit 2 Zweistrang-Gehängen
- Vierstrang-Gehänge mit Wippe
- Auflösung in 3 Zweistrang-Gehänge.<sup>41</sup>

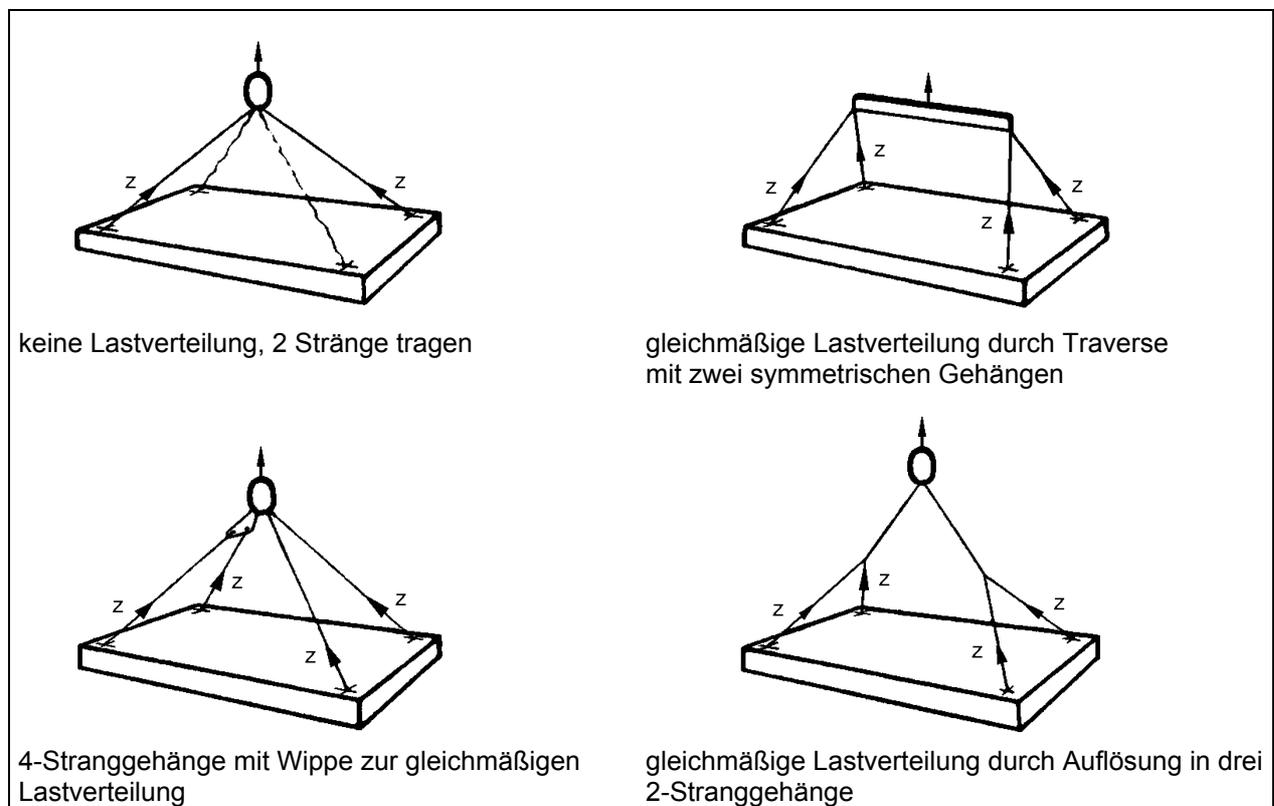


Abb. 4.1: Möglichkeiten zur gleichmäßigen Lastverteilung bei 4-Stranggehängen<sup>42</sup>

Da bei der Montage der Plattenbauten der Typenbauserie P 2 der Einsatz lastausgleichender Gehänge nicht üblich war, kann durch den Einsatz lastausgleichender Vierstrang-Gehänge bei De- und Remontagen von Deckenplatten die Belastung der Tragösen gegenüber der Erstmontage halbiert werden.

<sup>41</sup> UNRUH, H.-P.: Einsatz von Lastaufnahmeeinrichtungen bei Demontagen, S. 114

<sup>42</sup> UNRUH, H.-P., a.a.O., S. 115

## 4.1.2 Anschlagpunkte

### 4.1.2.1 Wiederverwendung von Tragösen

Im Fertigteilbau der ehemaligen DDR wurden als Anschlagpunkte nicht Transportanker, sondern Tragösen verwendet. Abb. 4.2 zeigt Grundformen von Tragösen nach der damals gültigen Vorschrift<sup>43</sup>. Es wurde prinzipiell zwischen Tragösen für Geradzug und Tragösen für Schrägzug unterschieden.

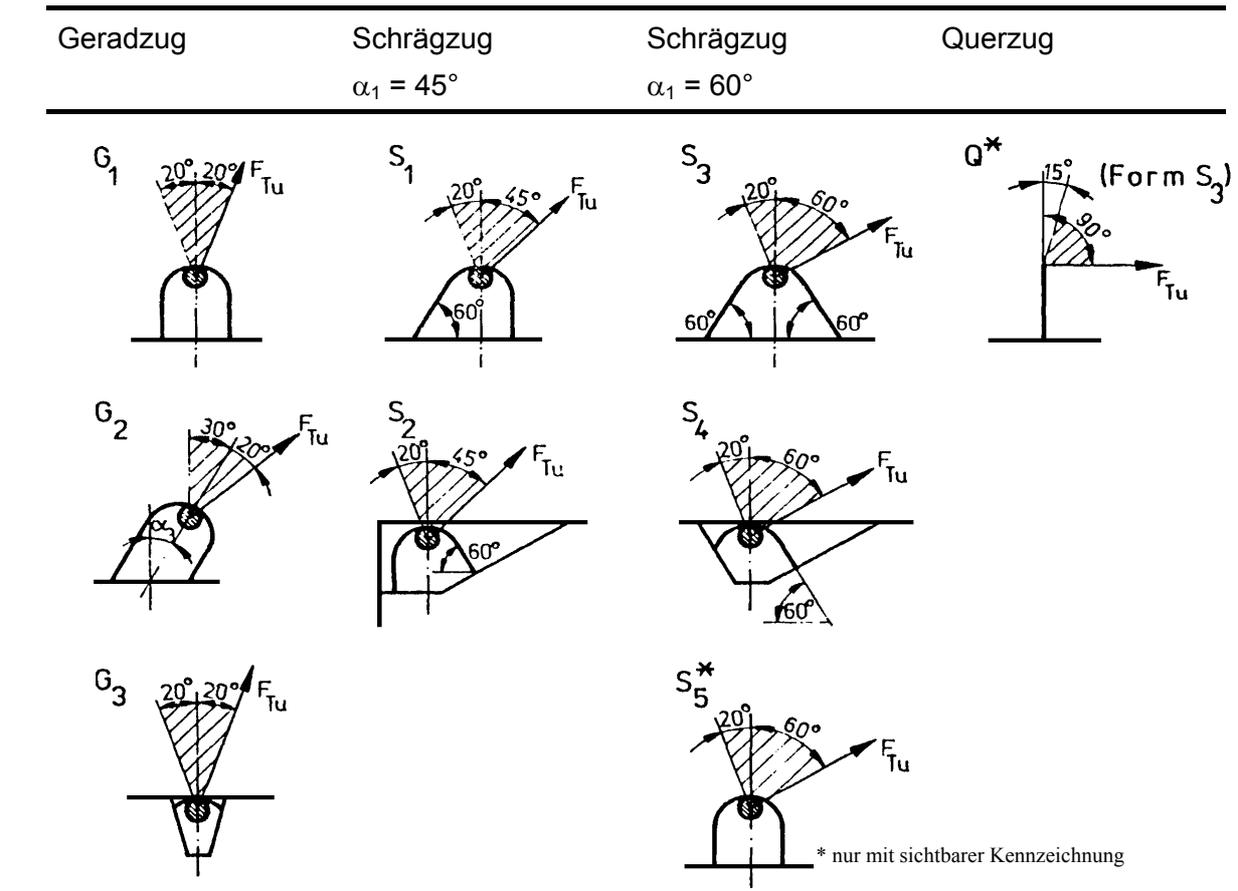


Abb. 4.2: Grundformen von Tragösen nach Vorschrift 93/80 der Staatl. BA der DDR

Um über eine Wiederverwendung von Tragösen bei der Demontage zu entscheiden, sind die in der Vorschrift 93/80 der Staatlichen Bauaufsicht der DDR enthaltenen Einsatzbedingungen für Tragösen von Interesse<sup>44</sup>:

- Fertigteil besteht aus Beton,
- Zulässige Lastangriffswinkel dürfen nicht überschritten werden,

<sup>43</sup> Vorschrift 93/80 der Staatlichen Bauaufsicht der DDR, Tragverhalten von Tragösen

<sup>44</sup> UNRUH, H.-P.: Einsatz von Lastaufnahmeeinrichtungen bei Demontagen

- Aufzwängen und gewaltsames Anpassen der Tragösen an das Lastaufnahmemittel ist unzulässig,
- Das ruckartige Eintragen der Lasten an den Tragösen ist unzulässig,
- Für Tragösen, die durch eine geplante längere Lagerung im Freien besonders korrosionsgefährdet sind, ist ein Abrostzuschlag vorzusehen. Im Allgemeinen sind sie mindestens eine Durchmesserstufe höher zu wählen,
- Stahl (Tragösen), dessen Querschnitt z.B. durch Korrosion oder Kerben geschwächt ist, darf nicht verwendet werden und
- Nach der Vorschrift 93/80 berechnete und konstruierte Tragösen dürfen bei Temperaturen unter minus 25° nicht genutzt werden.

Prinzipiell schließt die Vorschrift 93/80 eine Wiederverwendung von Tragösen nicht aus. Eine Entscheidung für eine Wiederverwendung kann nur in Abhängigkeit des jeweiligen Zustandes der wiederzuverwendenden Tragösen getroffen werden.

UNRUH<sup>45</sup> prüfte die Tragösen von 3 Decken-, 10 Außenwand- und 10 Innenwandelementen und kam zu der Aussage, dass eine Wiederverwendung der Tragösen von Deckenelementen möglich ist, eine Wiederverwendung der Tragösen von Innenwand- und Außenwandelementen jedoch wegen Veränderungen der Tragösenform (Aufzwängungen, Verengungen, umgebogene Tragösen) nicht empfohlen werden kann. Des weiteren schlug er einen Algorithmus zur Beurteilung der Wiederverwendbarkeit von Tragösen vor, der die Einhaltung aller in der Vorschrift 93/80 der Staatlichen Bauaufsicht der DDR enthaltenen Einsatzbedingungen berücksichtigt.

Bei der Demontage des Musterprojektes wurde in der Demontagetechnologie von der Wiederverwendung der Tragösen bei allen Elementgruppen ausgegangen.

Eine Überprüfung der Durchmesser der Tragösen an 30 Deckenelementen und ein Vergleich mit den Soll-Werten ergab, dass alle gemessenen Durchmesser über den Sollwerten lagen (Tab. 4.1).

Betrachtet man die Minimal- und Maximalwerte, so ergibt sich bei den 6,0 m – Elementen eine Spanne von 16,0 mm bis 17,2 mm, bei den 4,80 m – Elementen von 14,0 mm bis 14,6 mm und bei den 3,60 m – Elementen von 14,0 mm bis 15,0 mm.

---

<sup>45</sup> UNRUH, H.-P.: Einsatz von Lastaufnahmeeinrichtungen bei Demontagen, S. 118

		geprüfte Decken										Soll	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
<b>Spannweite 6 m</b>													
Durchmesser (in mm)	1	16,3	16,8	16,0	16,2	16,2	16,0	16,0	16,4	16,2	16,0	16,0	
	2	16,3	16,5	16,1	16,3	16,8	16,0	16,1	16,1	16,2	16,1	16,0	
	3	16,4	17,2	16,1	16,3	17,2	16,0	16,2	16,0	16,4	16,0	16,0	
	4	16,8	16,5	16,2	16,5	16,4	16,1	16,0	16,0	16,1	16,0	16,0	
<b>Mittelwert</b>												<b>16,3</b>	<b>16,0</b>
<b>Spannweite 4,80 m</b>													
Durchmesser (in mm)	1	14,4	14,0	14,0	14,0	14,0	14,1	14,0	14,0	14,2	14,0	14,0	
	2	14,4	14,0	14,0	14,0	14,0	14,1	14,0	14,0	14,1	14,0	14,0	
	3	14,4	14,0	14,0	14,1	14,0	14,4	14,0	14,1	14,0	14,0	14,0	
	4	14,4	14,0	14,0	14,0	14,6	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	
<b>Mittelwert</b>												<b>14,1</b>	<b>14,0</b>
<b>Spannweite 3,60 m</b>													
Durchmesser (in mm)	1	14,3	14,2	14,2	14,6	14,0	15,0	14,2	14,2	14,0	14,2	14,0	
	2	14,6	14,4	14,3	14,5	14,1	14,2	14,4	14,5	14,0	14,0	14,0	
	3	14,6	14,3	14,2	14,3	14,6	14,4	14,4	14,2	14,0	14,0	14,0	
	4	14,5	15,2	14,1	14,3	14,1	14,4	14,4	14,0	14,0	14,0	14,0	
<b>Mittelwert</b>												<b>14,3</b>	<b>14,0</b>

Tab. 4.1: Überprüfung des Tragösendurchmessers an 30 Deckenelementen

Die größeren Durchmesser sind auf Auftreiben durch Rost zurückzuführen. Aufzwingungen bzw. Verengungen konnten nicht festgestellt werden.

In Auswertung der Demontage des Musterprojektes sind folgende Aussagen zur Wiederverwendung von Tragösen möglich:

Die Tragösen der Deckenplatten konnten problemlos frei gestemmt werden und wiesen keine Verformungen, Deformierungen, Aufzwingungen bzw. Verengungen, Schweißspritzer und Einbrandkerben auf, so dass eine Wiederverwendung ohne Einschränkungen möglich war. Durch Einsatz eines lastausgleichenden Vier-Strang-Gehänges wurde im Gegensatz zur Montage (Einsatz von Gehängen ohne Lastausgleich, nur zwei Stränge tragend) die Last gleichmäßig auf alle vier Stränge verteilt. Bei 80 Deckenplatten, das entspricht  $80 \times 4 = 320$  Tragösen, versagten zwei Tragösen durch Bruch beim Anheben.

Die Tragösen der Außen- und Innenwandelemente konnten ebenfalls problemlos frei gestemmt werden, waren jedoch teilweise zur Elementemitte hin verformt, was auf einen zu großen Spreizwinkel des Gehänges bei der Montage schließen lässt.

Obwohl nach der damals gültigen Vorschrift 93/80 der Staatlichen Bauaufsicht der DDR kaltverformte Tragösen nicht wiederverwendet werden dürfen, wurden die Tragösen bei der Demontage der Wände des Musterprojektes benutzt. Bei 97 Innenwandelementen, das entspricht 194 Tragösen konnten 190 Tragösen wiederverwendet werden. Eine Tragöse war zu stark deformiert, eine Tragöse wurde beim Freilegen beschädigt und zwei Tragösen versagten durch Bruch beim Anheben des Elementes. Bei 35 Außenwandelementen, das entspricht 70 Tragösen, versagte eine Tragöse durch Bruch beim Anheben.

Die Tragösen der Sanitärraumzellen wurden nach der Montage umgebogen, da sich unmittelbar darüber die Deckenelemente befanden. Die Tragösen wurden vor der Demontage zurück gebogen und wiederverwendet.

Die Praxis bei der Demontage des Musterprojektes zeigt, dass trotz Nichteinhaltung der in der damals gültigen Vorschrift 93/80 der Staatlichen Bauaufsicht der DDR enthaltenen Bedingungen, eine Wiederverwendung der Tragösen möglich ist. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, das die Wiederverwendung von Tragösen jeweils für den konkreten Fall zu überprüfen ist. Beim rechnerischen Nachweis ist der zulässige Lastangriffswinkel sowie die Form der Tragöse entsprechend Abb. 4.2 unter Beachtung der konkreten Einsatzbedingungen zu berücksichtigen.

Bei der Demontage des Musterprojektes lag die Wiederverwendungsrate bei über 95 % (Tab. 4.2).

Element	Elemente-anzahl	Tragösen-anzahl	Wiederverwendung	
			Anzahl	%
Deckenplatten	80	320	318	99
Innenwände	97	194	190	98
Außenwände	35	70	69	99

Tab. 4.2: Wiederverwendung von Tragösen bei der Demontage des Musterprojektes

Da immer mit dem Versagen von Tragösen gerechnet werden muss, sind entsprechende Sicherheitsmaßnahmen (Absperren des Demontagebereiches, kein Aufenthalt von Personen unter schwebenden Lasten) erforderlich.

### 4.1.2.2 Schaffung neuer Anschlagpunkte

Ist eine Wiederverwendung der Tragösen nicht möglich, müssen neue Anschlagpunkte geschaffen werden. UNRUH<sup>46</sup> schlägt prinzipielle Möglichkeiten zur Schaffung neuer Anschlagpunkte vor (Abb. 4.3 a bis c), die durch eine nach Angaben der Verfasserin entwickelte Variante Schwanenhals (Abb. 4.3 d) ergänzt werden.

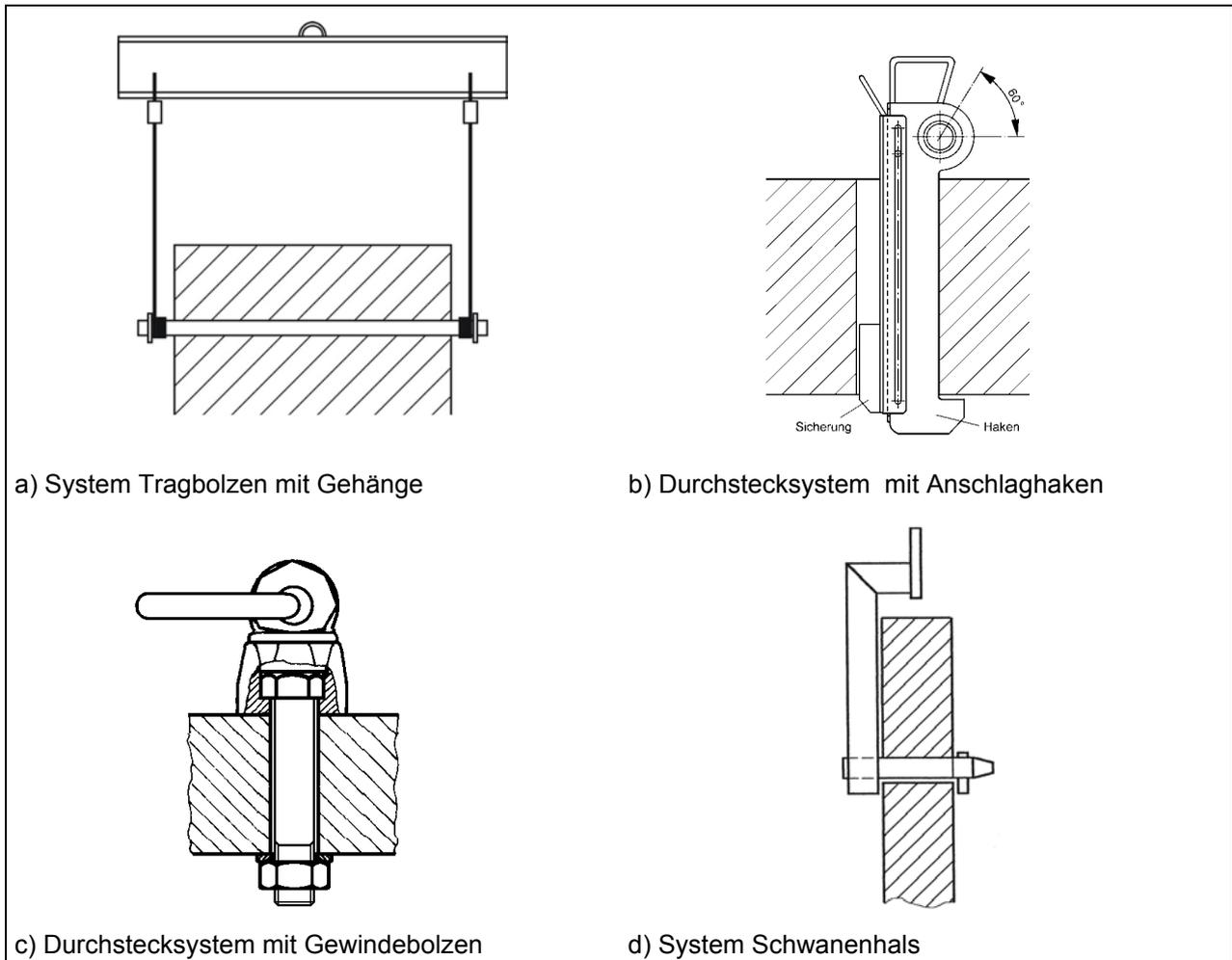


Abb. 4.3: Nachträglich angebrachte Anschlagpunkte

- **System Tragbolzen mit Gehänge**

Bei diesem System wird eine vorhandene oder nachträglich am Fertigteil anzubringende Bohrung genutzt. Durch die Öffnung wird ein Tragbolzen gesteckt, an dessen Ende Seile bzw. Ketten befestigt sind, die zu einem Zweistranggehänge, einer Traverse bzw. Spreize oder direkt zum

<sup>46</sup> UNRUH, H.-P.: Einsatz von Lastaufnahmeeinrichtungen bei Demontagen, S. 119

Lasthaken führen. Abb. 4.4 zeigt die Anwendung des Systems Tragbolzen mit Gehänge bei der Demontage einer Innenwand des Musterprojektes.



Abb. 4.4: System Tragbolzen mit Gehänge bei der Demontage

- **Durchstecksystem Anschlaghaken**<sup>47</sup>

Der Anschlaghaken eignet sich als Anschlagpunkt für horizontale plattenförmige Elemente. Nach Herstellung der Kernbohrung wird der Haken von oben durch das plattenförmige Element gesteckt und anschließend mit der Sicherung gegen Lageverschiebung und zur Gewährleistung des Auflagers gesichert. Das Anschlagssystem lässt sich einfach von der Montageebene aus handhaben. Nachteilig ist die relativ große Kernbohrung (Durchmesser 150 mm bei einer Tragfähigkeit von 7,5 t). Der Spreizwinkel des Gehänges von  $\leq 60^\circ$  muss eingehalten werden, um einen eventuellen Pressdruck gegen die Wandung der Kernbohrung zu minimieren.

- **Durchstecksystem Gewindebolzen**

Durchstecksysteme eignen sich besonders für horizontale plattenförmige Elemente. Sie werden in einer durchgehenden Kernbohrung angebracht. Der auf Zug beanspruchte Bolzen wird an der Elementeunterseite mit einer Mutter arretiert. Dazu muss sich die entsprechende Arbeitskraft unterhalb der anzuschlagenden Last befinden. Am Kopf des Bolzens befindet sich eine drehbare

---

<sup>47</sup> entwickelt von Engineering für Lastaufnahmemittel, Hebezeuge und Stahlbau

Aufhängeöse für das Anschlagmittel. Nach dem Absetzen des zu demontierenden Teiles muss gewährleistet sein, dass das Durchstecksystem wieder gewonnen werden kann. Zum Lösen der Mutter muss ein genügend großer Zwischenraum vorhanden sein.

- **System Schwanenhals**

Die drei vorgestellten Systeme werden durch ein nach Angaben der Verfasserin für Innenwände entwickeltes System Schwanenhals (Abb. 4.3 d) ergänzt. Der Einsatz erfolgt paarweise im Zusammenwirken mit einer Traverse. Zum Anschlagen müssen an der Innenwand zwei symmetrisch zum Schwerpunkt des Fertigteiltes angeordnete, durchgehende Bohrungen, Durchmesser 45 mm, im Abstand von ca. 400 mm von der Oberkante des Elementes vorhanden sein. Nach Durchführung des Tragbolzens durch die Bohrung im Fertigteil verhindert eine Sperre ein unkontrolliertes Lösen. Das System ist mit veränderter Geometrie auch für Außenwände geeignet.

### 4.1.2.3 Anschlagen ohne Anschlagpunkte

Zum Anschlagen von Sonderelementen, bei denen keine Anschlagpunkte mehr vorhanden sind (z.B. Treppen) und Elementen mit Öffnungen (z.B. Wandelemente mit Fenster) eignen sich auch Hebebänder (Abb. 4.5).



Abb. 4.5: Einsatz von Hebebändern bei der Demontage

### 4.1.3 Fazit

Über die Wiederverwendung von Tragösen, die prinzipiell möglich ist, entscheidet im Einzelfall der Zustand der Tragösen. Ein rechnerischer Nachweis der Tragfähigkeit unter Beachtung des zulässigen Lastangriffswinkels und der Form der Tragösen ist in jedem Fall erforderlich.

Die Belastung der Tragösen hängt wesentlich von der Art des Lastaufnahme- bzw. Anschlagmittels ab. Es sollten nach Möglichkeit Stranggehänge mit Lastausgleich zum Einsatz kommen.

Zur Schaffung neuer Anschlagpunkte werden prinzipielle Möglichkeiten aufgezeigt. Durchstecksysteme mit Gewindebolzen oder Anschlaghaken eignen sich hauptsächlich für horizontale plattenförmige Elemente, die Systeme Schwanenhals und Tragbolzen mit Gehänge hauptsächlich für vertikale plattenförmige Elemente.

## 4.2 Demontagehalterungen

### 4.2.1 Anforderungen an die Ausbildung

Werden die Verbindungen zwischen den einzelnen Wandelementen im Zuge der Demontage gelöst, muss die Sicherheit der Fertigteile gegen Kippen gewährleistet werden durch:

- Sicherung des Wandelementes durch Demontagehalterungen und danach Lösen der Verbindungen,
- Anschlag des betreffenden Wandelementes vor dem Lösen der Verbindungen und Sicherung gegen Kippen durch Halten mit dem Hebezeug. Dabei ist das Hebezeug während des Trennens der Verbindungen gebunden und kann während dieser Zeit nicht für andere Arbeiten genutzt werden.

Als Demontagehalterung für Wandelemente kommen druck- und zugfeste Streben zur Anwendung, die mit Dübeln bzw. Ankern in Verbindung mit entsprechenden Anschlussplatten am zu halternden Element und auf der Demontageebene befestigt werden.

Der Einsatz bauaufsichtlich zugelassener Dübel bzw. Anker (Einschlagdübel, Schlaganker) setzt Forderungen an den Verankerungsgrund voraus, die bei den Elementen der Plattenbauserie P 2 nicht eingehalten werden.

Bevor untersucht werden kann, ob Einschlagdübel und Schlaganker auch bei Nichteinhaltung der Forderungen an den Verankerungsgrund eingesetzt werden können, müssen die eingesetzten Streben einschließlich der an den Verankerungsstellen aufzunehmenden Kräfte bekannt sein.

Wandelemente mit Längen  $> 3.600$  mm werden mit zwei Streben gehalten. Für Wandelemente mit Längen  $\leq 3.600$  mm ist zu überprüfen, ob eine Halterung mit einer Strebe ausreichend ist. Es ist auch eine Kombination zwischen Strebe und noch vorhandener Verbindung möglich, wenn noch eine Queraussteifung der zu haltenden Wand an der Verbindungsstelle vorhanden ist.

Folgende Anforderungen werden an Demontagehalterungen in Form von Streben gestellt:

- schlupffreie Ausbildung der Befestigung der Strebe am Wandelement bzw. auf der Demontageebene,
- mögliche Feinjustierung durch Spindel oder Spannschloss,
- Befestigung am Wandelement in Arbeitshöhe (ca. 1.600 mm), damit beim Anbringen der Strebe keine Gerüst erforderlich wird. Prinzipiell ist es auch möglich, die Streben am Kopf der Wandplatte zu befestigen,
- Anstellwinkel (Anstellwinkel = Winkel zwischen Strebe und Horizontalen) sollte nicht größer als  $60^\circ$  und nicht kleiner als  $45^\circ$  sein, weil bei größerem Winkel die Strebenkräfte zu groß und bei kleinerem die Streben zu lang werden.

### 4.2.2 Erforderliche Strebenkräfte

Bei der Bemessung von Montagehalterungen im Wandbau wird von nachfolgenden Lastannahmen ausgegangen<sup>48</sup>, die zu zwei Lastfällen zusammengefasst werden:

- Eigenlasten der Montagehalterung,
- Lasten aus Schiefstellung vor dem Richten,
- Lasten aus Schiefstellung nach dem Richten und infolge aufgelagerter Bauteile,
- Windlast während der Montage, maximale Windbelastung und
- stoßartige Belastung.

Bei einer Demontagehalterung entfallen die Lasten aus Schiefstellung vor dem Richten. Eigenlasten der Montagehalterung werden in der Regel wegen Geringfügigkeit vernachlässigt. Damit ergeben sich folgende Lastfälle:

---

<sup>48</sup> ZOCHER, M.: Beitrag zur Rationalisierung von Montagehalterungen, S. 62 ff.

## Lastfall 1 (Unterbrechung der Demontage)

- Lasten aus Schiefstellung nach dem Richten und infolge aufgelagerter Bauteile,
- maximale Windbelastung.

## Lastfall 2 (Demontage)

- Lasten aus Schiefstellung nach dem Richten und infolge aufgelagerter Bauteile,
- Windlast während der Montage,
- stoßartige Belastung.

Lastfall 1 ergibt sich, wenn bereits von ihren Verbindungen getrennte Wandelemente infolge von Demontageunterbrechungen (z.B. Windgeschwindigkeiten  $> 15 \text{ m/s}$ ) in Demontagehalterungen stehen.

Der Normalfall ist die Bemessung der Streben nach Lastfall 2, bei dem eine maximale Windgeschwindigkeit von  $15 \text{ m/s}$  berücksichtigt wird, da bei stärkerem Wind die Demontagerbeiten unterbrochen werden müssen. Die Entscheidung darüber, wann der Kranbetrieb einzustellen ist, wird vom Kranfahrer getroffen. Das ist dann der Fall, wenn die Last nicht mehr sicher gehalten und abgesetzt werden kann. Nach Informationen der Bau-Bauberufsgenossenschaft Hannover muss etwa ab Windstärke 6, das entspricht Windgeschwindigkeiten von  $12 - 14 \text{ m/s}$ , der Kranbetrieb eingestellt werden. Werden dann noch nicht demontierte Wandelemente durch Streben gehalten, sind für deren Bemessung Lasten entsprechend Lastfall 1 zu berücksichtigen. Abb. 4.6 zeigt die Abstützung eines Wandelementes sowie das statische System und die Lastfigur.

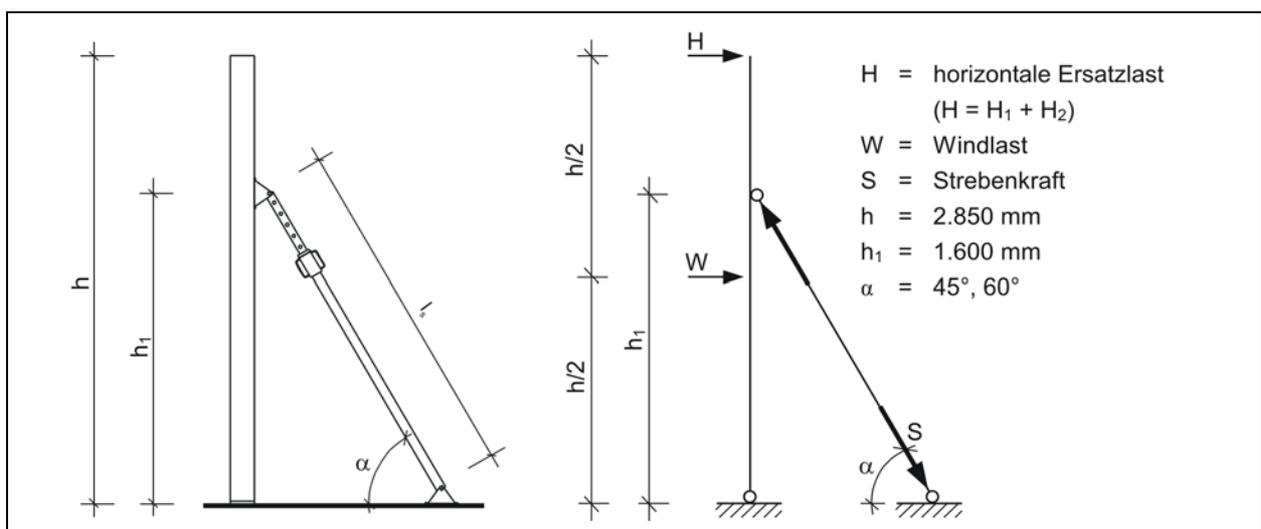


Abb. 4.6: Abstützung eines Wandelementes, statisches System und Lastfigur

In Anlage A 4 werden die Strebenkräfte für das Halten nachfolgender Wandelemente bei der Demontage eines 11-Geschossers ermittelt:

- AW 1: Giebelaußenwand 3.600 mm × 2.850 mm × 290 mm und
- AW 2: Längsaußenwand 6.000 mm × 2.850 mm × 290 mm.

Die in den Montagestreben entstehenden maximalen Zug- und Druckkräfte beider Lastfälle bei einer Befestigungshöhe der Strebe  $h_1 = 1.600$  mm sind in Tab. 4.3 zusammengestellt.

Element	Länge mm	Lastfall/Gel- tungsbereich	Anzahl Streben	Zug- bzw. Druckkraft	
				$\alpha = 60^\circ$ kN	$\alpha = 45^\circ$ kN
AW 1	3.600	1/ ab 7. OG	1	19,29	13,64
AW 1	3.600		2	9,64	6,82
AW 2	6.000		2	12,74	9,01
AW 1	3.600	1/ bis einschl. 6. OG	1	14,32	10,12
AW 1	3.600		2	7,16	5,06
AW 2	6.000		2	9,69	6,85
AW 1	3.600	2	1	7,02	4,96
AW 1	3.600	2	2	3,51	2,48
AW 2	6.000	2	2	4,19	2,96

Tab. 4.3: Strebenkräfte für die Lastfälle 1 und 2 in Abhängigkeit der Strebenanzahl

Aus Tab. 4.4 wird der Einfluss des Anstellwinkels  $\alpha$  und der Befestigungshöhe  $h_1$  der Strebe auf die Strebenkraft deutlich. Mit größer werdendem Anstellwinkel  $\alpha$  vergrößern sich auch die Strebenkräfte. Mit wachsender Befestigungshöhe  $h_1$  der Strebe verringern sich die Strebenkräfte.

Anstell- Winke $\alpha$	Befestigungshöhe $h_1$ [m]					
	1,45	1,60	1,75	1,90	2,40	2,80
30 °	2,67	2,42	2,21	2,04	1,61	1,38
45 °	3,27	2,96	2,71	2,49	1,97	1,69
60 °	4,62	4,19	3,83	3,53	2,79	2,39
75 °	8,92	8,09	7,39	6,81	5,39	4,62

Tab. 4.4: Strebenkräfte S [kN] für den Lastfall 2 (Demontage) für eine Längsaußenwand AW 2

### 4.2.3 Erforderliche Strebenlänge

Entsprechend Anlage A 4 beträgt bei einem Anstellwinkel  $\alpha = 60^\circ$  und einer Befestigungshöhe der Strebe  $h_1 = 1.600$  mm die erforderliche Strebenlänge  $l_s = 1,85$  m. Bei einem Anstellwinkel der Strebe von  $\alpha = 45^\circ$  und sonst gleichen Bedingungen vergrößert sich die erforderliche Strebenlänge auf 2,26 m.

Tab. 4.5 verdeutlicht den Einfluss des Anstellwinkels und der Befestigungshöhe der Strebe auf die Strebenlänge.

Anstell- Winke $\alpha$	Befestigungshöhe $h_1$ [m]					
	1,45	1,60	1,75	1,90	2,40	2,80
30 °	2,90	3,20	3,50	3,80	4,80	5,60
45 °	2,05	2,26	2,47	2,69	3,39	3,96
60 °	1,67	1,85	2,02	2,19	2,77	3,23
75 °	1,50	1,66	1,81	1,97	2,48	2,90

Tab. 4.5: Strebenlänge  $l_s$  [m] in Abhängigkeit des Anstellwinkels  $\alpha$  und der Befestigungshöhe  $h_1$

### 4.2.4 Auswahl der Streben

Als Streben eignen sich handelsübliche Richtstützen, wie sie auch im Schalungsbau verwendet werden. Maßgebend ist die Abstützung einer 3.600 mm langen Wandplatte für den Lastfall 1, Unterbrechung der Demontage. Bei einer Befestigung der Strebe in einer Höhe von 1.600 mm werden in Abhängigkeit des Anstellwinkels entsprechend Tab. 4.3 und Tab. 4.5 nachfolgende Anforderungen gestellt (Tab. 4.6).

Variante	Anstellwinkel	Strebenlänge	aufzunehmende Zug- bzw. Druckkraft
	$\alpha$	$l_s$	S
	[Grad]	[m]	[kN]
1	60	1,85	19,29
2	45	2,26	13,64

Tab. 4.6: Anforderungen an die Montagestreben

Tab. 4.7 enthält charakteristische Parameter möglicher Streben.

Hersteller	Bezeichnung	zulässige Kraft		Strebenlänge		Masse [kg]
		Druck	Zug	von	bis	
		[kN]		[mm]	[mm]	
PERI	RS I	10	10	1.800	3.000	13
	RSS I	30	30	2.050	2.940	17,3
Ischebeck	TITAN RS, Gr. 2	15	37-18	1.700	2.900	13
	TITAN RS, Gr. 3	15	24-8	2.100	3.600	16
	TITAN RSK, Gr.3	40	40-20,6	1.800	3.200	16
Hünnebeck	Wandstrebe 1		40-26	1.760	2.400	19,5
	Wandstrebe 2		31-17	2.200	2.900	21
	Schrägstütze 360 F		20-8	2.160	3.530	15,6
Doka	Justierstütze 340	22-8	15	2.000	3.400	17,5
Müba	Art.-Nr. 20559	27,82	30	1.800	3.000	

Tab. 4.7: Mögliche Demontagestreben<sup>49,50,51,52,53</sup>

Aus Tab. 4.7 ist ersichtlich, dass ausgehend von den möglichen Verstellbereichen auch unter dem Gesichtspunkt der dann geringeren Strebenkräfte ein Anstellwinkel von  $\alpha = 45^\circ$  (Strebenlänge 2.260 mm) zu bevorzugen ist. Mit Ausnahme der PERI-Stütze RS I sind alle in Tab. 4.7 enthaltenen Streben geeignet. Abb. 4.7 zeigt beispielhaft die geeignete PERI-Richtstütze RSS I mit Kopf- und Fußausbildung.

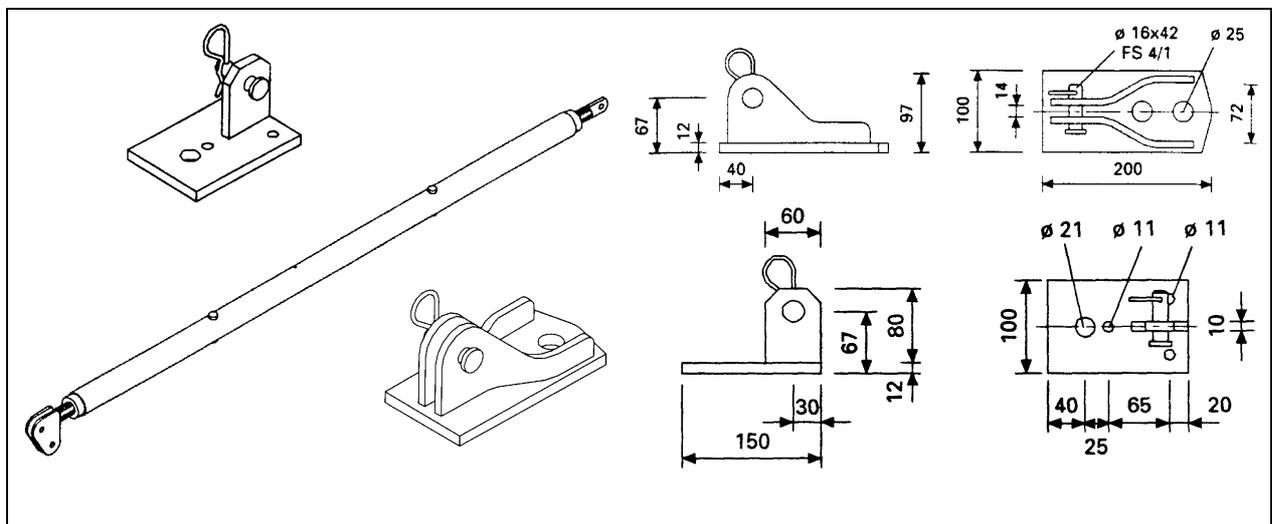


Abb. 4.7: PERI-Richtstütze RSS I mit Kopf- und Fußausbildung

<sup>49</sup> PERI Programmübersicht, Ausgabe 1/2000

<sup>50</sup> Richtstrebe Ischebeck Titan, 1999

<sup>51</sup> Großflächenschalung für Wände und Decken, Thyssen Hünnebeck, Stand Februar 1995

<sup>52</sup> DOKA Bemessungshilfen, Ausgabe 8/2000

<sup>53</sup> MÜBA Baugeräte, Schrägstützen

#### 4.2.5 Verankerung der Streben

Für die Befestigung der Streben am zu halternden Wandelement und auf der Demontageebene (Decke) werden Dübel bzw. Anker in Verbindung mit entsprechenden Anschlussplatten verwendet. Tab. 4.8 enthält charakteristische Parameter der den Verankerungsgrund bildenden Fertigteile. Unter Berücksichtigung der Ist-Druckfestigkeiten kann mit einer durchschnittlichen Druckfestigkeit von 20 N/mm<sup>2</sup> gerechnet werden.

Element	Bauteildicke	Festigkeitsklasse nach		Ist-Druckfestigkeit
		TGL	DIN	
	[mm]	0-1045	1045	[N/mm <sup>2</sup> ]
Außenwände bis 4. OG (Tragschale)	170	B 225	B 15	18,8
Außenwände ab 5. OG (Tragschale)	170	B 225	B 15	21,2
Giebelwände bis 4. OG (Tragschale)	170	B 300	B 25	29,8
Giebelwände ab 5. OG (Tragschale)	170	B 300	B 25	26,1
Innenwände bis 4. OG	150	B 225	B 15	21,8
Innenwände ab 5. OG	150	B160	"B 11"	21,9
Spannbetondecken	140	B 300	B 25	34,3
schlaff bewehrte Decken	140	B 225	B 15	31,1

Tab. 4.8: Charakteristische Elementeparameter und Ist-Druckfestigkeiten

An die Dübel werden folgende Anforderungen gestellt:

- einsetzbar für Druckfestigkeiten  $\geq 20$  N/mm<sup>2</sup> und Bauteildicken  $\geq 140$  mm,
- Tragfähigkeit  $\geq 13,64$  kN (Lastangriff unter 45°),
- lösbare Befestigung, oberflächenbündig einsetzbar,
- geringe Bohrlochtiefe, wiedergewinnbar,
- schnelles einfaches Setzen des Dübels und geringer Preis.

Die Hersteller HILTI<sup>54</sup>, Fischer<sup>55</sup>, Würth<sup>56</sup> und Upat<sup>57</sup> bieten keine Dübel an, die den o.g. Anforderungen ohne Einschränkungen entsprechen.

<sup>54</sup> HILTI Dübeltechnik

<sup>55</sup> Fischer Befestigungssysteme

<sup>56</sup> Würth Dübeltechnik

<sup>57</sup> Upat Gesamtkatalog

Bei der weiteren Bearbeitung erfolgt eine Trennung in Lastfall 2 (Demontage) und Lastfall 1 (Unterbrechung der Demontage).

#### 4.2.5.1 Lastfall 2 (Demontage)

Die maximale Strebenkraft von 4,96 kN tritt bei der Halterung einer 3.600 mm langen Wandplatte mit einer Strebe (Anstellwinkel  $\alpha = 45^\circ$ , siehe Tab. 4.3) auf.

Geeignet für die Verankerung sind Schwerlastanker (Abb. 4.8), wie z.B. Fischer ZYKON-Innengewindeanker FZA, Upat UHA Hülsenanker und Hilti Schwerlastanker HSL TZ.

Unter den Gesichtspunkten Mindesttragfähigkeit, Lösbarkeit, einfaches Setzen des Dübels und geringer Preis werden auch Schlaganker und Einschraubdübel (Abb. 4.8) auf ihre Eignung untersucht.



Abb. 4.8: Anker zur Befestigung von Montagestreben

#### Schwerlastanker

Schwerlastanker sind Dübel mit kraftkontrollierter zwangsweiser Spreizung. Sie bestehen aus einer Sechskantschraube bzw. einem Gewindebolzen mit Unterlegscheibe und Mutter, einem Konus und einer Spreizhülse. Durch das Anziehen der Mutter bzw. Schraube wird der Konus in die Spreizhülse hineingezogen und verkeilt sich im Beton. Günstig ist die relativ geringe Verankerungstiefe.

Bei einer Strebenkraft von 4,96 kN sind bei einem Anstellwinkel der Strebe von  $\alpha = 45^\circ$  Zug- und Querlasten von  $4,96 \text{ kN} \times \sin 45^\circ = 3,51 \text{ kN}$  aufzunehmen.

Die Ankerauswahl erfolgt am Beispiel des Fischer ZYKON-Innengewindeankers FZA 14 × 60 M 8 I, der eine Mindestbauteildicke von 130 mm erfordert.

Ausgangsbedingungen:

- kleinste Bauteildicke: 140 mm
- Betondruckfestigkeit: 20 N/mm<sup>2</sup>, ungerissener Beton.

Die Nachweis erfolgt mit dem Fischer Bemessungsprogramm COMPUFIX 5 (Anlage A 5). Es können Zug- und Querlasten bis 4,8 kN, was einer Strebenkraft von  $4,8 \text{ kN} / \sin 45^\circ = 6,78 \text{ kN}$  entspricht, aufgenommen werden. Der Anker ist damit zur Befestigung der Streben im Decken- und Wandbereich geeignet. Wände mit einer Länge  $\leq 3.600 \text{ mm}$  können mit einer Strebe, die im Wand- und Deckenbereich mit einem Fischer ZYKON-Innengewindeanker FZA 14  $\times$  60 M 6 I verankert wird, gehalten werden.

### **Schlaganker**

Schlaganker sind kompakte Innengewindedübel für die Vorsteckmontage aus galvanisch verzinktem bzw. nicht rostendem Stahl für metrische Gewinde M 6 bis M 16. Sie zeichnen sich durch ein günstiges Verhältnis zwischen Innengewinde und Bohrdurchmesser und eine geringe Bohrlochtiefe aus. Sie ermöglichen einen oberflächenbündigen Einsatz, damit befestigte Anbauteile leicht gelöst werden können.

Der Einbau erfolgt durch Eintreiben des Spreizkonus mit einem Hand-Setzwerkzeug in die konisch ausgeformte Spreizhülse. Dabei wird die geschlitzte Ankerhülse aufgespreizt und fest im Bohrloch verkeilt.

Ausgehend von der erforderlichen Tragfähigkeit von 4,96 kN bei Verankerung der Strebe mit nur einem Anker, sind die in Tab. 4.9 enthaltenen baugleichen Anker verschiedener Hersteller einsetzbar. Es gelten nachfolgende Bedingungen entsprechend allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung (z.B. für den Kompaktdübel HKD-S von HILTI<sup>58</sup>):

- Mindestbetongüte: B 25, Verankerung im ungerissenen Beton,
- Mindestbauteildicke: 200 mm.

---

<sup>58</sup> Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung für Kompaktdübel HKD-S/HKD-SR (Zulassungsnr. Z-21.1-1505)

Hersteller	Bezeichnung	Typ	zulässige Last	Setztiefe	Gewinde- Ø
			[kN]	[mm]	[mm]
Upat	USA Schlaganker	USA M 12 gvz	5,7	50	12
Würth	Einschlagdübel W-ED	W-ED M 12 verzinkt			
Fischer	Einschlaganker EA	EA M 12 galv. verz.			
Hilti	HKD-S Kompaktdübel	HKD-S M 12 gal. verz.			

Tab. 4.9: Einsetzbare Schlaganker

Die zulässige Last gilt für Zug, Quer- und Schrägzug unter jedem Winkel. Die einzuhaltenden Randabstände der Anker haben bei dem vorgesehenen Verwendungszweck keine wesentliche Bedeutung. Die Mindestbauteildicke wird bei Decken mit 140 mm und bei Innenwänden mit 150 mm am weitesten unterschritten. Es wird mit einer Betondruckfestigkeit von 20 kN/mm<sup>2</sup> gerechnet.

Die Tragfähigkeit der Anker bei Nichteinhaltung der geforderten Mindestbetondruckfestigkeit und der Verankerungstiefe wurde experimentell ermittelt (Anlage A 6).

Für den Einschlagdübel W-ED M 12 von Würth, der entsprechend Zulassung<sup>59</sup> eine zulässige Last von 5,7 kN (Zug-, Quer- und Schrägzug unter jedem Winkel) aufnehmen kann, wurde bei Innenwänden bei einer 4-fachen Sicherheit eine aufnehmbare Kraft von 6,87 kN nachgewiesen.

Der Anker ist damit zur Befestigung der Streben im Decken- und Wandbereich geeignet. Wände mit einer Länge  $\leq 3.600$  mm können mit einer Strebe, die im Wand- und Deckenbereich mit einem Anker befestigt ist, gehalten werden.

### Schraubanker

Schraubanker eignen sich für eine Schwerlastbefestigung in der Zug- und Druckzone bei gerissem und ungerissem Beton. Das Wirkprinzip beruht auf Formschluss. Durch die nicht vorhandene Spreizwirkung sind kleine Rand- und Achsabstände möglich. Weitere Vorteile sind kleine Bohrlochdurchmesser und geringe Bohrlochtiefen. Zum Einbau werden keine speziellen Setzwerkzeuge benötigt.

Der Einbau erfolgt durch Einschrauben des Schraubankers in ein mit einem Hartmetallbohrer hergestelltes Bohrloch.

<sup>59</sup> Der Würth, Ausgabe 2000

Ausgehend von der erforderlichen Tragfähigkeit von 4,96 kN bei Verankerung der Strebe mit nur einem Anker, wird der Einsatz eines Würth Schraubankers W-SA 12 untersucht, für den nachfolgende Bedingungen gelten <sup>60</sup>:

- Mindestbetongüte B 25,
- Mindestbauteildicke 110 mm,
- zulässiger Zug-, Quer- und Schrägzug unter jedem Winkel 4,25 kN.

Die Tragfähigkeit der Schraubanker bei Nichteinhaltung der geforderten Mindestbetondruckfestigkeit wurde experimentell ermittelt (Anlage A 6). An Innenwänden wurde bei einer 4-fachen Sicherheit eine aufnehmbare Kraft von 8,37 kN nachgewiesen.

Der Anker ist damit zur Befestigung der Streben im Decken- und Wandbereich geeignet. Wände mit einer Länge  $\leq 3.600$  mm können mit einer Strebe, die im Wand- und Deckenbereich mit einem Würth Schraubanker W-SA 12 befestigt ist, gehalten werden.

#### 4.2.5.2 Lastfall 1 (Unterbrechung der Demontage)

Die maximale Strebenkraft von 13,64 kN tritt bei der Halterung einer 3.600 mm langen Wandplatte mit einer Strebe (Anstellwinkel  $\alpha = 45^\circ$ ) auf (Tab. 4.3).

Dübel bzw. Anker, die eine solche Kraft unter den gegebenen Bedingungen aufnehmen können, stehen nicht zur Verfügung.

Für den Lastfall 1 wird deshalb auf die Halterung einer 3.600 mm langen Wand mit zwei Streben und einer 6.000 mm langen Wand mit drei Streben orientiert. Die dann entstehenden Strebenkräfte sind in Tab. 4.10 enthalten und können bei einem Anstellwinkel der Strebe von  $45^\circ$  von den unter Ziffer 4.2.5.1 nachgewiesenen Ankern aufgenommen werden.

Typ	Strebenanzahl n	W	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	S <sub>H</sub>	Strebenkraft S	
						$\alpha = 60^\circ$	$\alpha = 45^\circ$
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
AW 1	2	14,41	0,42	1,44	4,82	9,64	6,82
AW 2	3	19,31	0,64	1,44	4,25	8,49	6,01

Tab. 4.10: Strebenkräfte für den Lastfall 2 in Abhängigkeit der Strebenanzahl

<sup>60</sup> Der Würth, Ausgabe 2000

### 4.2.6 Fazit

Als Demontagehalterung eignen sich Richtstützen, wie sie im Schalungsbau verwendet werden. Für die laufende Demontage ist es erforderlich,

- $\leq 3.600$  mm lange Wandplatten mit einer Strebe und
- $> 3.600$  mm lange Wandplatten mit zwei Streben

zu halten. Bei aufnehmbaren Zug- bzw. Druckkräften von mindestens 6,82 kN muss der Verstellbereich der Strebe eine Länge von 2.260 mm ermöglichen. Die Strebe wird bei einem Anstellwinkel  $45^\circ$  in einer Höhe von ca. 1.600 mm angebracht.

Die Befestigung der Streben an der Wand- bzw. Deckenplatte kann mit

- Fischer ZYKON-Innengewindeankern FZA 14  $\times$  60 M 6 I
- Würth Schraubankern W-SA 12
- Würth Einschlagdübeln W-ED M 12

oder baugleichen Ankern bzw. Dübeln anderer Hersteller erfolgen.

Bei Unterbrechung der Demontage bei Windgeschwindigkeiten  $> 15$  m/s ist die Anordnung jeweils einer zusätzlichen Strebe erforderlich, so dass dann

- $\leq 3.600$  mm lange Wandplatten mit zwei Streben und
- $> 3.600$  mm lange Wandplatten mit drei Streben

gehalten werden müssen.

## 4.3 Trennverfahren

### 4.3.1 Charakterisierung der Trennstellen

Um geeignete Trennverfahren für die Demontage vorschlagen zu können, müssen die Trennstellen zwischen den einzelnen Elementen bekannt sein. In Abb. 4.9 und Abb. 4.10 werden ausgewählte in einem P 2-Gebäude vorkommende Stoßfugen im Wand- und Deckenbereich einschl. der vor der Demontage zu trennenden Schweißverbindungen charakterisiert. Die Abbildungen enthalten neben der grafischen Darstellung Angaben zur jeweiligen Fugentiefe und –länge, zum Fugenbeton sowie zum Verbindungsstahl.

Im Zusammenhang mit der Demontage ist es erforderlich:

- die in Beton (B 50 bis B 300 nach TGL 0-1045), eingebetteten Tragösen und Schweißverbindungen der Fertigteile freizulegen,
- die Horizontal- und Vertikalfugen zwischen den Fertigteilen aufzustemmen (Fugentiefen zwischen 40 mm und 175 mm),
- die Schweißverbindungen zwischen den Fertigteilen zu trennen (Rundstähle  $\varnothing$  10 - 14),
- Wand- und Deckenelemente zu trennen<sup>61</sup> (Schnitttiefe 140 mm bis 290 mm).

### 4.3.2 Verfahren und Geräte für demontagespezifische Trennstellen

Tab. 4.11 zeigt eine Übersicht der bei Demontagen prinzipiell möglichen Trennverfahren<sup>62</sup> und –geräte. Von den charakterisierten Trennverfahren und –geräten eignen sich besonders für demontagetypische Trennstellen:

- Elektro- und Druckluft-Abbruchhammer:  
Freilegen der Tragösen und Verbindungsstähle,  
Aufstemmen der Horizontal- und Vertikalfugen,
- Lichtbogen-Schmelzschneidvorrichtung:  
Trennen der Schweißverbindungen,
- Wandsäge, Fugenschneider, Kettensäge:  
Trennen von Wand- und Deckenelementen (Abb. 4.12).

---

<sup>61</sup> Da bei der Typenbauserie P 2 die Decken auf den tragenden Innenwänden aufliegen (Querwandbauweise), ist es in Verbindung mit der partiellen Demontage erforderlich, an bestimmten Stellen die Decken nahe des Auflagers zu trennen und den verbleibenden Teil zu sichern (siehe auch Abb. 4.12, Seite 60).

<sup>62</sup> Klassifizierung der Trennverfahren in Anlehnung an DIN 8580: Fertigungsverfahren; Einteilung, 06/1974

<b>Decke – Decke / Stoßfuge quer zur Spannrichtung</b>	
	<p>Fugentiefe: 140 mm</p> <p>Fugenlänge: 1.800 mm</p> <p>Fugenfläche: 2.520 cm<sup>2</sup></p> <p>Fugenbetongüte: B 160</p> <p>Verbindungsstahl: Rundstahl Ø 10 - 12</p> <p>Bemerkungen: Verbindungsstahl quer zur Fuge, ein Rundstahl pro Schweißverbindung, zwei Schweißverbindungen pro Fugenlänge</p>
<b>Decke – Decke / Stoßfuge längs zur Spannrichtung</b>	
	<p>Fugentiefe: 140 mm</p> <p>Fugenlänge: 3.600 mm bis 6.000 mm</p> <p>Fugenfläche: 5.040 cm<sup>2</sup> bis 8.400 cm<sup>2</sup></p> <p>Fugenbetongüte: B 160</p> <p>Verbindungsstahl: Rundstahl Ø 10 - 12</p> <p>Bemerkungen: Verbindungsstahl quer zur Fuge, ein Rundstahl pro Schweißverbindung, zwei bis vier Schweißverbindungen pro Fugenlänge</p>
<b>Decke – Giebelaußenwand - Loggiadecke</b>	
	<p>Fugentiefe: 140 mm</p> <p>Fugenlänge: 3.600 mm</p> <p>Fugenfläche: 5.040 cm<sup>2</sup></p> <p>Fugenbetongüte: B 160</p> <p>Verbindungsstahl: Rundstahl Ø 10 – 12 und Flachstahl</p> <p>Bemerkungen: Verbindungsstahl quer zur Fuge, ein Rundstahl und ein Flachstahl pro Schweißverbindung, Flachstahl befindet sich in der Stoßfuge, zwei Schweißverbindungen pro Fugenlänge</p>
<b>Decke – Außenlängswand - Loggiadecke</b>	
	<p>Fugentiefe: 140 mm</p> <p>Fugenlänge: 3.600 mm bis 6.000 mm</p> <p>Fugenfläche: 5.040 cm<sup>2</sup> bis 8.400 cm<sup>2</sup></p> <p>Fugenbetongüte: B 160</p> <p>Verbindungsstahl: Rundstahl Ø 10 – 12 und Flachstahl</p> <p>Bemerkungen: Verbindungsstahl quer zur Fuge, ein Rundstahl und ein Flachstahl pro Schweißverbindung, Flachstahl befindet sich in der Stoßfuge, zwei bis vier Schweißverbindungen pro Fugenlänge</p>

Abb. 4.9: Ausgewählte Trennstellen im Deckenbereich

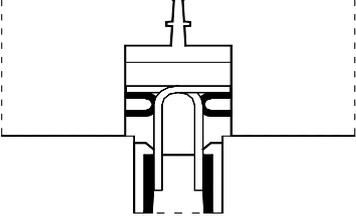
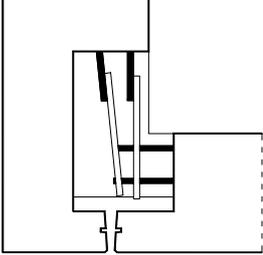
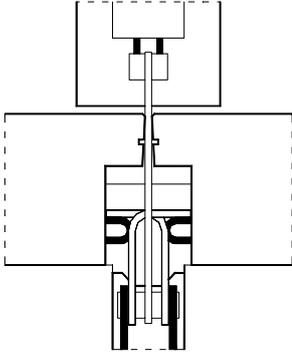
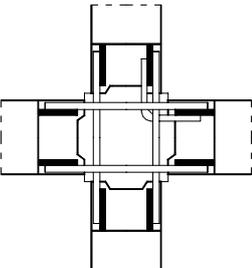
<b>Außenlängswand – Außenlängswand - Innenwand</b>			
		AW – AW      IW - AW	
	Fugentiefe:	175 mm	150 mm
	Fugenlänge:	2.800 mm	2.800 mm
	Fugenfläche:	4.900 cm <sup>2</sup>	4.200 cm <sup>2</sup>
	Fugenbetongüte:	B 50 – B 300	
	Verbindungsstahl:	Rundstahl Ø 12 – 14	
	Bemerkungen:	Schweißverbindung nur am oberen Plattenende, zwei Rundstähle pro Schweißverbindung, AW- Fuge enthält außerdem: Polystyrol, Neoprenfugenband, PVC - Streifen	
<b>Außenlängswand - Giebelaußenwand</b>			
	Fugentiefe:	175 mm	
	Fugenlänge:	2.800 mm	
	Fugenfläche:	4.900 cm <sup>2</sup>	
	Fugenbetongüte:	B 50 – B 300	
	Verbindungsstahl:	Rundstahl Ø 12 – 14	
	Bemerkungen:	Schweißverbindung nur am oberen Plattenende, zwei Rundstähle pro Schweißverbindung, Fuge enthält außerdem: Polystyrol, Neoprenfugenband, PVC - Streifen	
<b>Außenlängswand – Außenlängswand - Loggiamittelwand</b>			
		AW – AW      IW - AW	
	Fugentiefe:	175 mm	150 mm
	Fugenlänge:	2.800 mm	2.800 mm
	Fugenfläche:	4.900 cm <sup>2</sup>	4.200 cm <sup>2</sup>
	Fugenbetongüte:	B 50 – B 300	
	Verbindungsstahl:	Rundstahl Ø 12 – 14	
	Bemerkungen:	Schweißverbindung nur am oberen Plattenende, drei Rundstähle pro Schweißverbindung, AW-Fuge enthält außerdem: Polystyrol, Neoprenfugenband, PVC - Streifen	
<b>Innenwandkreuz tragend</b>			
	Fugentiefe:	150 mm	
	Fugenlänge:	2.800 mm	
	Fugenfläche:	4.200 cm <sup>2</sup>	
	Fugenbetongüte:	MG III	
	Verbindungsstahl:	Rundstahl Ø 12 - 14	
	Bemerkungen:	Schweißverbindung am oberen Plattenende und in Plattenmitte, fünf Rundstähle pro oberer Schweißverbindung	

Abb. 4.10: Ausgewählte Trennstellen im Wandbereich

Verfahren	Gerät	Einsatzbereiche	Vorteile	Nachteile
Spanen mit einschneidigem geometrischen Werkzeug	Elektro- Abbruchhammer	<ul style="list-style-type: none"> <li>Freilegen der Schweißverbindungen</li> <li>Freilegen der Tragösen</li> <li>Trennen der horizontalen und vertikalen Wandfugen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>sehr geringer technischer Aufwand</li> <li>geringer Materialverbrauch</li> <li>universell einsetzbar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>sehr hoher manueller Arbeitsaufwand</li> <li>hohe Lärmentwicklung</li> <li>Stromanschluss erforderlich</li> </ul>
	Pressluft- Abbruchhammer			
Brennschneiden	Schneidbrenner	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trennen der Verbindungsstähle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>geringer technischer Aufwand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>hoher Energieverbrauch</li> <li>hoher Arbeitsaufwand</li> <li>starker Funkenflug</li> </ul>
	Lichtbogen- schmelz-Schneid- vorrichtung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trennen nicht wieder- verwendbarer Elemente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>niedrige Staubentwicklung</li> <li>mäßiger manueller Arbeitsaufwand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>hoher technischer Aufwand</li> <li>starker Funkenflug</li> <li>hohe Rauchentwicklung</li> <li>hoher Energieverbrauch</li> </ul>
Spanen mit geometrisch unbestimmten Schneiden	Winkelschleifer	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trennen der Verbindungsstähle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>sehr geringer technischer Aufwand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>hoher manueller Arbeitsaufwand</li> <li>starker Funkenflug</li> <li>hohe Lärmentwicklung</li> <li>Stromanschluss erforderlich</li> </ul>

Tab. 4.11: Übersicht Trennverfahren und -geräte

Verfahren	Gerät	Einsatzbereiche	Vorteile	Nachteile
Trennen durch Gewalt	Hubgerät	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lösen des Lagerfugenverbundes der Deckenelemente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>geringer manueller Arbeitsaufwand</li> <li>kein Materialverbrauch</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>hoher technischer Aufwand</li> </ul>
	Fugenschneider	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trennen der Deckenfugen einschl. Trennen der Verbindungsstähle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>geringer technischer Aufwand</li> <li>von Stromversorgung unabhängig</li> <li>mäßiger manueller Arbeitsaufwand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>hoher Wasserverbrauch</li> <li>sehr hohe Lärmentwicklung</li> </ul>
Spannen mit geometrisch bestimmten Schneiden	Wandsäge	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trennen der Wand- und Deckenelemente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>geringer manueller Arbeitsaufwand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>hoher technischer Aufwand</li> <li>von Stromversorgung bzw. Hydraulikaggregat abhängig</li> <li>sehr hohe Lärm- und Staubentwicklung</li> <li>hoher Wasserverbrauch</li> </ul>
	Seilsäge	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trennen der Wand- und Deckenelemente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>geringer manueller Arbeitsaufwand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>hoher technischer Aufwand</li> <li>von Stromversorgung bzw. Hydraulikaggregat abhängig</li> <li>hohe Lärm- und Staubentwicklung</li> <li>hoher Wasserverbrauch</li> </ul>
	Kettensäge	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trennen der Wand- und Deckenelemente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>geringer technischer Aufwand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>erhöhte Unfallgefahr</li> </ul>
Abtragen durch Strahlen hoher Energie	Hochdruckwasserstrahlgerät	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trennen der Wand- und Deckenfugen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>mäßiger manueller Arbeitsaufwand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>starke Durchnässung</li> <li>hoher Wasserverbrauch</li> <li>hoher technischer Aufwand</li> </ul>

Fortsetzung Tab. 4.11: Übersicht Trennverfahren und –geräte

Die restlichen Trenngeräte sind weniger geeignet, da sie entweder zu geräte- und materialintensiv sind, einen für Baustellenverhältnisse zu hohen technischen Aufwand erfordern oder die Trennstellen damit nur schwer bzw. überhaupt nicht erreichbar sind bzw. alternative besser geeignete Geräte zur Verfügung stehen.

Die Abb. 4.11 und Abb. 4.12 zeigen den Einsatz von Trenngeräten bei der Demontage von Plattenbauten.



Freilegen einer Deckentragöse mit Druckluft-Abbruchhammer



Aufstemmen einer Fuge zwischen zwei Deckenplatten mit Elektro-Abbruchhammer



Trennen einer Schweißverbindung (Lichtbogen-Schmelzscheiden)



Kürzen eines demontierten Deckenelementes mit handgeführtem Fugenschneider

Abb. 4.11: Einsatz von Trenngeräten bei der Demontage von Plattenbauten

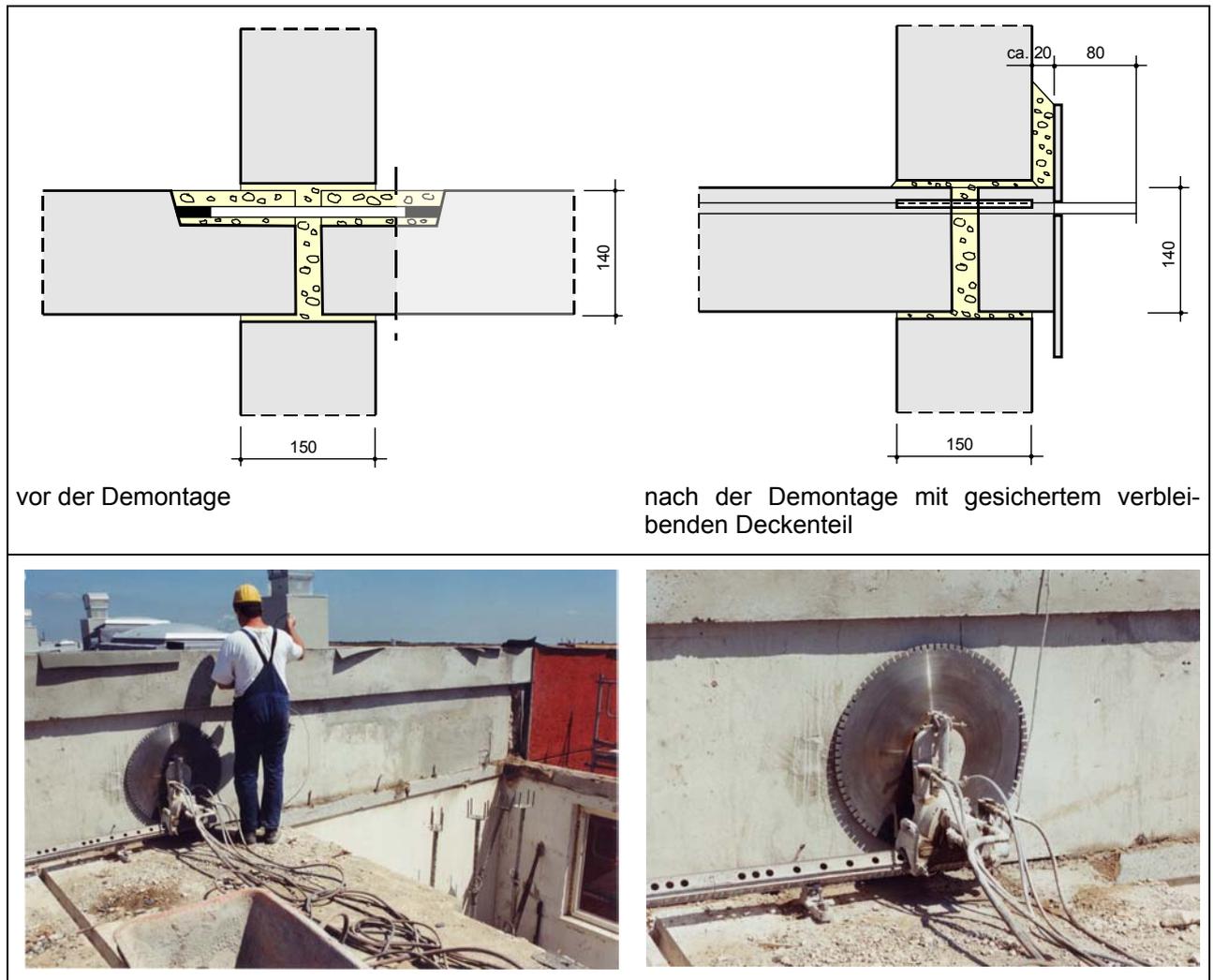


Abb. 4.12: Trennen von Deckenelementen bei partieller Demontage am Musterprojekt

### 4.3.3 Fazit

Das Lösen der Schweißverbindungen und Trennen der Fugen der Typenbauserie P 2 ist mit den im Hochbau üblichen Trennverfahren bzw. -geräten (Abbruchhammer, Lichtbogen-Schmelzschneidvorrichtung, Wandsäge und Fugenschneider) möglich. Diese Aussage gilt auch für andere Typenbauserien des Plattenbaus der neuen Bundesländer (z.B. WBS 70), da sich die Fugen und Schweißverbindungen nicht wesentlich unterscheiden.

## 5 Hebezeugeinsatz, Transport und Zwischenlagerung

### 5.1 Hebezeugeinsatz

Im Folgenden wird der Hebezeugeinsatz für die Demontage eines typischen P 2 – 11-Geschossers und eines P 2 – 5 - Geschossers untersucht. Ebenfalls erfolgen Aussagen zum Hebezeugeinsatz bei Remontagen.<sup>63</sup>

Unter Beachtung der konkreten Standortbedingungen sind folgende Problemkreise von Interesse:

- die einzusetzende Kranart,
- die Anordnung des Kranes,
- die erforderliche Krananzahl sowie
- die Ermittlung der Krangröße.

#### 5.1.1 Kranart, Krananordnung und Krananzahl

Prinzipiell sind je nach konkreter Standortsituation für die Demontage von mehr- und vielgeschossigen Wohngebäuden Turmdrehkrane, Aufbauvariante stationär oder fahrbar, sowie Fahrzeugkrane geeignet. Aus der im Verhältnis zur Gebäudelänge relativ geringen Gebäudebreite ergibt sich eine seitliche Anordnung des Kranes als günstigste Möglichkeit.

In der Regel werden bei Demontagen mehr- und vielgeschossiger Plattenbauten schienenfahrbare TDK eingesetzt.

Ergibt sich aus Gründen des Standortes bzw. der Verfügbarkeit die zwingende Anordnung von stationären Kranen, so kann auf Grund der vorhandenen Arbeitsbereiche der Hebezeuge ein Mehrkraneinsatz erforderlich werden.

Bei entsprechend geringerer Demontagedauer, beispielsweise bei partiellen Demontagen, ist der Einsatz von Fahrzeugkranen mit Hochbauausrüstung bzw. langem wippbaren Spitzenausleger zu überprüfen.

---

<sup>63</sup> Eine genaue Hebezeugermittlung für die De- und Remontage des Musterprojekts wurde im Forschungsbericht „Rückbau von Plattenbauten und Wiederverwendung der Fertigteile im Wohnungsbau“ durchgeführt.

## 5.1.2 Hebezeugnachweis

### 5.1.2.1 Ausgangswerte

Grundlage der Betrachtung sind typische P 2 – Gebäude (5- bzw. 11-geschossig), die wie folgt charakterisiert werden (siehe auch Ziffer 2):

- Gebäudebreite (einschl. Loggia): 12,76 m
- Geschosshöhe Normalgeschoss: 2,80 m
- Geschosshöhe Kellergeschoss: 2,40 m
- Höhe Drempegelgeschoss: 1,30 m
- Oberfläche Fundament: - 1,20 m
- Oberfläche Gelände:  $\pm$  0,00 m
- Schwerstes Element (Außenwand)  $m_E$ : 6,40 t
- Masse des Lastaufnahmemittels  $m_{LAM}$ : 180,00 kg <sup>64</sup>
  
- Demontagespezifischer Massezuschlag  $f$

Bei Montagen ist es üblich, bei der Bestimmung der Montagemasse Massezuschläge zu berücksichtigen, obwohl es dafür keine Regelungen in Sicherheitsbestimmungen oder anderen Vorschriften gibt. Bei Stahlbeton z.B. wird ein Massezuschlag 10 % angesetzt. Damit werden Abweichungen von der Rohdichte des Betons, positive Maßabweichungen, Aufnahme von Feuchtigkeit u.a. berücksichtigt.

UNRUH und KOITSCH<sup>65</sup> schlagen vor, bei der Demontage von Skelettkonstruktionen mit demontagespezifischen Massezuschlägen zwischen 10 % (Stützen, Binder) und 40 % (Fertigteilscheiben) zu arbeiten und berücksichtigen dadurch anhaftenden Fugenmörtel, am Element verbleibende Schichten des Grobausbaus sowie Reste abgetrennter Bauteile.

Bei der Demontage des Musterprojektes „Theodor-Storm-Straße 9 in Cottbus“ wurde im Rahmen des Forschungsprojektes<sup>66</sup> die Demontagemasse für ausgewählte Fertigteile über die Kran-

<sup>64</sup> Das für die Demontage der Hauptelemente einzusetzende LAM wird bestimmt durch eine 6.000 mm lange Deckenplatte. Für das erforderliche Vier-Stranggehänge (Stranglänge 10.000 mm) wird eine Masse von 180 kg angesetzt.

<sup>65</sup> UNRUH/KOITSCH, Demontage von Stahlbetonkonstruktionen in Fertigteilbauweise

<sup>66</sup> Forschungsbericht „Rückbau von Plattenbauten und Wiederverwendung der Fertigteile im Wohnungsbau“

waage ermittelt. Die Ergebnisse einschließlich der festgestellten Abweichung zwischen Ist- und Soll-Rohdichte<sup>67</sup> sind in Tab. 5.1 enthalten.

Element	Demontagemasse ohne LAM – Masse nach Elementezeichnung			Ist-Rohdichte-Soll-Rohdichte
	Spannweite		Mittelwert	
	von	bis		
Decken	+ 8 %	- 19 %	- 9 %	- 6 %
Innenwände	+ 6 %	- 4 %	- 2 %	- 5 %
Außenwände	- 3 %	- 15 %	- 9 %	- 10 %

Tab. 5.1: Prozentuale Abweichung der Demontagemasse ohne LAM von der Elementemasse nach Zeichnung sowie der Ist- von der Soll-Rohdichte

Nach Tab. 5.1 sind die demontierten Fertigteile im Durchschnitt 2 bis 9 % leichter als es die projektierte Elementemasse ausweist. Ursache hierfür sind der Unterschied zwischen der Soll-Rohdichte (entsprechend Elementezeichnung) und der Ist-Rohdichte (durch Bohrkerne festgestellt) und Ungenauigkeiten der Kranwaage. Inwieweit die in der Elementezeichnung enthaltenen Baustoffparameter bei der Fertigung eingehalten wurden, lässt sich im Nachhinein nicht mehr feststellen.

Es wird vorgeschlagen, bei der Demontage von Plattenbauten bei Stahl- und Spannbetonfertigteilen (Normalbeton) die Abweichung der Elementemasse von der projektierten Masse mit einem demontagespezifischen Massezuschlag von **10 %** zu berücksichtigen.

### 5.1.2.2 Erforderliche Hebezeugparameter

Vereinfachend wird davon ausgegangen, dass für die erforderlichen Hebezeugparameter die schwerste Außenwand ( $m_E = 6,4 \text{ t}$ , siehe Tab. 2.2) als kritisches Element maßgebend ist, egal ob das Hebezeug auf der Hauseingangsseite oder auf der Loggiaseite steht.

#### Demontagemasse $m_D$ :

$$m_D = (1 + f) \times m_E + m_{LAM}$$

$$m_D = (1 + 10 \%) \times 6,4 \text{ t} + 0,18 \text{ t} = \mathbf{7,22 \text{ t}}$$

$f$  demontagespezifischer Massezuschlag

$m_E$  Elementemasse

$m_{LAM}$  Masse des Lastaufnahmemittels  
(10 m Stranggehänge  $m_{LAM} = 0,18 \text{ t}$ )

<sup>67</sup> Ist- und Soll-Rohdichte nach Bredow V.: Tragverhalten ausgewählter Fertigteile der Wohnungsbauserie P 2

### Erforderliche Ausladung

Die erforderliche Ausladung setzt sich bei Anordnung eines schienenfahrbaren Turmdrehkranes an einer Längsseite des Gebäudes aus dem Abstand A des Kranes vom Gebäude und aus dem Abstand B zwischen kranzugewandter Gebäudekante und dem Einbau- bzw. Absetzpunkt des Fertigteiles zusammen.

$$a_{\text{erf}} = A + B$$

Der Abstand des Kranes vom Gebäude ergibt sich bei geschlossener Baugrube, wie sie bei Demontagen i.d.R. anzutreffen ist, zu

$$A = r_{\text{KOW}} + s$$

$r_{\text{KOW}}$  Radius Kranoberwagen  
 $s$  Sicherheitsabstand 0,5 m

Der Abstand des TDK vom Gebäude wird mit 5,0 m angenommen.

Unabhängig von der Anordnung des Hebezeuges auf der Hauseingansseite bzw. der Loggiaseite ergibt sich für die Außenwand der Abstand B aus der Gebäudebreite von 12,76 m.

Die erforderliche Ausladung beträgt demzufolge  $a_{\text{erf}} = 5,0 \text{ m} + 12,76 \text{ m} = \mathbf{17,76 \text{ m}}$ .

Aus der Demontagemasse und der erforderlichen Ausladung folgt ein erforderliches Lastmoment  $M_{\text{erf}} = 7,22 \text{ t} \times 17,76 \text{ m} = 128,23 \text{ tm} \approx \mathbf{130 \text{ tm}}$ .

### Erforderliche Hakenhöhe ( $h_{\text{erf}}$ )

$$h_{\text{erf}} = h_{\text{K}} + h_{\text{s}} + h_{\text{E}} + h_{\text{LAM}}$$

$h_{\text{K}}$  Höhe der Konstruktion  
 $h_{\text{s}}$  Sicherheitsabstand nach BGV D 6 <sup>68</sup>  
 $h_{\text{E}}$  Elementehöhe  
 $h_{\text{LAM}}$  Höhe des LAM <sup>69</sup>

$$h_{\text{K},11} = 11 \times 2,80 \text{ m} + 1,30 \text{ m} + 2,40 \text{ m} - 1,20 \text{ m} = 33,30 \text{ m}$$

$$h_{\text{K},5} = 5 \times 2,80 \text{ m} + 1,30 \text{ m} + 2,40 \text{ m} - 1,20 \text{ m} = 16,50 \text{ m}$$

---

<sup>68</sup> Berufsgenossenschaftliche Vorschrift Krane, BGV D 6 (früher: VBG 9)

<sup>69</sup> Einsatz eines 2- bzw. 4-Strangehänges, Stranglänge 10 m bei Einhaltung eines Spreizwinkels von 40° wegen der Wiederverwendung von Tragösen für Geradzug

Damit betragen die erforderlichen Hakenhöhen für

11-Geschosser:  $h_{\text{erf}} = 33,30 \text{ m} + 0,50 \text{ m} + 2,85 \text{ m} + 8,00 \text{ m} = 44,65 \text{ m} \approx \mathbf{45 \text{ m}}$ ,

5-Geschosser:  $h_{\text{erf}} = 16,50 \text{ m} + 0,50 \text{ m} + 2,85 \text{ m} + 8,00 \text{ m} = 27,85 \text{ m} \approx \mathbf{28 \text{ m}}$ .

### 5.1.2.3 Kranauswahl und Krannachweis

Entsprechend Ziffer 5.1.2.2 werden nachfolgende Anforderungen an den TDK gestellt:

- Erforderliche Tragkraft:  $\geq 7,22 \text{ t}$ ,
- Erforderliche Ausladung:  $\geq 17,76 \text{ m}$ ,
- Erforderliche Hakenhöhe:  $\geq 28 \text{ m}$  bzw.  $45 \text{ m}$ ,
- Erforderliches Lastmoment:  $\geq 130 \text{ tm}$ .

Ein geeignetes Hebezeug ist z.B. der Liebherr TDK 112 EC-H 8, Turm 120 HC, 40 m Ausleger, fahrbar.

Im Forschungsbericht<sup>70</sup> wurde auch der Einsatz von Fahrzeugkranen für die Demontage untersucht. Technisch ist der Einsatz eines FZK LTM 1140 mit Gitterspitze für die Demontage eines 11-geschossigen Gebäudes möglich, verursacht jedoch ab einer Standzeit von mehr als 10 Tagen erhebliche Mehrkosten gegenüber dem Einsatz eines Turmdrehkranes. Deshalb ist der Einsatz von Fahrzeugkranen nur bei partiellen Demontagen aus wirtschaftlichen Gründen eine Alternative.

Der Kraneinsatz bei Remontagen ist sehr stark gebäudeabhängig, sodass prinzipielle Aussagen ohne Kenntnis des zu remontierenden Gebäudes nicht möglich sind. Bei niedriggeschossigen Gebäuden ist der Fahrzeugkraneinsatz aufgrund der kurzen Bauzeiten zu empfehlen.

---

<sup>70</sup> Forschungsbericht Rückbau von Plattenbauten und Wiederverwendung der demontierten Fertigteile im Wohnungsbau

### 5.1.2.4 Hebezeugeinsatz beim Musterprojekt

Beim Musterprojekt wurde der Hebezeugeinsatz durch das zu demontierende Gebäude (Haus Nr. 9), die zur Verfügung stehenden Flächen für die Zwischenlagerung der Fertigteile sowie durch die Anordnung der zu remontierenden Gebäude (Häuser Nr. 9 C – 9 E, Abb. 5.1) bestimmt.

Es wurde ein TDK 140 EC-H, Turm 170 HC, 40 m Ausleger mit einer maximalen Tragkraft von 6 t eingesetzt. Dieser Turmdrehkran erfüllte die Anforderungen der Zwischenlagerung der zur Wiederverwendung vorgesehenen Fertigteile sowie der Remontage, nicht aber die der Demontage. Da die schwerste zu demontierende Außenwand eine Demontagemasse  $> 6$  t aufwies, war es erforderlich, diese Außenwandelemente mittels Wandsäge zu trennen.

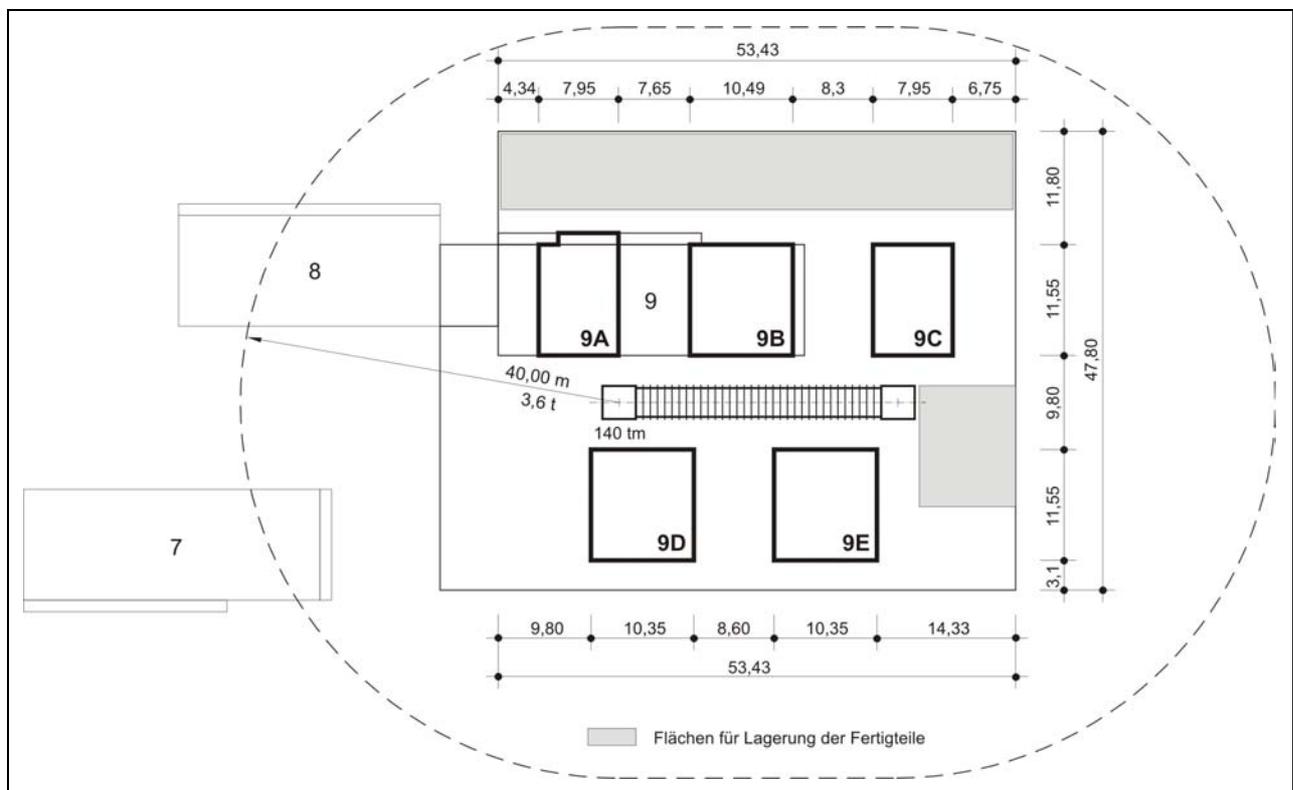


Abb. 5.1: Anordnung des fahrbaren TDK 140 EC-H am Musterprojekt

## **5.2 Transport**

### **5.2.1 Transporttechnik**

An den Transport demontierter Fertigteile werden gegenüber dem Transport von neuen Fertigteilen keine besonderen Anforderungen gestellt. Zum Einsatz können kommen:

- Sattelzugmaschinen mit Sattel- bzw. Satteltiefladeanhänger und
- Zugmaschinen mit Plattform- bzw. Tiefladeanhänger.

Deckenelemente werden in Einbaulage mit Zwischenlagen übereinander gestapelt transportiert. Die Wandelemente werden stehend ebenfalls in Einbaulage transportiert. Dazu werden auf den Anhängern A-Böcke fest installiert. Für den Transport von Wandelementen von einem eventuellen Zwischenlager zur Remontagebaustelle eignen sich auch Innenlader.

Nicht zur Demontage vorgesehene Wandelemente können auch liegend übereinander gestapelt transportiert werden.

Die sonstigen Elemente (Sanitärraumzellen, Treppenelemente u.a.) werden auf Anhängern transportiert.

Werden Fertigteile, die nicht für eine Remontage vorgesehen sind, vor Ort zerkleinert, so erfolgt der Abtransport zur Brecheranlage mit Muldenkippern bzw. Sattelzügen.

### **5.2.2 Transportorganisation**

Die Transportorganisation hängt wesentlich davon ab, ob die demontierten Fertigteile vor Ort bzw. in einer bestimmten Entfernung wiederverwendet oder direkt bzw. nach einer Zerkleinerung auf der Demontagebaustelle zu einer Brecheranlage transportiert werden. In Abb. 5.2 sind die erforderlichen Transportprozesse sowie die Großgeräte in Abhängigkeit der Wiederverwendung bzw. Wiederverwertung der Fertigteile zusammengestellt.

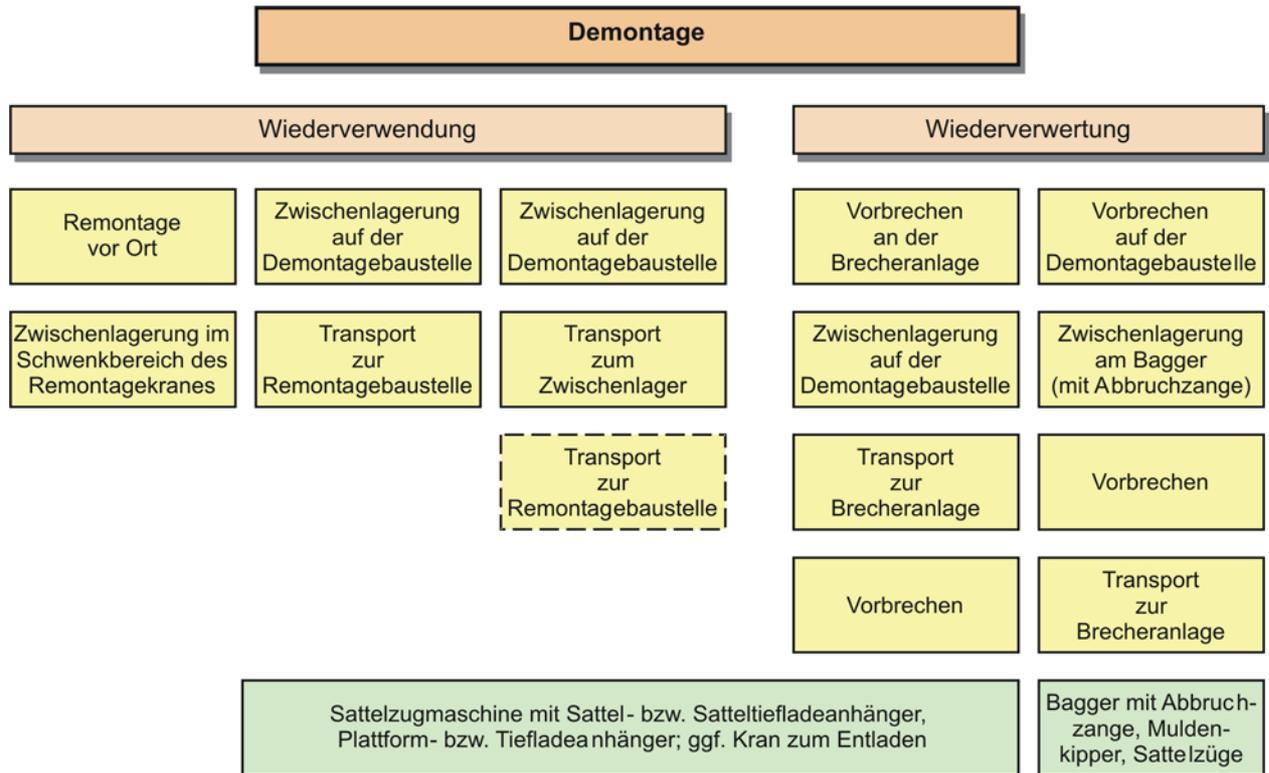


Abb. 5.2: Erforderliche Transportprozesse und Großgeräte in Abhängigkeit der Wiederverwendung bzw. Wiederverwertung der Fertigteile

Den günstigsten Fall stellt eine Remontage unmittelbar im Bereich des demontierten Gebäudes dar, so wie es beim Musterprojekt der Fall ist. Die zur Remontage vorgesehenen Fertigteile werden im Schwenkbereich des Demontage-/Remontage-Kranes zwischengelagert.

Ist eine Remontage an einem anderen Standort bzw. an bisher unbekanntem Standort geplant, so erfolgt entweder der Transport mit den o.g. Fahrzeugen zur Remontagebaustelle oder zu einem Zwischenlagerplatz, wo jeweils ein Kran für die Entladung der Fertigteile vorhanden sein muss.

Sollen die demontierten Fertigteile einer Wiederverwertung zugeführt werden, so werden sie entweder nach einer eventuellen Zwischenlagerung auf der Demontagebaustelle liegend auf Tieflade- bzw. Satteltiefladeanhängern zur Brecheranlage transportiert oder auf der Demontagebaustelle in ca. 80 cm große Stücke mit Bagger und Abbruchzange vorgebrochen und mit Muldenfahrzeugen oder Sattelzügen zur Brecheranlage transportiert.

### 5.2.3 Transportkosten

Die Transportkosten für Stahlbetonfertigteile wurden bei ortsansässigen Unternehmen abgefragt und spiegeln die Marktsituation in der Region Cottbus/Spree-Neiße-Kreis wider.

Die Kosten für den Transport von zur Remontage vorgesehenen Fertigteilen werden im wesentlichen durch die Transportentfernung sowie dadurch bestimmt, ob zur Be- und Entladung der Transportfahrzeuge ein zusätzliches Hebezeug erforderlich ist. Bei einem Transport remontagefähiger Fertigteile mit Sattelzugmaschine und Sattel-/Satteltiefladeanhänger bzw. Zugmaschine und Plattform-/Tiefladeanhänger (für Wandelemente mit fest installiertem A-Bock) kann bei einer Transportentfernung bis 30 km von reinen Transportkosten von 5 €/t ausgegangen werden.

Für den Transport von für eine Wiederverwertung vorgesehenen Fertigteilen werden nachfolgende zwei Varianten bewertet. Es wird von den Gegebenheiten des Musterprojektes ausgegangen:

- Wiederzuverwertende Fertigteile: 3.500 t
- Dauer: 42 Arbeitstage
- Tägliche Arbeitszeit: 10 Stunden
- Arbeitstage im Monat: 21
- Mittellohn Gerätefahrer: 25 €/h
- Transportentfernung zur Brecheranlage: 15 km

#### ***Variante 1: Vorbrechen vor Ort mit 30 t-Bagger mit Abbruchzange (Abb. 5.3), Transport mit Muldenfahrzeugen bzw. Sattelzügen zur Brecheranlage***

An- und Abtransport Bagger:	je 125 €
Mietkosten Bagger + Abbruchzange:	6.250 €/Mon.
Betriebsstoffe:	900 €/Mon.
Lohn Baggerfahrer:	$25 \text{ €/h} \times 10 \text{ h/AT} \times 21 \text{ AT/Mon.} = 5.250 \text{ €/Mon.}$
Baggerkosten für 2 Monate:	$250 \text{ €} + 2 \times (6.250 + 900 + 5.250) \text{ €/Mon.}$ $= 250 \text{ €} + 24.800 \text{ €} = 25.050 \text{ €/Mon.}$
Baggerkosten pro Tonne:	$25.050 \text{ €} / 3.500 \text{ t} = 7,16 \text{ €/t}$
Transport zur Brecheranlage:	3,25 €/t (vorgebrochene Fertigteile)

**Gesamtkosten Variante 1:**

$$(7,16 + 3,25) \text{ €/t} = 10,41 \text{ €/t}$$

$$10,41 \text{ €/t} \times 3.500 \text{ t} = 36.435 \text{ €}$$



Abb. 5.3: Variante 1: Vorbrechen vor Ort mit 30 t - Bagger

***Variante 2: Beladen auf der Demontagebaustelle mit Demontagekran, Transport mit Tieflade- bzw. Satteltiefladeanhänger zur Brecheranlage, Entladen an der Brecheranlage mit dafür angemieteten 30 t Fahrzeugkran, Vorbrechen***

Mietkosten Kran einschl. Fahrer: 13.650 €/Mon.

Betriebsstoffe: 850 €/Mon.

Kosten Kran: (13.650 + 850) €/Mon. = 14.500 €/Mon.

Krankosten pro t 14.500 €/Mon. / 3.500 t = 4,14 €/t

Transport zur Brecheranlage: 4,60 €/t (Fertigteile)

Vorbrechen: 1,50 €/t

**Gesamtkosten Variante 2:** (4,14 + 4,60 + 1,50) €/t = 10,24 €/t

10,24 €/t × 3.500 t = 35.840 €

Unter Berücksichtigung der Gegebenheiten beim Musterprojekt unterscheiden sich die beiden Varianten des Transportes von wiederzuverwertenden Fertigteilen zur Brecheranlage bezüglich der entstehenden Kosten, die ca. 10 €/t Fertigteil betragen, nicht.

### 5.3 Zwischenlagerung der Fertigteile

Deckenelemente lassen sich problemlos zwischenlagern, ohne dass dabei besondere Lagereinrichtungen erforderlich sind. Sie werden übereinander liegend mit entsprechenden Zwischenlagen gestapelt. Wichtig dabei ist, dass die Zwischenlagen möglichst nahe am Deckenaufleger und die einzelnen Lagerhölzer senkrecht übereinander angeordnet sind, da sonst die Gefahr besteht, dass die Deckenelemente brechen (Abb. 5.4 und Abb. 5.5).



Abb. 5.4: Falsche Anordnung der Stapelhölzer bei der Zwischenlagerung von Deckenelementen



Abb. 5.5. Bruch links bzw. rechts nach Abb. 5.4

Für die Zwischenlagerung von Wandelementen sind entsprechende Lagerhilfsmittel in Form von A-Böcken oder Stapelrechen erforderlich. Stehen diese nicht zur Verfügung, ist es auch möglich, die Wandelemente an Deckenstapeln zu lagern (Abb. 5.6), wie es von der Verfasserin für die Zwischenlagerung der Fertigteile beim Musterprojekt vorgeschlagen wurde.



Abb. 5.6: Lagerung von Wandelementen an A-Böcken und Deckenstapeln

Die Zwischenlagerung der Außenwände muss auf Kanthölzern erfolgen, die unter der Tragschale angeordnet sind (Abb. 5.7), da es sonst zu Beschädigungen der Wetterschale (im Bereich der Stauschwelle) kommen kann.

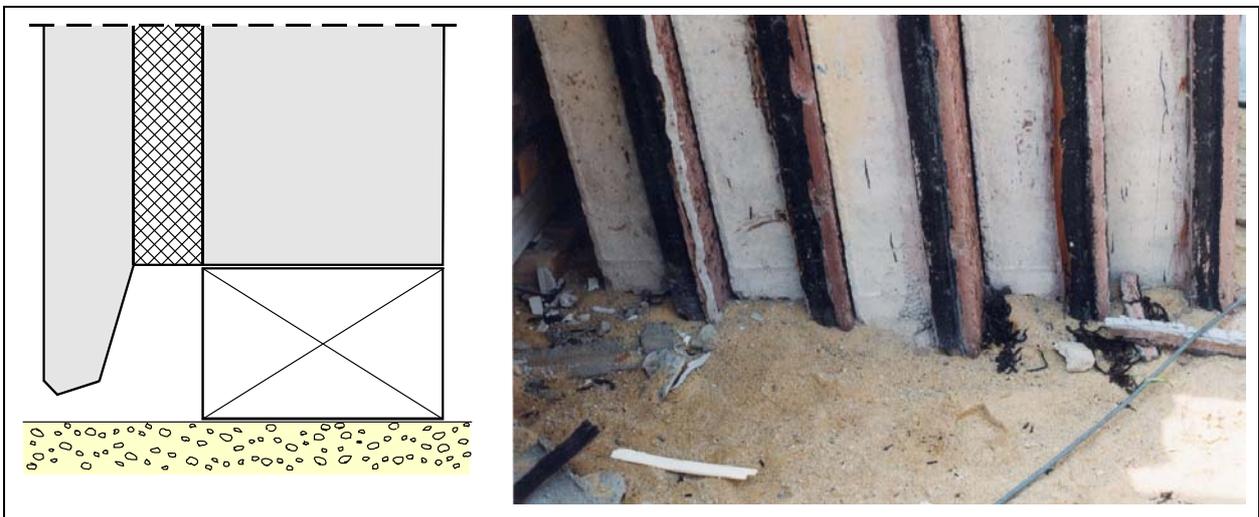


Abb. 5.7: Lagerung Außenwände auf Kanthölzern unter der Tragschale / falsche Lagerung

## 6 Arbeitsstudien bei Demontagen

Für Demontagen von Plattenbauten liegen bisher keine wissenschaftlich unterlegten Arbeitszeit-Richtwerte vor. Um diesem Aspekt Rechnung zu tragen, wurden zur Ermittlung von Kranspielzeiten und Aufwandswerten Arbeitsstudien durchgeführt.

Der Aufwandswert setzt sich zusammen aus kranabhängigen Zeiten einschließlich Nebenzeiten, kranunabhängigen Zeiten sowie Zeiten für ablaufbedingte Unterbrechungen und Hilfszeiten.

Im Folgenden werden über Zeitaufnahmen die kranabhängigen Zeiten (Kranspielzeiten) und die kranunabhängigen Zeiten ermittelt. Multimomentaufnahmen sollen Aussagen über den Anteil der einzelnen Arbeitsgänge am Arbeitszeitvermögen der betreffenden Arbeitskräfte liefern.

Aus den Ergebnissen der Zeit- und Multimomentaufnahmen werden Arbeitszeitaufwände für die Demontage ausgewählter Fertigteile und demontagespezifischer Teilprozesse ermittelt.

### 6.1 Zeitaufnahmen

Nach REFA<sup>71</sup> wird unter Zeitaufnahme das Ermitteln von Soll-Zeiten durch Messen und Auswerten von Ist-Zeiten verstanden.

Im Mittelpunkt der Zeitaufnahme steht die Fremdaufschreibung durch einen Arbeitsstudienmann, der den Ist-Ablauf durch Beobachten registriert und das Ergebnis der Beobachtung mit Zeitmessgerät (Stoppuhr) und Zeitaufnahmebogen protokolliert.

Die auf den Zeitaufnahmebögen einzutragenden Angaben müssen reproduzierbar sein, das heißt, die Begleitumstände müssen genauso sorgfältig erfasst werden wie die Zeiten selbst.

Die Zeitaufnahme erfolgt nach dem REFA-Standardprogramm in 8 Einzelschritten. In den Schritten 1 bis 6 werden vorbereitende Arbeiten ausgeführt, Schritt 7 beinhaltet die eigentliche Zeitaufnahme und Schritt 8 die Auswertung (Abb. 6.1).

---

<sup>71</sup> Methodenlehre der Betriebsorganisation / REFA – Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung - Datenermittlung

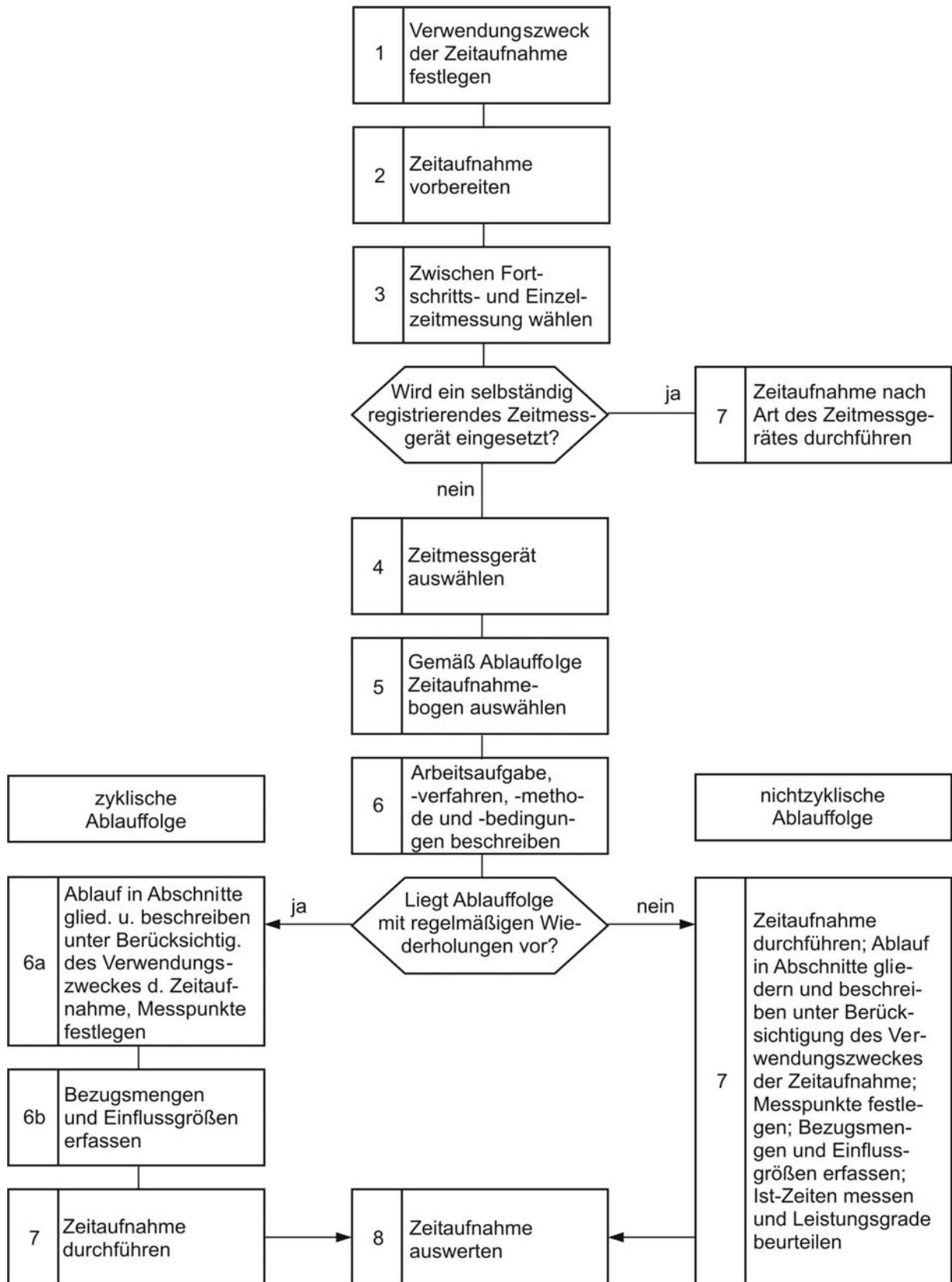


Abb. 6.1: REFA-Standardprogramm Zeitaufnahme<sup>72</sup>

<sup>72</sup> Methodenlehre der Betriebsorganisation / REFA – Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung - Datenermittlung , S. 83

## **6.1.1 Kranspielzeiten**

### **6.1.1.1 Vorbereitende Arbeiten**

Die vorbereitenden Arbeiten umfassen die Schritte 1 bis 6 des REFA-Standardprogramms.

#### **Schritt 1: Verwendungszweck der Zeitaufnahme festlegen**

Der Verwendungszweck der Zeitaufnahme ist die Ermittlung von Arbeitszeitaufwänden bei der Demontage von Fertigteilen der Plattenbauserie P 2.

#### **Schritt 2: Zeitaufnahme vorbereiten**

Die betroffenen Arbeitskräfte müssen über die beabsichtigte Zeit- und Multimomentaufnahme informiert werden.

#### **Schritt 3: Wahl zwischen Fortschritts- und Einzelzeitmessung**

Bei der Demontage des Gebäudes der Theodor-Storm-Straße 9 wurden die Ist-Zeiten mittels Fortschrittszeitmessung erfasst. Die Anwendung der Fortschrittszeitmessung wird der Einzelzeitmessung vorgezogen. Einige Teilabschnitte (TA) werden in der Regel nur eine kurze Zeitspanne einnehmen. Dadurch wird das Messen einer Einzelzeit sehr schwierig und ist für einen Arbeitsstudienmann fast unmöglich.

Die Fortschrittszeitmessung beginnt mit dem ersten und endet mit dem letzten Teilabschnitt des jeweiligen Einzelementes. Die Einzelzeiten für die Teilabschnitte werden dann nach der Auflistung der Fortschrittszeiten ermittelt.

Durch die Anwendung der Fortschrittszeitmessung wird ein häufig auftretender Fehler der Zeitmessung ausgeschaltet. Die Schaltverzögerung des Zeitmessgerätes tritt nicht mehr bzw. nur am Ende der gesamten Fortschrittszeitmessung für ein Einzelement auf.

#### **Schritt 4: Zeitmessgerät auswählen**

Die Zeitmessung erfolgt mit einer digitalen Stoppuhr durch Ablesen des Zeitwertes vom laufenden Zeitmessgerät.

#### **Schritt 5: Zeitaufnahmebogen auswählen**

Für die Zeitmessung am Objekt Theodor-Storm-Straße 9 wurde ein spezieller Zeitaufnahmebogen entwickelt (siehe auch 6.1.1.2).

**Schritt 6: Arbeitsaufgabe, -verfahren, -methode und -bedingungen beschreiben**

Die Aufgabe besteht in der Ermittlung des Arbeitszeitaufwandes bei der Demontage von Geschossdecken, Außenwänden und tragenden Innenwänden. Bei der Zeitaufnahme wurde zwischen Elementen, die zur Wiederverwendung vorgesehen sind und Elementen, die zu entsorgen sind, unterschieden. Es handelt sich um Ablauffolgen mit regelmäßigen Wiederholungen.

Die unterschiedlichen Ablaufabschnitte (Teilabschnitte TA) für die Zeitaufnahmen bei den einzelnen Elementarten enthält Tab. 6.1.

Teilabschnitt	Geschossdecken	Außenwände	tragende Innenwände
TA 1	<b>Anschlagen</b>		
	mittels Vier-Strang-Gehänge mit Lastausgleich	mittels Zwei-Strang-Gehänge	
TA 2	<b>Schutzgeländer entfernen</b>	<b>Montagestreben lösen</b>	<b>Verbindungsstähle lösen</b>
	unter Beachtung der Absturzsicherheit auf benachbarten Decken	beginnend, wenn Zwei-Strang-Gehänge angezogen und gestrafft wurde	
TA 3	<b>Anheben</b>		
	der Fertigteile mittels TDK beginnend mit dem ersten Anziehen des Gehänges und endend mit der ersten Seitwärtsbewegung des Kranauslegers		
TA 4	<b>Transport</b>		
	der Fertigteile beginnend mit der ersten Seitwärtsbewegung des Kranauslegers und endend mit der Ablagerung auf einem Stapel bzw. auf dem Schuttplatz		
TA 5	<b>Abschlagen</b>		
	der Fertigteile beginnend mit dem Absetzen an der vorgesehenen Stelle und endend mit dem frei am Kran hängenden LAM		
TA 6	<b>Leerweg</b>		
	Kranweg vom Abschlagen des LAM bis zur Bereitschaft zum Anschlagen des nächsten Fertigteiles		
TA 7	<b>Stillstandszeit</b>		
	bezieht sich auf den Kran, der nach Möglichkeit immer in Bewegung sein sollte		

Tab. 6.1: Teilabschnitte für die Zeitaufnahme

Es unterscheiden sich nur die Teilabschnitte 1 und 2 bei den Geschossdecken, Außenwänden und tragenden Innenwänden. Bei den Teilabschnitten 3 bis 7 treten keine Unterschiede zwischen den einzelnen Elementekategorien auf.

### 6.1.1.2 Durchführung der Zeitaufnahme

Gemäß Schritt 7 des REFA-Standardprogramms erfolgt die Zeitaufnahme durch Messen mehrerer Zeiten je Ablaufabschnitt und Eintragen der Ergebnisse in den Zeitaufnahmebogen (Tab. 6.2).

Geschoss	Fertigteil	Einflussgröße	Zeiten	Teilabschnitte								Bemerkungen
				1	2	3	4	5	6	7	$\Sigma$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Fertigteil 1		ti									
			F									
	Fertigteil 2		ti									
			F									

Tab. 6.2: Muster eines Zeitaufnahmebogens

Mit fortschreitender Demontage verringert sich die Geschossanzahl und damit auch die erforderliche Hakenhöhe. Deshalb wird in Spalte 1 des Zeitaufnahmebogens die Herkunft der Elemente eingetragen.

Spalte 2 enthält Angaben zur Elementekategorie sowie zu den Hauptabmessungen. Besondere Einflüsse auf den Demontageprozess werden in Spalte 3 eingetragen.

Die Zeiten des Teilabschnittes 4 (Transport) werden durch die Lagerung der Fertigteile hinter oder links vor dem zu demontierenden Gebäude beeinflusst. Die hinter dem Gebäude zu lagernden Elemente müssen ohne Blickkontakt zwischen Kranfahrer und Abschläger abgesetzt werden (Tab. 6.2, Spalte 3, kein Bl.-Ko.). Kontakt besteht nur mittels Funkgerät. Bei links vor dem Gebäude zu lagernden Geschossdecken besteht Blickkontakt zwischen Abschläger und Kranfahrer. Das Funkgerät wird nur zur Feinabstimmung benötigt (Tab. 6.2, Spalte 3: Bl.-Ko.). Auch wenn die Fertigteile direkt zum Schuttplatz vor dem Kran gebracht werden, wird das Funkgerät nur zur Feinabstimmung benötigt (Tab. 6.2, Spalte 3: Bl.-Ko.).

Bei den Außenwänden wird in Spalte 3 auch vermerkt, ob die Befestigung des Lastaufnahmemittels am Fertigteil mit Aufhängetaschen (mit A.) oder Haken (ohne A.) erfolgt.

Die in Spalte 4 der verwendeten Symbole ti und F stehen für:

- ti : Einzelzeit,
- F : Fortschrittszeit.

In den Spalten 5 bis 11 des Zeitaufnahmebogens werden die Zeiten der Teilabschnitte 1-7 sowie ihre Summe eingetragen.

Die Summe der Einzelzeiten und die letzte Zeit der Fortschrittszeitmessung werden in Spalte 12 auf ihre Übereinstimmung geprüft.

Um alle etwaigen sonstigen Beeinflussungen der Demontage zu erfassen, können in Spalte 13 der Tab. 6.2 entsprechende Bemerkungen eingetragen werden (z.B. Bemerkungen zu den Arbeitskräften).

Die aufgenommenen Zeiten für die Decken, Außenwände und tragenden Innenwände sind in einem Forschungsbericht<sup>73</sup> dokumentiert. Es wird innerhalb der Elementekategorien zwischen Fertigteilen, die wiederverwendet werden und Fertigteilen, die vor Ort zerkleinert werden, unterschieden.

### **6.1.1.3 Auswertung der Zeitaufnahme**

#### 6.1.1.3.1 Zusammenstellung der Kranspielzeiten

Schritt 8 des REFA-Standardprogramms umfasst die Auswertung der erfassten Ist-Zeiten. Tab. 6.3 enthält eine Zusammenstellung und erste Auswertung der gemessenen Zeiten. Berücksichtigt werden die Teilabschnitte TA 1 bis TA 6. Stillstandszeiten entsprechend TA 7 werden nicht berücksichtigt, da diese sich auf den Kran beziehen und in der Regel nicht ursächlich der Kranspielzeit zugeordnet werden können.

Die in Tab. 6.3 zusammengestellten Durchschnittszeiten beziehen sich auf die Obergeschosse 7 bis 11 des Gebäudes. Bei der Ermittlung des Durchschnittes bleiben folgende drei Einzelelemente mit ungewöhnlich hohen Zeiten unberücksichtigt:

- Außenwand 13, Wiederverwendung, TA 5, Arbeitskraft zum Abschlagen fehlt,
- Innenwand 3, Wiederverwendung, TA 6, Lagerplatz unklar und
- Innenwand 31, Wiederverwendung, TA 5, Lagerplatz unklar.

---

<sup>73</sup> NAGORA, A.: Arbeitsstudien bei Demontagen, Anlagen 1.1 bis 1.6

Element	Verwendung	Geschoss	Anzahl	Durchschnittszeit	
				je Geschoss	Gesamt
				[min]	[min]
1	2	3	4	5	6
Decke	WV	10	16	08:24	<b>07:49</b>
Decke	WV	9	32	08:15	
Decke	WV	8	5	06:47	
Decke	AB	10	8	06:53	<b>06:19</b>
Decke	AB	9	10	05:40	
Decke	AB	8	1	06:23	
Außenwand	WV	11	4	11:34	<b>09:42</b>
Außenwand	WV	10	2	06:39	
Außenwand	WV	9	6	09:59	
Außenwand	WV	8	1	10:20	
Außenwand	WV	7	3	09:55	
Außenwand	AB	11	6	09:25	<b>08:10</b>
Außenwand	AB	10	9	08:21	
Außenwand	AB	9	8	08:20	
Außenwand	AB	8	3	07:23	
Außenwand	AB	7	7	07:21	
Innenwand	WV	11	2	11:12	<b>09:23</b>
Innenwand	WV	10	27	09:32	
Innenwand	WV	9	10	08:51	
Innenwand	WV	7	9	07:57	
Innenwand	AB	11	8	08:06	<b>07:22</b>
Innenwand	AB	10	13	06:52	
Innenwand	AB	9	5	08:05	
Innenwand	AB	7	6	06:24	
<b>Summe</b>			<b>201</b>		<b>08:07</b>

Tab. 6.3: Zusammenstellung der Kranspielzeiten (ohne Nebenarbeiten)

Bei den wiederzuverwendenden Außenwänden konnten nur relativ wenige Kranspielzeiten ermittelt werden, da nur wenige dieser Elemente für eine Remontage vorgesehen waren.

## 6.1.1.3.2 Allgemeine Auswertung

Elemente, die wiederverwendet werden sollen, benötigen eine im Durchschnitt um 1:41 min längere Kranspielzeit als „Abbruchelemente“ (Tab. 6.4). Der Grund liegt aber nicht in einer Sonderbehandlung bezüglich der Wiederverwendung. Beispielsweise werden die Vermörtelungen der Fugen im Vergleich zu den Abbruchelementen nicht vorsichtiger herausgestemmt. Gründe für die längeren Kranspielzeiten hingegen sind:

- Die meisten zur Wiederverwendung vorgesehenen Elemente mussten ohne Blickkontakt zwischen Abschläger und Kranfahrer zwischengelagert werden. Der Kranfahrer hatte keinen Sichtkontakt zu den meisten Stapeln. Er kannte zwar die grobe Richtung, musste aber besonders vorsichtig beim Absetzen der Elemente sein. Die Stapel lagen auf der kranabgewandten Seite zwischen dem Gebäude und den Nachbargrundstücken sehr eng nebeneinander (siehe auch Abb. 5.1, Seite 66).
- Die Abbruchelemente konnten so abgeschlagen werden, wie sie auf dem Schuttplatz im Bereich der später zu remontierenden Gebäude 9 D und 9 E (siehe auch Abb. 5.1, S. 66), der im Sichtbereich des Kranfahrers lag, abgesetzt wurden.

Element	WV-Element	AB-Element	Differenz
	[min]	[min]	[min]
Außenwand	09:42	08:10	01:32
Innenwand	09:23	07:22	02:01
Decke	07:49	06:19	01:30
<b>Mittelwert</b>	<b>08:58</b>	<b>07:17</b>	<b>01:41</b>

Tab. 6.4: Kranspielzeiten (ohne Nebenarbeiten) für wiederzuverwendende Elemente und „Abbruch-Elemente“

Die Geschosdecken wurden am schnellsten demontiert. Dies ist einerseits durch das Anschlagen ohne Leiter zu erklären und andererseits durch die einfachere Lagerung gegenüber Wandelementen. Durch die waagerechte Abstaplung ist die Arbeitsebene gleichzeitig An- und Abschlagebene. Dadurch wurde für den Teilabschnitt 5 „Abschlagen“ weniger Zeit benötigt. Die Wandelemente dagegen wurden schräg an einen Geschosdeckenstapel angelehnt, was einen höheren Zeitaufwand erforderte.

Für die Demontage der Außenwandelemente wurde im Vergleich zu den anderen untersuchten Fertigteilen die längste Zeit benötigt. Sie sind bedeutend schwerer als Innenwände und dadurch auch schwerer zu führen. Auch das Absetzen am Lagerplatz gestaltete sich komplizierter. Auf

eine längere Kranspielzeit wirkte sich weiterhin das Dichtungsband zwischen den Außenwänden aus, das nur schwer erreichbar, nicht gut einsehbar und nur schwer zu lösen war. Es wurde teilweise nur unvollständig mit einem Messer getrennt, so dass die Außenwand am Dichtungsband hängen blieb.

#### 6.1.1.3.3 Geschossabhängigkeit der Kranspielzeiten

Die ausgeführten Zeitmessungen bezogen sich auf die Obergeschosse von 7 bis 11. In der Regel sollten mit sinkender Geschosszahl die Kranspielzeiten für die einzelnen Elemente kürzer werden. Aus diesen Grund erfolgt eine Prognose für die Veränderung der Kranspielzeiten von Geschoss zu Geschoss. Bei den durchgeführten Zeitaufnahmen sind nur die Teilabschnitte 4 und 6 geschossabhängig. Die Zeitdifferenzen der einzelnen Elemente zwischen den Obergeschossen 7 bis 11 bzw. 8 bis 10 werden in Tab. 6.5 ermittelt.

Element	Verwendung	Geschossdurchschnitt					Differenz		Zeit/ Geschoss
		11.OG	10.OG	9.OG	8.OG	7.OG	Gesch.	[min]	
		[min]	[min]	[min]	[min]	[min]			[min]
Decke	WV		08:24		06:47		2	01:37	00:49
Decke	AB		06:53		06:23		2	00:30	00:15
Außenwand	WV	11:34				09:55	4	01:39	00:24
Außenwand	AB	09:25				07:21	4	02:04	00:31
Innenwand	WV	11:12				07:57	4	03:15	00:48
Innenwand	AB	08:06				06:24	4	01:42	00:25
<b>Mittelwert</b>							<b>20</b>	<b>10:47</b>	<b>00:32</b>

Tab. 6.5: Geschossabhängigkeit der Kranspielzeiten

Pro Geschoss kann die Kranspielzeit um jeweils 0:32 min reduziert werden.

#### 6.1.1.3.4 Kranauslastung

Neben Decken, Außenwänden und tragenden Innenwänden wurden weitere Fertigteile demontiert, für die Kranspielzeiten entsprechend Tab. 6.6 ermittelt wurden.

Element	Kranspielzeit
	[min]
Loggia- Brüstung	05:52
Loggia- Schaft	04:58
Loggia- Decke	04:54
Sanitärraumzellen	06:04
Nicht tragende Innenwand	06:20
Treppenelemente	06:14
<b>Mittelwert</b>	<b>05:44</b>

Tab. 6.6: Kranspielzeiten für sonstige Elemente

Bei einem Verhältnis von Decken, Außenwänden und tragenden Innenwänden zu sonstigen Elementen von 3:1<sup>74</sup> ergibt sich eine durchschnittliche Kranspielzeit von

$$(3 \times 08:07 + 05:44)/4 = 07:31 \text{ min.}$$

Bei durchschnittlich 51 Elementen/Tag ergibt das eine Kranzeit von

$$51 \text{ Elemente/Tag} \times 07:31 \text{ min/Element} = 383:21 \text{ min/Tag bzw. } 06:23 \text{ Std./Tag}$$

Der Kran wird pro Tag 06:23 Std. für die unmittelbare Demontage genutzt.

Außerdem wurde der Kran auch für die Förderung der Schuttcontainer mit dem Estrich der Deckenplatten eingesetzt. Pro Tag wurden im Durchschnitt vom Kran 15 Schuttcontainer bei einer Kranspielzeit von 04:43 min nach unten gefördert. Das entspricht einer Kranzeit von

$$04:43 \text{ min/Container} \times 15 \text{ Container/Tag} = 70:45 \text{ min bzw. } 01:11 \text{ Std. / Tag.}$$

Hinzu kommt eine Fremdnutzung von ca. 30:00 min pro Tag für Arbeiten am Giebel des Nachbar-Objektes Theodor-Storm-Straße 8.

Damit ergibt sich folgende Krannutzung:

Demontage:	06:23 Std.
Förderung Container:	01:11 Std.
Fremdnutzung:	00:30 Std.
<b>Summe:</b>	<b>08:04 Std.</b>

Bei einer täglichen Einsatzzeit des Kranes von 10 Stunden beträgt die Nebenzeit des Kranes für Hilfhübe (Umsetzen von Schweißgeräten, Kompressoren und Podestleitern) und Stillstand 10:00 Std. – 08:04 Std. = 01:56 Std., das entspricht  $100 \% \times 01:56 \text{ Std.}/06:23 \text{ Std.} = 30,29 \%$  (bezogen auf die Demontage mit 06:23 Std.).

<sup>74</sup> Projektunterlagen P 2 / 8- und 11-geschossig,, Ratio 77, WBK Cottbus 1978

## 6.1.2 Kranunabhängige Arbeiten

Neben den kranabhängigen Teilprozessen, die mit den Kranspielzeiten erfasst wurden, sind auch kranunabhängige Arbeitsgänge erforderlich, für die ebenfalls Zeitaufnahmen durchgeführt wurden.<sup>75</sup>

### 6.1.2.1 Decken

#### Freistimmen der Tragösen

An jeder Geschossdecke befinden sich 4 in Beton eingebettete Tragösen. Das Freistimmen dieser Tragösen wurde durch zwei Stemmarbeiter ausgeführt, die mit einem elektrisch bzw. pneumatisch angetriebenen Abbruchhammer arbeiteten. Für das Freistimmen einer Tragöse mit einem elektrisch angetriebenen Abbruchhammer wurden 2:05 min, mit einem pneumatisch angetriebenen Abbruchhammer 1:11 min benötigt. Damit betragen die Durchschnitts-Stemmzeiten pro Decke:

- elektrisch angetriebener Abbruchhammer:  $4 \times 2:05 \text{ min} = 8:20 \text{ min}$ ,
- pneumatisch angetriebener Abbruchhammer:  $4 \times 1:11 \text{ min} = 4:44 \text{ min}$ .

Aus diesem Vergleich geht der Presslufthammer als weitaus günstigeres Gerät hervor. Der Presslufthammer ist für Arbeiten am Boden besser geeignet, der Elektro-Abbruchhammer dagegen für Arbeiten an der Wand bzw. über Kopf, da er leichter und daher länger zu halten ist.

#### Freistimmen der Verbindungsstähle

Jede Geschossdecke besitzt je nach Größe eine unterschiedliche Anzahl von Anschlussstählen zur Verbindung der Decken untereinander. Je nach Größe und Lage der Decke befinden sich in Spannrichtung bis zu 4 Verbindungsstähle und quer zur Spannrichtung jeweils 2 Verbindungsstähle pro Seite. Im Durchschnitt müssen pro Decke 5 Verbindungsstähle freigelegt werden (3 in Spannrichtung und 2 quer zur Spannrichtung). Bei dieser Arbeit gibt es keine Zeitunterschiede zwischen dem Elektro-Abbruchhammer und dem Presslufthammer. Der Durchschnitt beträgt 0:56 min pro Verbindungsstahl. Damit beträgt der Arbeitszeitaufwand für das Freistimmen der Verbindungsstähle 4:40 min.

---

<sup>75</sup> NAGORA,A.: Arbeitsstudien bei Demontagen, Anlage 1.8

### **Aufstemmen der Längsfugen**

Vor der Demontage der beiden äußeren Deckenplatten müssen die Längsfugen zur Nachbardecke aufgestemmt werden, da sich sonst die Deckenplatten nicht bzw. nur schwer lösen lassen. Nach dem Lösen der ersten Decke sind die nachfolgenden Deckenplatten auch frei für die Demontage. Für das Freistemmen der Längsfuge ist der Presslufthammer geeignet. Durchschnittlich werden für das Freistemmen einer Deckenfuge 35:00 min benötigt. Mit einer freigestemmen Decken-Längsfuge werden jeweils 3 Deckenplatten „gelöst“. Damit beträgt die durchschnittliche Zeit für das Lösen der Decken-Längsfuge  $35:00 \text{ min} / 3 \text{ Decken} = 11:40 \text{ min pro Decke}$ .

### **Trennen der Verbindungsstähle**

Die freigelegten Verbindungsstähle müssen vor der Demontage der Deckenplatte getrennt werden. Im Durchschnitt werden 0:20 min pro Trennschweißung benötigt. Das entspricht bei durchschnittlich 5 Verbindungsstäben pro Deckenplatte einem Arbeitszeitaufwand (ohne Nebenzeiten) von  $5 \times 0:20 \text{ min} = 1:40 \text{ min pro Deckenplatte}$ .

### **Schutzgeländer Anbringen**

Für das Anbringen der Schutzgeländer wurde für eine Deckenplatte ein Arbeitszeitaufwand (ohne Nebenzeiten) von durchschnittlich 7:06 min ermittelt.

Damit betragen die Einzeldauern für die kranunabhängigen Arbeiten zur Demontage einer Deckenplatte:

- |                                     |                       |                   |
|-------------------------------------|-----------------------|-------------------|
| • Freistemmen der Tragösen          | 04:44 min (08:20 min) | (Stemmarbeiter 1) |
| • Freistemmen der Verbindungsstähle | 04:40 min             | (Stemmarbeiter 1) |
| • Aufstemmen der Längsfugen         | 11:40 min             | (Stemmarbeiter 2) |
| • Trennen der Verbindungsstähle     | 01:40 min             | (Anschläger)      |
| • Anbringen des Schutzgeländers     | 07:06 min             | (Hilfskraft)      |

Der Arbeitszeitaufwand (ohne Nebenzeiten) für die kranunabhängigen Arbeiten bei der Demontage einer Deckenplatte beträgt somit 29:50 min, d.h. rd. 30:00 min. Maßgebend für die Dauer der kranunabhängigen Arbeiten bei der Demontage einer Deckenplatte ist die Tätigkeit des Stemmarbeiters 1 mit  $08:20 + 04:40 \text{ min} = 13:00 \text{ min}$ .

### **6.1.2.2 Außenwände**

#### **Freistemmen der Tragösen**

Jede Außenwand besitzt 2 in Beton eingebettete Tragösen, die freigestemmt werden müssen. Diese Tätigkeit wurde von einem Stemmarbeiter durchgeführt, der auch das Freistemmen der Decken-Tragösen durchführte.

Im Durchschnitt wurden für das Freilegen einer Außenwandtragöse 3:00 min benötigt, unabhängig davon, ob ein Elektro-Abbruchhammer oder ein Presslufthammer zum Einsatz kam. Damit beträgt die Zeit für das Freistemmen der Tragösen einer Außenwand  $2 \times 3:00 \text{ min} = 6:00 \text{ min}$ .

#### **Freistemmen der Verbindungsstähle**

Jede Außenwand besitzt zwei Verbindungsstähle, die sich jeweils links bzw. rechts oben an der Außenwand befinden. Schließt sich eine tragende Innenwand an, so ist diese mit dem beiden Außenwänden verbunden. Um die Verbindungsstähle freizulegen, musste ca. 15 cm tief gestemmt werden. Dabei kamen sowohl der Elektro-Abbruchhammer als auch der Presslufthammer zum Einsatz. Pro Außenwandelement muss ein Verbindungsstahl berücksichtigt werden. Die Durchschnittszeit pro Verbindungsstahl beträgt 08:11 min.

#### **Aufstemmen der Fugen**

Die Fugen zwischen den Außenwänden sind mit Mörtel ausgefüllt, der vor der Demontage von oben nach unten ausgestemmt werden muss. Verwendet wurden dazu wiederum ein Elektro-Abbruchhammer oder ein Presslufthammer. Eine Außenwand besitzt links und rechts eine Fuge, aber außer der ersten Außenwand werden den anderen Außenwänden nur jeweils eine Fuge zum Freistemmen angerechnet. Als Durchschnittszeit wurden für eine Fuge 27:30 min ermittelt.

#### **Anbringen der Demontagestreben**

Vor der Demontage müssen Demontagestreben angebracht werden. Entsprechend der gewählten Demontagefolge wurden die Außenwände als letztes demontiert und standen dadurch frei auf der jeweiligen Demontageebene. Eine Außenwand erhielt in der Regel zwei Streben als Abstützung.

Eine Ausnahme bilden die Giebelwände, die als erstes demontiert werden müssen und die dadurch keine Demontagehalterung benötigen. Als Durchschnittswert für das Anbringen einer Demontagestrebe wurde eine Zeit von 03:27 min ermittelt.

Damit beträgt der Arbeitszeitaufwand für das Anbringen der Streben pro Außenwand  $2 \times 03:27$  min = 06:54 min.

### **Trennen der Verbindungsstähle**

Die zwei freigelegten Verbindungsstähle je Außenwand müssen vor der Demontage getrennt werden. Diese Tätigkeit verrichtete der Anschläger. Im Durchschnitt wurden 0:20 min für das Trennen eines Verbindungsstahles benötigt.

Daraus ergibt sich ein Arbeitszeitaufwand für das Trennen der Verbindungsstähle von  $2 \times 00:20$  min = 00:40 min pro Außenwand.

Die Einzeldauern der kranunabhängigen Arbeiten für die Demontage einer Außenwand betragen:

- |                                     |           |                   |
|-------------------------------------|-----------|-------------------|
| • Freistemmen der Tragösen          | 06:00 min | (Stemmarbeiter 1) |
| • Freistemmen der Verbindungsstähle | 08:11 min | (Stemmarbeiter 1) |
| • Aufstemmen der Fugen              | 27:30 min | (Stemmarbeiter 2) |
| • Anbringen der Demontagestreben    | 06:54 min | (Hilfskraft)      |
| • Trennen der Verbindungsstähle     | 00:40 min | (Anschläger)      |

Der Arbeitszeitaufwand für die kranunabhängigen Arbeiten bei der Demontage einer Außenwand beträgt 49:15 min, d.h. rd. 49:00 min. Maßgebend für die Dauer der kranunabhängigen Arbeiten bei der Demontage einer Außenwand ist damit die Tätigkeit des Stemmarbeiters 2 mit 27:30 min.

### **6.1.2.3 Tragende Innenwände**

#### **Freistemmen der Verbindungsstähle**

Jede tragende Innenwand besitzt zwei Verbindungsstähle, die sich jeweils links bzw. rechts oben an der Außenwand befinden. Die Verbindungsstähle verlaufen von Innenwand zu Innenwand oder, wenn sich mehrere tragende Innenwände anschließen, zu einen Knotenpunkt zusammen. Um die Verbindungsstähle freizulegen, muss ca. 15 cm tief gestemmt werden.

Sowohl der Elektro-Abbruchhammer als auch der Presslufthammer kamen zum Einsatz. Es muss pro Innenwandelement ein Verbindungsstahl berücksichtigt werden. Die Durchschnittszeit für das Freistimmen eines Verbindungsstahls beträgt 08:11 min.

### **Freistimmen der Fugen**

Die Fugen zwischen den tragenden Innenwänden sind mit Beton ausgefüllt, der vor der Demontage von oben nach unten ausgestemmt werden muss. Verwendet wurden wiederum der Elektro-Abbruchhammer und der Presslufthammer. Eine tragende Innenwand besitzt links und rechts eine Fuge. Da in einem Knotenpunkt bis zu vier tragende Innenwände zusammengeführt werden und dadurch nur eine Mörtelfuge getrennt werden muss, wird nur ein Fugenanteil von 50 % berücksichtigt. Die Durchschnittszeit für das Freistimmen einer Fuge beträgt 30:43 min.

Pro tragender Innenwand beträgt der Arbeitszeitaufwand für das Freistimmen der Fugen 15:22 min.

### **Trennen der Verbindungsstähle**

Das Trennen der Verbindungsstähle ist bereits bei der Ermittlung der Kranspielzeiten unter Teilabschnitt 2 erfasst (siehe Ziffer 6.1.1.1).

Die Einzeldauern für die kranunabhängigen Arbeiten bei der Demontage einer tragenden Innenwand betragen somit:

- Freistimmen der Verbindungsstähle      08:11 min                      (Stemmarbeiter 1)
- Freistimmen der Fugen                      15:22 min                      (Stemmarbeiter 2)

Aus den Einzelzeiten ergibt sich ein Arbeitszeitaufwand (ohne Nebenzeiten) für die kranunabhängigen Arbeiten bei der Demontage einer tragenden Innenwand von 23:33 min, d.h. rd. 24 min. Maßgebend für die Dauer der kranunabhängigen Arbeiten bei der Demontage einer tragenden Innenwand ist damit die Tätigkeit des Stemmarbeiters 2 mit 15:22 min.

Abb. 6.2 zeigt zusammenfassend das Ergebnis der Zeitaufnahmen für kranunabhängige Teilprozesse bei der Demontage der Hauptelemente.

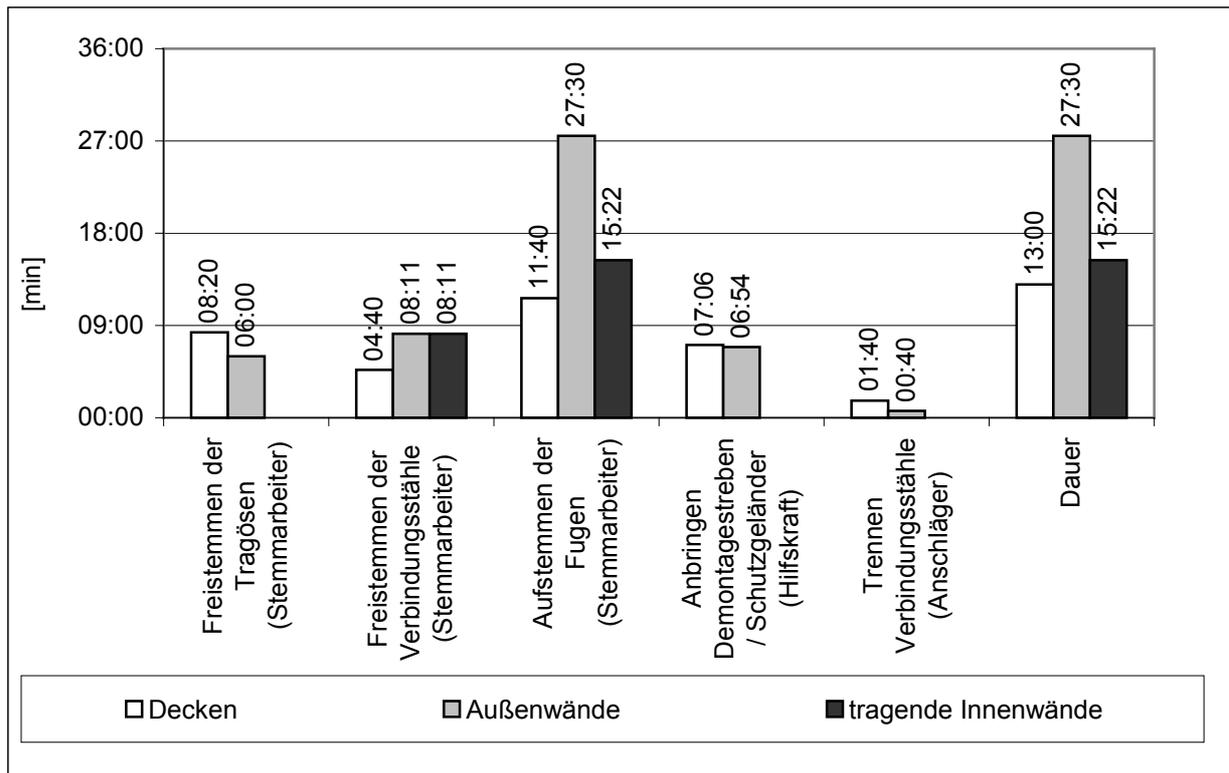


Abb. 6.2: Zeiten für kranunabhängige Teilprozesse bei der Demontage

### 6.1.3 Fazit

In Tab. 6.7 wurden unter Verwendung der unter Ziffer 6.1.1 und Ziffer 6.1.2 ermittelten Zeiten die Kranspielzeiten und der Arbeitszeitaufwand für die kranunabhängigen Arbeiten, jeweils für die Demontage einer Decke, Außenwand und Innenwand ermittelt.

Nicht berücksichtigt wurden bei den Kranspielzeiten die Nebennutzung des Kranes und beim Arbeitszeitaufwand die ablaufbedingten Unterbrechungen, Hilfszeiten und Ausfallzeiten. Aussagen zu diesen Zeiten sollen Multimomentaufnahmen liefern.

Die ermittelten Kranspielzeiten ohne Nebenzeiten des Kranes schwanken zwischen 06:19 Minuten (Deckenplatte, keine Wiederverwendung) und 09:42 Minuten (Außenwand, Wiederverwendung) bei einem Mittelwert von 08:07 Minuten.

Der Arbeitszeitaufwand ohne ablaufbedingte Unterbrechungen und Hilfszeiten beträgt im Mittel 34:13 Minuten und schwankt zwischen 23:33 Minuten (tragende Innenwand) und 49:15 Minuten (Außenwand).

Element	Verwendung	Kranspielzeit*		kranunabh. Arbeiten *	
				Dauer	Arbeitszeitaufwand
		[min]	[min]	[min]	[min]
1	2	3	4	5	6
Deckenplatte	WV	07:49	07:04	13:00	29:50
	K WV	06:19			
Außenwand	WV	09:42	08:56	27:30	49:15
	k WV	08:10			
Tragende Innenwand	WV	09:23	08:22	15:22	23:33
	k WV	07:22			
<b>Durchschnitt</b>	<b>WV</b>	<b>08:58</b>	<b>08:07</b>	<b>18:37</b>	<b>34:13</b>
	<b>k WV</b>	<b>07:17</b>			

WV Wiederverwendung                      k WV keine Wiederverwendung  
 \*ohne Nebenarbeiten, Unterbrechungen und Hilfszeiten

Tab. 6.7: Ermittlung der Dauern und Arbeitszeitaufwände

## 6.2 Multimomentaufnahmen

Nach REFA<sup>76</sup> wird unter Multimomentaufnahme das Erfassen der Häufigkeit zuvor festgelegter Ablaufarten an einem oder mehreren gleichartigen Arbeitssystemen mit Hilfe stichprobenmäßig durchgeführter Kurzzeitbeobachtungen verstanden.

Während bei der Zeitaufnahme Zeiten gemessen werden, werden bei der Multimomentaufnahme Häufigkeiten erfasst.

Wie bei der Zeitaufnahme wird auch bei der Multimomentaufnahme zwischen Multimoment-Einzelaufnahmen durch Einzelaufschreibungen und Multimoment-Gruppenaufnahmen durch zusammengefasste Aufschreibungen unterschieden.

Im Gegensatz zur Multimoment-Gruppenaufnahme, bei der eine Arbeitsgruppe beobachtet und die Häufigkeit der Tätigkeiten summarisch erfasst wird, bezieht sich die Multimoment-Einzelaufnahme auf eine Arbeitsperson. Obwohl die Multimoment-Gruppenaufnahme zeitintensiver ist, wird sie im vorliegenden Fall angewendet.

<sup>76</sup> Methodenlehre der Betriebsorganisation / REFA – Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung - Datenermittlung - . Carl Hanser 1997.

Die Multimomentaufnahme wird nach dem REFA-Standardprogramm in 8 Einzelschritten durchgeführt. In den Schritten 1 bis 5 werden vorbereitende Arbeiten ausgeführt, Schritt 6 beinhaltet die eigentliche Beobachtung, Schritt 7 eine Zwischenauswertung und Schritt 8 die Endauswertung (Abb. 6.3).

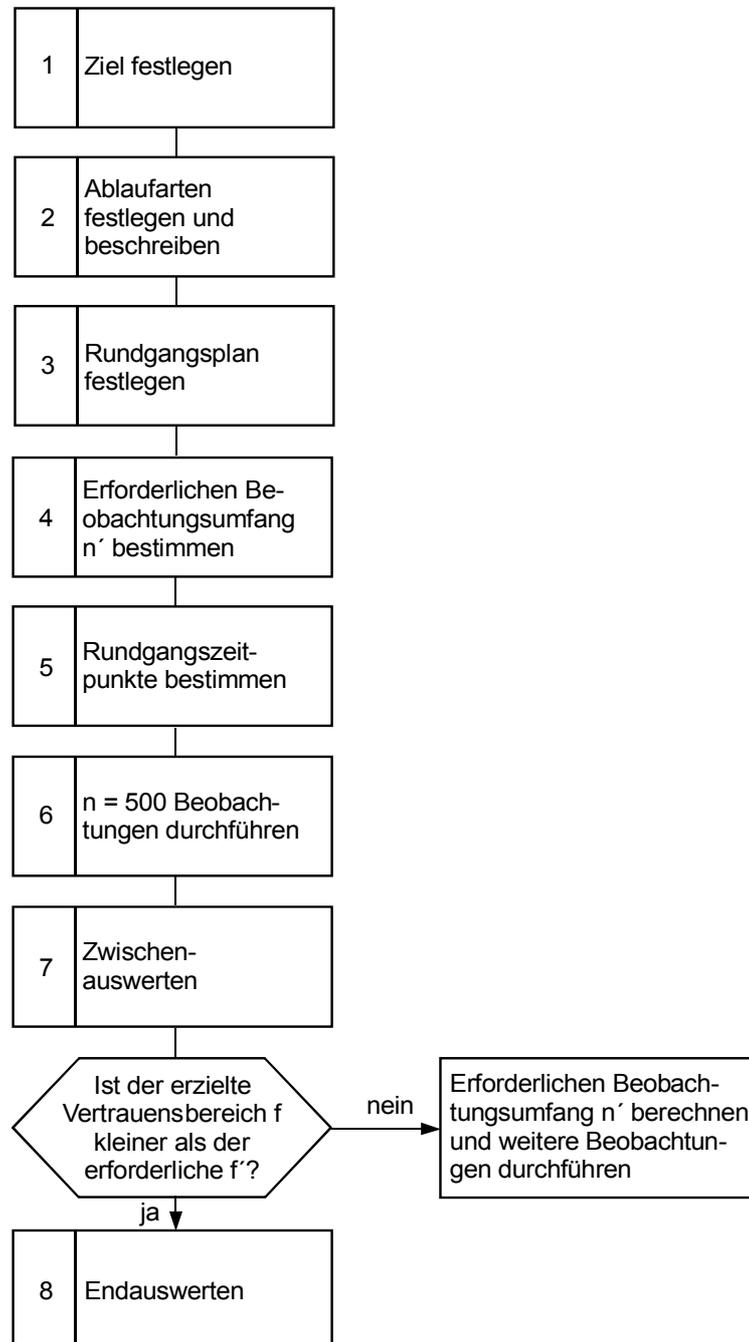


Abb. 6.3: REFA-Standardprogramm Multimomentaufnahme<sup>77</sup>

<sup>77</sup> Methodenlehre der Betriebsorganisation / REFA – Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung - Datenermittlung, S. 237

### **6.2.1 Vorbereitende Arbeiten**

Die vorbereitenden Arbeiten umfassen die Schritte 1 bis 6 des REFA Standardprogramms.

#### **Schritt 1: Ziel festlegen**

Das Ziel der Multimomentaufnahme bei der Demontage des Gebäudes Theodor-Storm-Straße 9 war die Ermittlung der Auslastung der vorhandenen Arbeitskräfte, insbesondere die Arbeitszeitauslastung und die Tätigkeitsfelder des Anschlägers und der zwei Stemmarbeiter, da diese Arbeitskräfte einen maßgebenden Einfluss auf den Baufortschritt haben.

Der Anschläger hat im Wesentlichen 3 Tätigkeiten auszuführen:

- Vorbereitung und Bearbeitung der Elemente bei der Demontage,
- Lösen der Schweißverbindungen und
- Anschlagen der zu demontierenden Elemente.

Den beiden Stemmarbeitern werden folgende Tätigkeiten zugeordnet:

- Aufstemmen der Fugen,
- Freistemmen der Verbindungsstähle und
- Freistemmen der Tragösen.

#### **Schritt 2: Ablaufarten festlegen und beschreiben**

Nach der Formulierung des Zieles der Multimomentaufnahme werden die Ablaufarten festgelegt und unterteilt. Diese werden in der Regel etwas stärker gegliedert, als es normalerweise notwendig wäre, um eine objektive Übersicht über das beobachtete Geschehen zu erlangen bzw. um durch die Kurzzeitbeobachtungen die Ablaufart eindeutig zu erkennen. So ist zum Beispiel schwer zu unterscheiden, ob eine Arbeitsperson gedanklich den Arbeitsprozess durchspielt oder die Tätigkeit erholungsbedingt unterbricht. Neben einer Nennung der zu unterscheidenden Ablaufarten sollten deshalb zusätzlich noch einfache, leicht und eindeutig wahrnehmbare Erkennungsmerkmale angegeben werden.

Im Fall der Demontage Theodor-Storm-Straße 9 wurde eine Ablaufarten-Gliederung gewählt, die sich an einer Aufteilung der Arbeitszeit orientiert. Dabei wird unterschieden zwischen:

- Fertigungszeit: (H) Hauptnutzung  
(N) Nebennutzung  
(A) Ablaufbedingte Unterbrechung
- Hilfszeit: (Z) zusätzliche Nutzung  
(S) Störungsbedingte Unterbrechung  
(E) Erholungsbedingte Unterbrechung  
(P) Persönlich bedingte Unterbrechung
- Ausfallzeit: (L) Außer Einsatz

Die Ablaufarten-Gliederungen für den Anschläger und für die Stemmarbeiter sind in Tab. 6.8 und Tab. 6.9 enthalten.

### **Schritt 3: Rundgangsplan festlegen**

Im dritten Schritt wird der Rundgangsplan, eine skizzenhafte Darstellung der Beobachtungsstandpunkte und –folgen, aufgestellt.

Ein Rundgangsplan kann bei der Multimomentaufnahme am Musterprojekt für den Anschläger und die Stemmarbeiter nicht erstellt werden. Die beobachteten Vorgänge finden zwar mit einer gewissen Regelmäßigkeit statt, nicht aber an derselben Stelle. Deshalb muss der Arbeitsstudienmann den zu beobachtenden Arbeitskräften folgen. Die Baustellenvoraussetzungen lassen auch keinen festen Beobachtungspunkt des Arbeitsstudienmannes zu. Demnach kann weder ein Rundgangsplan festgelegt, noch ein Beobachtungspunkt bestimmt werden.

<b>Fertigungszeit</b>	
H	Hauptnutzung
H1	Anschlagen vorbereiten
	Tragösen auf Wiederverwendbarkeit prüfen
	Prüfen, ob Tragösen ausreichend freigelegt wurden
	Entfernen von Mörtelresten
H2	Schweißverbindung trennen
	Verbindungsstähle zwischen den Deckenplatten in Längs- und Querrichtung
	Verbindungsstähle zwischen Deckenelementen und Außenwänden
	Verbindungsstähle zwischen Innenwandelementen
	Verbindungsstähle zwischen Innen- und Außenwand
	Verbindungsstähle zwischen den sonstigen Elementen
H3	Anschlagen
	Anschlagen an vorhandenen Tragösen
	Anschlagen mit Hebebändern
	Anschlagen mit Tragbolzen
N	Nebennutzung
N1	Podest bzw. Leiter auf- und umstellen
N2	Schweißgerät anschließen und bewegen
N3	Auf- und Abbau der Geländer und Montagestreben
A	Ablaufbedingte Unterbrechung
A1	Schweißelektrode wechseln
A2	Arbeitsplatz säubern
A3	Meistergespräch
<b>Hilfszeit</b>	
Z	Zusätzliche Nutzung
Z1	Tragösen von Schutt freilegen
S	Störungsbedingte Unterbrechung
S1	Kleinere Reparaturen
S2	Rücksprache bei Fremdgewerken bzw. GU
P	Persönlich bedingte Unterbrechung
P1	Getränke- und Raucherpause
P2	Persönliche Verrichtungen
<b>Ausfallzeit</b>	
L	Außer Einsatz (Schlechtwetter, Geräteausfall)

Tab. 6.8: Ablaufartengliederung für den Anschläger

<b>Fertigungszeit</b>	
H	Hauptnutzung
H1	Freistemmen der Tragösen
	Freistemmen der Tragösen der Deckenplatten und Außenwände
	Aufbiegen der Tragösen der Innenwände
H2	Freistemmen der Verbindungsstähle
H3	Aufstemmen der Längsfugen zwischen den Deckenplatten
H4	Aufstemmen der Fugen zwischen Außen- und Innenwänden
N	Nebennutzung
N1	Podest bzw. Leiter auf- und umstellen
N2	Geräte anschließen und bewegen
	Presslufthammer mit Schlauch
	Kabel zur Versorgung des Elektro-Abbruchhammers
N3	Auf- und Abbau der Geländer und Montagestreben (keine Regeltätigkeit)
A	Ablaufbedingte Unterbrechung
A1	Meißel wechseln bzw. nachstellen
A2	Arbeitsplatz säubern
A3	Meistergespräch
<b>Hilfszeit</b>	
Z	Zusätzliche Nutzung
Z1	Bohrung für LAM herstellen, wenn Tragösen nicht verwendbar bzw. nicht vorhanden
S	Störungsbedingte Unterbrechung
S1	Kleinere Reparaturen
S2	Rücksprache bei Fremdgewerken bzw. GU
E	Erholungsbedingte Unterbrechung
E1	Am Arbeitsplatz ausruhen
P	Persönlich bedingte Unterbrechung
P1	Getränke- und Raucherpause
P2	Persönliche Verrichtungen
<b>Ausfallzeit</b>	
L	Außer Einsatz (Schlechtwetter, Geräteausfall)

Tab. 6.9: Ablaufartengliederung für die Stemmarbeiter

#### **Schritt 4: Erforderlichen Beobachtungsumfang n' bestimmen**

Im dritten Schritt muss festgelegt werden, wie viele Beobachtungen erforderlich sind, um zu einem ausreichenden Ergebnis zu kommen. Es werden zuerst der vermutete Anteil  $p$  der am meisten interessierenden Ablaufart sowie der Vertrauensbereich  $f$  bestimmt und danach der voraussichtlich erforderliche Beobachtungsumfang  $n'$  berechnet.

**Schätzung des Anteiles  $p$ :** Bei der Demontage eines Gebäudes interessieren im Wesentlichen die Hauptzeiten, insbesondere die der Stemmarbeiter und die des Anschlägers. Zunächst wird der Anteil der Hauptzeiten an der Arbeitszeit geschätzt, nachdem die Arbeitskräfte im Vorfeld mehrere Tage beobachtet wurden.

Bei den Stemmarbeitern wird ein Hauptzeitanteil von etwa 50 % vermutet, da diese Arbeitskräfte einer hohen körperlichen Belastung ausgesetzt sind und deshalb regelmäßig erholungsbedingte Unterbrechungen nötig werden. Auch spielt die Tatsache eine Rolle, dass die zur Ausübung der Tätigkeit erforderliche Leiter bzw. das Podest sehr umständlich zu bewegen sind.

Beim Anschläger wird ebenfalls ein Anteil der Hauptzeit von etwa 50 % vermutet, weil der Anschläger im vorliegenden Fall gleichzeitig als Vorarbeiter wirksam werden muss.

Sollte die Prozentzahl nach dem ersten Beobachtungstag nicht annähernd erreicht werden, muss sie angepasst werden. Danach beginnt die eigentliche Multimomentaufnahme.

**Festlegung des Vertrauensbereiches  $f$ :** Weiterhin ist festzulegen, mit welchem absoluten Vertrauensbereich  $f$  der Anteil der Hauptzeiten ermittelt werden soll. Dabei gilt: je kleiner  $f$  ist, um so höher ist die Genauigkeit der zu ermittelnden Daten und um so mehr Beobachtungen sind durchzuführen. Die Genauigkeit der zu ermittelnden Daten steigt mit einem geringer werdenden Vertrauensbereich  $f$ . Dem entsprechend sind bei einer hohen Genauigkeit mehr Beobachtungen durchzuführen.

Die Annahme eines 5-%igen Vertrauensbereiches bei einem 50-%igen Hauptzeitanteil sollte nicht überschritten werden. Der relative Vertrauensbereich wäre dann 10 % , das sind 5 % bezogen auf 50 %. Um im sicheren Bereich zu liegen, wurde zunächst von einem 4-%igen Vertrauensbereich ausgegangen.

**Ermittlung der Beobachtungsanzahl n':**

Die Beobachtungsanzahl kann laut REFA mittels einer Leitertafel oder einer Berechnungsformel ermittelt werden<sup>78</sup>. Es wird die Berechnungsformel verwendet:

$$n' = [1,96^2 \times p \times (100\% - p)] / f^2.$$

Für einen geschätzten Anteil  $p = 50\%$  und den gewählten Vertrauensbereich  $f = 4\%$  ergibt sich:

$$n' = [1,96^2 \times 50\% \times (100\% - 50\%)] / (4\%)^2 = 600,25.$$

Um einen 4-%igen Vertrauensbereich zu erreichen, müssten 600 Beobachtungen durchgeführt werden. Diese Anzahl konnte nicht erreicht werden.

Auf Grund der vorliegenden Bedingungen konnten die beiden Stemmarbeiter an drei Tagen ( $1 \times 63$  und  $2 \times 111$  Beobachtungen) und der Anschläger nur an zwei Tagen ( $2 \times 111$  Beobachtungen) beobachtet werden. Es ergeben sich folgende Vertrauensbereiche:

Stemmarbeiter

$$n' = 2 \times (63 + 111 + 111) = 570$$

$$f^2 = [1,96^2 \times p \times (100\% - p)] / n' = [1,96^2 \times 50 \times (100\% - 50\%)] / 570$$

$$f = 4,1\%$$

Anschläger

$$n' = 111 + 111 = 222$$

$$f^2 = [1,96^2 \times p \times (100\% - p)] / n' = [1,96^2 \times 50 \times (100\% - 50\%)] / 222$$

$$f = 6,6\%$$

Der relativ hohe Vertrauensbereich beim Anschläger ist vertretbar, da sein Einfluss auf den Baufortschritt geringer eingeschätzt werden kann als der der Stemmarbeiter.

**Schritt 5: Rundgangszeitpunkt bestimmen**

Die Rundgangszeitpunkte (hier besser Beobachtungszeitpunkte) müssen so gewählt werden, dass die Beobachtungen zufällig erfolgen. Damit werden sowohl die statistischen Bedingungen erfüllt, als auch einer unbewussten Beeinflussung der Ergebnisse durch den Beobachter und den Beobachteten vorgebeugt. Die Bestimmung der Beobachtungszeitpunkte erfolgt mit Hilfe von so genannten Stunden-Minuten-Zufallstafeln (Abb. 6.4). Die Beobachtungsdauer beträgt 1 bis 2 Minuten.

<sup>78</sup> Methodenlehre der Betriebsorganisation / REFA – Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung - Datenermittlung

Zufalls-Stundentafel (06 . . . 17 Uhr)					Zufalls-Minutentafel (00 . . . 59 min)				
11	12	13	14	14	11	12	13	14	14
10 08 12 11 09 12 15 11 07 16 06 09 10 17 15 14 16 15 08 17 16 17 14 13 08	07 12 15 11 09 14 08 17 12 06 11 16 08 07 13 06 17 13 09 10 17 09 07 10 06	15 06 07 10 14 14 10 13 12 16 06 09 11 08 09 09 15 08 07 11 17 12 14 10 16	07 15 13 09 10 13 08 11 16 15 09 10 16 07 13 10 12 17 06 09 14 06 07 15 12	07 15 13 09 10 13 08 11 16 15 09 10 16 07 13 10 12 17 06 09 14 06 07 15 12	10 37 29 12 31 11 09 44 51 15 42 23 04 00 35 59 46 32 19 45 30 18 54 38 48	42 22 19 07 50 05 52 24 20 16 36 04 50 14 57 25 49 08 58 34 55 12 40 33 29	24 32 15 02 10 21 45 17 28 40 17 35 55 20 14 54 23 47 16 52 04 08 41 06 31	24 16 00 49 39 43 02 49 33 05 53 26 56 05 46 36 45 27 17 34 13 55 35 26 03	24 16 00 49 39 43 02 49 33 05 53 26 56 05 46 36 45 27 17 34 13 55 35 26 03
21	22	23	24	24	21	22	23	24	24
11 14 07 15 06 09 13 06 11 17 14 12 09 07 16 16 10 12 05 14 06 09 13 10 15	16 07 13 08 09 10 06 17 12 16 16 10 15 13 12 08 11 09 17 06 11 09 06 15 14	12 08 10 13 07 06 15 12 17 06 16 13 14 07 12 07 10 06 14 13 11 09 10 16 08	16 11 17 14 07 10 09 15 13 17 06 13 07 11 06 11 10 09 07 14 17 08 13 06 12	16 11 17 14 07 10 09 15 13 17 06 13 07 11 06 11 10 09 07 14 17 08 13 06 12	03 14 49 42 59 46 26 17 54 04 58 06 30 38 26 32 49 57 48 21 11 28 38 19 09	34 45 02 43 18 14 39 10 24 31 02 13 11 35 55 41 53 33 28 01 19 36 45 41 52	56 20 45 07 51 23 29 05 08 12 17 37 19 52 25 40 15 00 05 46 44 07 57 49 27	17 58 40 25 22 57 06 37 13 09 36 47 27 58 50 08 29 01 36 47 02 34 47 54 08	17 58 40 25 22 57 06 37 13 09 36 47 27 58 50 08 29 01 36 47 02 34 47 54 08
31	32	33	34	34	31	32	33	34	34
07 17 12 10 09 06 09 17 12 14 14 08 09 06 16 08 15 14 17 12 10 08 15 11 13	09 15 08 17 15 12 14 06 07 11 07 16 15 06 09 14 09 16 12 07 13 12 10 11 08	12 16 17 08 06 08 12 09 16 15 09 17 11 10 13 14 07 12 13 10 15 09 14 10 07	16 08 07 11 06 07 09 10 06 11 08 07 14 07 13 13 17 10 09 12 15 14 16 10 08	16 08 07 11 06 07 09 10 06 11 08 07 14 07 13 13 17 10 09 12 15 14 16 10 08	33 09 26 52 45 07 10 28 50 31 06 32 37 03 15 47 29 06 56 01 32 53 50 15 23	48 15 58 54 40 01 21 37 24 59 54 42 26 04 46 23 04 49 43 30 10 34 24 51 19	36 41 32 22 50 13 17 58 02 43 36 39 26 32 12 25 51 08 54 16 45 33 05 15 40	14 34 44 20 57 05 55 28 35 01 00 11 32 03 53 59 09 41 46 13 47 18 36 58 30	14 34 44 20 57 05 55 28 35 01 00 11 32 03 53 59 09 41 46 13 47 18 36 58 30
41	42	43	44	44	41	42	43	44	44
12 15 09 17 16 15 17 06 13 11 14 09 07 10 14 08 06 16 11 17 08 12 13 06 15	15 06 11 13 16 09 11 12 17 10 11 13 17 12 08 08 10 07 14 06 14 17 09 10 16	16 13 17 14 09 07 06 16 09 15 12 10 06 16 17 09 12 13 07 11 08 06 10 11 07	15 09 14 11 13 08 16 06 12 07 07 13 10 06 09 10 12 15 08 14 11 15 07 17 16	15 09 14 11 13 08 16 06 12 07 07 13 10 06 09 10 12 15 08 14 11 15 07 17 16	19 24 31 35 03 51 09 56 19 35 22 10 05 54 30 02 32 36 46 42 57 34 40 08 22	00 30 34 26 45 33 44 06 51 35 49 51 12 21 08 56 23 07 48 17 12 35 04 37 53	14 18 48 58 24 11 28 22 03 54 35 53 27 31 14 41 06 07 47 43 53 38 39 01 50	15 28 42 18 21 36 16 57 43 03 26 49 13 37 59 01 39 25 29 52 17 45 32 10 55	15 28 42 18 21 36 16 57 43 03 26 49 13 37 59 01 39 25 29 52 17 45 32 10 55
51	52	53	54	54	51	52	53	54	54
12 15 14 09 07 13 11 16 06 12 17 07 10 15 06 09 13 06 10 14 07 08 15 17 11	13 16 11 15 07 14 06 17 07 08 08 13 09 12 10 11 14 12 13 16 16 07 06 09 14	14 12 08 15 16 06 14 17 08 11 08 10 16 12 14 15 17 13 11 12 17 07 11 09 06	16 10 15 13 07 13 16 09 11 06 15 08 16 14 11 08 11 10 17 13 06 17 12 07 15	16 10 15 13 07 13 16 09 11 06 15 08 16 14 11 08 11 10 17 13 06 17 12 07 15	36 27 51 13 04 16 05 39 26 21 21 50 40 00 18 51 35 22 10 43 44 47 50 16 52	55 27 44 07 18 28 31 34 16 07 20 53 30 24 40 39 13 01 45 59 25 42 12 29 50	42 17 39 48 41 08 28 58 19 33 57 32 17 02 40 47 09 44 33 01 10 53 03 40 25	56 32 18 59 43 14 47 49 23 06 33 56 11 39 27 21 07 40 46 15 38 00 35 04 12	56 32 18 59 43 14 47 49 23 06 33 56 11 39 27 21 07 40 46 15 38 00 35 04 12
61	62	63	64	64	61	62	63	64	64
17 10 16 06 08 16 08 11 13 14 10 14 12 16 15 06 13 06 09 06 11 12 10 17 07	08 17 07 13 14 13 15 06 09 10 11 16 13 07 06 15 09 15 17 11 16 11 08 14 17	16 13 09 11 09 14 07 11 12 08 11 15 08 17 14 12 17 06 07 10 07 14 13 15 12	13 08 09 17 11 11 15 10 08 14 09 07 17 06 15 17 10 16 13 07 07 14 11 15 12	13 08 09 17 11 11 15 10 08 14 09 07 17 06 15 17 10 16 13 07 07 14 11 15 12	11 23 18 35 58 20 08 23 40 14 54 37 42 10 28 00 42 49 25 05 23 55 05 39 37	24 00 46 57 01 53 36 03 23 20 11 09 19 04 50 43 25 22 11 30 01 22 57 03 17	18 26 14 41 48 30 38 45 51 20 48 33 27 29 09 25 07 34 16 53 02 56 41 20 06	29 31 59 54 46 12 02 39 20 56 21 51 31 59 22 23 09 47 06 55 33 44 24 39 30	29 31 59 54 46 12 02 39 20 56 21 51 31 59 22 23 09 47 06 55 33 44 24 39 30
71	72	73	74	74	71	72	73	74	74
17 12 15 13 16 15 13 09 08 06 09 14 16 10 08 07 06 13 15 17 14 15 12 07 11	17 14 11 13 10 10 16 14 07 12 08 11 15 12 09 16 14 06 15 13 15 08 12 16 11	08 16 14 07 13 10 12 06 15 09 12 15 11 16 14 06 11 15 10 17 07 13 12 11 16	15 09 10 06 12 16 06 15 13 08 12 13 07 16 14 17 12 09 10 15 06 10 17 14 11	15 09 10 06 12 16 06 15 13 08 12 13 07 16 14 17 12 09 10 15 06 10 17 14 11	17 00 44 55 02 48 41 25 15 27 29 33 06 22 38 38 07 41 43 58 48 24 56 38 09	54 06 28 59 19 21 51 33 56 09 37 14 04 10 39 49 38 30 27 48 46 10 12 21 42	53 28 16 45 38 58 06 40 29 15 13 02 18 52 25 30 32 11 01 57 25 44 32 38 05	49 20 08 43 12 34 08 13 55 23 45 53 36 09 20 50 44 03 53 03 37 59 48 16 31	49 20 08 43 12 34 08 13 55 23 45 53 36 09 20 50 44 03 53 03 37 59 48 16 31
81	82	83	84	84	81	82	83	84	84
12 08 16 06 11 07 10 08 12 14 10 13 15 17 07 16 14 11 06 10 06 14 09 15	11 08 17 16 09 09 16 11 14 07 13 07 14 10 06 14 15 07 06 11 07 12 09 17 16	13 10 07 11 12 10 06 09 14 07 17 14 10 08 16 06 12 14 16 17 11 07 15 17 13	08 06 14 10 09 10 12 17 11 14 09 08 12 15 17 11 15 06 16 17 06 17 09 13 12	08 06 14 10 09 10 12 17 11 14 09 08 12 15 17 11 15 06 16 17 06 17 09 13 12	02 56 14 42 39 26 07 50 34 15 45 16 30 59 52 52 41 38 12 24 18 03 56 16 33	41 20 26 31 08 52 34 06 48 18 02 29 21 55 46 52 37 58 19 29 15 06 49 43 57	32 51 47 20 00 11 44 17 01 47 05 58 06 43 23 18 13 28 54 42 14 38 44 07 36	09 46 57 25 22 51 13 07 35 03 35 48 19 04 43 19 54 40 22 46 10 27 04 41 00	09 46 57 25 22 51 13 07 35 03 35 48 19 04 43 19 54 40 22 46 10 27 04 41 00
91	92	93	94	94	91	92	93	94	94
17 10 08 15 14 10 11 09 13 08 13 16 14 08 17 08 13 06 17 09 15 07 11 10 12	06 08 09 12 16 07 13 16 15 11 12 09 07 13 17 08 15 17 14 10 14 16 13 06 08	08 12 09 10 17 13 07 17 06 10 12 16 10 13 14 16 13 08 15 09 17 08 11 12 15	08 09 07 13 10 09 16 11 14 13 15 10 12 07 09 17 12 08 06 16 13 11 16 17 08	08 09 07 13 10 09 16 11 14 13 15 10 12 07 09 17 12 08 06 16 13 11 16 17 08	55 39 50 26 31 42 10 26 58 29 54 23 30 42 52 11 31 34 09 18 19 21 48 16 27	24 13 30 33 44 55 16 37 22 27 20 41 03 28 01 57 21 51 11 17 44 14 08 47 00	27 37 25 22 01 12 59 49 02 15 04 00 13 40 46 50 12 55 05 38 28 06 34 56 21	59 05 13 56 49 07 52 31 11 04 31 47 58 43 12 27 11 20 36 29 10 15 07 14 24	59 05 13 56 49 07 52 31 11 04 31 47 58 43 12 27 11 20 36 29 10 15 07 14 24

Abb. 6.4: Stunden-Minuten-Zeittafel für Arbeitszeiten zwischen 6:00 und 17:59 Uhr nach REFA<sup>79</sup>

<sup>79</sup> Methodenlehre der Betriebsorganisation / REFA – Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung - Datenermittlung, S. 249

Zuerst wird die tägliche Beobachtungszahl bestimmt. Aus der Anzahl der auszuführenden Beobachtungen  $n'$  und der zur Verfügung stehenden Zeit  $T$  für die Durchführung ergibt sich die Anzahl  $n_T$  der täglichen Beobachtungen:

- Stemmarbeiter ( $n' = 570, T = 3$ ):  
 $n_T = n'/T = 570/3 = 190,$
- Anschläger ( $n' = 222, T = 2$ ):  
 $n_T = 222/2 = 111.$

Es ergeben sich somit im Durchschnitt für

- die Stemmarbeiter 190 Beobachtungen / 2 AK = 95 Rundgänge,
- den Anschläger 111 Rundgänge.

Ist die Zahl der täglichen Rundgänge bestimmt, wird mit Hilfe der Stunden-Minuten-Zufallszahlentafel der Rundgangszeitplan festgelegt (Abb. 6.4). Ein Zahlenblock der Zufalls-Studentafel wird willkürlich gewählt. Die ausgewählten 25 Stundenwerte werden in dem Block spaltenweise gelesen und in einer Tabelle zunächst unsortiert untereinander eingetragen. Danach werden aus einem benachbarten Block ebenfalls die Stundenwerte übernommen usw. Die Minuten-Zufallstafel wird genauso wie die Stunden-Zufallstafel benutzt.

Da sich mit Sicherheit einige Zeiten ergeben, die nicht möglich sind werden diese herausgestrichen. Dazu zählen die Pausenzeiten ebenso wie außerhalb der Arbeitszeit liegende Zeiten. Deshalb müssen im Vorfeld die Pausen- und Arbeitszeiten festgelegt werden:

Montag bis Donnerstag:	Freitag:
Arbeitsbeginn: 07.00 Uhr	Arbeitsbeginn : 07.00 Uhr
Arbeitsende : 18.00 Uhr	Arbeitsende : 16.00 Uhr
Arbeitspausen: 09.30 Uhr – 10.00 Uhr	Arbeitspausen: 09.00 Uhr – 09.30 Uhr
13.30 Uhr – 14.00 Uhr	12.30 Uhr – 13.00 Uhr

Die jetzt verbliebenen Zeiten werden sortiert eingetragen. Zu dicht liegende Zeiten werden gestrichen und durch so genannte Ergänzungszeiten vervollständigt.

Nach Einfügen der Ergänzungszeiten in die sortierten Zeiten entstehen die Rundgangszeitpunkte. Die Rundgangszeitpunkte wurden in einem Forschungsbericht dokumentiert<sup>80</sup>.

---

<sup>80</sup> NAGORA,A.: Arbeitsstudien bei Demontagen, Anlagen 2.1 und 2.2

## 6.2.2 Durchführung der Beobachtungen

Die Durchführung der Beobachtungen entspricht Schritt 6 des REFA-Standardprogramms für Multimomentaufnahmen.

Die nachfolgenden Multimomentaufnahmen wurden für den Anschläger und die Stemmarbeiter am 10.07.2001 und 11.07.2001 durchgeführt. Für die Stemmarbeiter erfolgten außerdem Beobachtungen am 06.07.2001.

Die Beobachtungen erfolgten unter im Prinzip gleichen Arbeitsbedingungen. Die zu beobachteten Arbeitskräfte wechselten nicht und benutzten an den Beobachtungstagen die gleichen Arbeitsmittel. Unterschiedlich waren die klimatischen Bedingungen.

Während am 06.07. und 10.07.2001 die Lufttemperaturen weit über 30<sup>0</sup> C lagen, betrugen sie am 11.07.2001 nur 22<sup>0</sup> C.

Um die richtige Aufstellung der Ablaufarten sicher zu stellen, wurde zunächst ein Proberundgang durchgeführt. Die zu beobachteten Personen wurden vor den Beobachtungen informiert.

Die Ergebnisse der Multimomentaufnahme<sup>81</sup> sind in Tab. 6.10 und Tab. 6.11 zusammengefasst.

---

<sup>81</sup> NAGORA,A.: Arbeitsstudien bei Demontagen, Anlagen 2.3 und 2.4

Ablaufart		Beobachtung		Anzahl xa	Summe x	Anteil p in %
		10.07.01	11.07.01			
	<b>Hauptnutzung</b>				<b>111</b>	<b>50,00</b>
H1	Anschlagen vorbereiten	18	28	46		20,72
H2	Schweißverbindungen trennen	26	21	47		21,17
H3	Anschlagen	6	12	18		8,11
	<b>Nebennutzung</b>				<b>45</b>	<b>20,27</b>
N1	Podest/Leiter auf/umstellen	4	8	12		5,41
N2	Schweißgerät anschli./bewegen	5	13	18		8,11
N3	Gelände/ MS auf- u. abbauen	11	4	15		6,75
	<b>Ablaufbed. Unterbrechen</b>				<b>27</b>	<b>12,16</b>
A1	Schweißelektrode wechseln	1	2	3		1,35
A2	Arbeitsplatz säubern	4	6	10		4,50
A3	Meistergespräch	8	6	14		6,31
	<b>Zusätzliche Nutzung</b>				<b>11</b>	<b>4,96</b>
Z1	Tragösen von Schutt freilegen	7	4	11		4,96
	<b>Störungsbed. Unterbrechen</b>				<b>10</b>	<b>4,50</b>
S1	Kleinere Reparaturen	1	-	1		0,45
S2	Rückfr. bei Fremdgew. Bzw. GU	7	2	9		4,05
	<b>Erholungsbed. Unterbrechen</b>				<b>2</b>	<b>0,90</b>
E1	Am Arbeitsplatz ausruhen	1	1	2		0,90
	<b>Persönlich bed. Unterbrechen</b>				<b>12</b>	<b>5,41</b>
P1	Getränke-, Raucherpause	5	3	8		3,61
P2	Sonst. persönl. Verrichtungen	3	1	4		1,80
L1	<b>Außer Einsatz</b>	4	-	4	<b>4</b>	<b>1,80</b>
X1	<b>Nicht erkennbar</b>	-	-	-	-	-
<b>Summe</b>		<b>111</b>	<b>111</b>	<b>222</b>	<b>222</b>	<b>100,00</b>

Tab. 6.10: Ergebnisse der Multimomentaufnahme für den Anschläger

Ablaufart		Beobachtung			Anzahl xa	Summe x	Anteil p in %
		06.07.01	10.07.01	11.07.01			
	<b>Hauptnutzung</b>					<b>282</b>	<b>49,47</b>
H1	freistemmen der Tragösen	13	22	25	60		10,53
H2	Freist. der Verbindungsstähle	26	38	28	92		16,14
H3	Aufst. d. Fugen zw. DP	4	43	3	50		8,77
H4	Aufst. d. Fugen zw. IW u. AW	17	27	36	80		14,03
	<b>Nebennutzung</b>					<b>135</b>	<b>23,68</b>
N1	Podest/Leiter auf/umstellen	10	12	15	37		6,49
N2	Geräte anschliessen/bewegen	13	23	33	69		12,10
N3	Gelände/ MS auf- u. abbauen	9	-	20	29		5,09
	<b>Ablaufbed. Unterbrechen</b>					<b>47</b>	<b>8,25</b>
A1	Meißel wechseln/nachstellen	-	1	-	1		0,18
A2	Arbeitsplatz säubern	4	9	19	32		5,61
A3	Meistergespräch	4	4	6	14		2,46
	<b>Zusätzliche Nutzung</b>					-	-
Z1	Zusätzl. Bohrung für LAM	-	-	-	-		-
	<b>Störungsbed. Unterbrechen</b>					<b>14</b>	<b>2,46</b>
S1	Kleinere Reparaturen	2	4	-	6		1,05
S2	Rückfr. bei Fremdgew. Bzw. GU	2	2	4	8		1,41
	<b>Erholungsbed. Unterbrechen</b>					<b>27</b>	<b>4,74</b>
E1	Am Arbeitsplatz ausruhen	5	16	6	27		4,74
	<b>Persönlich bed. Unterbrechen</b>					<b>68</b>	<b>11,40</b>
P1	Getränke-, Raucherpause	14	18	25	57		10,00
P2	Sonst. persönl. Verrichtungen	3	3	2	8		1,40
L1	<b>Außer Einsatz</b>	-	-	-	-	-	
X1	<b>Nicht erkennbar</b>	-	-	-	-	-	
Summe		<b>126</b>	<b>222</b>	<b>222</b>	<b>570</b>	<b>570</b>	<b>100,00</b>

Tab. 6.11: Ergebnis der Multimomentaufnahme für die Stemmarbeiter

Eine Zwischenauswertung nach 500 Beobachtungen (Schritt 7 nach REFA-Standardprogramm) war aufgrund der relativ wenigen relativ Beobachtungen nicht erforderlich.

### 6.2.3 Auswertung der Multimomentaufnahmen

Die Auswertung der Multimomentaufnahmen umfasst den Schritt 8 des REFA Standardprogramms: die statistische Auswertung und Interpretation der Ergebnisse.

#### 6.2.3.1 Stemmarbeiter

Grundlage der statistischen Auswertung sind die 570 Beobachtungen, die in Tab. 6.12, Spalten 1 und 2 nach Ablaufarten gegliedert, aufgelistet sind. Anschließend wird der prozentuale Anteil der einzelnen Ablaufarten ermittelt, der erzielte Vertrauensbereich für jede Ablaufart nach der Beziehung

$$f = 1,96 \times \sqrt{\frac{p \times (100\% - p)}{n}}$$

berechnet und in die Spalten 3 und 4 der Tab. 6.12 eingetragen.

Ablaufart	Anzahl	Anteil p in %	Erzielter Vertrauens bereich f	Anteil p bei einer Aussagewahr- scheinlichkeit von S = 91,8 %	
				mind. (p-f)	höchst. (p+f)
		%	%	%	%
1	2	3	4	5	6
Hauptnutzung	282	49,47	4,12	45,35	53,59
Nebennutzung	135	23,68	3,74	19,94	27,42
Ablaufbedingte Unterbrechung	47	8,25	2,25	6,00	10,50
<b>Fertigungszeit</b>	<b>464</b>	<b>81,40</b>	<b>3,19</b>	<b>78,21</b>	<b>84,59</b>
Zusätzliche Nutzung	-	-	-	-	-
Störungsbed. Unterbrechung	14	2,46	1,27	1,19	3,73
Erholungsbed. Unterbrechung	27	4,74	1,74	3,00	6,48
Persönlich bed. Unterbrechung	65	11,40	2,61	8,79	14,01
<b>Hilfszeit</b>	<b>106</b>	<b>18,6</b>	<b>3,19</b>	<b>15,41</b>	<b>21,79</b>
<b>Außer Einsatz = Ausfallzeit</b>	-	-	-	-	-
	570	100			

Tab. 6.12: Statistische Auswertung der Multimomentaufnahme für die Stemmarbeiter

Für die Fertigungszeit wird der erzielte Vertrauensbereich wie folgt berechnet:

$$f = 1,96 \times \sqrt{\frac{p \times (100\% - p)}{n}} = 1,96 \times \sqrt{\frac{81,40\% \times (100\% - 81,40\%)}{570}} = 3,19 \%$$

Da der festgelegte Vertrauensbereich von 4,1 % (siehe Schritt 4 des REFA Standardprogramms) nicht überschritten wird, ist die Multimomentaufnahme gültig.

Abschließend wird der Mindest- bzw. Höchstanteil je Ablaufart bei der gewählten Aussagewahrscheinlichkeit ermittelt (Spalten 5 und 6 der Tab. 6.12).

Das Ziel der Multimomentaufnahme für die zwei Stemmarbeiter war die Bestimmung des Anteiles ihres Arbeitszeitvermögens für die Hauptnutzung. Die Stemmarbeiter nutzten 49,47 % ihrer Arbeitszeit (mindestens 45,35 % und höchstens 53,59 %) für das Freistemmen der Tragösen und Verbindungsstähle sowie das Aufstemmen der Fugen.

Zusammen mit der Nebennutzung (23,68 %) beträgt der Anteil an der Fertigungszeit 73,15 %. Die Zeit für die ablaufbedingten Unterbrechungen (8,25 %) und die Hilfszeit (18,60 %) ergeben einen Zeitanteil von 26,85 %, der bei den Zeitaufnahmen für die kranunabhängigen Arbeiten nicht berücksichtigt wurde.

Der relativ hohe Anteil der Nebennutzung wird maßgeblich durch den Auf- und Umbau der Stemmwerkzeuge und durch das Bewegen der Leitern bzw. Podeste bestimmt und entspricht ca. 1/5 der Gesamtarbeitszeit. Die Podeste passen nicht durch die vorhandenen Türen und müssen mit dem Kran umgesetzt werden. Ungünstig wirkt sich weiterhin aus, dass beim Typ P 2, 11-Geschosser nur alle drei Etagen Verteilergänge vorhanden sind, die eine Begehbarkeit des Demontageobjektes in Längsrichtung gestatten. Die Stemmarbeiter gehen der Demontage als „Vorbereiter“ voraus und können die Nachbarsektion oft nur über eine Treppe nach oben oder unten erreichen.

Der Einsatz von zwei Stemmarbeitern ist nach Beobachtung und Auswertung des Bauablaufes gerechtfertigt. Eine Verzögerung der Demontage tritt nicht auf, wenn die Stemmarbeiter genügend Vorlauf haben.

Der Einsatz dieser Arbeitskräfte für den An- bzw. Abbau von Geländern und Montagestreben, wie es am 06.07.2001 und 11.07.2001 erfolgte, ist nicht zu empfehlen. Diese, für die Stemmarbeiter nicht vorgesehene Tätigkeit, musste mit verrichtet werden, weil an diesen Tagen die entsprechende Arbeitskraft fehlte. Um eine Demontageverzögerung zu verhindern, wurden die Außen- und Innenwandfugen nicht mehr vollständig freigestemmt, sondern nur noch von oben bis zur Hälfte freigelegt, so dass der restliche Teil der Vermörtelung beim Anheben des Elementes zusammen fiel. Teilweise wurden die Außenwände auch ohne das Freistemmen der Fuge demon- tiert.

### Schlussfolgerungen/Empfehlungen

Die zwei Stemmarbeiter sollten nicht für Arbeiten, die außerhalb der Fertigungszeit liegen, eingesetzt werden. Der Auf- und Abbau der Geländer und Montagestreben muss durch eine weitere Arbeitskraft (Hilfskraft) ausgeführt werden. Die Zeiten für die einzelnen Ablaufarten sollten wie folgt geplant werden;

- 55 % der Gesamtarbeitszeit für Hauptnutzung,
- 20 % der Gesamtarbeitszeit für Nebennutzung, d.h. Geräte anschließen und Leitern bzw. Podeste umbauen,
- 25 % für störungs-, erholungs- und persönlich bedingte Unterbrechungen.

Zwei Arbeitskräfte sind für die Durchführung der Stemmarbeiten ausreichend.

#### 6.2.3.2 Anschläger

Die statistische Auswertung der Multimomentaufnahmen des Anschlägers geschieht in gleicher Weise wie die der Stemmarbeiter (Tab. 6.13 auf der Grundlage der Tab. 6.10).

Ablaufart	Anzahl	Anteil p in %	Erzielter Vertrauensbereich f	Anteil p bei einer Aussagewahrscheinlichkeit von S = 91,8 %	
				mind. (p-f)	höchst. (p+f)
		%	%	%	%
1	2	3	4	5	6
Hauptnutzung	111	50,00	6,58	43,42	56,58
Nebennutzung	45	20,27	5,29	14,98	25,56
Ablaufbedingte Unterbrechung	27	12,16	4,30	7,86	16,46
<b>Fertigungszeit</b>	<b>183</b>	<b>82,43</b>	<b>5,00</b>	<b>77,43</b>	<b>87,43</b>
Zusätzliche Nutzung	11	4,96	2,86	2,10	7,82
Störungsbed. Unterbrechung	10	4,50	2,73	1,77	7,23
Erholungsbed. Unterbrechung	2	0,90	1,24	-0,34	2,14
Persönlich bed. Unterbrechung	12	5,41	2,98	2,43	8,39
<b>Hilfszeit</b>	<b>35</b>	<b>15,77</b>	<b>4,80</b>	<b>10,98</b>	<b>20,58</b>
<b>Außer Einsatz = Ausfallzeit</b>	<b>4</b>	<b>1,80</b>	<b>1,75</b>	<b>0,05</b>	<b>3,55</b>
	222	100			

Tab. 6.13: Statistische Auswertung der Multimomentaufnahme für den Anschläger

Der Vertrauensbereich für die Fertigungszeit beträgt:

$$f = 1,96 \times \sqrt{\frac{p \times (100\% - p)}{n}} = 1,96 \times \sqrt{\frac{82,43\% \times (100\% - 82,43\%)}{222}} = 5,00 \%$$

Der für den Anschläger festgelegte Vertrauensbereich von 6,58 % wurde mit 5,00 % nicht überschritten, d.h. die für den Anschläger durchgeführte Multimomentaufnahme ist gültig.

Die Tätigkeiten der Hauptnutzung des Anschlägers betragen 50 % (mindestens 43,42 % und höchstens 56,58 %). Mehr als eine 50-prozentige Hauptnutzung ist nicht erforderlich, da auf dieser Baustelle der Fließestrich mittels Kran und 1,5 m<sup>3</sup> Kübel entsorgt wurde und daher der Kran voll ausgelastet war.

Die Nebennutzung für das Auf- und Abbauen der Geländer und Montagestreben, das Auf- und Umstellen der Leitern bzw. Podeste sowie das Anschließen und Bewegen des Schweißgerätes ist mit einem Anteil von 20,27 % relativ hoch. Die durch die Wände beeengte Arbeitsfläche verursacht immer wieder ein Festhängen der Kabel für die Stromversorgung der Schweißmaschine. Damit beträgt der Anteil für Haupt- und Nebennutzung 70,27 %.

Der Zeitanteil für ablaufbedingte Unterbrechungen beträgt 12,16 % und ergibt sich aus der Funktion des Anschlägers als Vorarbeiter.

Persönlich bedingte Unterbrechungen sind beim Anschläger mit ca. 5 % wesentlich geringer, als bei den Stemmarbeitern, was auf eine nicht so körperlich anstrengende Arbeit wie die der Stemmarbeiter zurückzuführen ist. Die Hilfszeit liegt mit 15,77 % etwas unter der der Stemmarbeiter.

Die Zeit für die ablaufbedingten Unterbrechungen (12,16 %), die Hilfszeit (15,77 %) und die Ausfallzeit (1,80 %) ergeben einen Zeitanteil von 29,73 %, der bei den Zeitaufnahmen für die kranunabhängigen Arbeiten nicht berücksichtigt wurde.

### Schlussfolgerungen/Empfehlungen

Eine erfahrene Arbeitskraft als Anschläger ist ausreichend. Die Zeiten für die einzelnen Ablaufarten sollten wie folgt geplant werden:

- 50 % der Gesamtarbeitszeit als Hauptnutzung,
- 20 % der Gesamtarbeitszeit für die Nebennutzung, d.h. Auf- und Abbauen der Geländer und Montagestreben, Auf- und Umstellen der Leiter bzw. Podeste sowie Anschließen und Bewegen des Schweißgerätes,
- 30 % für störungs-, erholungs- und persönlich bedingte Unterbrechungen.

#### 6.2.3.3 Fazit

Die Stemmarbeiter und der Anschläger sind mit rund 80 % in der Fertigungszeit tätig (Abb. 6.5). Die Hilfszeiten unterscheiden sich nur um ca. 3 %, da die Stemmarbeiter aufgrund ihrer körperlich schweren Arbeit mehr Erholungspausen benötigen. Die Ausfallzeit von 1,80 % beim Anschläger resultierte aus dem Ausborgen des Schweißgerätes an ein Fremdwerk.

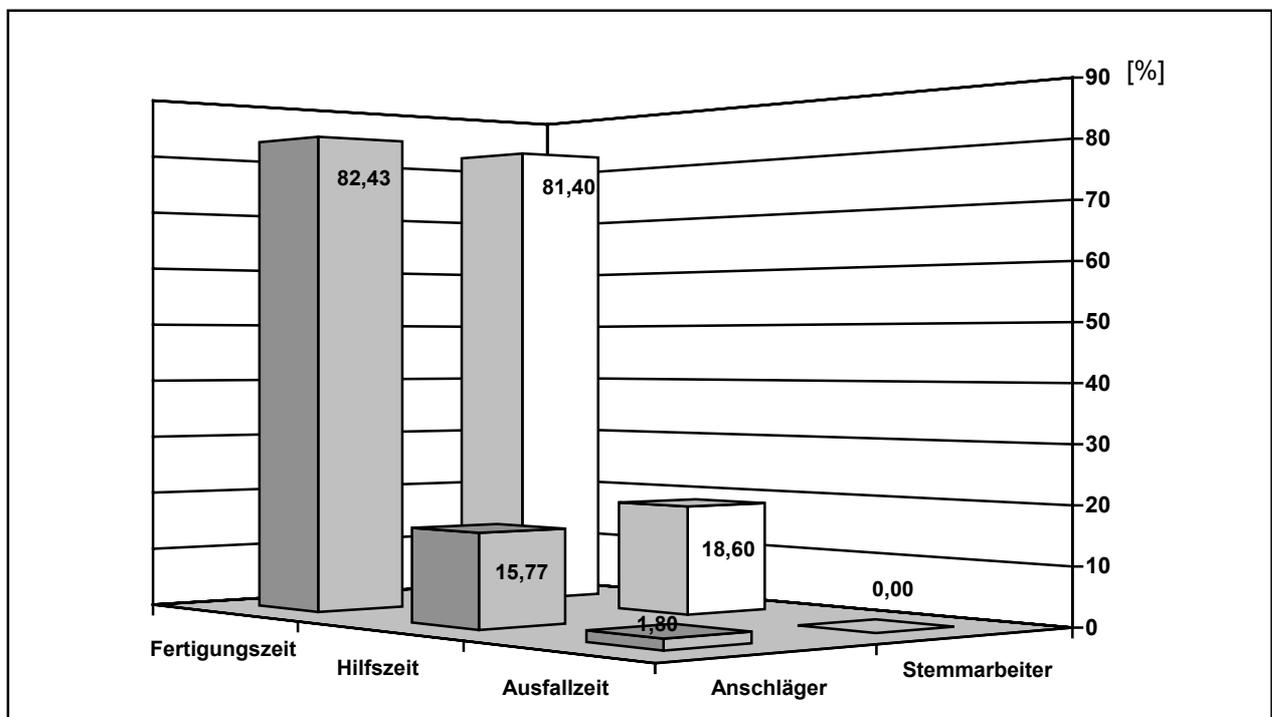


Abb. 6.5: Gegenüberstellung der Fertigungs-, Hilfs- und Ausfallzeiten von Anschläger und Stemmarbeiter

### 6.3 Aufwandswerte

Unter Ziffer 6.1 wurden durch Zeitaufnahmen Kranspielzeiten (Mittelwerte entsprechend Tab. 6.3) sowie Zeiten für die kranunabhängigen Arbeiten ermittelt (Tab. 6.7), die in Tab. 6.14 zusammengestellt sind.

Element	Kranspielzeit	Zeit für kranunabhängige Arbeiten
	[min]	[min]
Deckenplatte	07:04	29:50
Außenwand	08:56	49:15
tragende IW	08:22	23:33
<b>Durchschnitt</b>	<b>08:07</b>	<b>34:13</b>

Tab. 6.14: Kranspielzeiten (ohne Nebennutzung) und Zeiten für kranunabhängige Arbeiten

Die Ergebnisse der Multimomentaufnahmen (Ziffer 6.2) enthält Tab. 6.15. Während die Zeitan-teile für die Haupt- und Nebennutzung Bestandteil der Zeitaufnahmen für die kranunabhängigen Arbeiten sind, wurden die Zeitan-teile für ablaufbedingte Unterbrechungen und die Hilfszeiten bisher nicht bei den Zeiten für die kranunabhängigen Arbeiten erfasst.

Ablaufart	Stemmarbeiten	Anschläger	Durchschnitt
Haupt- und Nebennutzung	73,15 %	70,27%	71,71 %
Ablaufbedingte Unterbrechungen, Hilfs- und Ausfallzeiten	26,85 %	29,73 %	<b>28,29 %</b>

Tab. 6.15: Ergebnisse der Multimomentaufnahmen

Der Aufwandswert ergibt sich aus:

- den Kranspielzeiten, multipliziert mit der Anzahl der unmittelbar beteiligten Arbeitskräfte sowie einem Faktor von 30,29 %, der die Neben- und Stillstandszeiten berücksichtigt (Ziffer 6.1.1.3.4, Seite 81 f.) und
- den Zeiten der kranunabhängigen Arbeiten, multipliziert mit einem Faktor 28,29 %, der die Nebenzeiten (ablaufbedingte Unterbrechungen, Hilfs- und Ausfallzeiten) berücksichtigt.

Während der Zeit- und Multimomentaufnahmen waren bei der unmittelbaren Demontage 6 Arbeitskräfte im Einsatz (2 Stemmarbeiter, 1 Anschläger, 1 Abschläger, 1 Hilfskraft und 1 Kranfahrer). Hinzu kommen 2 Arbeitskräfte für die Estrichbeseitigung sowie der Baggerfahrer für das Brechen der nicht zur Remontage vorgesehenen Elemente sowie zeitweise ein Polier.

Bei den kranabhängigen Arbeiten waren direkt gebunden: der Kranfahrer, der Abschläger sowie der Anschläger zu ca. 20 % (das entspricht 2,2 Arbeitskräfte).

Der durchschnittliche Aufwandswert für die Demontage von Fertigteilen am Musterprojekt Theodor-Storm-Straße 9 in Cottbus (Typenbauserie P 2/11 Ratio 77) ergibt sich entsprechend Tab. 6.16 zu 67:10 min/Element. Bei diesem durchschnittlichen Aufwandswert wurde nicht berücksichtigt, dass bei den sonstigen Elementen (Loggia- und Treppenelemente, nicht tragende Innenwände) der Anteil der kranunabhängigen Zeiten etwas geringer ist als bei den Fertigteilen, für die die Zeit- und Multimomentaufnahmen durchgeführt worden sind.

Element	Kranabhängige Arbeiten			Kranunabhängige Arbeiten		Aufwandswert
	Kran-spielzeit	beteiligte AK	Nebenzeiten	Aufwand	Unterbrechungen und Hilfszeiten	Sp.2 x Sp.3 x (1 + Sp.4 / 100) + Sp.5 x (1 + Sp.6 / 100)
	[min]		%	[min]	%	[min/Element]
1	2	3	4	5	6	7
Deckenplatte	07:04	2,2	30,29	29:50	28,29	58:32
Außenwand	08:56	2,2	30,29	49:15	28,29	88:47
Tragende IW	08:22	2,2	30,29	23:33	28,29	54:12
Durchschnitt	08:07	2,2	30,29	34:13	28,29	67:10

Tab. 6.16: Ermittlung der Aufwandswerte

Bei einer täglichen Arbeitszeit von 10 Stunden ergibt sich für die 6 unmittelbar an der Demontage beteiligten Arbeitskräfte nachfolgend ein Arbeitszeitvolumen pro Tag von

$$10 \text{ Std./AK und Tag} \times 6 \text{ AK} \qquad 60:00 \text{ Std./Tag}$$

Pro Tag wurden 51 Elemente demontiert.

Die Zeit- und Multimomentaufnahmen ergaben einen durchschnittlichen Aufwandswert von 67:10 min pro Element. Der Ist-Arbeitszeitaufwand beträgt demnach:

$$51 \text{ Elemente/Tag} \times 67:10 \text{ min/Element} \qquad 57:06 \text{ Std./Tag}$$

Die Differenz zwischen Arbeitszeitvolumen und Ist-Arbeitszeitaufwand beträgt

$$60:00 \text{ Std./Tag} - 57:06 \text{ Std./Tag} = 02:54 \text{ Std./Tag}$$

und ergibt sich aus den Kranzeiten für Fremdnutzung und Förderung der Schuttcontainer.

Ein Vergleich zwischen Arbeitszeitvolumen und Ist-Arbeitszeitaufwand bestätigt eine den Erfordernissen entsprechende Zusammensetzung der Demontagekolonne und die Gültigkeit der durchgeführten Zeit- und Multimomentaufnahmen.

#### **6.4 Zusammensetzung der Demontagekolonne**

Eine Demontagekolonne im Plattenbau unterscheidet sich nicht wesentlich von einer Montagekolonne. Es werden einschließlich Kranfahrer 6 Arbeitskräfte benötigt:

1	Kranfahrer	
1	Anschläger	Trennen der Verbindungsstähle, anschlagen
1	Abschläger	Abschlagen am Zwischenlagerplatz
2	Stemmarbeiter	Freistemmen der Tragösen und Verbindungsstähle, Freistemmen der Fugen
1	Hilfskraft	Anbringen der Demontagestreben, Anbringen Schutzgeländer

Dass diese Arbeitskräfte ausreichend sind, um einen kontinuierlichen Kraneinsatz zu gewährleisten, wurde durch die Zeit- und Multimomentaufnahmen bestätigt.

#### **6.5 Zusammenfassung und Verallgemeinerung der Ergebnisse**

Die Zeit- und Multimomentaufnahmen am Musterprojekt Theodor-Storm-Straße 9 in Cottbus (Typenbauserie P 2/11 Ratio 77) lieferten nachfolgende Kranspielzeiten (Tab. 6.17) und Aufwandswerte (Tab. 6.18).

Diese Kranspielzeiten sind Mittelwerte für die Demontage von Elementen aus dem 11. bis 7. Geschoss. Pro Geschoss kann die Kranspielzeit gemäß Untersuchungen unter Ziffer 6.1.1.3.3 jeweils um 0:32 min reduziert werden.

Fertigteil	Kranspielzeit	
	ohne	mit
	Nebenzeiten	
	[min]	[min]
Decke	07:04	09:12
Außenwand	08:56	11:38
tragende Innenwand	08:22	10:54
Sonstige Elemente	05:44	07:28
<b>Mittelwert</b>	<b>07:31</b>	<b>09:48</b>

Tab. 6.17: Kranspielzeiten bei der Demontage von Plattenbauten

Teilprozess	Arbeitszeitaufwand	
	ohne	mit
	Nebenzeiten	
	[min]	[min]
Freistemmen einer Deckentragöse	01:11	01:31
Freistemmen einer Außenwand	03:00	03:50
Freistemmen von Verbindungsstäben im Deckenbereich	00:56	01:11
Freistemmen von Verbindungsstäben zwischen AW und AW	08:11	10:29
Aufstemmen von Außenwandfugen	27:30	35:17
Aufstemmen von Fugen zwischen AW und IW	30:43	39:25
Aufstemmen der Längsfuge einer Deckenplatte	35:00	44:54
Trennen von Verbindungsstäben	00:20	00:25
Anbringen von Demontagestreben	03:27	04:25
Anbringen eines Schutzgeländers (2 Pfosten, 2 Seitenschutzbretter)	07:06	09:06

Tab. 6.18: Arbeitszeitaufwände für typische Teilprozesse bei der Demontage von Plattenbauten

Die Kranspielzeiten lassen sich prinzipiell auch auf andere Plattenbauten übertragen. Sie können unter der Bedingung, dass die kranunabhängigen Arbeiten mit entsprechendem Vorlauf ausgeführt werden und den Hebezeugeinsatz nicht behindern, einer Demontagezeitermittlung zugrunde gelegt werden. Da die Arbeitszeitaufwände sich nicht auf einzelne Elemente, sondern auf kranunabhängige Teilprozesse beziehen, sind sie auch auf andere Plattenbauten übertragbar. Die unter Ziffer 6.3 ermittelten Aufwandswerte (je Element) sind weder auf Plattenbauten der Typenbauserie P 2<sup>82</sup> noch auf andere Plattenbauten übertragbar, da sie sehr stark konstruktionsabhängig sind. Das betrifft insbesondere die Anzahl der Verbindungsstellen zwischen den einzelnen Fertigteilen.

<sup>82</sup> Bei der Typenbauserie P 2 gab es regionale Unterschiede bezüglich der Elementeausbildung, die die Aufwandswerte beeinflussen.

## 7 Wiederverwendung von Fertigteilen – Remontage

Um demontierte Fertigteile einer Wiederverwendung zuführen zu können, muss geprüft werden, ob diese den Anforderungen der aktuellen Normen und Regelwerke entsprechen. Das kann einerseits im direkten Vergleich der damaligen Normen (TGL und Vorschriften der Staatlichen Bauaufsicht) mit den aktuell gültigen (DIN) erfolgen, andererseits sollte der tatsächliche Ist-Zustand durch Berechnungen, ausgehend vom Aufbau der Elemente, und gegebenenfalls durch stichprobenartige Untersuchungen vor Ort bzw. im Baustofflabor an einer entsprechenden Anzahl von Elementen ermittelt werden.

Entsprechen die Elemente nach diesen Prüfungen den Anforderungen, steht einer erneuten Verwendung prinzipiell nichts entgegen. Werden Anforderungen nicht erfüllt, muss geprüft werden, ob ein erneuter Einsatz nach entsprechender Elementaufbereitung trotzdem möglich werden kann.

In Sonderfällen können Zustimmungen im Einzelfall bei der oberen Bauaufsichtsbehörde der Länder beantragt werden (vgl. § 23 Brandenburgische Bauordnung<sup>83</sup>).

Im Folgenden werden ausgewählte Elemente der Typenbauserie P 2 auf ihre Eignung zur Wiederverwendbarkeit aus statisch-konstruktiver und bauphysikalischer Sicht untersucht. Bei Eignung wird in einem weiteren Schritt eine Zustandsanalyse der demontierten Elemente durchgeführt, die abschließend über Eignung zur Wiederverwendung (Remontage) entscheidet.

Bei der Beurteilung der Wiederverwendbarkeit von Fertigteilen wird vorgeschlagen, nach folgenden Hauptschritten vorzugehen:

- Nachweis der statisch-konstruktiven Eignung - Bauteilgruppen
- Nachweis der bauphysikalischen Eignung - Bauteilgruppen
- Zustandsanalyse - Einzelelemente

Während der Nachweis der bauphysikalischen Eignung sowie die Zustandsanalyse bei allen Bauteilgruppen bzw. Elementen erforderlich werden, ist die statisch-konstruktive Eignung in der Regel nur bei bewehrten Bauteilgruppen nachzuweisen (Tab. 7.1).

---

<sup>83</sup> Brandenburgische Bauordnung (BbgBO) vom 01.06.1994 (GVBl. BBG I S, 126), ber. vom 08.08.1994

	Außenwände	Innenwände	Decken	Treppen
<b>Statisch-konstruktive Eignung</b>	□	□	■	■
<b>Bauphysikalische Eignung</b>	■	■	■	■
Wärmeschutz	■	■	■	—
Schallschutz	■	■	■	■
Brandschutz	■	■	■	■
<b>Zustandsanalyse</b>	■	■	■	■

■ notwendig    □ teilweise notwendig    — nicht erforderlich

Tab. 7.1: Prüfkriterien zur Beurteilung der Wiederverwendbarkeit

## 7.1 Eignung der Fertigteile aus statisch-konstruktiver Sicht

### 7.1.1 Vergleich der Normen (TGL, DIN)

Bei der vergleichenden Betrachtung der Bauteiltragfähigkeit nach TGL und DIN empfiehlt es sich, zwischen biegebeanspruchten und vorrangig normalkraftbeanspruchten Bauteilen zu unterscheiden. Die jeweils verschiedenen zugrunde liegenden Last- und Bemessungskonzepte führen zu geringen Unterschieden bei der Betrachtung von Wänden, jedoch zu erheblichen Unterschieden bei Decken.

In der TGL 11422 wurden bei den Beanspruchungsgrößen Last- und Kombinationsfaktoren eingeführt, die je nach Material ( $n = 1,10..1,30$ ) und Verkehrslast ( $n = 1,20..1,40$ ) variierten. Auf der Seite der Beanspruchbarkeit wurden für die jeweiligen Materialien entsprechende Norm- und Rechenwerte in Verbindung mit Anpassungsfaktoren verwendet.<sup>84</sup>

Eine solche Unterscheidung wird in der DIN 1045, Ausgabe 07/1988, nicht durchgeführt. Hier liegt der Biegebemessung für den Bewehrungsstahl ein globaler Sicherheitsfaktor von 1,75 zugrunde.<sup>85</sup> Die Stahlbetonbemessung nach jetzt gültiger DIN 1045, Teile 1 bis 4, basiert auf einem probabilistischen Sicherheitskonzept und arbeitet mit Teilsicherheitsfaktoren, die auf der Beanspruchungsseite unter Berücksichtigung von Kombinationsbeiwerten 1,35 für Eigenlasten und 1,50 für Verkehrslasten und auf der Seite der Beanspruchbarkeit 1,50 für Beton und 1,15 für Betonstahl betragen.<sup>86</sup>

<sup>84</sup> TGL 11422 Bauwerke und Fertigteile aus Beton und Stahlbeton; Berechnungsgrundlagen, Traglastverfahren, 03/1964

<sup>85</sup> DIN 1045 Beton und Stahlbeton, Bemessung und Ausführung, 07/1988

<sup>86</sup> DIN 1045 Teile 1 bis 4 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, 07/2001

## 7.1.2 Bewertung der Bauteiltragfähigkeit ausgewählter Elemente

### 7.1.2.1 Decken- und Treppenelemente

- Spannbetondecken:

Die 6,0 m – Spannbetonelemente wurden bei der Bemessung nach TGL i.d.R. für die 4,00 kN Laststufe ausgelegt und konnten auch Lasten aus nicht tragenden 70 mm starken Betontrennwänden aufnehmen. Bei der Neubemessung nach DIN werden sich wegen des im Bemessungskonzeptes enthaltenen höheren Sicherheitsniveaus geringfügige Reduzierungen der Beanspruchbarkeit ergeben. Eine Bemessung nach DIN 1045, Ausgabe 07/2001, unter Ansatz der Teilsicherheitsbeiwerte für Fertigteile ermöglicht eine hohe statische Auslastung der Deckenelemente und kommt dem möglichen Beanspruchungsniveau der TGL am nächsten. Da sich diese Elemente bisher in der Praxis bewährt haben und auch bei einer Vielzahl von Bauwerksuntersuchungen Schäden bisher nicht bekannt geworden sind, erscheint der von der DIN abweichende Ansatz eines abgesenkten Sicherheitsniveaus gemäß TGL in Abstimmung mit den zuständigen Behörden als zusätzliche Möglichkeit, die Wiederverwendung dieser Elemente flexibel zu gestalten. Ggf. führt auch schon eine geringfügige Spannweitenverringering (z.B. um das Maß einer Wandstärke) zur notwendigen Tragreserve.<sup>87</sup>

Grundsätzlich kann aus statischer Sicht von einer Eignung der Spannbetondeckenelemente zur Wiederverwendung im Wohnungsbau mit annähernd gleichem oder geringerem Beanspruchungsgrad ausgegangen werden.

- Schlaff bewehrte Decken- und Treppenelemente:

Bei den in der Spannweite von 2,40 m bis 4,80 m variierenden schlaff bewehrten Decken- und den Treppenelementen wurde der Bewehrungsgrad den entsprechenden Beanspruchungen angepasst. Die Hinweise zur Neubemessung der Spannbetonelemente sind prinzipiell auch auf die schlaff bewehrten Elemente übertragbar.<sup>88</sup>

Eine Eignung der schlaff bewehrten Decken- und Treppenelemente zur Wiederverwendung im Wohnungsbau mit annähernd gleichem oder geringerem Beanspruchungsgrad ist aus statischer Sicht gegeben.

---

<sup>87</sup> BREDOW, V.: Tragverhalten ausgewählter Fertigteile der Wohnungsbauserie P2, in: Lehrstuhlbericht Baubetrieb und Bauwirtschaft, BTU Cottbus, (2000) 7, S. 53 - 74

<sup>88</sup> BREDOW, V.: Tragverhalten ausgewählter Fertigteile der Wohnungsbauserie P2, in: Lehrstuhlbericht Baubetrieb und Bauwirtschaft, BTU Cottbus, (2000) 7, S. 53 - 74

### **7.1.2.2 Wände**

#### **- Innenwände**

Die 15 cm starken tragenden Innenwände wurden konstruktiv mit Montagebewehrung versehen und sind somit in ihrer Tragfähigkeit von den aktuellen Bemessungsverfahren relativ unabhängig. Das Sicherheitsniveau der Bemessung nach TGL ist dem nach DIN annähernd gleich.

Die tragenden Innenwände sind aus statischer Sicht im Wohnungsbau uneingeschränkt zur Wiederverwendung geeignet.

#### **- Giebelaußenwände**

Diese mehrschaligen Elemente mit einer mindestens 15 cm starken Tragschale der Betongüte B 225, entsprechen in ihrer Tragfähigkeit den Innenwänden.

Inwieweit zusätzliche Sicherungs- und Verankerungsmaßnahmen für die Verankerung der Wetterschale in der Tragschale erforderlich werden, muss im Einzelfall entschieden werden.

Die Giebelaußenwände sind aus statischer Sicht zur Wiederverwendung im Wohnungsbau geeignet. Aus konstruktiver Sicht ist aufgrund der unterschiedlichen Beschaffenheit der Wetterschale eine Eignung durch Prüfungen am jeweiligen Element festzustellen.

#### **- Längsaußenwände**

Die Längsaußenwände besitzen keine Tragfunktion, sie sind aus statischer Sicht zur Wiederverwendung geeignet. Aus konstruktiver Sicht gelten die Hinweise wie bei der Giebelaußenwand.

### **7.1.3 Fazit**

Aus statisch-konstruktiver Sicht ist eine Wiederverwendung der tragenden Innenwände, der Decken, der Treppen und der Außenwände im Wohnungsbau möglich.

## 7.2 Eignung der Fertigteile aus bauphysikalischer Sicht

### 7.2.1 Vergleich der Normen

Tab. 7.2 zeigt die gegenüberzustellenden Normen im Bereich der Bauphysik zur Beurteilung der Wiederverwendbarkeit von Fertigteilen.

	<b>TGL</b>	<b>DIN</b>
<b>Wärmeschutz</b>	35 424	4108, EnEV
<b>Schallschutz</b>	10 687	4109
<b>Brandschutz</b>	10 685, 10 723	4102, Landesbauordnungen

Tab. 7.2: Gegenüberstellung der Normen – Bauphysik

Ein Vergleich der Normen bzw. Verordnungen ergibt, dass heute höhere Anforderungen an den Wärme-, Schall- und Brandschutz gestellt werden. Es müssen deshalb rechnerische bauphysikalische Nachweise geführt werden, um über eine Eignung zur Wiederverwendung entscheiden zu können.<sup>89</sup>

### 7.2.2 Bauphysikalische Nachweise für ausgewählte Elemente

#### 7.2.2.1 Wärmeschutz

Der Nachweis wurde für die Innenwand-, Außenwand und Deckenelemente der Typenbauserie P 2 Ratio 77 geführt, wobei überprüft wurde, ob die Mindestanforderungen gemäß DIN 4108 Teil 2<sup>90</sup> erfüllt sind. Tab. 7.2 enthält die ermittelten Werte für den Mindestwärmedurchlasswiderstand (R) im Vergleich mit den Anforderungen nach DIN 4108 Teil 2.

<sup>89</sup> NAGORA, A.: Bauphysikalische Bewertung ausgewählter Fertigteile der Wohnungsbauserie P2

<sup>90</sup> DIN 4108 Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden, Teil 2 Mindestanforderungen an den Wärmeschutz, 03/2001.

<b>Wärmedurchlasswiderstände R [m<sup>2</sup> K / W]</b>	
Ist gemäß Berechnung [13.8]	Mindestwert nach DIN 4108 Tl. 2
<b>Wohnungstrenndecke (einschl. neuer Fußbodenaufbau)</b>	
1,12	0,35
<b>Kellerdecke</b>	
2,79	0,90
<b>Innenwand (tragend)</b>	
0,08	0,07
<b>Außenwand</b>	
1,39	1,20

Tab. 7.3: Vergleich der vorhandenen Wärmedurchlasswiderstände mit den Mindestwerten nach DIN 4108 Tl. 2

Die vorhandenen Wärmedurchlasswiderstände der zur Wiederverwendung vorgesehenen Elemente liegen über den Mindestwerten nach DIN 4108 Tl. 2. Damit werden die Anforderungen des Mindestwärmeschutzes nach den anerkannten Regeln der Technik eingehalten. Jedoch kann erst durch die Ermittlung des Jahres-Primärenergiebedarfs nachgewiesen werden, dass auch die Anforderungen der seit Februar 2002 geltenden Energieeinsparverordnung (EnEV)<sup>91</sup> erfüllt werden. Der ausführliche Nachweis wird an dieser Stelle nicht geführt, da hierfür die Kenntnis eines konkreten Gebäudes Voraussetzung ist und deshalb keine allgemeingültigen elementespezifischen Aussagen getroffen werden können.

### 7.2.2.2 Schallschutz

Ein Vergleich der berechneten Schalldämm-Maße ( $R'_{w}$ ) und dem Norm-Trittschallpegel ( $L'_{n,w}$ ) mit den Anforderungen nach DIN 4109<sup>92</sup> zeigt die grundsätzliche Wiederverwendbarkeit der tragenden Innenwandelemente und der Deckenelemente (Tab. 7.4).

<sup>91</sup> Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung) vom 01.02.2002

<sup>92</sup> DIN 4109 Schallschutz im Hochbau, Anforderungen und Nachweise, 11/89

	Luftschall $R'_w$		Trittschall $L'_{n,w}$	
	Ist (gemäß Berechnung)	Forderung nach DIN 4109	Ist (gemäß Berechnung)	Forderung nach DIN 4109
Wohnungstrennwände	50 dB <sup>*1</sup>	53 dB		
Wohnungstrennwände	58 dB <sup>*2</sup>	53 dB	-	-
Treppenraumwände	58 dB <sup>*3</sup>	52 dB	-	-
Wohnungstrenndecken <sup>*2</sup>	57 dB	54 dB	53 dB	53 dB

\*<sup>1</sup> bei einschaligem Einbau der Innenwandelemente

\*<sup>2</sup> bei zweischaligem Einbau der Innenwandelemente

\*<sup>3</sup> bei einschl. neuem Fußbodenaufbau

Tab. 7.4: Vergleich der berechneten Werte mit den Anforderungen nach DIN 4109

Die Anforderungen nach DIN 4109 werden jedoch sowohl für den einschaligen Einsatz der *Innenwandelemente* als Treppenraumwände als auch als Wohnungstrennwände nicht erfüllt. Eine Möglichkeit zur Wiederverwendung ist gegeben, wenn ein zweischaliger Einbau der Innenwandelemente erfolgt. Der Einsatz als tragende Innenwände innerhalb einer Wohnung ist möglich, da dort keine Anforderungen an den Schallschutz bestehen.

Eine Wiederverwendung der *Deckenelemente* ist aus schallschutztechnischer Sicht möglich. Mit einem üblichen Deckenaufbau (Estrich auf Dämmschicht mit entsprechend dynamischer Steifigkeit) werden die Anforderungen der DIN 4109 erfüllt.<sup>93</sup>

Bei der Realisierung des Musterprojektes wurden auch *Treppen- und Außenwandelemente* wiederverwendet. Durch die direkte Auflagerung des geknickten Treppenlaufes mit Mörtelfuge auf die Treppenhauswände, die gleichzeitig Wohnungstrennwände sind, werden die Schallschutzanforderungen gemäß DIN 4109 nicht eingehalten. Ungünstig auf den Schallschutz wirkt sich auch die Terazzooberfläche des Treppenlaufes und der Podeste aus.

Deshalb sind die Treppenelemente nur zur Wiederverwendung bei Gebäuden mit Einfamilienhauscharakter zu empfehlen, da eine Schallentkopplung beim vorliegenden Konstruktionssystem mit vertretbarem Aufwand nicht möglich ist.

Über die Wiederverwendung von Außenwänden, die aus schallschutztechnischer Sicht zur Wiederverwendung geeignet sind, muss der Entwurfsverfasser bzw. Architekt entscheiden. Die Verfasserin lehnt aus ästhetischen Gründen eine Wiederverwendung von Außenwänden ab.

<sup>93</sup> NAGORA, A.: Bauphysikalische Bewertung ausgewählter Fertigteile der Wohnungsbauserie P 2

### 7.2.2.3 Brandschutz

- Tragende Innenwände

Durch die vorhandene Wandstärke von 15 cm kann die Wand gemäß DIN 4102 Teil 4<sup>94</sup>, immer der Feuerwiderstandsklasse F 60-A und mit einer Ausnahme (bei tragenden, nicht raumabschließenden Wänden und einem Ausnutzungsfaktor von 1,0) der Feuerwiderstandsklasse F 90-A zugeordnet werden (Tab. 7.5).

Konstruktionsart	F 60-A	F 90-A
Tragende Wände (raumabschließend) Ausnutzungsfaktor $\alpha_1 = 1,0$	130 mm	140 mm
Tragende Wände (nicht raumabschließend) Ausnutzungsfaktor $\alpha_1 = 0,5$ Ausnutzungsfaktor $\alpha_1 = 1,0$	120 mm 140 mm	140 mm 170 mm

Tab. 7.5: Feuerwiderstandsklassenbenennung bzgl. der Bauteilstärke – Wände (unbekleidet)

Der Mindest-Achsabstand  $u$  der Tragbewehrung ist für die Wände nicht zu beachten, da keine Tragfunktion der Bewehrung besteht, sondern nur eine konstruktive Anordnung erfolgte (druckbeanspruchtes Bauteil). Im Brandfall käme es durch ein Versagen der Bewehrung nicht zu Verlusten der Tragfähigkeit der Wand.

Der Einsatz als Wohnungstrennwand und Treppenhauswand ist für freistehende Einfamilienhäuser und Doppelhäuser uneingeschränkt möglich. Als Wohnungstrennwand sind die Elemente auch für Wohngebäude bis zu drei Wohneinheiten uneingeschränkt einsetzbar.

Für den Einsatz als Wohnungstrennwände in Gebäuden mit mehr als drei Wohneinheiten muss geprüft werden, ob die Wand der Feuerwiderstandsklasse F 90-AB entspricht. Da aus schallschutztechnischen Gründen der Einbau der Elemente als Wohnungstrennwand zweischalig erfolgen muss, wird auch die Brandschutzanforderung F 90-AB erfüllt. Die Wandstärke kann somit mit 280 mm angesehen werden und erfüllt damit sogar die Anforderungen an die Feuerwiderstandsklasse F 120-A bei einem Ausnutzungsgrad von  $\alpha_1 = 1,0$  (ungünstigster Fall).

<sup>94</sup> DIN 4102 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, Teil 4: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile, 03/1994

- Deckenelemente

Die Bauteildicke von 140 mm ermöglicht bei den Deckenelementen ebenfalls eine Zuordnung zur Feuerwiderstandsklasse F 90-A, sogar ohne Berücksichtigung des schwimmenden Estrichs (Tab. 7.6).

Konstruktionsart	F 60-A	F 90-A
Unbekleidete Platten Ohne Anordnung eines Estrichs bei statisch bestimmter und unbestimmter Lagerung	80 mm	120 mm
Unbekleidete Platten Mit schwimmendem Estrich bei statisch bestimmter und unbestimmter Lagerung	60 mm 80 mm	60 mm 80 mm

Tab. 7.6: Feuerwiderstandsklassenbenennung bzgl. der Bauteilstärke – Decken (unbekleidet)

Es muss aber weiterhin überprüft werden, ob der Mindestachsabstand  $u$  der Tragbewehrung eingehalten wird.

Bei einer Betondeckung bei den Spannbetonelementen von  $c = 25$  mm und 15 mm bei den schlaff bewehrten Decken und Durchmessern der Tragbewehrung von 11 mm bzw. 10 mm wird der geforderte Achsabstand  $u$  für die Feuerwiderstandsklasse F 90 nicht erreicht (Abb. 7.1 und Tab. 7.7).

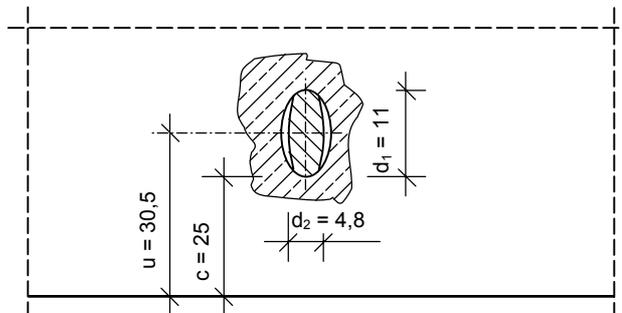


Abb. 7.1: Betondeckung  $c$  und Achsabstand  $u$  – Spannstahl 40 140/160

	Schlaff bewehrte Elemente	Spannbetonelemente
Betondeckung $c$	15 mm	25 mm
Halber Durchmesser der Tragbewehrung	5,0 mm	5,5 mm
<b>Achsabstand der Tragbewehrung <math>u</math></b>	<b>20 mm</b>	<b>30,5 mm</b>
Erforderlich $u$ – F 30	10 mm	10 mm
Erforderlich $u$ – F 60	25/10 mm <sup>*1</sup>	25 mm
Erforderlich $u$ – F 90	35/20 mm <sup>*1</sup>	<b>35 mm</b>

<sup>\*1</sup> 1-achsig gespannte Platten / Platten mit konstruktivem Querabtrag ( $b/l \leq 1,0$ )

Tab. 7.7: Achsabstände der unbekleideten Decken und Mindestanforderungen (DIN 4102)

Die Elemente können also nur für Wohngebäude geringer Höhe ( $OFF \leq 7 \text{ m}$ ) mit bis zu zwei Wohneinheiten uneingeschränkt und mit bis zu drei Wohneinheiten als Geschossdecke wiederverwendet werden, da sie unbekleidet nur eine Feuerwiderstandsklasse von F 60 erreichen. Durch das Anbringen von Putzen kann gemäß DIN 4102, Teil 4 die geforderte Feuerwiderstandsklasse F 90 erreicht werden.

### 7.2.3 Fazit

Die demontierten Elemente sind aus bauphysikalischer Sicht grundsätzlich zur Wiederverwendung für niedriggeschossige Gebäude geeignet. Es muss jedoch in jedem Fall nach EnEV nachgewiesen werden, dass der Jahres-Primärenergiebedarf des gesamten Gebäudes die vorgegebenen Normwerte nicht übersteigt.

Schallschutztechnisch ist zu beachten, dass die Innenwände bei Nutzung als Wohnungstrenn- bzw. und Treppenhauswände bei Gebäuden mit mehr als einer Wohneinheit zweischalig eingebaut werden müssen, um die Anforderungen der DIN 4109 zu erfüllen.

Treppenelemente jedoch werden aus Schallschutz- und Ästhetikgründen zur Wiederverwendung im Wohnungsbau nicht empfohlen.

Besonderes Augenmerk ist auf die Erfüllung der Brandschutzanforderungen bei den Deckenelementen, insbesondere den Spannbetondecken, zu legen. Unbekleidet erreichen diese die Feuerwiderstandsklasse F 60, was einen Einsatz als Geschossdecke bei Gebäuden mit geringer Höhe ( $\leq 7 \text{ m}$ ) mit bis zu drei Wohneinheiten uneingeschränkt zulässt. Für Kellerdecken dieser Gebäude sowie für Geschossdecken mehrgeschossiger Gebäude wird die Feuerwiderstandsklasse F 90 gefordert, die nur durch zusätzliche Maßnahmen, wie beispielsweise das Anbringen eines Putzes, erreicht werden kann.

### **7.3 Zustandsanalyse (Ermittlung der Restgebrauchseigenschaften)**

Nach der Feststellung der statischen und konstruktiven Eignung zur Wiederverwendung der ausgewählten Elementegruppen dient die Zustandsanalyse an Einzelelementen als wesentliche Entscheidungsgrundlage für den Einsatz bei späteren Remontagen. Die gewonnenen Erkenntnisse hinsichtlich Schadensursache, Schadensausmaß und eventueller weiterer Entwicklung der Schäden können auch als Grundlage bei der Auswahl, Vorbereitung und Ausführung von Sanierungsmaßnahmen dienen.

#### **7.3.1 Grundlagen**

##### **7.3.1.1 Typische Schäden an Beton-Fertigteilen**

Typische Schäden an Stahl- und Spannbetonelementen sind:

- Risse und Rissbilder (Mikrorisse, Makrorisse),
- Korrosion (der Bewehrung sowie der Tragösen),
- Abplatzungen und Absandungen,
- undichte Fugen und Anschlüsse, Poren, Lunker, Kiesnester,
- Anstriche, Flickstellen und Bewuchs, Verschmutzungen und Ausblühungen,
- Verformungen, Bauteilschwächungen sowie
- Bauteilversagen (bei Demontage / Lagerung eines zur Remontage vorgesehenen Elementes).

Im Folgenden wird nicht näher auf die einzelnen Schäden und ihre Ursachen eingegangen. Es wird auf die entsprechende Fachliteratur verwiesen<sup>95</sup>.

---

<sup>95</sup> BARLEBEN, G.: Die Modernisierung des industriellen Wohnungsbaus in der ehemaligen DDR, Bd. 1  
JUNGWIRTH: Dauerhafte Betonbauwerke; Substanzerhaltung und Schadensvermeidung in Forschung u. Praxis  
REUL, H.: Handbuch Bautenschutz und Bausanierung  
STEHNO, G.: Baustoffe und Baustoffprüfung  
WOLFSEHER, R. Die Sanierung von Stahlbetonbauten

### 7.3.1.2 Entwicklung eines Modells zur Zustandsanalyse

Das von der Verfasserin entwickelte dreistufige Modell zur Zustandsanalyse (Abb. 7.2) wird nachfolgend vorgestellt.

Im ersten Schritt werden Messungen direkt an ausgewählten Elementen von zur Remontage vorgesehenen Elementegruppen (Decken, Außenwände, Innenwände, Treppen) vorgenommen. Dadurch werden gesicherte Informationen, auch durch die im Anschluss durchzuführenden Laboruntersuchungen, gewonnen. Gleichzeitig werden die Eingangswerte zur Beurteilung der statisch-konstruktiven und bauphysikalischen Eignung (z.B. Druckfestigkeit, Schichtenaufbau- und -dicke usw.) von Elementegruppen durch die ausgewerteten Messungen an Einzelelementen überprüft. Nach Abschluss des ersten Schrittes kann bestimmt werden, ob das Bauteil grundsätzlich für die Remontage geeignet ist bzw. welche Aufbereitungsmaßnahmen erforderlich sind. Die Ergebnisse dieses Schrittes können auch bei der Planung der Sanierung von Plattenbauten verwendet werden.

Im Schritt 2 wird der Bauzustand vor der Demontage rein visuell geprüft (1. visuelle Prüfung) und es erfolgt eine erste Zuordnung der Elemente in Bauzustandstufen (ZS 1 bis ZS 4). Bei Eignung zur Wiederverwendung (ZS 1 oder ZS 2) muss im Schritt 3 der Zustand ein weiteres Mal vor der Remontage visuell überprüft werden (2. visuelle Prüfung), um eventuell auftretende Schäden bei der Demontage, beim Transport und bei der Zwischenlagerung zu erkennen und endgültig über die Wiederverwendung zu entscheiden.

Die letzte visuelle Prüfung sollte unmittelbar vor der Remontage erfolgen, da Schäden durch unsachgemäße Transport- und Lagerprozesse (vgl. auch Ziffer 5.3) nicht auszuschließen sind.

Elemente, die im Ergebnis eines Schrittes als „nicht zur Wiederverwendung geeignet“ eingestuft werden (ZS 3 und ZS 4), müssen durch gleichartige bisher nicht zur Remontage vorgesehene Elemente (i.d.R. aus den darunter liegenden Geschossen) ersetzt werden.

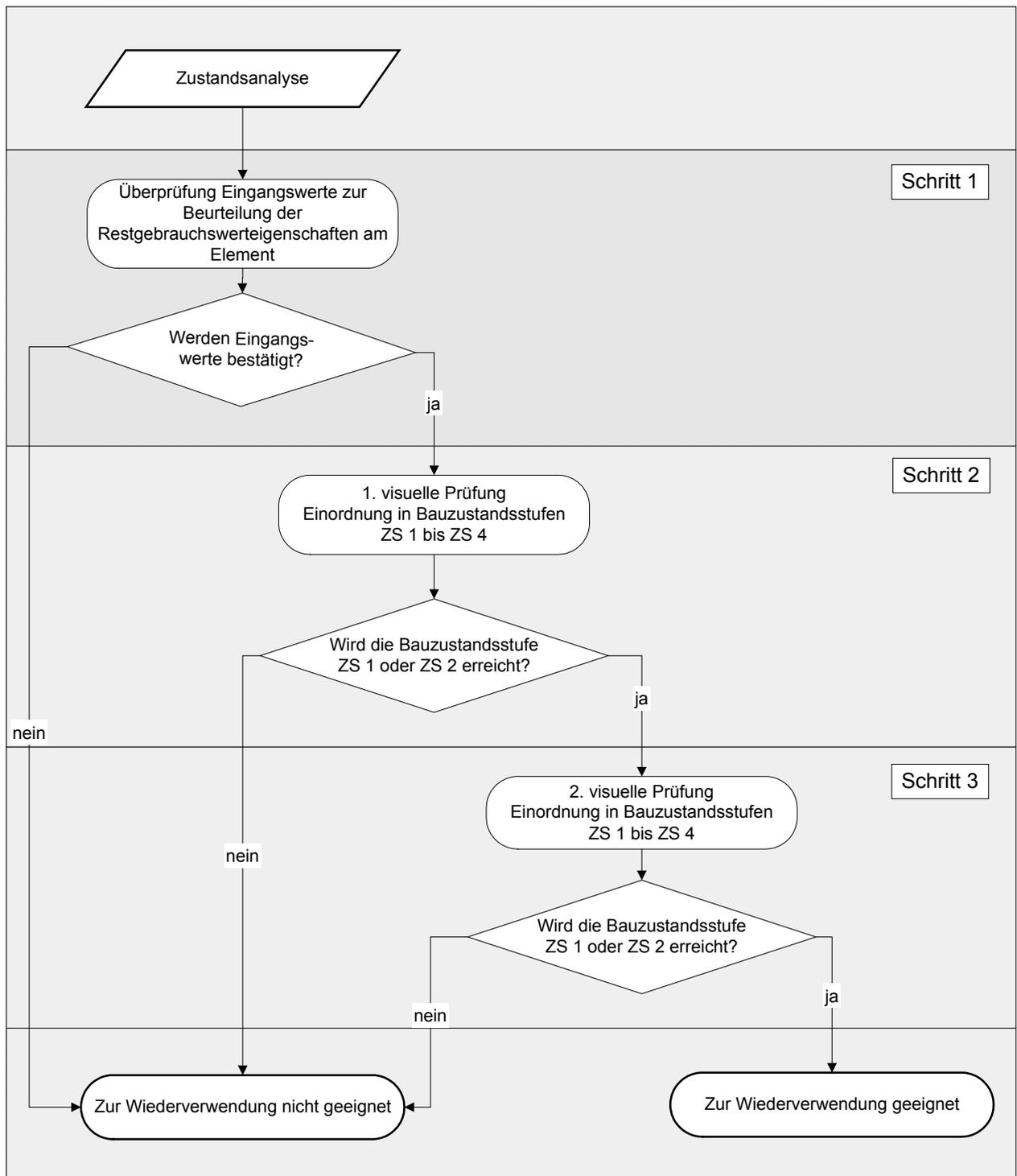


Abb. 7.2: Modell der Zustandsanalyse

### 7.3.1.3 Entwicklung einer Checkliste

Die Ergebnisse der ersten und zweiten visuellen Prüfung werden in einer Checkliste (Abb. 7.3) dokumentiert, für die folgender Aufbau vorgeschlagen wird:

- Angaben zum Bauvorhaben
- Bauteilcharakteristik
- Zustandsdiagnose
- Aussagen zur Remontagefähigkeit.

Bei der Demontage des Musterprojektes wurden im Rahmen der Forschungsarbeit 233 Elemente (vom 11. bis 7. OG) vor, während und nach erfolgter Demontage untersucht (siehe Ziffer 7.3.5). Für alle Elemente wurden entsprechende Checklisten angelegt.

Beurteilung der Wiederverwendbarkeit demontierter Elemente		
<b>Bauvorhaben:</b>	Ifd. Nr.:	.....
	Datum:	.....
	Bearbeiter:	.....
Bauteilcharakteristik		
Elementtyp: .....	Geschoss (Bestand): .....	
Elemente-Nr.: .....	Standort (Nr. in Liste u Plan): .....	
Zustandsdiagnose		
Bauzustandsstufe (ZS):	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/>
<u>Beschaffenheit der Tragösen</u>	ja	nein Bemerkung
Sind Einkerbungen, Verformungen, Aufzwängungen bzw. Verengungen, Schweißspritzer festzustellen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> .....
Tragösenform (Tragöse für Geradzug/Schrägzug)	.....	
Durchmesser der Tragösen	.....	
Wiederverwendung der Tragösen möglich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> .....
<u>Risse im Beton</u>		
Risse im Beton bis 0,3 mm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> .....
Risse im Beton > 0,3 mm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> .....
<u>Oberflächenbeschaffenheit</u>		
kleinflächige Betonabplatzungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> .....
Kantenabplatzungen an Fugenrändern	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> .....
flächige Betonabplatzungen mit freiliegender Bewehrung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> .....
Remontage		
<u>Element zur Remontage geeignet</u>	1. visuelle Prüfung	2. visuelle Prüfung
	ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>
Skizze:	Bemerkungen:	
Datum: .....	Unterschrift: .....	

Abb. 7.3: Checkliste zur Beurteilung der Wiederverwendbarkeit demontierter Elemente

### 7.3.2 Überprüfung der Eingangswerte (Schritt 1)

Bei der geplanten Wiederverwendung von Beton-Fertigteilen müssen im Schritt 1 die vorhandene Betondruckfestigkeit und die Betondeckung ermittelt werden. Entsprechende Verfahren werden im Folgenden erläutert.

Sollen Außenwandelemente ohne nachträglich aufgebracht System Wärmedämmverbundsystem wiederverwendet werden, sind weiterhin Untersuchungen zur Karbonatisierungstiefe, Gesamtporosität, kapillaren Wasseraufnahme, Feuchte- und Salzgehalt sowie zur Feststellung von Wärmebrücken (Infrarot-Thermographie) empfehlenswert. Auf die entsprechende Fachliteratur wird verwiesen.<sup>96</sup>

#### 7.3.2.1 Ermittlung der Druckfestigkeit

Wenn eine spätere Wiederverwendung ausgewählter Elemente geplant ist, sollte die Betondruckfestigkeit stichprobenartig an einzelnen Elementen jeder Elementegruppe des zu demontierenden Gebäudes überprüft werden, da sie eine wichtige Eingangsgröße für die erforderlichen Tragfähigkeitsnachweise darstellt.

Ziel der Untersuchungen ist die Ermittlung der tatsächlich vorhandenen Betondruckfestigkeiten, die dann mit den in den Projektunterlagen angegebenen Werten verglichen werden können.

Die Prüfung kann durch zerstörende Prüfung (Entnahme von Probekörpern) oder durch zerstörungsfreie Prüfung (Schlagprüfungen) erfolgen. Bei Abweichungen zwischen Ergebnissen beider Verfahren wird die Aussage der Bohrkernprüfungen maßgebend, d.h. diese Prüfung liefert die gesicherteren Ergebnisse<sup>97</sup>, da beispielsweise bei Altbetonen aufgrund der Karbonatisierung eine Erhärtung der Betonoberfläche erfolgt ist und somit hier fälschlicherweise höhere Werte zustande kommen können. Weiterhin kann bei der Bohrkernprüfung gleichzeitig die Rohdichte ermittelt werden.

---

<sup>96</sup> IEMB: Sanierungsgrundlagen Plattenbau, Prüfverfahren, IRB Verlag 1995,  
IKEN et al.: Handbuch der Betonprüfung, Beton-Verlag GmbH, 3. Auflage, Düsseldorf, 1987,  
KOHL, I./KOLLOSCHKE, I.: Sanierungshandbuch Plattenbau,  
SCHÖNBURG, K.: Schäden an Sichtflächen bewerten, beseitigen, vermeiden; Verlag für das Bauwesen, Berlin München, 1993.

<sup>97</sup> DIN 1048, Teil 2: Prüfverfahren für Beton, Festbeton in Bauwerken und Bauteilen, 06/1991

#### 7.3.2.1.1 Druckfestigkeitsprüfung an Bohrkernen

Die Prüfung an Bohrkernen nach DIN 1048 dient der Bestimmung der Druckfestigkeit von Bauteilen aus Beton und der Einordnung in eine Betonfestigkeitsklasse.

Die Betondruckfestigkeit wird an zylindrischen nach zu bohrenden Betonkernen bestimmt, deren Zylinderflächen glatt sein sollten. In diesen Probekörpern dürfen keine in Druckrichtung verlaufenden Bewehrungsstäbe vorhanden sein, da dadurch die Festigkeit stark beeinflusst wird. Dies ist besonders dann zu beachten, wenn der Anteil der Bewehrung des Probekörpers  $\geq 5\%$  des Probekörpervolumens ausmacht oder wenn im mittleren Drittel der Probekörperhöhe der Bewehrungsanteil, bezogen auf das Volumen des gesamten Probekörpers,  $\geq 1\%$  beträgt.

Der Durchmesser der Probekörper soll 100 mm oder 150 mm betragen. In Sonderfällen, z.B. bei Prüfung feingliedriger oder stark bewehrter Bauteile, sind auch Prüfkörper kleineren Durchmessers zugelassen, wobei aber grundsätzlich der Mindestdurchmesser von 50 mm einzuhalten ist.

Bei der Prüfung der Druckfestigkeit, die durch eine vorgegebene Laststeigerung mittels Druckprüfmaschinen nach DIN EN ISO 7500-1<sup>98</sup> erfolgt, müssen die Probekörper lufttrocken sein. Die Druckfestigkeit ergibt sich aus der erreichten Höchstlast in kN bezogen auf die Druckfläche in  $\text{mm}^2$ .

Durch Bestimmen der Masse und des Volumens des Probekörpers vor der zerstörenden Festigkeitsprüfung kann zusätzlich die Rohdichte ermittelt werden.

#### 7.3.2.1.2 Druckfestigkeitsprüfung mittels Schlagprüfung

Die Schlagprüfung wird nach DIN 1048 T 2 mit dem Schmidt'schen Rückprallhammer durchgeführt. Es wird ein Kennwert für das elastische Verhalten des Betons in oberflächennahen Schichten ermittelt, aus dem unter bestimmten Voraussetzungen auf die Druckfestigkeit geschlossen werden kann.<sup>99</sup>

Mit Hilfe der Rückprallmessung lassen sich größere Betonoberflächen punktweise in kurzer Zeit untersuchen. Die Streuung der Betonqualität innerhalb von Bauteilen kann deutlich gemacht werden.

---

<sup>98</sup> DIN EN ISO 7500-1: Prüfung von Prüfmaschinen für statische einachsige Beanspruchung, 11/1999

<sup>99</sup> DIN 1048, Teil 2: Prüfverfahren für Beton, Festbeton in Bauwerken und Bauteilen, 06/ 1991

Voraussetzung für diese Prüfung ist, dass die Betonoberfläche frei von Putz, Anstrichen oder losen Schichten ist, nicht durch Frost, Feuer oder chemischen Angriff verändert wurde und eine angeschliffene Prüffläche vorliegt. Die Messstellen für die Schlagprüfungen dürfen nicht durchfeuchtet sein, es sollten lufttrockene und ebene Flächen ausgewählt werden. Die Temperatur des Rückprallhammers soll zwischen 10°C und 30°C betragen.

Der Impuls des Schlaggewichtes wird über einen Schlagbolzen auf die Betonoberfläche übertragen und der Rückprallwert kann in Abhängigkeit von der Schlagrichtung abgelesen werden. Mit zunehmender Betondruckfestigkeit wird die am Rückprallhammer ablesbare Prellhärte  $R$  größer.

Die Schlagstellen sind möglichst gleichmäßig über eine etwa 200 cm<sup>2</sup> große Messstelle zu verteilen, wobei erkennbare Zuschlagkörner und Fehlstellen im Beton zu meiden sind. Die Schläge sollen mindestens 30 mm von Kanten entfernt liegen und untereinander einen Mindestabstand von 25 mm haben.

An der Messstelle sind jeweils 5 bis 10 Werte der Rückprallhärte  $R$  zu ermitteln, aus denen das arithmetische Mittel (Messstellenwert  $R_m$ ) berechnet wird.

### 7.3.2.1.3 Druckfestigkeit und Rohdichte am Musterprojekt

Im Musterprojekt<sup>100</sup> wurden die Druckfestigkeitsprüfungen sowohl mittels Bohrkernprüfung (Fremdvergeben im Rahmen des Forschungsprojektes<sup>101</sup>) als auch mittels Schlagprüfung durchgeführt.

- Bohrkernprüfung

Ziel der Untersuchungen war neben der Ermittlung der anstehenden Betondruckfestigkeiten eine gleichzeitige Feststellung der Rohdichten aller zu untersuchender Elemente sowie des Schichtenaufbaus der Außenwandelemente<sup>102</sup>.

Die 115 Bohrkernkerne wurden gemäß Tab. 7.8 an ausgewählten Elementen entnommen, deren Elementetyp für eine spätere Remontage vorgesehen war.

---

<sup>100</sup> P2 – 11-Geschosser, Stormstraße 9 in Cottbus

<sup>101</sup> C u. R Ingenieurgesellschaft mbH: Untersuchungsbericht zu Bauteilen des Gebäudes Theodor-Storm-Straße 9 in Cottbus, Reg.-Nr. 00126, November 2000

<sup>102</sup> Bei Bohrkernen der Außenwandelemente, die von innen nach außen gebohrt wurden, ist die Wetterschale nicht erbohrt worden.

Die Bohrkern wurden als so genannte Sackbohrungen ausgeführt, d.h. die Bohrungen wurden innerhalb der jeweiligen Bauteile abgebrochen. Im Prüflabor wurden alle Bohrkern protokolliert, nachdem sie gemessen und auf etwaige Bewehrungsstähe hin untersucht worden sind sowie eine grobe Beschreibung des Betongefüges erfolgte.<sup>103</sup>

Bauteil/Element	Anzahl Bohrkern [Stck]	Durchmesser Bohrkern [mm]
Außenlängswände	27	100
Außengiebelwände	12	100
Innenwandelemente (tragend)	22	100
Spannbetondeckenplatten	18	100
Schlaff bewehrte Deckenplatten	12	100
Kelleraußenwände	6	100
Kellerinnenwände	6	100
Treppenelemente	12	50

Tab. 7.8: Bohrkernprüfungen

Tab. 7.9 zeigt die durchschnittlich erreichten Betondruckfestigkeiten der untersuchten Elemente im Vergleich mit den Sollwerten gemäß Planungsunterlagen<sup>104</sup>.

Die Festigkeiten erreichen i.W. die Sollwerte bzw. liegen nur leicht darunter. Für den Einsatz der Elemente zur Remontage im niedriggeschossigen Wohnungsbau sind die Werte als ausreichend zu bewerten.

- Schlagprüfung

Die Messungen wurden mit einem Schmidt'schen Rückprallhammer vom Typ NR<sup>105</sup> durchgeführt.

Gemessen wurde die Prellhärte, die von der Festigkeit nahe der Betonoberfläche abhängt, an drei tragenden Innenwänden des Musterprojekts, an denen zuvor ebenfalls die Druckfestigkeiten mittels Bohrkernprüfungen bestimmt wurden.

<sup>103</sup> Die den Mittelwerten zugrunde liegenden Betondruckfestigkeiten wurden unter Berücksichtigung eines die Schlankheit der Prüfkörper berücksichtigenden Formbeiwertes ermittelt.

<sup>104</sup> Projektunterlagen zum Musterprojekt: P 2 / 8- und 11-geschossig, Ratio 77, WBK Cottbus

<sup>105</sup> Beton-Prüfhammer, Typ NR, FORM+TEST SEIDNER, Riedlingen (N – Schlagenergie 2,207 Nm, R Registrier-vorrichtung vorhanden)

Bauteil/Element	SOLL - Festigkeit	IST - Druckfestigkeit		
	Festigkeitsklasse nach TGL 0-1045 <sup>106</sup>	Durchschnitt [N/mm <sup>2</sup> ]	Minimalwert [N/mm <sup>2</sup> ]	Festigkeitsklasse nach TGL 0-1045
<u>Außenlängswände EG - 4.OG</u>				
Tragschale	B 160	18,8	15	B 160
Wetterschale	B 225	34,3	29	B 300
<u>Außenlängswände 5. – 11. OG</u>				
Tragschale	B 160	21,2	14	B 160
<u>Außengiebelwände EG - 4. OG</u>				
Tragschale	B 300	29,8	21	B 300
<u>Außengiebelwände 5. - 11. OG</u>				
Tragschale	B 300	26,1	17	B 225
<u>Innenwände</u>				
EG bis 4. OG	B 225	21,8	20	B 160
5. bis 11. OG	B 225 / B160	21,9	16	B 160
<u>Spannbetondeckenplatten</u>				
alle Geschosse	B 300	34,3	27	B 300
<u>Schlaff bewehrte Deckenplatten</u>				
alle Geschosse	B 225	31,1	23	B 300
<u>Kelleraußenwände</u>	B 300 / B 225	33,2	23	B 300
<u>Kellerinnenwände</u>	keine Unterlagen	22,7	14	B 225
<u>Treppenelemente</u>	B 225	28,3	25	B 225

\* Die Wetterschale wurde nicht an allen Elementen erbohrt.

Tab. 7.9: Soll-Ist-Vergleich der Betondruckfestigkeiten (Mittelwerte)

Nach dem Vorbereiten der Messstellen (Entfernen von Tapetenresten u.ä.) erfolgten pro Wand zehn Messungen mit dem Rückprallhammer. Nach Ermittlung der jeweiligen Mittelwerte konnte die Würfeldruckfestigkeit dem zum Prüfhammer gehörenden Diagramm entnommen werden, die einzelnen Ergebnisse sind in Tab. 7.10 dargestellt.

Tab. 7.10 enthält die gemessenen Prellhärten und die daraus abzuleitenden Druckfestigkeiten an den untersuchten tragenden Innenwänden des Musterprojektes. Es ergibt sich ein Mittelwert der durch Schlagprüfung ermittelten Betondruckfestigkeiten von  $(29 + 25 + 35) / 3 = 29,7 \text{ N/mm}^2$ .

<sup>106</sup> TGL 0-1045, 04/1973

Messung	Wand 1	Wand 2	Wand 3
1	33	30	36
2	33	30	38
3	33	32	36
4	33	33	37
5	33	33	36
6	34	29	38
7	34	30	38
8	34	31	37
9	34	32	40
10	34	32	36
<b>Mittelwert <math>R_m</math></b>	<b>33,5</b>	<b>31,2</b>	<b>37,2</b>
<b>Betondruckfestigkeit</b>	<b>29 N/mm<sup>2</sup></b>	<b>25 N/mm<sup>2</sup></b>	<b>35 N/mm<sup>2</sup></b>
Betondruckfestigkeit aus Bohrkernprüfung	24 N/mm <sup>2</sup>	27 N/mm <sup>2</sup>	20 N/mm <sup>2</sup>

Tab. 7.10: Schlagprüfung am Musterprojekt: Prellhärten und Druckfestigkeiten an tragenden IW

- Vergleich der Ergebnisse aus Bohrkernprüfung und Schlagprüfung

Erwartungsgemäß liegen die Werte der Bohrkernprüfung für die Innenwände mit  $(24 + 27 + 20) \text{ N/mm}^2 / 3 = 23,7 \text{ N/mm}^2$  unter den Werten der Schlagprüfung mit  $(29 + 25 + 35) \text{ N/mm}^2 / 3 = 29,7 \text{ N/mm}^2$  (Tab. 7.10). Gemäß DIN 1048 werden die Werte aus der Bohrkernprüfung maßgebend.

### 7.3.2.2 Betondeckung

Die Betondeckung ist ein wichtiges Beurteilungskriterium für das Langzeitverhalten von Bauteilen aus Stahlbeton. Bei ausreichender Betondeckung ist die Bewehrung dauerhaft gegen Korrosion geschützt.

Die Betondeckung wird zerstörungsfrei mit einem magnet-induktiven Überdeckungsmessgerät ermittelt. Als Prüfgerät für das Auffinden der Bewehrung hat sich das Profometer 3 bewährt. Nach dem Lokalisieren der Bewehrungsstäbe kann die genaue Betonüberdeckung mittels einer Punktsonde bis 110 mm Tiefe und mit einer Tiefenprobe bis zu 220 mm gemessen werden. Der Vorteil dieses Verfahrens ist zum einen das schnelle Absuchen von Großflächen und zum anderen das zerstörungsfreie Bestimmen des Stabdurchmessers mit einer Durchmesserprobe. Die Auswertung erfolgt direkt am Bauwerk. Eine Weiterentwicklung des Profometers 3 ist das Profometer 4, das die gemessenen Daten in einen Computer einliest und somit die Auswertung vereinfacht.

### 7.3.3 Erste visuelle Prüfung – Untersuchung des Bauzustandes (Schritt 2)

Durch visuelle Untersuchung aller zugänglichen Bauteile werden im Schritt 2 der Zustandsanalyse Abplatzungen, Risse und sonstige sich auf das Gebäude negativ auswirkenden Schadensstellen in ihrer Lage und ihrem Ausmaß anhand von Skizzen festgestellt, evtl. mit Fotos dokumentiert und anschließend bewertet. Zur Ermittlung der Rissbreite sollte ein Maßstab zur Hilfe genommen werden. Vorteilhaft ist es auch, die Betonoberfläche mit Wasser zu besprühen, um den Rissverlauf zu verdeutlichen.

In Anlehnung an die TGL 33451/02 wird der Zustand der Bauteile in 4 Stufen eingeteilt. Die Einordnung in die Zustandsstufen 1 bis 4 ist nach Erkennungsmerkmalen (Tab. 7.11) vorzunehmen. Eine Zustandsstufe gilt als erreicht, wenn ein Erkennungsmerkmal vorliegt.

Zustandsstufe (ZS)	Erkennungsmerkmale
ZS 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- keine Mängel und Schäden</li> <li>- geringe Mängel an der Betonoberfläche</li> <li>- sichtbare Haarrisse</li> </ul>
ZS 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sichtbare, nicht durchgehende Risse (<math>w &lt; 0,4</math> mm)</li> <li>- örtlich begrenzte Betonabplatzungen</li> <li>- keine bzw. örtlich begrenzte freiliegende gering korrodierte Bewehrungsstähle</li> <li>- örtlich begrenzt, geringe Durchrostung der Betonüberdeckung</li> <li>- geringe Veränderung der Betonoberflächen, wenig durchfeuchtet und verwittert</li> </ul>
ZS 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- örtlich begrenzte durchgehende Risse (<math>0,4 &lt; w &lt; 1,0</math> mm)</li> <li>- großflächige Betonabplatzungen mit geringem Querschnittsverlust</li> <li>- örtlich begrenzt freiliegende, stärker korrodierte Bewehrungsstähle</li> <li>- großflächige Durchrostung der Betonüberdeckung, beginnende Unterrostung</li> <li>- örtlich begrenzte Querschnittsminderung am Bewehrungsstahl (<math>&lt; 10</math> %) und am Beton</li> <li>- Stahleinbauteile und Verbindungsmittel aus Stahl stärker korrodiert</li> <li>- Betonoberflächen stärker verwittert und durchfeuchtet</li> </ul>
ZS 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- tiefe, durchgehende Risse über den gesamten QS des Betons</li> <li>- großflächige Betonabplatzungen mit starkem Querschnittsverlust</li> <li>- vielfach freiliegende, stark korrodierte Bewehrungsstähle</li> <li>- weitgehende Unterrostung der Betonüberdeckung</li> <li>- große Querschnittsminderung am Bewehrungsstahl (<math>&gt; 10</math> %) und am Beton</li> <li>- geringe Abweichungen der Bauteile aus der Konstruktionsebene</li> <li>- Stahlbauteile und Verbindungsmittel aus Stahl stark korrodiert, Querschnittsverluste</li> <li>- Betonoberflächen zeigen starke Durchfeuchtung und Verwitterung</li> <li>- Tragösen sind nicht zur Wiederverwendung geeignet</li> </ul>

Tab. 7.11: Erkennungsmerkmale der Bauzustandsstufen in Anlehnung an TGL 33451/02<sup>107</sup>

<sup>107</sup> TGL 33 451 / 02: Analyse des Zustandes von Bauwerken und Bauteilen, Korrosiver Zustand

Bei einer Inbetriebnahme der Bauwerke liegt in der Regel die Bauzustandsstufe ZS 1 vor. Mit zunehmender Nutzungsdauer des Gebäudes ist eine Verschlechterung der Gebrauchseigenschaften zu vermerken. Der weitere Untersuchungsablauf ist dann in Abhängigkeit der Bauzustandsstufen durchzuführen. Mit schlechter werdendem Zustand müssen entsprechend auch die Prüfungen zunehmen.

Die Einordnung in die Bauzustandsstufe entscheidet über die Wiederverwendung (Tab. 7.12).

Bauzustandsstufe	zur Wiederverwendung:
ZS 1	uneingeschränkt geeignet
ZS 2	geeignet mit teilweiser Aufbereitung
ZS 3	nicht geeignet
ZS 4	

Tab. 7.12: Eignung zur Wiederverwendbarkeit in Abhängigkeit der Bauzustandsstufen

Nicht geeignet zur Wiederverwendung sind die Bauteile, die der Bauzustandsstufe ZS 3 und ZS 4 zugeordnet werden, da der Aufwand für die Aufbereitung zu hoch ist. Eine Aufarbeitung von Bauteilen der ZS 3 ist nur dann zu empfehlen wenn keine Austauschelemente für die Remontage zur Verfügung stehen.

Die Ergebnisse der ersten visuellen Prüfung (Schritt 2) werden in der Checkliste (Ziffer 7.3.1.3, Seite 124) dokumentiert. Abb. 7.4 zeigt eine Checkliste mit den eingetragenen Ergebnissen der ersten visuellen Prüfung des Elementes D1/10/65 (Elementtyp D1 (Decke Typ 1) / 10.OG / Demontagenummer 65, siehe auch Ziffer 7.4, Seite 146 ff.):

- das Fertigteil wird der Bauzustandsstufe ZS 1 zugeordnet,
- Tragösen für Geradzug,
- keine Risse im Beton,
- keine Betonabplatzungen,
- Element zur Remontage geeignet.

Beim Musterprojekt Theodor-Storm-Straße 9 wurden der anschließende Schritt 3 nur an solchen Elementen durchgeführt, die im Schritt 2 als „zur Wiederverwendung<sup>108</sup> geeignet“ (ZS 1, ZS 2) eingestuft worden sind.

<sup>108</sup> Wiederverwendung entspricht hier auch Remontage

Beurteilung der Wiederverwendbarkeit demontierter Elemente			
<b>Bauvorhaben:</b> Rückbau/ Remontage/ Umbau Theodor-Storm-Straße 9, Cottbus		Ifd. Nr.: <u>25</u> Datum: <u>01.06.2001</u> Bearbeiter: <u>Nagara</u>	
Bauteilcharakteristik			
Elementtyp: <u>D1</u>	Geschoss (Bestand): <u>10</u>		
Elemente-Nr.: <u>21119</u>	Standort (Nr. in Liste u Plan): <u>65</u>		
Zustandsdiagnose			
Bauzustandsstufe (ZS): 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/>			
<u>Beschaffenheit der Tragösen</u>		ja	nein Bemerkung
Sind Einkerbungen, Verformungen, Aufzwängungen bzw. Verengungen, Schweißspritzer festzustellen		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> .....
Tragösenform (Tragöse für Geradzug/Schrägzug)		<u>Geradzug</u>	
Durchmesser der Tragösen		-----	
Wiederverwendung der Tragösen möglich		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> .....
<u>Risse im Beton</u>			
Risse im Beton bis 0,3 mm		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> .....
Risse im Beton > 0,3 mm		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> .....
<u>Oberflächenbeschaffenheit</u>			
kleinflächige Betonabplatzungen		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> .....
Kantenabplatzungen an Fugenrändern		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> .....
flächige Betonabplatzungen mit freiliegender Bewehrung		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> .....
Remontage			
<u>Element zur Remontage geeignet</u>	1. visuelle Prüfung ja <input checked="" type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>		2. visuelle Prüfung ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>
Skizze: 		Bemerkungen:	
Datum: <u>01.06.2001</u>		Unterschrift: <u>Nagara</u>	

Abb. 7.4: Checkliste mit eingetragenen Ergebnissen der 1. visuellen Prüfung (Schritt 2)

### 7.3.4 Zweite Visuelle Prüfung (Schritt 3)

Die visuelle Prüfung gemäß Schritt 3 sollte unmittelbar bei der Demontage und anschließend am Lagerungsort der Elemente kurz vor der Remontage durchgeführt werden. Die bereits angelegte Checkliste wird fortgeschrieben (Abb. 7.5). Das negative Ergebnis der zweiten visuellen Prüfung des Elements ist auf den Bruch einer Tragöse bei der Demontage zurückzuführen.

Beurteilung der Wiederverwendbarkeit demontierter Elemente			
<b>Bauvorhaben:</b> Rückbau/ Remontage/ Umbau Theodor-Storm-Straße 9, Cottbus		Ifd. Nr.: <u>25</u> Datum: <u>01.06.2001</u> Bearbeiter: <u>Nagara</u>	
Bauteilcharakteristik			
Elementtyp: <u>D1</u>		Geschoss (Bestand): <u>10</u>	
Elemente-Nr.: <u>21.119</u>		Standort (Nr. in Liste u Plan): <u>65</u>	
Zustandsdiagnose			
Bauzustandsstufe (ZS):		1 <input checked="" type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
		3 <input type="checkbox"/>	4 <input checked="" type="checkbox"/>
<u>Beschaffenheit der Tragösen</u>		ja	nein
Sind Einkerbungen, Verformungen, Aufzwängungen bzw. Verengungen, Schweißspritzer festzustellen		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tragösenform (Tragöse für Geradzug/Schrägzug)		<u>Geradzug</u>	
Durchmesser der Tragösen		<u>nicht ermittelt</u>	
Wiederverwendung der Tragösen möglich		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<u>Risse im Beton</u>			
Risse im Beton bis 0,3 mm		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Risse im Beton > 0,3 mm		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<u>Oberflächenbeschaffenheit</u>			
Kleinflächige Betonabplatzungen		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Kantenabplatzungen an Fugenrändern		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
flächige Betonabplatzungen mit freiliegender Bewehrung		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Remontage			
<u>Element zur Remontage geeignet</u>	1. visuelle Prüfung ja <input checked="" type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>		2. visuelle Prüfung ja <input type="checkbox"/> nein <input checked="" type="checkbox"/>
Skizze: 		Bemerkungen: <u>Tragöse bei Demontage gerissen</u>	
Datum: <u>01.06.2001 / 28.06.01</u>		Unterschrift: <u>Nagara / Nagara</u>	

Abb. 7.5: Checkliste mit eingetragenen Ergebnissen der 2. visuellen Prüfung (Schritt 3)

### 7.3.5 Auswertung der Zustandsanalyse an untersuchten Elementen des Musterprojekts

Gemäß Remontageprojekt waren 266 Elemente zur Wiederverwendung vorgesehen. Für die einzelnen Elementetypen wurden in Vorbereitung der De- und Remontage ausreichend Reserveelemente berücksichtigt.

Tab. 7.13 kann die Anzahl der am Musterprojekt zur Remontage vorgesehenen Elemente und Reserveelemente sowie die in Schritt 2 und 3 geprüften Elemente entnommen werden.

Elementart	Remontage	Reserveelemente	Summe	Geprüfte Elemente
Innenwände	104	13	117	97
Decken	106	13	119	80
Außenwände	33	6	39	35
Treppen	17	4	21	21
Sanitärzellen	6	1	7	0
Summen	266	37	303	233

Tab. 7.13: Anzahl an Remontage-, Reserve und geprüften -Elementen

#### 7.3.5.1 Innenwände

Die Ermittlung der Beton-Druckfestigkeit im Schritt 1 ergab für die Innenwände vom Erdgeschoss bis zum 11. Geschoss einen B 160 nach TGL 0-1045 (bis zur Einstufung in einen B 225 fehlen 0,7 N/mm<sup>2</sup>). Geplant und in den statischen Berechnungen angesetzt war ein B 225. Für die oberen Geschosse wurde nur ein B 160 gefordert (Tab. 7.9).

Bei der Zustandsdiagnose der Innenwandelemente konnten alle geprüften Elemente im **Schritt 2** der Bauzustandsstufe ZS 1 oder ZS 2 zugeordnet werden und waren somit als „zur Wiederverwendung geeignet“ einzustufen.

Die visuell erkennbaren Schäden beschränkten sich auf gehäuft auftretende Mikrorisse und Makrorisse. Die meisten Makrorisse verliefen beginnend an den oberen Ecken der Türöffnungen waagrecht oder diagonal zum oberen Elementerand (Abb. 7.6, oben).

An im Treppenhaus befindlichen Innenwänden des Typs IW 11 traten gehäuft ca. 10-12 cm lange waagrechte Makrorisse auf, an denen im Abstand von etwa 10-15 cm die Bewehrung zu erkennen war (Abb. 7.6, unten). Dieses Rissbild deutet auf systematische Fertigungsfehler hin.



Beidseitiger Makroriss IW 9 / 9. OG



Waagerechte Makrorisse am Element IW 11 / 8 / 90

Abb. 7.6: Makrorisse an Innenwandelementen

Im **Schritt 3** wurde der Zustand der Elemente während und nach der Demontage, dem Transport und der Lagerung beurteilt, vor allem der Zustand der Tragösen, das Hinzukommen und die Veränderung von Rissen sowie die Beschaffenheit der Elementekanten. Die letzte visuelle Prüfung wurde am Lagerungsort durchgeführt.

Die *Tragösen* waren vor dem Anschlagen vollständig freigelegt, so dass keine Beton- und Mörtelanhaftungen zu erkennen waren. Veränderungen der *Tragösen* durch Korrosion konnte nicht festgestellt werden. Teilweise waren die *Tragösen* zur Elementemitte hin verformt, was auf einen zu großen Spreizwinkel des Gehänges bei der Montage schließen lässt. Insgesamt konnten 98 % der Innenwandtragösen wiederverwendet werden (siehe Tab. 4.2, Seite 38).

Die *Tragösen* eines Elementes (IW 3/11/107; Abb. 7.7 links) waren so stark verformt und verengt, dass das Anschlagmittel nicht angebracht werden konnte. Die nachträglich an diesem Element angebrachten Bohrungen zur Befestigung des Durchstecksystems (vgl. Ziffer 4.1.2.2, Seite 39: Schaffung neuer Anschlagpunkte) führten dazu, dass diese Wand als „nicht zur Remontage geeignet“ eingestuft und ausgetauscht wurde.

Bei der Demontage zwei weiterer Innenwände (IW 10/9/126 und IW 12/9/143) kam es beim Anheben der Elemente zum Bruch der *Tragösen* (Abb. 7.7 rechts).



Abb. 7.7: Defekte *Tragösen* und alternative Anschlagpunkte bei Innenwänden

Die *Tragösen* des Elementes IW6/9/138 wurden beim Freilegen beschädigt, so dass auch dieses Element nicht zur Remontage freigegeben werden konnte.

Eine Vergrößerung oder Vermehrung der im Schritt 1 festgestellten *Risse* war bei der zweiten visuellen Prüfung (Schritt 3) nicht zu verzeichnen.

Häufig auftretende Schäden waren *Kantenabplatzungen* an den Fugenrändern, die durch das Trennen der Elemente entstanden.

Schäden durch die *Lagerung* der Elemente (vgl. auch Ziffer 5.3, Seite 71: Zwischenlagerung der Fertigteile) traten nicht auf.

### Auswertung Innenwände

Von den 97 geprüften Elementen waren 46 schadenfrei und wurden der Bauzustandsstufe ZS 1 zugeordnet. Auf die restlichen 51 Elemente (ZS 2) verteilen sich die Schäden gemäß Abb. 7.8, wobei bei den meisten Elementen mehrere Schäden gleichzeitig auftraten.

Nach der zweiten visuellen Prüfung wurden 47 Elemente der Bauzustandsstufe ZS 2 und vier Elemente wegen defekter Tragösen der Bauzustandsstufe ZS 4 (keine Wiederverwendung) zugeordnet.

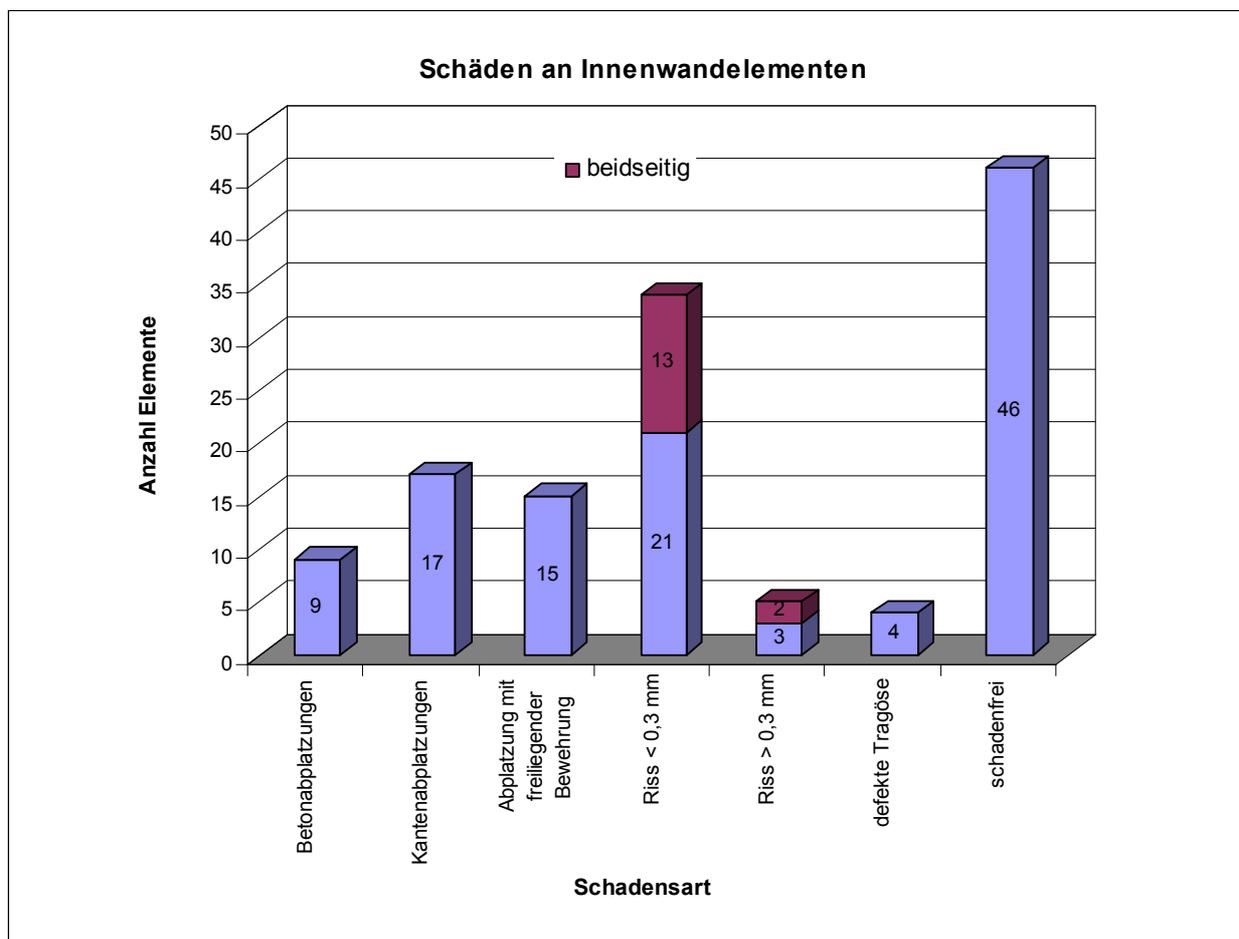


Abb. 7.8: Schäden an Innenwandelementen

### 7.3.5.2 Decken

Die Ermittlung der Druckfestigkeiten **im Schritt 1** ergab für die schlaff bewehrten Decken einen B 300 nach TGL 0-1045 für alle Geschosse. Gefordert war ein B 225. Die Spannbetondecken erreichten die geforderte Druckfestigkeit eines B 300.

Die Zustandsdiagnose im **Schritt 2** führte bei allen untersuchten Deckenelementen zur Einordnung in die Bauzustandsstufe ZS 1 und somit zum Resultat „zur Wiederverwendung geeignet“.

Erst im **Schritt 3** wurden Schäden durch den Demontageprozess selbst, durch Bruch der Tragösen und durch unsachgemäße Lagerung der Elemente festgestellt.

Durch das Aufstemmen der Fugen zwischen den Deckenplatten mit Pressluft- bzw. Elektro-Abbruchhammer kam es zu Kantenbeschädigungen unterschiedlichen Ausmaßes (Abb. 7.9). Im ungünstigsten Fall lag dann sogar die Tragbewehrung der Decke frei (Abb. 7.9 rechts). Eine Abhängigkeit der Schäden durch Abplatzung zur Lage der Decken im Grundriss konnte nicht festgestellt werden.

Die 15 sehr stark beschädigten Elemente konnten problemlos durch andere der darunter liegenden Geschosse ersetzt werden, die teilweise nicht als Reserveelemente vorgesehen waren.

In einigen Fällen wurden die Verbindungsstäbe auch unmittelbar an der Elementekante getrennt, was zu Schwierigkeiten bei der Remontage führen kann, bzw. Aufbereitungen der Verbindungspunkte erfordert.



Abb. 7.9: Kantenbeschädigungen an Deckenelementen

Jeweils eine *Tragöse* der Elemente D 1/10/65 (Abb. 7.10) und D 2/8/62 riss nach dem Anheben durch den Kran. Die Elemente wurden deshalb als „zur Wiederverwendung nicht geeignet“ eingestuft und ersetzt.



Abb. 7.10: Element D 1/10/65: Bruch der Tragöse bei der Demontage

Untersuchungen (siehe Ziffer 4.1.2.1, Seite 35 ff.) zeigten, dass bei den Deckenelementen eine Wiederverwendung der Tragösen zu 99 % möglich war.

Durch unsachgemäße *Lagerung* der Deckenelemente (Abb. 7.11, vgl. hierzu auch Ziffer 5.3: Zwischenlagerung der Fertigteile) waren nach einigen Tagen an drei Deckenelementen auf zwei verschiedenen Stapeln Bruchstellen zu erkennen. Nach ca. 3 Wochen war eine weitere Decke auf einem der betroffenen Stapel gebrochen. Diese vier Elemente waren zur Wiederverwendung nicht mehr geeignet.

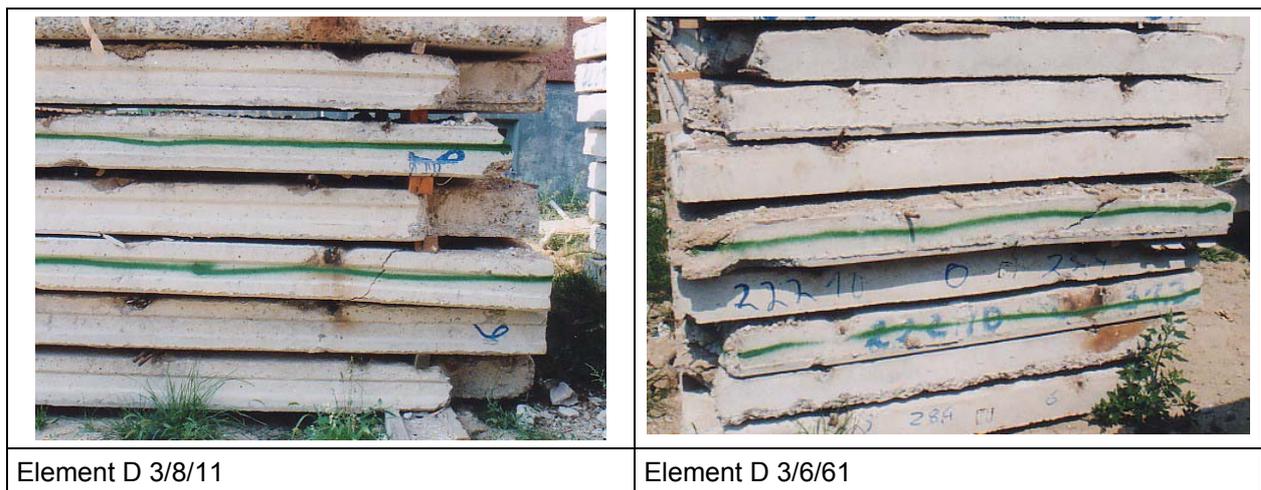


Abb. 7.11: Bruch von Deckenelementen durch unsachgemäße Lagerung

### Auswertung Decken

Von den 80 geprüften Elementen waren 59 zur Wiederverwendung geeignet und wurden nach der zweiten visuellen Prüfung der Bauzustandsstufe ZS 2 zugeordnet. Die 21 nicht zur Remontage geeigneten Elemente (ZS 3/4) wurden auf Grund von Beschädigungen der Kanten durch die Trennung der Elemente bei der Demontage, durch Bruch von Tragösen oder Bruch von Elementen durch unsachgemäße Lagerung ausgesondert und durch andere ersetzt (Abb. 7.12).

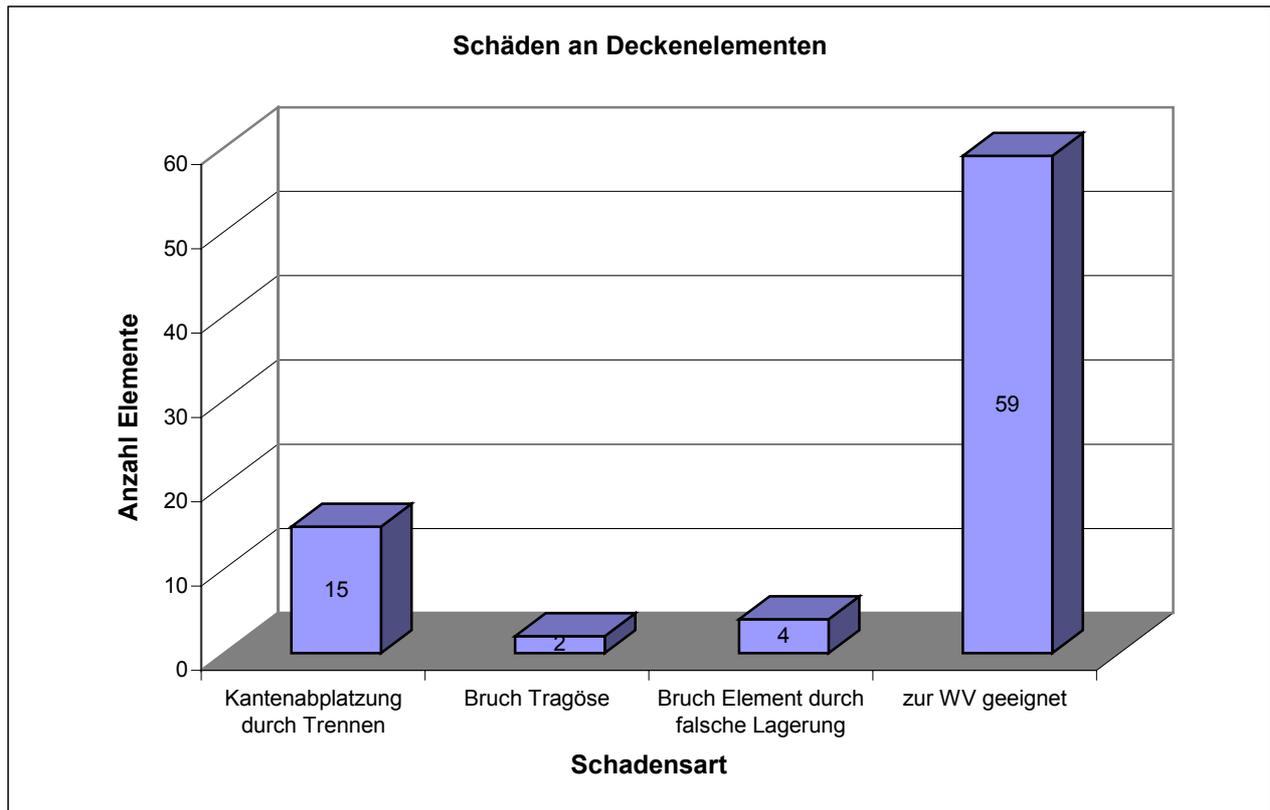


Abb. 7.12: Schäden an Deckenelementen

#### 7.3.5.3 Außenwände

Die **im Schritt 1** ermittelten Druckfestigkeiten entsprachen oder lagen in den meisten Fällen über den geforderten Werten (Tab. 7.9, Seite 129). Nur die Giebelwände des 5.-11. Geschosses entsprachen mit der Druckfestigkeit B 225 nach TGL 0-1045 nicht den geplanten B 300, was jedoch bei Verwendung für niedriggeschossige Wohngebäude keine Einschränkung bedeutet.

Die 35 geprüften Außenwandelemente konnten im **Schritt 2** den Bauzustandsstufen ZS 1 (10 Elemente) oder ZS 2 (25 Elemente) zugeordnet werden und waren somit als „zur Wiederverwendung geeignet“ eingestuft.

An der Wetterschutzschicht von Elementen, die der Bauzustandsstufe 2 zugeordnet waren, traten Risse auf. An Längswandelementen mit Fensteröffnung zeigten sich nicht durchgehende Risse an Rändern und Fensterecken mit Rissbreiten zwischen 0,1 und 0,4 mm. In den Wetterschutzschichten der Giebelwände waren durchgehende Risse zu erkennen, die über die gesamte Höhe bzw. Breite verliefen. Die Rissbreiten lagen zwischen 0,4 und 3,0 mm (Abb. 7.13).

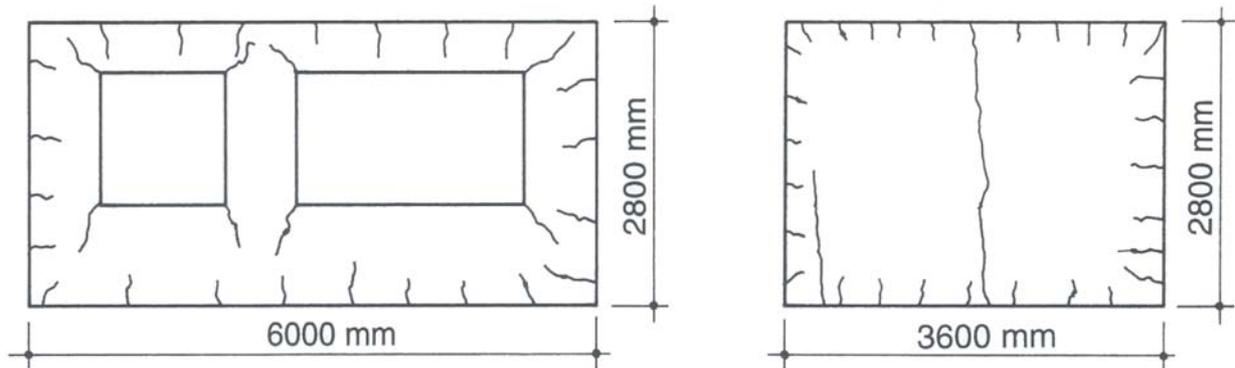


Abb. 7.13: Rissbildung in der Wetterschutzschicht von Längs außen- und Giebelwandelementen

Die Risse wurden teilweise bereits vor der Demontage saniert. Die Tragsicherheit der Wetterschutzschichten ist trotz solcher Risse im Regelfall gegeben.<sup>109</sup>

Im **Schritt 3** wurden Schäden durch Bruch der *Tragösen* sowie Schäden, hervorgerufen durch unsachgemäße Lagerung der Elemente, festgestellt. Bei einer Wand kam es bei der Demontage zum Bruch einer Tragöse (Abb. 7.14). Diese Außenwand wurde durch eine Außenwand gleichen Typs aus einem darunter liegenden Geschoss ersetzt.



Abb. 7.14: Element AW 1/9/127: Bruch der Tragöse bei der Demontage

<sup>109</sup> RUHNAU,R. / FOUDE,N.: Schäden an Außenwänden aus Mehrschicht-Betonplatten

Die *Lagerung* der Außenwände erfolgte nicht wie vorgeschlagen auf Kanthölzern unter der Tragschale (vgl. Ziffer 5.3, Seite 71). Deshalb sind Schäden, wie beispielsweise die Beschädigung der Stauschwellen und das Eindringen von Feuchtigkeit in die Elemente nicht auszuschließen.

### **Auswertung Außenwände**

Von den 35 untersuchten Außenwandelementen wurde nur eine im Schritt 3 als „nicht zur Wiederverwendung geeignet“ gekennzeichnet (ZS 4) und ausgetauscht. Die restlichen 34 Elemente wurden der Bauzustandsstufe ZS 2 zugeordnet und zur Remontage vorgesehen.

#### **7.3.5.4 Treppen**

Die Ermittlung der Beton-Druckfestigkeit im **Schritt 1** ergab für die Treppen einen B 225 nach TGL 0-1045. Geplant und in den statischen Berechnungen angesetzt war ein B 225.

Alle untersuchten Treppenelemente konnten in **Schritt 2** der Bauzustandsstufe ZS 1 zugeordnet und somit als „zur Wiederverwendung geeignet“ eingestuft werden.

Auch während und nach der Demontage sowie der Lagerung waren im **Schritt 3** keine Schäden zu verzeichnen, die eine Wiederverwendung verhindern.

#### **7.3.5.5 Sanitärzellen**

An die Sanitärzellen wurden keine besonderen statischen, bauphysikalischen und ästhetischen Anforderungen gestellt. Wichtig war, dass die Zellen bei der Demontage und Lagerung nicht beschädigt wurden, so dass sie auch „im Ganzen“ wieder remontiert werden konnten. Alle Sanitärzellen wurden problemlos demontiert, gelagert (Abb. 7.15) und remontiert. Eine Bauzustandsanalyse erfolgte nicht.



Abb. 7.15: Lagerung demontierter Sanitärzellen

### 7.3.5.6 Auswertung und Zusammenfassung

Von den 233 geprüften Elementen waren 26 nicht zur Wiederverwendung geeignet, was einem prozentualen Anteil von 11,16 % entspricht.

Die Nichteignung war das Ergebnis der zweiten visuellen Prüfung. Aus Tab. 7.14 wird die Wichtigkeit der zweiten visuellen Prüfung deutlich. Wesentliche Schäden wurden erst nach der Demontage und den Transport- und Lagerungsprozessen erkannt.

Elementart	Geprüfte Elemente	1. visuelle Prüfung			2. visuelle Prüfung		
		ZS 1	ZS 2	ZS 3/4	ZS 1	ZS 2	ZS 3/4
Innenwand	97	46	51	-	46	47	4
Decke	80	80	-	-	-	59	21
Außenwand	35	10	25	-	-	34	1
Treppe	21	21	-	-	10	11	-
Summe	233	157	76	-	56	151	26

Tab. 7.14: Einordnung der Elemente in Bauzustandsstufen nach 1. und 2. visueller Prüfung

Tab. 7.15 zeigt als Übersicht die absolute und prozentuale Gegenüberstellung der geprüften, zur Remontage geeigneten und zur Remontage nicht geeigneten Elemente.

Elementart	geprüft	zur Remontage			
		geeignet (ZS 1 / ZS 2)		nicht geeignet (ZS 3 / ZS 4)	
	[Stck.]	[Stck.]	[%]	[Stck.]	[%]
Innenwand	97	93	96 %	4	4 %
Decke	80	59	74 %	21	26 %
Außenwand	35	34	97 %	1	3 %
Treppe	21	21	100 %	0	0 %
Summe	233	207	89 %	26	11 %

Tab. 7.15: Gegenüberstellung der zur Wiederverwendung geeigneten und nicht geeigneten Elemente nach Elemententypen

Verallgemeinernd kann aus Tab. 7.15 abgeleitet werden, dass bei einer geplanten Wiederverwendung demontierter Fertigteile Reserveelemente in nachfolgender Größenordnung eingeplant werden müssen:

Decken: 30 %  
Wand- und Treppenelemente: 10 %.

Aus Abb. 7.16 wird deutlich, welche Schäden der 26 Elemente zur Einstufung in die Bauzustandsstufen ZS 3 und ZS 4 geführt haben. I.d.R. führen mehrere Schadensbilder zur Einstufung „nicht zur Wiederverwendung geeignet“. Die meisten Schäden entstanden bei den Deckenelementen durch die Lagerung und beim Trennprozess. Bei den Wandelementen führte hauptsächlich das Versagen der Tragösen zur Nichteignung für eine Remontage.

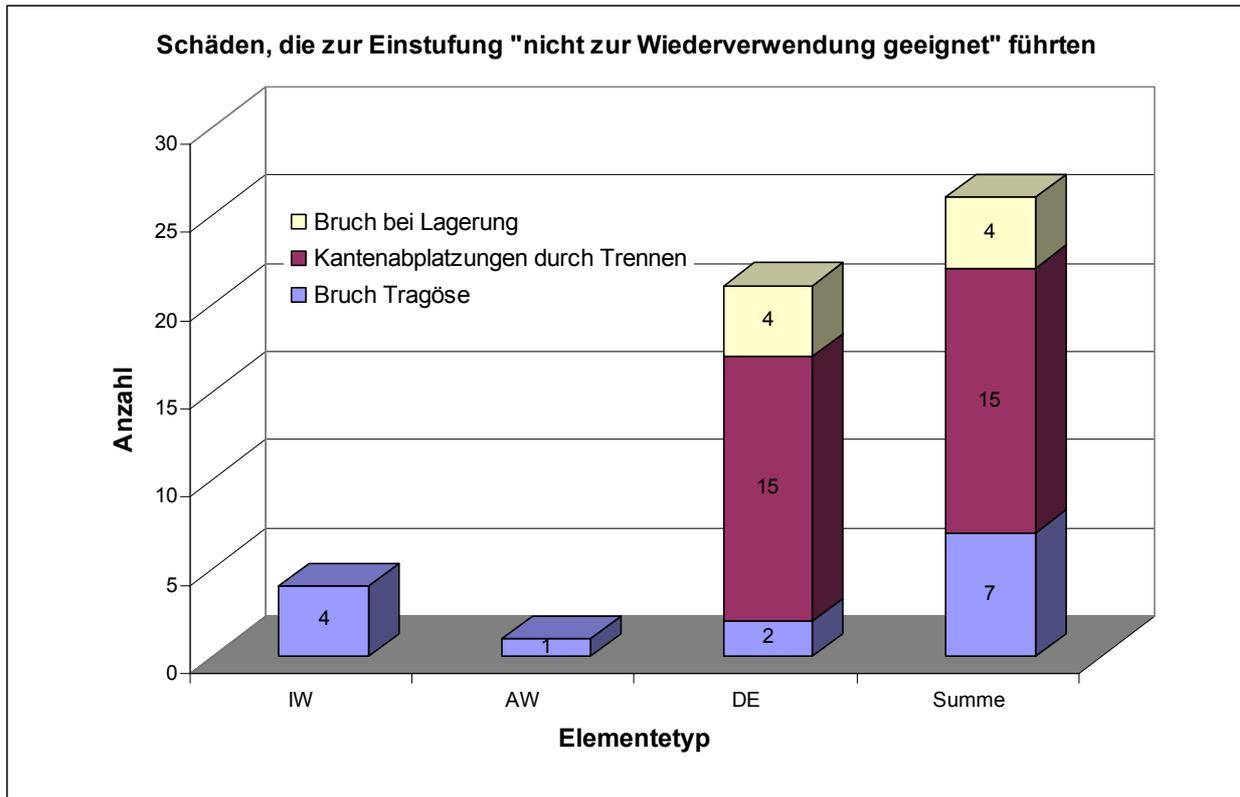


Abb. 7.16: Übersicht Schäden (Gründe für Einstufung „nicht zur Wiederverwendung geeignet“)

#### 7.4 Elementierung bei Wiederverwendung der Fertigteile

Eine Analyse unterschiedlicher Fertigteile des zu demontierenden Gebäudes ergab, dass sich geometrisch gleiche Fertigteile (bei Beachtung der Lage von Tür- und Fensteröffnungen) durch unterschiedliche Betongüten, unterschiedlichen Bewehrungsanteil sowie unterschiedliche Randprofilierung unterscheiden. Am Beispiel einer Innenwand des Musterprojektes Stormstraße soll dies verdeutlicht werden (Tab. 7.16).

Elemente- Nummer	Abmessungen	Betongüte	Bewehrungsanteil	weitere Unter- schiede
	[mm]		[kg]	
51501	3.580 x 2.635 x 150	B 160	12,81	
52127	3.580 x 2.635 x 150	B 225	18,69	zusätzlich Schub- verzahnung
52129	3.580 x 2.635 x 150	B 225	17,11	
52146	3.580 x 2.635 x 150	B 160	15,35	

Tab. 7.16: Geometrisch gleiche Innenwandelemente – neue Bezeichnung IW 6

Diese Unterschiede sind auf die Lage der Fertigteile im Gebäude zurückzuführen. So sind z.B. die Innenwände 52127 und 52129 stärker bewehrt und in den Geschossen 1 bis 7 eingebaut, während die schwächer bewehrten Innenwände 52146 und 51501 für die Geschosse 8 bis 11 vorgesehen waren. Die zusätzliche Schubverzahnung resultierte aus dem Einsatz der Innenwand 52127 als Sektionstrennwand.

In den Remontageplänen für die Häuser 9 C bis 9 E wurden vom Tragwerksplaner die alten Elementebezeichnungen gewählt<sup>110</sup>, was eine genaue Zuordnung des jeweils demontierten Fertigteilens im Remontageplan erfordert. Dabei wurde nicht beachtet, dass es bei der Wiederverwendung von Fertigteilen für niedriggeschossige Gebäude nur auf die Geometrie, nicht aber auf weitere Unterschiede ankommt. Deshalb wird vorgeschlagen, für geometrisch gleiche Elemente eine neue Elementebezeichnung einzuführen (Tab. 7.17). Diese Vorgehensweise erleichtert wesentlich die Wiederverwendung. So ist es z.B. nicht von Bedeutung, in welchem Haus und an welcher Stelle ein Element mit der alten Bezeichnung 52127 eingebaut werden muss. Wichtig ist lediglich, dass dieses Fertigteil einem Element IW 6 entspricht, von welchem insgesamt 20 Fertigteile wiederverwendet werden. In welchen Häusern die einzelnen sich in Betongüte und Bewehrungsanteil unterscheidenden Elemente eingebaut werden, ist damit nicht von Bedeutung.

<sup>110</sup> Projektunterlagen Theodor-Storm-Straße 9 A bis 9 E

Weiterhin ergeben sich durch die Einführung der neuen Elementebezeichnung Vorteile bei der Zwischenlagerung und bei der Festlegung der Anzahl der Reserveelemente. Durch die vorgeschlagene Elementierung entstanden aus 36 unterschiedlichen Decken-, Treppen- und Innenwand-Elementen 15 neue Elementebezeichnungen (Tab. 7.17).

Vor der Demontage werden alle zur Wiederverwendung vorgesehenen Fertigteile entsprechend Demontageliste eindeutig gekennzeichnet (Abb. 7.17), wie z.B. „IW 10/11/26“ (neue Elementebezeichnung IW 10/Standort im Demontageobjekt 11. OG / Demontage-KSP-Nr. 26). Durch diese Kennzeichnung ist der Herkunftsort und auch die ursprüngliche Elementebezeichnung zu jeder Zeit feststellbar.

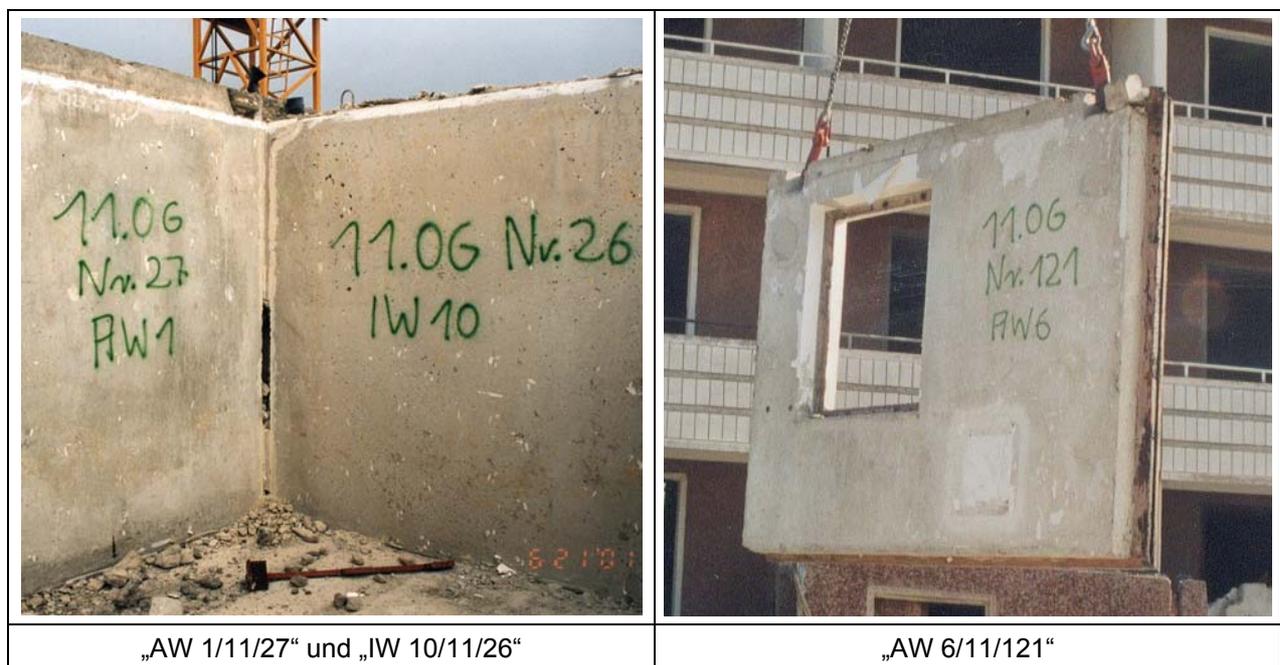


Abb. 7.17: Kennzeichnung von zur Remontage vorgesehenen Fertigteilen

Vereinfachte, den Erfordernissen der Remontage entsprechende, Elementebezeichnungen werden immer, unabhängig von der jeweiligen Typenbauserie, zu einer deutlichen Vereinfachung der Projektierung, Arbeitsvorbereitung, Lagerung und Ausführung führen.

7 Wiederverwendung von Fertigteilen - Remontage

Element lt. Plan	Elemente alternativ			Bezeichnung neu	KG 9a/b	9a	9b	9c	9d	9e	Σ
21119	21123			D1				2	0	0	2
21120	21124			D2				2	0	0	2
21200	22210	22212		D3	9			0	8	8	25
22006	22001			D4	6			10	6	6	28
22115				D5	2			0	14	14	30
22638				D6				0	3	3	6
23630	23633			D7		1	1	1	3	3	8
23632	23631			D8				0	2	2	4
<b>Zwischensumme</b>					<b>17</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>15</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>106</b>
31005				TR1					4	4	8
31015				TR2					2	2	4
31147	31148	31144		TR3				1	2	2	5
<b>Zwischensumme</b>					<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>17</b>
41731				AW1				3	5	5	13
42231				AW2				2	0	0	2
42232				AW3				1	0	0	1
42236				AW4				2	0	0	2
42326				AW5				2	3	3	8
42327				AW6				1	3	3	7
<b>Zwischensumme</b>					<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>33</b>
51555				IW1				1	3	3	7
52017	52016			IW2				3	0	0	3
52067	52066			IW3				0	1	1	2
52069	52065	51453		IW4				1	2	2	5
52274				IW5			1	0	0	0	1
52129	52127	51501	52146	IW6				4	8	8	20
52131				IW7					1	1	2
52132				IW8					1	1	2
52133				IW9					3	0	3
52165	52166D			IW10				0	8	8	16
52237	51559			IW11				2	3	3	8
52239	51557	51558		IW12				2	3	3	8
52240				IW13					3	3	6
52273				IW14					3	3	6
57763	57765			IW15					3	3	6
57764				IW16					3	3	6
51504				IW17				0	0	3	3
<b>Zwischensumme</b>					<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>13</b>	<b>45</b>	<b>45</b>	<b>104</b>
SRZ									3	3	6
<b>Gesamtelementebedarf</b>					<b>17</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>40</b>	<b>103</b>	<b>103</b>	<b>266</b>

Tab. 7.17: Beispiel für die Einführung neuer Elementebezeichnungen

## 8 Bauwirtschaftliche Bewertung von De- und Remontagen

Als Grundlage der bauwirtschaftlichen Bewertung von De- und Remontagen werden die Kosten mittels Kalkulation über die Angebotssumme ermittelt.

Bei diesem Verfahren werden zunächst die Einzelkosten der Teilleistungen (EKT) und anschließend die Gemeinkosten der Baustelle (GKB) sowie die umsatzbezogenen Gemeinkosten der Verwaltung (Allgemeine Geschäftskosten - AGK; Wagnis und Gewinn) berechnet. Durch Umlage der Gemeinkosten auf die Summe der Einzelkosten der Teilleistungen werden für die Berechnung der Einheitspreise Zuschlagssätze festgelegt. Es ergeben sich zwingend folgende Bearbeitungsschritte:

- objektspezifische Ermittlung der Einzelkosten der Teilleistung (EKT, bei Demontagen beispielsweise: Entkernung, Demontage),
- objektspezifische Ermittlung der Gemeinkosten der Baustelle (GKB, beispielsweise: Bauleitungskosten),
- Bestimmung der Herstellkosten (HSK),
- Festlegen der Zuschläge für die Allgemeinen Geschäftskosten (AGK),
- Festlegen der Zuschläge für Wagnis und Gewinn (W+G),
- Bestimmung der Angebotssumme,
- Ermittlung der Einheitspreise durch Umlage der Gemeinkosten und Zuschläge auf die Kostenarten der Einzelkosten der Teilleistungen.

Die Schwierigkeit bei der Preisbildung für De- und Remontagearbeiten liegt bei der Wahl der Kalkulationsansätze. Die einschlägige Literatur stellt bisher entsprechende Angaben nicht zur Verfügung.

### 8.1 Kosten von Demontagen

Im Folgenden werden die wesentlichen Kosten der zweimonatigen Demontage des 11-Geschossers in der Theodor-Storm-Straße 9 in Cottbus ermittelt. Ausgehend von:

- Angeboten,
- Miet- und Transportkosten von Unternehmen der Region sowie
- Zeit- und Multimomentaufnahmen

wird die Ermittlung der Einzelkosten der Teilleistungen in nachfolgende Positionen gegliedert:

- (1) Baustelleneinrichtung,
- (2) Abbruchtechnologie,
- (3) Entkernung,
- (4) Elemente-Demontage sowie
- (5) Entsorgung der nicht zur Remontage verwendeten Elemente.

Es wird davon ausgegangen, dass die Elemente-Demontage als Eigenleistung, die Entkernung und die Entsorgung als Fremdleistung ausgeführt werden. Weiterhin wird eine vom AN zu erstellende Abbruchtechnologie kostenmäßig berücksichtigt.

Es bestand zwar Kenntnis von Angeboten mit geringem Detaillierungsgrad und großer Streubreite zu ausgewählten Leistungspaketen, nicht aber von den tatsächlichen Auftragssummen. Diese Informationen reichten für eine fundierte Verallgemeinerung der Kostenansätze bei der Kalkulation von Demontagen nicht aus.

Da es nicht möglich ist, von deutschlandweit gültigen Kalkulationsansätzen auszugehen, wurden von marktübliche Lohn- und Stoffkosten der Region Cottbus/Spree-Neiße-Kreis berücksichtigt.

Preise und damit auch Kosten sind territorial sehr unterschiedlich. So berücksichtigt z.B. MITTAG<sup>111</sup> bei der Bildung von Baupreisen anhand von Kennzahlen bundeslandabhängige Korrekturwerte, die zwischen 0,82 (Niedersachsen) und 1,42 (Berlin) liegen, und weist außerdem darauf hin, dass zusätzlich mit regionalen Unterschieden von nochmals 10-25 % zu rechnen ist.

Die Unterschiede sind neben der marktregulierenden Funktion von Angebot und Nachfrage auf ein unterschiedliches Lohnniveau sowie unterschiedliche Gerätemieten zurückzuführen.

### **8.1.1 Einzelkosten der Teilleistungen (EKT)**

Es wird von einer Bauzeit für die Demontage von 2 Monaten (Standzeit des Kranes) ausgegangen, die auch der tatsächlichen Demontagezeit entspricht. Die eigentliche Elemente-Demontage nahm dabei 1,5 Monate in Anspruch, die restliche Zeit war für den Kranauf-/abbau, für vorbereitende Arbeiten sowie als Puffer vorgesehen.

---

<sup>111</sup> MITTAG,M.: Aktuelles Arbeits- und Kontrollhandbuch zur Planung und Kostenermittlung von Neubauten, Stand 12/2001

**8.1.1.1 Baustelleneinrichtung (BE)**

Die wesentlichen zur Demontage benötigten Baustelleneinrichtungselemente wurden ermittelt (Tab. 8.1) und gehen unter der Kostenart Geräte innerhalb der Einzelkosten der Teilleistungen in die Kalkulation ein.

Element	Menge	Standzeit	Auf- und Abbau An- u. Abtransport	Vorhaltung bzw. Miete	Kosten
		[Mon.]	[€]	[€/Mon.]	[€]
TU - Container	1	2	260	130	520
Magazin - Container	1	2	260	410	1.080
Miet- WC	1	2	-	80	160
Bauzaun	75 m	2	-	375	750
Baustraße	120 m <sup>2</sup>	2	1.850	-	1.850
Bauwasseranschluss	1	pau.	520	-	520
Baustromanschluss	1	pau.	520	-	520
Kran	1	2	12.800	9.150	31.100
Krangleis	25 m	2	3.000	320	3.640
A- Böcke	4	2	600	-	600
Demontageausrüstung*	1	2	270	520	1.310
<b>BE Gesamt</b>			<b>20.080</b>	<b>10.985</b>	<b>42.050</b>

\* Schweißtrafo, Kompressor, Montagestreben, Schutzgeländer, Podestleitern u.ä.

Tab. 8.1: Kosten der Baustelleneinrichtung (Demontageobjekt 11-Geschosser)

**8.1.1.2 Abbruchtechnologie**

Die Kosten der Abbruchtechnologie werden innerhalb der EKT der Kostenart SOKO mit 7.670 € gemäß Angebot zugeordnet.

**8.1.1.3 Entkernung**

Die Entkernung beinhaltet das Beseitigen von an Gebäuden befestigten oder eingebauten Anlagen und Gegenständen, die keinen Einfluss auf die Standsicherheit des Bauwerkes haben. Die Kosten für die Entkernung wurden als Fremdleistung in Höhe von 62.480 € (gemittelte Angebote der abgefragten Subunternehmer des GU) berücksichtigt.

#### **8.1.1.4 Elemente-Demontage**

Unter der Position „Elemente-Demontage“ wurden die mit der Demontage der Fertigteile in direktem Zusammenhang stehenden Tätigkeiten erfasst. Sie beinhalten die Lohnstunden des Kranfahrers und der Demontagekolonne sowie die erforderlichen Schneid- und Sägearbeiten, die als Fremdleistung vergeben worden waren.

##### *Kranfahrer*

Bei zweimonatiger Demontage, einer täglichen Arbeitszeit von 10 Stunden und einem Mittellohn von 23 €/h ergeben sich Lohnkosten für den Kranfahrer von  $2 \text{ Mon.} \cdot 10 \text{ h/AT} \cdot 21,25 \text{ AT/Mon.} \cdot 23 \text{ €/h} = 9.775 \text{ €}$ .

##### *Demontagekolonne*

Die aus fünf Arbeitskräften bestehende Demontagekolonne (vgl. Ziffer 6.4) führt bei einem Mittellohn von 18 €/h zu Lohnkosten von  $5 \text{ AK} \cdot 1,5 \text{ Mon.} \cdot 10 \text{ h/AT} \cdot 21,25 \text{ AT/Mon.} \cdot 18 \text{ €/h} = 26.687,50 \text{ €}$ .

##### *Sägearbeiten*

Bei Kosten von 51,10 €/lfd. m und einem Umfang von 180 lfd. m betragen die Fremdleistungskosten für die Schneid- und Sägearbeiten 9.198 €.

#### **8.1.1.5 Entsorgung der nicht zur Wiederverwendung vorgesehenen Elemente**

Von den 1.488 demontierten Elementen wurden 266 Elemente wiederverwendet (vgl. Tab. 2.3, Seite 20).

Die restlichen Elemente (ca. 3.500 t) wurden auf der Baustelle vorgebrochen (30 t - Bagger mit Abbruchzange) und zu einer 15 km entfernten Brecheranlage und Deponie transportiert. Die Kosten für den Bagger wurden bereits unter Ziffer 5.2.3 (Seite 69 ff.) mit 25.050 € ermittelt.

Bei Transportkosten von 3,25 €/t betragen die Einzelkosten der Teilleistung für 3.500 t zu entsorgenden gebrochenen Bauschutt  $3,25 \text{ €/t} \cdot 3.500 \text{ t} = 11.375 \text{ €}$ .

Die Deponiekosten betragen bei 8 €/t:  $8 \text{ €/t} \cdot 3.500 \text{ t} = 28.000 \text{ €}$ .

### 8.1.1.6 Zusammenstellung der EKT

In Tab. 8.2 sind die zuvor ermittelten Einzelkosten der Teilleistungen als Übersicht dargestellt.

Pos	Kurztext	Kostenarten ohne Zuschläge			
		Lohn	Soko	Gerät	Fremd
		[€]	[€]	[€]	[€]
1	Baustelleneinrichtung			42.050	
2	Abbruchtechnologie		7.670		
3	Entkernung				62.480
4	Elemente- Demontage				
	Kranfahrer	9.775			
	Demontagekolonne	28.688			
	Sägearbeiten				9.198
5	Entsorgung				
	Bagger mit Schere			25.050	
	Abtransport vorgebrochene Elemente				11.375
	Deponie/Recycling				28.000
<b>Summe der EKT</b>		<b>38.463</b>	<b>7.670</b>	<b>67.100</b>	<b>111.053</b>

Tab. 8.2: Zusammenstellung der Einzelkosten der Teilleistungen (EKT)

### 8.1.2 Gemeinkosten der Baustelle (GKB)

Als Gemeinkosten werden die Kosten für das Aufsichtspersonal (Tab. 8.3) und für Kleingeräte und Hilfsmaterial angesetzt. Die Werte werden den Kostenarten Lohn bzw. SOKO zugeordnet.

#### *Aufsichtspersonal*

Führungspersonal	Anzahl	Einsatzzeit [Mon.]	Gehalt [€/Mon.]	Kosten [€]
Polier (NU)	0,5	2	4.600	4.600
Kaufmann (GU)	0,2	2	4.100	1.640
Bauleiter (GU)	0,3	2	5.120	3.072
<b>Summe</b>				<b>9.312</b>

Tab. 8.3: Kosten Aufsichtspersonal (Demontageobjekt 11-Geschosser)

*Kleingeräte und Hilfsmaterial*

Für Kleingeräte und Hilfsmaterial werden 10 % der Lohnkosten der Demontagekolonne (Ziffer 8.1.1.4) angesetzt:  $26.688 \text{ €} \times 10 \% = 2.869 \text{ €}$ .

Die Gemeinkosten gehen mit 9.312 € und 2.869 € (Kostenarten Lohn und SOKO) in die Kalkulation über die Endsumme (Tab. 8.4) ein.

**8.1.3 Allgemeine Geschäftskosten, Wagnis und Gewinn**

Der Anteil der Allgemeinen Geschäftskosten wurde mit 5 % und der für Wagnis und Gewinn mit 3 % bezogen auf die Angebotssumme angesetzt. Bezogen auf die Herstellkosten ergibt sich ein Prozentsatz von 8,7 %.

**8.1.4 Ermittlung der Endsumme**

Aus den EKT, den GKB, den Allgemeinen Geschäftskosten sowie Wagnis und Gewinn ergibt sich eine Gesamtsumme für Baustelleneinrichtung, Abbruchanweisung, Entkernung, Demontage und Entsorgung von 257.039 € (Tab. 8.4).

Kostenarten	Lohn	Soko	Geräte	Fremd	Summe
Einzelkosten der Teilleistungen	38.463	7.670	67.100	111.053	224.286
Gemeinkosten der Baustelle	9.312	2.869			12.181
<b>Herstellkosten</b>	<b>47.775</b>	<b>10.539</b>	<b>67.100</b>	<b>111.053</b>	<b>236.467</b>
Allgem. Geschäftskosten (AGK), Wagnis (W) und Gewinn (G) für die Kostenarten Lohn + Soko + Geräte + Fremd					
AGK :	5 %	der	Herstellkosten - Anteile	Lohn	47.775
W + G :	+ 3 %	Angebots-		Soko	10.539
Summe :	8 %	summe		Geräte	67.100
			Fremd	111.053	
Umrechnung auf Herstellkosten	$\frac{8 \cdot 100}{100 - 8}$		→ 8,70 % von Summe [€]		
				236.467	20.572
<b>Angebotssumme netto</b>					<b>257.039 €</b>

Tab. 8.4: Ermittlung der Endsumme

### 8.1.5 Ermittlung der „Positionspreise“

Die sich aus den Gemeinkosten (GKB, Allgemeine Geschäftskosten, Wagnis und Gewinn) ergebenden Zuschläge auf die Einzelkosten der Teilleistungen werden getrennt nach Kostenarten wie folgt angesetzt:

- auf Sonstige Kosten: 20 %
- auf Geräte: 20 %
- auf Fremdleistungen: 10 %
- auf Lohnkosten: restlicher zu verrechnender Zuschlag = 17,40 % (Tab. 8.5).

Ermittlung der Einzelkostenzuschläge					[€]
Angebotssumme ohne Mehrwertsteuer					257.039
abzüglich Einzelkosten der Teilleistungen					224.286
insgesamt zu verrechnender Zuschlag					32.753
abzüglich gewähltem Zuschlag:					
	[Faktor]	[%]	EKT [€]	Umlage [€]	
auf Soko	1,20	20	7.670	1.534,00	
auf Geräte	1,20	20	67.100	13.420,00	
auf Fremd	1,10	10	111.053	11.105,30	
Summe gewählter Zuschläge				26.059,30	26.059,30
Zu verrechnender Zuschlag auf Lohnkosten					6.694
Zuschlag auf Lohn: $6.694 / 38.463 \rightarrow 17,40 \%$					

Tab. 8.5: Ermittlung der Einzelkostenzuschläge

Es ergeben sich somit die Kosten der fünf Positionen wie folgt (Tab. 8.6):

Pos.	Kurztext	Kostenarten mit Zuschlägen				Preis je Position [€]
		Lohn	Soko	Gerät	Fremd	
		(17,40%)	(20%)	(20%)	(10%)	
		[€]	[€]	[€]	[€]	
1	Baustelleneinrichtung			50.460		<b>50.460</b>
2	Abbruchtechnologie		9.204			<b>9.204</b>
3	Entkernung				68.728	<b>68.728</b>
4	Elemente- Demontage					<b>55.274</b>
	Kranfahrer	11.476				11.476
	Demontagekolonne	33.680				33.680
	Sägearbeiten				10.118	10.118
5	Entsorgung					<b>73.373</b>
	Bagger mit Schere			30.060		30.060
	Abtransport vorgebrochener Elemente				12.513	12.513
	Deponie/ Recycling				30.800	30.800
<b>Angebotssumme netto</b>						<b>257.039</b>

Tab. 8.6: Positionspreise für die Demontage

### 8.1.6 Auswertung der ermittelten Demontagekosten

Bei 1.488 Elementen und 3.311 m<sup>2</sup> Wohnfläche verteilen sich die Demontagekosten entsprechend auf die 5 untersuchten Bereiche wie folgt:

Position		Kosten gesamt	Kosten pro Element	Kosten pro m <sup>2</sup> Wohnfläche
1	Baustelleneinrichtung	50.460 €	33,91 €	15,24 €
2	Abbruchtechnologie	9.204 €	6,19 €	2,78 €
3	Entkernung	68.728 €	46,19 €	20,76 €
4	Elemente-Demontage	55.274 €	37,15 €	16,69 €
5	Entsorgung	73.373 €	49,31 €	22,16 €
Gesamtkosten		257.039 €	172,75 €	77,63 €
			<b>173 €</b>	<b>78 €</b>

Tab. 8.7: Demontagekosten pro Element und pro m<sup>2</sup> demontierte Wohnfläche

Demnach ergeben sich die Kosten:

Entkernung:

- pro m<sup>2</sup> Wohnfläche: 21 €

Demontage gesamt (BE + Abbruchtechnologie + Elemente-Demontage)

- pro m<sup>2</sup> Wohnfläche: 35 €
- pro Element: 77 €

Entsorgung

- pro m<sup>2</sup> Wohnfläche: 22 €
- pro Element: 49 €

sowie Rückbaukosten von 78 €/m<sup>2</sup> WFL Wohnfläche.

### 8.1.7 Verallgemeinerbare Kalkulationsansätze für Demontagen von Plattenbauten

Die ermittelten Kostenwerte gelten zunächst für die Bedingungen des untersuchten Musterprojektes, das durch 1.488 zu demontierende Elemente gekennzeichnet ist.

Da die Plattenbauten sich bezüglich Gebäudetiefe und Elementemasse bei einem Raster der tragenden Innenwände von 6 m nur unwesentlich unterscheiden, bestimmt die Anzahl der zu demontierenden Elemente hauptsächlich die Kosten pro Element bzw. pro m<sup>2</sup> zu demontierender Wohnfläche. Eine Ausnahme bilden hierbei die Kosten der Entkernung auf Grund sehr geringer zeitunabhängiger Kosten.

In Tab. 8.8 sind verallgemeinerbare Kalkulationsansätze für die Kostenermittlung der Demontage von Plattenbauten zusammengestellt.

Währenddem die Kennwerte für **Krangröße**, **Demontagekolonne**, **Demontageleistung** und **Arbeitszeitaufwand** als Kalkulationsansätze unmittelbar verwendet werden können, sind die Kosten für die **Baustelleneinrichtung** wesentlich von der Anzahl der zu demontierenden Elemente abhängig.

Position	Kennwerte		Bemerkungen
Baustelleneinrichtung	61 €/Element	34 €/m <sup>2</sup> WFL	Demontage von 3 Geschossen
	34 €/Element	17 €/m <sup>2</sup> WFL	Demontage von 9 Geschossen
Krangröße	TDK 130 tm		Gilt für maximale Demontagemasse 7,2 t, Gebäudetiefe einschließlich Loggia 12,8 m. Gebäudehöhe hat keinen Einfluss auf die Größe des TDK
Entkernung	45 €/Element	20 €/m <sup>2</sup> WFL	Keine Asbestentsorgung, stark lohnabhängig
Elemente-Demontage	37 €/Element	17 €/m <sup>2</sup> WFL	5 Arbeitskräfte + Kranfahrer, stark lohnabhängig, gilt für einen Mittellohn von 18 €/h (Kolonne) und 23€/h (Kranfahrer)
Demontagekolonne	5 AK + Kranfahrer		Durchschnittswerte bei der Kalkulation der Demontage von Plattenbauten ohne wesentliche Fremdnutzung des Kranes
Demontageleistung	50 Elemente/10 h		
Arbeitszeitaufwand	1,2 h/Element		
Entsorgung	50 €/Element	22 €/m <sup>2</sup> WFL	Stark gerätekostenabhängig

Tab. 8.8: Verallgemeinerbare Kalkulationsansätze für die Demontage von Plattenbauten

Der Zusammenhang zwischen den Kosten für die Baustelleneinrichtung und der Anzahl der zu demontierenden Geschosse bzw. m<sup>2</sup> Wohnfläche wird aus Tab. 8.9 deutlich.

Ausgangswerte dabei sind:

- zeitunabhängige Kosten der BE (Tab. 8.1): 20.080 €
- zeitabhängige Kosten für 2 Monate der BE für die Demontage von 1.488 Elementen des Musterprojektes (Tab. 8.1): 21.970 €
- Elementanzahl Dachgeschoss: 102
- Elementanzahl je Geschoss i.M.: 152
- Wohnfläche je Geschoss: 335 m<sup>2</sup>

Daraus ergeben sich in Abhängigkeit der zu demontierenden Geschosse (n):

- zeitunabhängige Kosten der BE (Sp.4 Tab. 8.9):  

$$20.080 \text{ €} / (102 + n \cdot 152) \quad [\text{€/Element}]$$
- zeitabhängige Kosten der BE (Sp.5 Tab. 8.9):  

$$21.970 \text{ €} / 1.488 = 15 \text{ €/Element}$$

zu demontierende			Kosten der Baustelleneinrichtung				
Ge- schosse	Ele- mente	Wohn- fläche	zeitun- abhängig	zeitabhängig	Summe	einschl. Umlage	
Anzahl	Anzahl	m <sup>2</sup>	€/Element	€/Element	€/Element	€/Element	€/m <sup>2</sup> WFL
1	2	3	4	5	6=Sp4+Sp5	7=Sp6•1,2	8=Sp7•Sp2/Sp3
1	254	335	79	15	94	113	86
2	406	670	49	15	64	77	47
3	558	1.005	36	15	51	61	34
4	710	1.340	28	15	43	52	28
5	862	1.675	23	15	38	46	24
6	1.014	2.010	20	15	35	42	21
7	1.166	2.345	17	15	32	39	19
8	1.318	2.680	15	15	30	36	18
9	1.470	3.015	14	15	29	34	17

Tab. 8.9: Kosten der Baustelleneinrichtung in Abhängigkeit der Anzahl der demontierten Geschosse

Die Ergebnisse der Tab. 8.9 können verallgemeinert werden, da sich die Elementanzahl pro WE bei unterschiedlichen Plattenbautypen nur unwesentlich ändert und die Größe des Hebezeuges nicht durch die Gebäudehöhe, sondern durch die maximale Demontagemasse und die Gebäudetiefe bestimmt wird. Die dem Krannachweis zu Grunde liegenden Parameter (maximale Demontagemasse 7,2 t und Gebäudebreite 12,8 m) werden bei der Typenbauserie WBS 70 mit 7,3 t und 13,6 m nur geringfügig überschritten. Der nachgewiesene Turmdrehkran der Kranklasse 130 tm, ist auch für die etwas größere maximale Demontagemasse und Gebäudetiefe der WBS 70 geeignet.

Die Kennwerte für die **Entkernung** und **Elemente-Demontage** (Tab. 8.8) werden sehr stark durch die Höhe des zu Grunde gelegten Mittellohnes bestimmt.

Die Kosten-Kennwerte für die **Entsorgung** werden hauptsächlich durch die territorial unterschiedlichen Mietkosten der Maschinen und Geräte beeinflusst.

Die stark von der Anzahl der demontierten Geschosse abhängenden Kosten der Baustelleneinrichtung sind zum einen auf die hohen zeitunabhängigen Kosten sowie zum anderen auf den Einfluss des Daches (das in jedem Fall demontiert werden muss) zurückzuführen.

Abb. 8.1 zeigt den Zusammenhang zwischen der Elementanzahl pro m<sup>2</sup> zu demontierender Wohnfläche und der Anzahl der zu demontierenden Geschosse am Beispiel des Musterprojektes.

Es gilt: Anzahl der zu demontierenden Elemente pro m<sup>2</sup> WFL  $n_D = (n \cdot 152 + 102) / (n \cdot 335)$ .

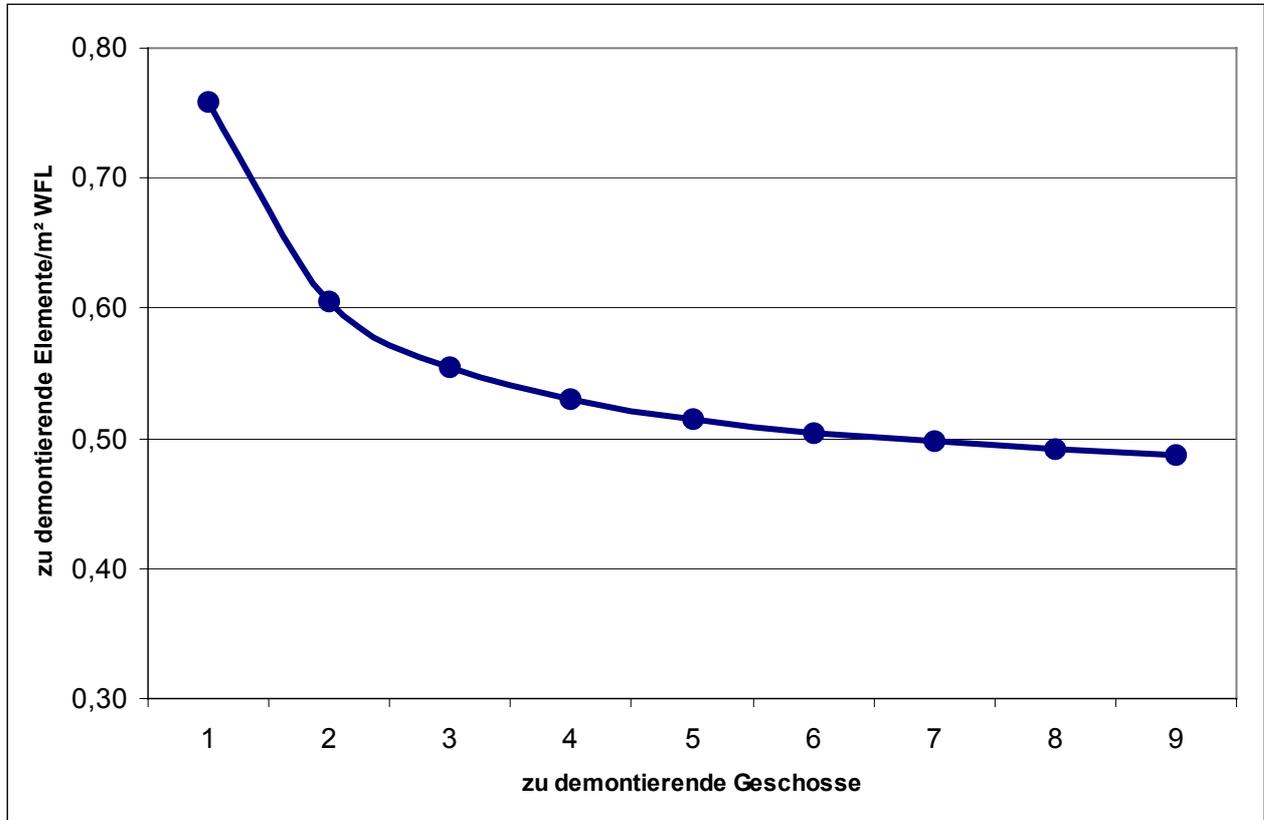


Abb. 8.1: Abhängigkeit zwischen Elementanzahl pro m<sup>2</sup> WFL und Anzahl zu demontierender Geschosse

## 8.2 Remontagekosten

### 8.2.1 Bauwirtschaftliche Untersuchungen zur Remontage anhand von Einzelementen

Im Folgenden wird anhand von Einzelementen (Innenwände und Decken) ein kalkulatorischer Vergleich zwischen zu remontierenden und neu zu erstellenden Bauteilen geführt. Bei den neu zu erstellenden Bauteilen wird von folgenden Varianten der Herstellung ausgegangen:

- Innenwände: Lieferung und Einbau neuer Fertigteile,  
Mauerwerk.
- Decken: Lieferung und Einbau neuer Fertigteile,  
Lieferung und Einbau von Filigrandecken.

#### 8.2.1.1 Elementecharakterisierung

Die Geometrie der zu untersuchenden Elemente orientiert sich an typischen Fertigteilen der Typenbauserie P 2, die als Remontage-Elemente genutzt werden sollen (Tab. 8.10).

Element	Elemente-Nr.	neue Bezeichnung	Systemmaße [m]	Masse P2 Element [t]
Innenwand	51555	IW 1	3,41 x 0,15 x 2,80	3,1
Decke 6,00 m	22006	D 4	6,00 x 1,80 x 0,14	3,5
Decke 3,60 m	22638	D 6	3,60 x 1,80 x 0,14	2,0

Tab. 8.10: Remontage-Elemente als Grundlage für Vergleichskalkulation von Einzelementen

Folgende Varianten (V) werden untersucht:

#### Innenwände

V I 1: neues Fertigteil der Abmessungen 3,41 x 0,15 x 2,80 [m]

V I 2: Porotonmauerwerk 6 DF, d = 17,5 cm der Abmessungen 3,41 x 0,175 x 2,75 [m]

V I 3: Remontierte Wand (IW 1) 3,41 x 0,15 x 2,80 [m]

#### Decken

##### V D 1 Deckenelemente (Spannweite 6 m)

V D 1.1: neues Fertigteil (Spannbeton-Hohldecke) der Abmessungen 6,00 x 1,20 x 0,16 [m]

V D 1.2: Filigrandeckenelement 6,00 x 1,80 x 0,14 [m]

V D 1.3: Remontierte Decke (D 4) 6,00 x 1,80 x 0,14 [m]

## **V D 2 Deckenelemente (Spannweite 3,60 m)**

V D 2.1: neues Fertigteil der Abmessungen 3,60 x 1,20 x 0,16 [m]

V D 2.2: Filigrandeckenelement 3,60 x 1,80 x 0,14 [m]

V D 2.3: Remontierte Decke (D 6) 3,60 x 1,80 x 0,14 [m]

Da die Deckenpreise pro m<sup>2</sup> angegeben werden, in der Kalkulation jedoch der Preis/Element berücksichtigt wird, werden die Flächen bei der Preisermittlung je Element auf die Flächen der remontierten Decken bezogen.

### **8.2.1.2 Aufwandswerte (Kostenart Lohn)**

Die Aufwandswerte bzw. Stundensätze zur Ermittlung der Lohnanteile innerhalb der Einzelkosten der Teilleistungen wurden i.W. aus der Fachliteratur entnommen (HOFFMANN / KREMER<sup>112</sup>).

Bei den Stundensätzen für das Montieren von Fertigteilen wurden neben Literaturwerten<sup>113</sup> auch Werte aus Beobachtungen der Remontage des Musterprojektes (Theodor-Storm-Straße 9 C bis E in Cottbus) berücksichtigt.

### **Elemente-Montage**

Bei einer Montagekolonne von 4 Arbeitskräften (2 An- und Abschläger, 1 Monteur, 1 Schweißer), einer täglichen Arbeitszeit von 8 h/AT und einer Tagesleistung von 25 Elementen/AT ergibt sich als Aufwand für die Montage eines Elementes:  $4 \text{ AK} \cdot 8 \text{ h/AT} / 25 \text{ Elemente/AT} = 1,28 \text{ h/Element}$ .

### **Montagebedingte Nebenarbeiten**

Die parallel zur Montage auszuführenden montagebedingten Nebenarbeiten, wie beispielsweise das Schalen und Betonieren der Fugen, werden bei den Innenwänden mit zwei Arbeitskräften und bei den Decken mit einer Arbeitskraft berücksichtigt. Es ergeben sich folgende Aufwandswerte:

---

<sup>112</sup> HOFFMANN/KREMER: Zahlentafeln für den Baubetrieb, 4. Auflage, B.G. Teubner Stuttgart, 1996, S. 674 ff.

<sup>113</sup> Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e.V.: Grundlagen der Vorgabezeiten-Ermittlung, 3. Auflage, Bonn, 1990

Innenwände:  $2 \text{ AK} \cdot 8 \text{ h/AT} / 25 \text{ Elemente/AT} = 0,64 \text{ h/Element}$ ,

Decken:  $1 \text{ AK} \cdot 8 \text{ h/AT} / 25 \text{ Elemente/AT} = 0,32 \text{ h/Element}$ .

### **Elemente-Remontage**

Bei der Remontage des Musterprojektes Theodor-Storm-Straße 9 C bis E lag die Remontageleistung einer Kolonne mit 4 AK zwischen 14 und 20 Elemente / AT (8 h), was einem Aufwandswert zwischen 2,29 h/Element und 1,60 h/Element entspricht. Gegenüber der Montage von neuen Fertigteilen wird deshalb ein Zuschlag von i.M. 50 % angesetzt. Es ergibt sich demnach ein Aufwandswert von  $1,28 \text{ h/Element} \cdot 1,5 = 1,92 \text{ h/Element}$ .

### **Remontagebedingte Nebenarbeiten**

Die parallel zur Remontage auszuführenden remontagebedingten Nebenarbeiten werden ebenfalls im Vergleich zur Montage ebenfalls um 50 % erhöht und ergeben sich zu:

Innenwände:  $0,64 \text{ h/Element} \cdot 1,50 = 0,96 \text{ h/Element}$ ,

Decken:  $0,32 \text{ h/Element} \cdot 1,50 = 0,48 \text{ h/Element}$ .

### **Entfernen der Tapete**

Die Erfahrungswerte am Musterprojekt ergaben für das Entfernen der Tapeten einen Aufwandswert von  $0,1 \text{ h/m}^2$ . Daraus folgt:

Innenwände:  $(3,41 \text{ m} \cdot 2,80 \text{ m} \cdot 2 \text{ Seiten}) \cdot 0,1 \text{ h/m}^2 = 1,91 \text{ h/Element}$ ,

Decke 6,0 m:  $(6,00 \text{ m} \cdot 1,80 \text{ m}) \cdot 0,1 \text{ h/m}^2 = 1,08 \text{ h/Element}$ ,

Decke 3,6 m:  $(3,60 \text{ m} \cdot 1,80 \text{ m}) \cdot 0,1 \text{ h/m}^2 = 0,65 \text{ h/Element}$ .

### **Entfernen des Estrichs der zu remontierenden Decken**

Das Entfernen des Estrichs kann mit ca.  $0,3 \text{ h/m}^2$  für Freistemmen und Abtransport angesetzt werden. Daraus ergibt sich:

Decke 6,0 m:  $6,00 \text{ m} \cdot 1,80 \text{ m} \cdot 0,3 \text{ h/m}^2 = 3,24 \text{ h/Element}$ ,

Decke 3,6 m:  $3,60 \text{ m} \cdot 1,80 \text{ m} \cdot 0,3 \text{ h/m}^2 = 1,95 \text{ h/Element}$ .

### **Elementeaufbereitung**

Für das eventuelle Aufarbeiten der Elemente (Risse, Abplatzungen u.ä.) wird pauschal im Mittel angesetzt:

Innenwände: 0,3 h/Element,

Decken: 0,1 h/Element.

### **Geputztes Mauerwerk, Poroton 6 DF, d = 17,5 cm**

Bei der Herstellung der Mauerwerkswand sind neben dem Aufwand für das reine Mauern der Wand auch das Verputzen zu berücksichtigen. Die aus der Literatur ermittelten Aufwandswerte von 4,3 h/m<sup>3</sup> (Herstellen Mauerwerk) und 0,3 h/m<sup>2</sup> Putz (1,5 cm, einlagig, geglättet, maschinell)<sup>114</sup> werden auf die Elemente umgerechnet, so dass sich daraus ergibt:

Mauerwerk:  $(3,41 \text{ m} \cdot 0,175 \text{ m} \cdot 2,75 \text{ m}) \cdot 4,3 \text{ h/m}^3 = 7,06 \text{ h/Element}$ ,

Putz:  $(3,41 \text{ m} \cdot 2,75 \text{ m} \cdot 2) \cdot 0,3 \text{ h/m}^2 = 5,63 \text{ h/Element}$ .

### **Deckenaufbeton**

Das Aufbetonieren der Filigrandecken wird mit 0,7 h/m<sup>3</sup> berücksichtigt. Bei einer Dicke des Aufbetons von 9 cm ergibt sich:

Decke 6,0 m:  $(6,00 \text{ m} \cdot 1,80 \text{ m} \cdot 0,09 \text{ m}) \cdot 0,7 \text{ h/m}^3 = 0,68 \text{ h/Element}$ ,

Decke 3,6 m:  $(3,60 \text{ m} \cdot 1,80 \text{ m} \cdot 0,09 \text{ m}) \cdot 0,7 \text{ h/m}^3 = 0,41 \text{ h/Element}$ .

Tab. 8.11 enthält eine Zuordnung der ermittelten Aufwandswerte zu den zu untersuchenden Varianten.

---

<sup>114</sup> STO AG: Verarbeitung – Gedämmte Fassadensysteme 1, 1. Auflage 1998

	Teilprozess	Innenwand (I)	Decke (D1, 6 m)	Decke D 2 (3,60 m)
<b>Variante I</b> <b>neue Fertigteile</b>	Montage	1,28	1,28	1,28
	Nebenarbeiten	0,64	0,32	0,32
	<b>Summe</b>	<b>1,92</b>	<b>1,60</b>	<b>1,60</b>
<b>Variante II</b> <b>Mauerwerk +</b> <b>Filigrandecke</b>	Herstellen Mauerwerk	7,06	-	-
	Putz Mauerwerk	5,63	-	-
	Montage	-	1,28	1,28
	Aufbeton	-	0,68	0,41
	<b>Summe</b>	<b>12,69</b>	<b>1,96</b>	<b>1,69</b>
<b>Variante III</b> <b>Remontage</b>	Remontage	1,92	1,92	1,92
	Nebenarbeiten	0,96	0,48	0,48
	Tapete entfernen	1,91	1,08	0,65
	Aufarbeitung	0,30	0,10	0,10
	Estrich entfernen	-	3,24	1,95
	<b>Summe</b>	<b>5,09</b>	<b>6,82</b>	<b>5,10</b>

Tab. 8.11: Übersicht der Aufwandswerte in [h/Element]

### 8.2.1.3 Material- und Sonstige Kosten

Die der Ermittlung der Einzelkosten der Teilleistungen zugrunde liegenden Materialpreise ergeben sich aus Preisangeboten ortsansässiger Materiallieferanten bzw. Fertigteilhersteller (2000/2001). Sie entsprechen den marktüblichen Gegebenheiten in der Region Cottbus/Spree-Neiße-Kreis.

#### Fertigteile

Die Kosten für Herstellung und Lieferung der Elemente frei Baustelle betragen unter Annahme einer Mindestabnahme von Elementen und einem Transportweg von bis zu 30 km ca. 61,50 €/m<sup>2</sup> Innenwand, 22,50 €/m<sup>2</sup> Spannbeton-Hohldecke und 16,50 €/m<sup>2</sup> Filigrandecke.

Es ergeben sich nachfolgende Materialkosten pro Element:

Fertigteil	Kosten [€/m <sup>2</sup> ]	Abmessungen [m]	Kosten [€/Element]
Innenwand	61,50	3,41 x 2,80	587,20
Filigrandecke 6,0 m	16,50	6,00 x 1,80	178,20
Filigrandecke 3,6 m	16,50	3,60 x 1,80	106,92
Hohldecke 6,0 m	25,50	6,00 x 1,20 x 1,5*	275,40
Hohldecke 3,6 m	25,50	3,60 x 1,20 x 1,5*	165,24

\* mit dem Faktor 1,5 wird die Vergleichbarkeit mit der Deckenbreite = 1,80 m ermöglicht

Tab. 8.12: Kosten für Herstellung und Lieferung von Fertigteilen

### Beton für Fugenverguss neuer Fertigteile

Für das Betonieren der Fugen werden i. M. 0,05 m<sup>3</sup> Beton pro Innenwand und 0,02 m<sup>3</sup> Beton pro Decke benötigt. Bei einem Betonpreis von 61,50 €/m<sup>3</sup> Beton betragen die Materialkosten:

Innenwand:  $0,05 \text{ m}^3 \cdot 61,50 \text{ €/m}^3 = 3,08 \text{ €/Element}$ ,

Decke:  $0,02 \text{ m}^3 \cdot 61,50 \text{ €/m}^3 = 1,23 \text{ €/Element}$ .

### Beton für Fugenverguss remontierter Fertigteile

Für das Betonieren der Fugen und nicht benötigter Durchbrüche werden i. M. 0,10 m<sup>3</sup> Beton pro Innenwand und 0,05 m<sup>3</sup> Beton pro Decke benötigt. Bei einem Betonpreis von 61,50 €/m<sup>3</sup> Beton betragen die Materialkosten:

Innenwand:  $0,10 \text{ m}^3 \cdot 61,50 \text{ €/m}^3 = 6,15 \text{ €/Element}$ ,

Decke:  $0,05 \text{ m}^3 \cdot 61,50 \text{ €/m}^3 = 3,08 \text{ €/Element}$ .

### Putz zum Aufarbeiten remontagefähiger Fertigteile

Für das Aufarbeiten der Elemente werden die Kosten für das eventuell erforderliche manuelle Verputzen angesetzt. Es wird von 30 l Putz pro Element ausgegangen. Das entspricht einer Putzstärke von 3 cm auf einer Fläche von 1 m<sup>2</sup>. Bei 81,80 €/t Putz im Silo betragen die Kosten für 30 l (1 t entspricht 640 l Putz):  $81,80 \text{ €/t} \cdot 30 \text{ l} / 640 \text{ l} = 3,83 \text{ €/Element}$ .

### Randschalung und Joche für Filigrandecken

Die Kosten für die Randschalung und das Jochstellen werden pauschal mit 7,50 €/Element berücksichtigt.

### Aufbeton Filigrandecken

Die Kosten für den Aufbeton betragen incl. Betonpumpe 72 €/m<sup>3</sup>, d.h. für die Varianten:

Decke 6,0 m:  $6,00 \text{ m} \cdot 1,80 \text{ m} \cdot 0,09 \text{ m} \cdot 72 \text{ €/m}^3 = 69,98 \text{ €/Element}$ ,

Decke 3,6 m:  $3,60 \text{ m} \cdot 1,80 \text{ m} \cdot 0,09 \text{ m} \cdot 72 \text{ €/m}^3 = 41,99 \text{ €/Element}$ .

### Geputzte Mauerwerkswand aus Porotonmauerwerk 6 DF

Bei der Herstellung der Mauerwerkswand sind die Kosten für die Plansteine incl. Mörtel mit 72 €/m<sup>3</sup>, sowie den Putz mit 3,50 €/m<sup>2</sup> zu berücksichtigen. Pro Element betragen die Kosten somit:

Mauerwerk:  $(3,41 \text{ m} \cdot 0,175 \text{ m} \cdot 2,75 \text{ m}) \cdot 72 \text{ €/m}^3 = 118,16 \text{ €/Element}$ ,

Putz:  $(3,41 \text{ m} \cdot 2,75 \text{ m} \cdot 2) \cdot 3,50 \text{ €/m}^2 = 65,64 \text{ €/Element}$ .

Tab. 8.13 enthält eine Zuordnung der ermittelten Material- und Sonstigen Kosten zu den zu untersuchenden Varianten in [€/Element]

		Innenwand (I)	Decke (D1, 6 m)	Decke D 2 (3,60 m)
<b>Variante I</b> <b>neue Fertigteile</b>	Fertigteile	587,20	275,40	165,24
	Beton f. Fugenverguss	3,08	1,23	1,23
	<b>Summe</b>	590,28	276,63	166,47
		<b>590</b>	<b>277</b>	<b>166</b>
<b>Variante II</b> <b>Mauerwerk +</b> <b>Filigrandecke</b>	Plansteine / Filigrand.	118,16	178,20	106,92
	Putz Mauerwerk	65,64	-	-
	Aufbeton	-	69,98	41,99
	Randschalung/Joche	-	7,50	7,50
	<b>Summe</b>	183,80	255,68	156,41
	<b>184</b>	<b>256</b>	<b>156</b>	
<b>Variante III</b> <b>Remontage</b>	Putz (Aufarbeitung)	3,83	3,83	3,83
	Beton f. Fugenverguss	6,15	3,08	3,08
	<b>Summe</b>	9,98	6,91	6,91
	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	

Tab. 8.13: Übersicht der Material- und Sonstigen Kosten in [€/Element]

### 8.2.1.4 Gerätekosten

Um die Gerätekosten der Hauptgeräte ermitteln zu können, müssen für ein Beispielobjekt die Einsatzdauern für die verschiedenen Varianten und die entsprechend benötigten Geräte ermittelt werden.

Die Preise wurden bei ortsansässigen Unternehmen (2000/2001) abgefragt und entsprechen den marktüblichen Gegebenheiten in der Region Cottbus/Spree-Neiße Kreis.

#### 8.2.1.4.1 Ermittlung der Einsatzzeiten für die Hauptgeräte

Als Beispielobjekt zur Ermittlung der Einsatzdauern der Hauptgeräte wird das Haus 9 C des Musterobjektes Theodor-Storm-Straße 9 in Cottbus angesetzt. Es werden nur die Remontage- und Montagearbeiten bzw. Maurer- und Deckenmontagearbeiten berücksichtigt, da sie den Kran als Hauptgerät binden. Die für das Betonieren der Decke benötigte Betonpumpe wird innerhalb der Einzelkosten der Teilleistungen in der Kostenart SOKO (Sonstige Kosten) im Betonpreis berücksichtigt.

Nachfolgend werden die Varianten Montage bzw. Remontage (Varianten I und III) und die Variante Mauerwerk mit Filigrandecke (Variante II) untersucht.

*Varianten I „Montage neuer Fertigteile“ und III „Remontage“*

Gemäß Auswertung der Projektunterlagen werden bei der Variante III „Remontage“ im Haus 9 C 42 Elemente benötigt (Tab. 8.14).

Bauteil/Geschoss	EG	OG	Summe
Außenwand	7	4	11
Innenwand	7	8	15
Decke	11	5	16
Summen	25	17	42

Tab. 8.14: Anzahl zu remontierender Fertigteile im Haus 9 C

Es wird vereinfacht davon ausgegangen, dass sich die Anzahl der zu montierenden Elemente bei Variante I „Montage neuer Fertigteile“ in etwa der gleichen Größenordnung bewegt.

Für Variante I ergibt sich die Einsatzzeit für den Kran somit zu

Erdgeschoss: 25 Elemente / 25 Elemente / AT = 1 AT,

Obergeschoss: 17 Elemente / 25 Elemente / AT = 0,68 AT.

Auf Grund der kurzen Einsatzzeit des Hebezeuges empfiehlt sich der Einsatz eines Fahrzeugkranes als Mietgerät.

Bei Unterbrechung von mindestens einem Arbeitstag zwischen der Montage des Erdgeschosses und des Obergeschosses sind zwei An- und Abfahrten des Hebezeuges zu berücksichtigen.

Bei einer täglichen Arbeitszeit von 8 Stunden muss der Kran für  $1,68 \text{ AT} \cdot 8 \text{ h/AT} = 13,5$ , also ca. 14 Stunden angemietet werden.

Da bei der Remontage in Variante III der Aufwand um ca. 50 % höher ist als bei der Montage neuer Fertigteile (Variante I), ergibt sich die Einsatzzeit des Kranes zu

Erdgeschoss:  $1 \text{ AT} \cdot 1,5 = 1,5 \text{ AT}$ ,

Obergeschoss:  $0,68 \text{ AT} \cdot 1,5 = 1,02 \text{ AT}$ .

Bei einer täglichen Arbeitszeit von 8 Stunden muss der Kran für  $2,52 \text{ AT} \cdot 8 \text{ h/AT} = 20,16$ , also ca. 21 Stunden angemietet werden.

Bei Unterbrechung von mindestens einem Arbeitstag zwischen der Montage des Erdgeschosses und des Obergeschosses sind drei An- und Abfahrten des Hebezeuges zu berücksichtigen.

### *Variante II „Mauerwerk und Filigrandecken“*

Die überschlägige Mengenermittlung ergab für die Variante Mauerwerk (Tab. 8.15):

Geschoss / Bauteil	Außenwand	Innenwand
EG	41 m <sup>3</sup>	7,5 m <sup>3</sup>
OG	33 m <sup>3</sup>	5,0 m <sup>3</sup>
Gesamt	74 m <sup>3</sup>	12,5 m <sup>3</sup>

Tab. 8.15: Massen Variante II (Mauerwerk und Filigrandecken)

Bei einer täglichen Arbeitszeit von 8 Stunden, einer Kolonnenstärke von 5 Arbeitskräften und Aufwandswerten von 2,5 h/m<sup>3</sup> Außenmauerwerk und 4,3 h/m<sup>3</sup> Innenmauerwerk beträgt die Ausführungsdauer für die Maurerarbeiten im Erdgeschoss  $(41 \text{ m}^3 \cdot 2,5 \text{ h/m}^3 + 7,5 \text{ m}^3 \cdot 4,3 \text{ h/m}^3) / (8 \text{ h/AT} \cdot 5 \text{ AK}) = 3,4 \text{ AT}$  und im Obergeschoss  $(33 \text{ m}^3 \cdot 2,5 \text{ h/m}^3 + 5 \text{ m}^3 \cdot 4,3 \text{ h/m}^3) / (8 \text{ h/AT} \cdot 5 \text{ AK}) = 2,6 \text{ AT}$ .

Das Verlegen von ca. 11 Filigrandeckenelementen im EG dauert bei einer Leistung von ca. 25 Elementen / Arbeitstag 0,44 Arbeitstage. Die Stillstandzeit des Kranes während des Betonierens der Erdgeschossdecke muss mit  $8,55 \text{ m}^3 \cdot 0,7 \text{ h/m}^3 / 3 \text{ AK} = 2 \text{ Stunden (0,25 AT)}$  berücksichtigt werden, ebenso der darauf folgende Tag zum Aushärten des Deckenbetons.

Für die Errichtung des Erdgeschosses einschl. Decke und Aushärten der Decke werden somit  $3,4 + 0,44 + 0,25 + 1 \text{ AT} = 5,09 \text{ AT}$  benötigt.

Das Verlegen der 5 Decken im Obergeschoss dauert ca.  $5 / 25 = 0,2 \text{ AT}$ . Somit ergibt sich die Dauer für das gesamte Obergeschoss (ohne Deckenbeton)  $= 2,6 + 0,2 = 2,8 \text{ AT}$ .

Der Hochbaukran muss für diese Variante  $5 \text{ AT (Erdgeschoss)} + 3 \text{ AT (Obergeschoss)}$ , also  $8 \text{ AT}$ , das entspricht  $8 / 21,25 \text{ AT/Monat} = 0,38 \text{ Monate}$  angemietet werden.

#### 8.2.1.4.2 Ermittlung der Gerätekosten für die Varianten

Tab. 8.16 enthält die für die Varianten gewählten Geräte und Einsatzdauern sowie die entsprechenden Kosten.

Variante	Gerät	Einsatzdauer	Miete	Auf- und Abbau; An- und Abtransport	Gesamtkosten
I	Fahrzeugkran, 25 t	14 Stunden	53,70 €/h <sup>*1</sup>	2 x 88 €	927,80 €
II	TDK 30-35 tm	0,38 Monate	1.125 €/Mt.	1.227 €	1.654,50 €
III	Fahrzeugkran 25 t	21 Stunden	53,70 €/h <sup>*1</sup>	3 x 88 €	1.391,70 €

<sup>\*1</sup> incl. Kranfahrer

Tab. 8.16: Gerätekosten der Varianten

#### 8.2.1.4.3 Umlage der ermittelten Gerätekosten auf die EKT der Einzelemente

Um den Variantenvergleich für Einzelemente führen zu können, ist es erforderlich, die ermittelten Gerätekosten auf die entsprechenden Bauteile der Varianten als Kostenart „Geräte“ umzulegen.

##### *Variante I „Montage neuer Fertigteile“*

Bei 42 zu montierenden Elementen und Gerätekosten von 927,80 € betragen die Gerätekosten  $927,80 \text{ €} / 42 \text{ Elemente} = 22,09 \text{ €/Element}$ .

*Variante II „Mauerwerk und Filigrandecken*

Die Kosten des Hebezeuges und des Kranfahrers werden bei dieser Variante entsprechend der Ausführungsdauern zu 7/8 auf das Mauerwerk und 1/8 auf die Decken umgelegt.

Bei einer täglichen Arbeitszeit von 8 Stunden, einem Mittellohn von 23 €/h für den Kranfahrer und einer Einsatzzeit von 8 AT betragen die Kosten  $8 \text{ AT} \cdot 8 \text{ h/AT} \cdot 23 \text{ €/h} = 1.472 \text{ €}$ . Die Gerätekosten einschließlich Kranfahrer betragen  $1.654,50 \text{ €} + 1.472 \text{ €} = 3.126,50 \text{ €}$ .

Es ergeben sich bei  $74 \text{ m}^3$  Außenwand,  $12,5 \text{ m}^3$  Innenwand und Gerätekosten von  $3.126,50 \text{ €}$ :  $7/8 \cdot 3.126,50 \text{ €} / (74 + 12,5) \text{ m}^3 = 31,63 \text{ €/m}^3$ .

Auf die Decken werden  $1/8 \cdot 3.126,50 \text{ €} = 390,81 \text{ €}$  umgelegt. Bei ca. 16 zu verlegenden Elementen entspricht das  $390,81 \text{ €} / 16 = 24,43 \text{ €/Element}$ .

*Variante III „Remontage“*

Bei 42 zu montierenden Elementen und Gerätekosten von  $1.391,70 \text{ €}$  betragen die Gerätekosten  $1.391,70 \text{ €} / 42 \text{ Elemente} = 33,14 \text{ €/Element}$ .

**8.2.1.5 Kalkulation für die Einzelemente**

Tab. 8.17 enthält alle zuvor ermittelten Einzelkosten der Teilleistungen für die Einzelemente.

Var.	Kurztext	Kostenarten ohne Zuschläge			
		Lohn	Lohn	Soko	Gerät
		Mittellohn: 23 €/h			
		[h]	[€]	[€]	[€]
I 1	Innenwand neues Fertigteil	1,92	44,16	590,00	22,09
I 2	Mauerwerk Poroton	12,69	291,87	184,00	31,63
I 3	Innenwand remontiert	5,09	117,07	10,00	33,14
D 1.1	neues Element 6,00 m	1,60	36,80	277,00	22,09
D 1.2	Filigrandecke 6,00 m	1,96	45,08	256,00	24,43
D 1.3	remontiertes Element 6,00 m	6,82	156,86	7,00	33,14
D 2.1	neues Element 3,60 m	1,60	36,80	166,00	22,09
D 2.2	Filigrandecke 3,60 m	1,69	38,87	156,00	24,43
D 2.3	remontiertes Element 3,60 m	5,10	117,30	7,00	33,14

Tab. 8.17: Zusammenstellung der Kostenarten der EKT ohne Zuschläge

Es wird von einheitlichen Gemeinkosten der Baustelle, Allgemeinen Geschäftskosten sowie Ansätzen für Wagnis und Gewinn bei allen Varianten ausgegangen, da es sich bei diesem Vergleich um die Herstellung von gleichartigen Gebäuden handelt, die von vergleichbaren mittelständischen Unternehmen ausgeführt werden.

Die sich aus den Gemeinkosten ergebenden Zuschläge auf die Einzelkosten der Teilleistungen werden für alle Varianten getrennt nach Kostenarten wie folgt angesetzt:

- auf Sonstige Kosten: 20 %
- auf Geräte: 20 %
- auf Lohnkosten: 25 %.

Die „Einheitspreise“ für die Einzelelemente der Varianten werden in Tab. 8.18 ermittelt.

Pos.	Kurztext	Kostenarten mit Zuschlägen			„Einheitspreis“ [€]
		Lohn	Soko	Gerät	
		1,25	1,20	1,20	
		[€]	[€]	[€]	
I 1	Innenwand neues Fertigteil	55,20	708,00	26,51	789,71
I 2	Mauerwerk Poroton	364,84	220,80	37,96	623,59
I 3	Innenwand remontiert	146,34	12,00	39,77	198,11
D 1.1	neues Element 6,00 m	46,00	332,40	26,51	404,91
D 1.2	Filigrandecke 6,00 m	56,35	307,20	29,32	392,87
D 1.3	remontiertes Element 6,00 m	196,08	8,40	39,77	244,24
D 2.1	neues Element 3,60 m	46,00	199,20	26,51	271,71
D 2.2	Filigrandecke 3,60 m	48,59	187,20	29,32	265,10
D 2.3	remontiertes Element 3,60 m	146,63	8,40	39,77	194,79

Tab. 8.18: Ermittlung der Einheitspreise für die Einzelelemente der Varianten

### 8.2.1.6 Auswertung Remontagekosten Einzelelemente

Annahmen für die Ermittlung der Einheitspreise für remontierte Elemente waren:

- eine kostenlose Bereitstellung der demontierten Fertigteile, da bei partiellen Rückbauten keine alternative Abbruchmethode neben der Demontage technisch möglich ist sowie
- die Gewinnung der Fertigteile aus einem Rückbau mit partieller Demontage in unmittelbarer Nähe der Remontagebaustelle ohne anfallende Transportkosten.

In Tab. 8.19 werden die einzelnen Varianten miteinander verglichen. Dabei werden die Varianten Mauerwerk bzw. Filigrandecke auf 100 % gesetzt, da diese im Eigenheimbau heute die am häufigsten angewendete Bauweise darstellt.

Ausführungsart	Einheitspreis	
	[€]	[%]
<b>Innenwand</b>		
Mauerwerk	624	100
neues Fertigteil	790	127
remontierte Innenwand	198	32
<b>Decke Spannweite 6,0 m</b>		
Filigrandecke	393	100
Spannbeton-Hohldecke	405	103
remontierte Decke	244	62
<b>Decke Spannweite 3,6 m</b>		
Filigrandecke	265	100
Spannbeton-Hohldecke	272	102
Remontierte Decke	195	73

Tab. 8.19: Prozentualer Vergleich aller Varianten

Bei allen Varianten sind remontierte Fertigteile die kostengünstigste Lösung.

### 8.2.2 Remontagekosten des Musterprojektes

Im Folgenden werden die wesentlichen Kosten der Remontage des Musterprojektes<sup>115</sup> in der Theodor-Storm-Straße 9 in Cottbus (Häuser 9 C bis 9 E) betrachtet.

Als Grundlage zur Ermittlung der Kosten wurden verwendet:

- Projektunterlagen,
- Angebote,
- Baustoff- und Mietkosten von Unternehmen der Region sowie
- beobachtete Zeitaufwände und Kolonnenstärken bei der Remontage am Musterprojekt.

<sup>115</sup> ab OK Fundament, nur reine Remontagekosten

Folgende Schwerpunktbereiche werden zur Kalkulation des Rohbaus in Form von Positionen betrachtet:

- (1) die Baustelleneinrichtung sowie
- (2) die Lohn- und Materialkosten der Remontage.

Die Ermittlung der Kosten erfolgte mittels Kalkulation über die Endsumme (Angebotssumme).

### 8.2.2.1 Ermittlung der Bauzeit

Da bei der Remontage des Musterprojektes aus projektunabhängigen Gründen kein optimaler Bauablauf zustande kam, wird an dieser Stelle die Bauzeit unter Annahme eines reibungslosen und störungsfreien Bauablaufs ermittelt, um dann die erforderlichen Lohnstunden und Geräteeinsatzzeiten ermitteln zu können.

Tab. 8.20 enthält die Anzahl der zu remontierenden Elemente.<sup>116</sup>

Bauteil/Geschoss	EG	1. OG	2. OG	Σ
<b>Haus 9 C</b>				
Außenwand	7	4	-	11
Innenwand	7	8	-	15
Decke	11	5	-	16
<b>Σ 9 C</b>	<b>25</b>	<b>17</b>	<b>-</b>	<b>42</b>
<b>Haus 9 D/E</b>				
Außenwand	4	4	3	11
Innenwand	15	15	14	44
Decke	16	12	10	38
Treppe	3	3	-	6
Raumzellen	1	1	1	3
<b>Σ je Haus</b>	<b>39</b>	<b>35</b>	<b>28</b>	<b>102</b>
Σ 9 D und 9 E	78	70	56	204
<b>Insgesamt 9C-9E</b>	<b>103</b>	<b>87</b>	<b>56</b>	<b>246</b>

Tab. 8.20: Demontierte Elemente zum Einsatz bei der Remontage

Bei einem Aufwandswert von 1,92 h/Element (vgl. auch Ziffer 8.2.1.2), einer täglichen Arbeitszeit von 8 Stunden und einer Kolonnenstärke von 4 Arbeitskräften (2 An- und Abschläger, 1

<sup>116</sup> Innenwände des Demontageobjektes werden teilweise als Außenwandelemente des Remontageobjektes eingesetzt (nachträgliches WDVS)

Schweißer, 1 Monteur) werden pro Arbeitstag i.M.  $8 \text{ h/AT} \cdot 4 \text{ AK} / 1,92 \text{ h/Element} = 17$  Elemente remontiert. Das entspricht auch den Beobachtungen auf der Baustelle.

Für Nebenarbeiten, wie Schalen und Verfüllen der Fugen, werden zwei weitere Arbeitskräfte eingesetzt. Der Aufwandswert wird entsprechend Ziffer 8.2.1.2 mit  $0,96 \text{ h/Element}$  berücksichtigt.

*Remontage Haus 9 C*

Remontage Erdgeschoss:	$25 \text{ Elemente} \cdot 1,92 \text{ h/Element} / (4 \text{ AK} \cdot 8 \text{ h/AT}) =$	1,5 AT
Nebenarbeiten EG:	$25 \text{ Elemente} \cdot 0,96 \text{ h/Element} / (2 \text{ AK} \cdot 8 \text{ h/AT}) =$	1,5 AT
Remontage 1. Obergeschoss:	$17 \text{ Elemente} \cdot 1,92 \text{ h/Element} / (4 \text{ AK} \cdot 8 \text{ h/AT}) =$	1,0 AT
<i>Nebenarbeiten 1. OG:</i>	$17 \text{ Elemente} \cdot 0,96 \text{ h/Element} / (2 \text{ AK} \cdot 8 \text{ h/AT}) =$	<u>(1,0 AT)</u>
	Bauzeit Haus 9 C ohne Nebenarbeiten 1. OG <sup>117</sup> =	4,0 AT

*Remontage Haus 9 D*

Remontage Erdgeschoss:	$39 \text{ Elemente} \cdot 1,92 \text{ h/Element} / (4 \text{ AK} \cdot 8 \text{ h/AT}) =$	2,5 AT
Nebenarbeiten EG:	$39 \text{ Elemente} \cdot 0,96 \text{ h/Element} / (2 \text{ AK} \cdot 8 \text{ h/AT}) =$	2,5 AT
Remontage 1. Obergeschoss:	$35 \text{ Elemente} \cdot 1,92 \text{ h/Element} / (4 \text{ AK} \cdot 8 \text{ h/AT}) =$	2,1 AT
Nebenarbeiten 1. OG:	$35 \text{ Elemente} \cdot 0,96 \text{ h/Element} / (2 \text{ AK} \cdot 8 \text{ h/AT}) =$	2,1 AT
Remontage 2. Obergeschoss:	$28 \text{ Elemente} \cdot 1,92 \text{ h/Element} / (4 \text{ AK} \cdot 8 \text{ h/AT}) =$	1,7 AT
<i>Nebenarbeiten 1. OG:</i>	$28 \text{ Elemente} \cdot 0,96 \text{ h/Element} / (2 \text{ AK} \cdot 8 \text{ h/AT}) =$	<u>(1,7 AT)</u>
	Bauzeit Haus 9 D ohne Nebenarbeiten 1. OG =	10,9 AT

*Remontage Haus 9 E*

Remontage Erdgeschoss:	$39 \text{ Elemente} \cdot 1,92 \text{ h/Element} / (4 \text{ AK} \cdot 8 \text{ h/AT}) =$	2,5 AT
Nebenarbeiten EG:	$39 \text{ Elemente} \cdot 0,96 \text{ h/Element} / (2 \text{ AK} \cdot 8 \text{ h/AT}) =$	2,5 AT
Remontage 1. Obergeschoss:	$35 \text{ Elemente} \cdot 1,92 \text{ h/Element} / (4 \text{ AK} \cdot 8 \text{ h/AT}) =$	2,1 AT
Nebenarbeiten 1. OG:	$35 \text{ Elemente} \cdot 0,96 \text{ h/Element} / (2 \text{ AK} \cdot 8 \text{ h/AT}) =$	2,1 AT
Remontage 1. Obergeschoss:	$28 \text{ Elemente} \cdot 1,92 \text{ h/Element} / (4 \text{ AK} \cdot 8 \text{ h/AT}) =$	1,7 AT
Nebenarbeiten 1. OG:	$28 \text{ Elemente} \cdot 0,96 \text{ h/Element} / (2 \text{ AK} \cdot 8 \text{ h/AT}) =$	<u>1,7 AT</u>
	Bauzeit Haus 9 E =	12,6 AT

<sup>117</sup> während die Nebenarbeiten des obersten Geschosses je Haus ausgeführt werden, kann die Remontagekolonne das Erdgeschoss des nächsten Hauses erstellen, deshalb erfolgt keine Berücksichtigung dieser Zeiten bei der Berechnung der Bauzeit

Die Gesamtbauzeit beträgt somit  $(4,0 \text{ AT} + 10,9 \text{ AT} + 12,6 \text{ AT}) / 21,25 \text{ AT} / \text{Monat} = 1,3 \text{ Monate}$ .

### 8.2.2.2 Einzelkosten der Teilleistungen

#### 8.2.2.2.1 Baustelleneinrichtung (BE)

Die wesentlichen zur Demontage benötigten Baustelleneinrichtungselemente (vgl. Tab. 8.1) wurden auch bei der Remontage in unmittelbarer Nähe des Demontageobjektes angesetzt. Sie gehen unter Berücksichtigung der veränderten Standzeit (1,3 Monate) unter der Kostenart Geräte im Rahmen der Einzelkosten der Teilleistungen in die Kalkulation ein mit:

$$20.080 \text{ €} + 1,3 \text{ Mon.} \cdot 10.985 \text{ €/Mon.} = 34.360,50 \text{ €}.$$

.

#### 8.2.2.2.2 Remontage

Unter der Position 2 „Remontage“ wurden nur die mit der Remontage in direktem Zusammenhang stehenden Tätigkeiten erfasst. Dazu zählen die Lohnstunden des Kranfahrers und der Remontagekolonne sowie die erforderlichen Nebenarbeiten einschl. des Materialverbrauchs für Schalen und Betonieren (Fugenverguss).

##### *Kranfahrer*

Bei einer Ausführungsdauer von 1,3 Monaten, einer täglichen Arbeitszeit von 8 Stunden und einem Mittellohn von 23 €/h ergeben sich Lohnkosten von  $1,3 \text{ Mon.} \cdot 8 \text{ h/AT} \cdot 21,25 \text{ AT/Mon.} \cdot 23 \text{ €/h} = 5.083 \text{ €}$ .

##### *Remontagekolonne*

Die aus vier Arbeitskräften bestehende Remontagekolonne führt bei einem Mittellohn von 23 €/h zu Lohnkosten von  $4 \text{ AK} \cdot 1,3 \text{ Mon.} \cdot 8 \text{ h/AT} \cdot 21,25 \text{ AT/Mon.} \cdot 23 \text{ €/h} = 20.332 \text{ €}$ .

##### *Rand- und Nebenarbeiten*

Die Rand- und Nebenarbeiten der Remontage werden von 2 Arbeitskräften ausgeführt. Bei einem Mittellohn von 23 €/h ergeben sich die Lohnkosten zu  $2 \text{ AK} \cdot 1,3 \text{ Mon.} \cdot 8 \text{ h/AT} \cdot 21,25 \text{ AT/Mon.} \cdot 23 \text{ €/h} = 10.166 \text{ €}$ .

*Material für Rand- und Nebenarbeiten*

Für den Putz werden Materialkosten pro Element 3,83 €/Element berücksichtigt (vgl. auch Ziffer 8.2.1.3).

Der Beton für den Fugenverguss wird i.M. mit 6,00 €/Element angesetzt.

Bei 246 Elementen ergeben sich die Sonstigen Kosten zu  $246 \cdot (3,83 \text{ €} + 6,00 \text{ €}) = 2.418 \text{ €}$ .

Tab. 8.21 enthält eine Zusammenstellung der EKT für die zwei betrachteten Positionen.

Pos.	Kurztext	Kostenarten ohne Zuschläge		
		Lohn	Soko	Gerät
		[€]	[€]	[€]
1	Baustelleneinrichtung			34.361
2	Remontage	35.581	2.418	
<b>Summe der EKT</b>		<b>35.581</b>	<b>2.418</b>	<b>34.361</b>

Tab. 8.21: Zusammenstellung der Einzelkosten der Teilleistungen (EKT)

**8.2.2.3 Gemeinkosten der Baustelle**

Als Gemeinkosten werden bei dieser Betrachtung die Kosten für das Aufsichtspersonal und für Kleingeräte und Hilfsmaterial angesetzt. Die Werte werden den Kostenarten Lohn und SOKO zugeordnet.

*Aufsichtspersonal*

Führungspersonal	Anzahl	Einsatzzeit	Gehalt	Kosten
		[Mon.]	[€/Mon.]	[€]
Polier (NU)	0,5	1,3	4.500	2.925
Kaufmann (GU)	0,2	1,3	4.000	1.040
Bauleiter (GU)	0,3	1,3	5.000	1.950
<b>Kosten Aufsichtspersonal</b>				<b>5.915</b>

Tab. 8.22: Kosten Aufsichtspersonal (Remontage Theodor-Storm-Straße 9 C bis 9 E)

*Kleingeräte und Hilfsmaterial*

Für Kleingeräte und Hilfsmaterial werden 10 % der Lohnkosten der Remontagekolonne (einschl. der Rand- und Nebenarbeiten) angesetzt:  $(20.332 + 10.166) \text{ €} \cdot 10 \% = 3.049,80 \text{ €}$ .

Die Gemeinkosten gehen mit 5.915 € und 3.050 € (Kostenarten Lohn und SOKO) in die Kalkulation über die Endsumme ein.

### 8.2.2.4 Allgemeine Geschäftskosten, Wagnis und Gewinn

Der Anteil der Allgemeinen Geschäftskosten wurde mit 5 % und der für Wagnis und Gewinn mit 3 % bezogen auf die Angebotssumme angesetzt. Bezogen auf die Herstellkosten ergibt sich ein Prozentsatz von 8,7 %.

### 8.2.2.5 Ermittlung der Endsumme

Aus den EKT, den GKB, den Allgemeinen Geschäftskosten sowie Wagnis und Gewinn ergibt sich eine Gesamtsumme für Baustelleneinrichtung und Remontage von 88.400 € (Tab. 8.23).

Kostenarten	Lohn	Soko	Geräte	Fremd	Summe
Einzelkosten der Teilleistungen	35.581	2.418	34.361		72.360
Gemeinkosten der Baustelle	5.915	3.050			8.965
Herstellkosten	41.496	5.468	34.361		81.324
Allgem. Geschäftskosten (AGK), Wagnis (W) und Gewinn (G) für die Kostenarten Lohn + Soko + Geräte + Fremd					
AGK :	5 %	der Angebots- summe	Herstell- kosten - Anteile	Lohn	41.496
W + G :	+ 3 %			Soko	5.468
Summe :	8 %			Geräte	34.361
			Fremd		
Umrechnung auf Herstellkosten	$\frac{8 \cdot 100}{100 - 8}$		→ 8,70 % von Summe [€]	81.325	7.075
Angebotssumme netto					<b>88.400 €</b>

Tab. 8.23: Ermittlung der Endsumme

### 8.2.2.6 Ermittlung der Positionspreise

Die sich aus den Gemeinkosten (GKB, Allgemeine Geschäftskosten, Wagnis und Gewinn) ergebenden Zuschläge auf die Einzelkosten der Teilleistungen werden getrennt nach Kostenarten wie folgt angesetzt:

- auf Sonstige Kosten: 20 %
- auf Geräte: 20 %
- auf Lohnkosten: restlicher zu verrechnender Zuschlag = 24,41 % (Tab. 8.24).

Ermittlung der Einzelkostenzuschläge					[€]
Angebotssumme ohne Mehrwertsteuer					88.400
abzüglich Einzelkosten der Teilleistungen					72.360
insgesamt zu verrechnender Zuschlag					16.040
Abzüglich gewähltem Zuschlag:					
		[Faktor]	[%]	EKT [€]	Umlage [€]
	auf Soko	1,20	20	2.418	484
	auf Geräte	1,20	20	34.361	6.872
	auf Fremd	1,10	10		
Summe gewählter Zuschläge					7.356
Zu verrechnender Zuschlag auf Lohnkosten					8.684
Zuschlag auf Lohn: $8.684 / 35.581 \rightarrow 24,41 \%$					

Tab. 8.24: Ermittlung der Einzelkostenzuschläge

Es ergeben sich somit die Kosten der zwei Positionen wie folgt (Tab. 8.25):

Pos.	Kurztext	Kostenarten mit Zuschlägen			„Einheitspreis“ [€]
		Lohn	Soko	Gerät	
		24,41 %	20 %	20 %	
		[€]	[€]	[€]	
1	Baustelleneinrichtung			41.233	41.233
2	Remontage	44.265	2.902		47.167
Angebotssumme netto					<b>88.400</b>

Tab. 8.25: Positionspreise für die Remontage

### 8.2.3 Auswertung ermittelten Remontagekosten

Bei Remontagekosten in Höhe von 88.400 € für die 246 Elemente des Musterprojektes betragen die Kosten  $88.400 \text{ €} / 246 = 359 \text{ €/Element}$ .

Dabei muss aber berücksichtigt werden, dass die von der Demontage bereits vorhandene umfangreiche Baustelleneinrichtung für das Remontagvorhaben überdimensioniert ist. Das betrifft vor allem den Kran mit Krangleis.

Um eine Vergleichbarkeit mit den Kosten pro Element unter Ziffer 8.2.1 zu gewährleisten, müssen die Remontagekosten um den Wert der Baustelleneinrichtung bereinigt werden. Es werden anstelle der BE-Kosten für das Musterprojekt in Höhe von 41.233 € die für die Remontage von

Einzelelementen ermittelten beaufschlagten Gerätekosten nach Ziffer 8.2.1.5 in Höhe von 39,77 €/Element · 246 Elemente = 9.783 € angesetzt.

Weiterhin werden die beaufschlagten Lohnkosten des Kranfahrers (5.083 € · 1,2441 = 6.324 €) abgezogen, da bei der Variante Fahrzeugkran der Kranfahrer innerhalb der Gerätekosten bereits berücksichtigt ist.

Damit ergeben sich die bereinigten Remontagekosten zu 88.400 € – 41.233 € + 9.783 € – 6.324 € = 50.626 €, bzw. 50.626 €/246 Elemente = **206 €/Element**.

Bezogen auf m<sup>2</sup> Wohnfläche (WFL) betragen die Remontagekosten 50.626 € / 609 m<sup>2</sup> = 83 €/m<sup>2</sup> WFL.

Die für die Remontage des Musterprojektes ermittelten Kosten werden mit den Remontagekosten für Einzelelemente (Ziffer 8.2.1) verglichen. Dazu werden in Tab. 8.26 die sich auf Basis der Remontagekosten für Einzelelemente ergebenden Remontagekosten für die Häuser 9 C bis 9 E ermittelt. Für die Remontagekosten der Außenwände, Sanitärraumzellen und Treppen wird der ermittelte Wert der Innenwände angesetzt.

Element	Anzahl	Einheitspreis [€/Element]	Gesamt [€]	€/ m <sup>2</sup> Wohnfläche
1	2	3	4 = Sp2 · Sp3	5 = Sp 4 / WF*
Innenwände	33	198	6.534	
Außenwände	103	198	20.394	
Decken (3,6m & 4,2m)	42	195	8.190	
Decken (4,8m & 6,0m)	50	244	12.200	
Treppen/SRZ	18	198	3.564	
<b>Summe</b>	<b>246</b>	<b>207</b>	<b>50.882</b>	<b>83,55</b>

\* Die Wohnfläche für die Häuser 9C –9E beträgt 609 m<sup>2</sup>

Tab. 8.26: Remontagekosten für die Häuser 9 C bis 9 E auf der Basis von kalkulierten Kosten für Einzelelemente (Ziffer 8.2.1)

Eine Gegenüberstellung der auf zwei verschiedenen Wegen ermittelten Remontagekosten für die Häuser 9 C bis 9 E kann Tab. 8.27 entnommen werden.

Remontage, Basis Einzelelemente	Remontage Musterprojekt
205 €/Element	207 €/Element
83 €/m <sup>2</sup> WFL	84 €/m <sup>2</sup> WFL

Tab. 8.27: Gegenüberstellung der Remontagekosten

Die ermittelten Remontagekosten auf Basis der Einzelemente bzw. Musterprojekt weichen nur unwesentlich voneinander ab.

Die Remontagekosten werden im Vergleich zu den anderen Herstellvarianten wesentlich durch die Lohnkosten bestimmt. In Tab. 8.28 sind zunächst die Lohnstunden und Materialkosten für der Varianten „neue Fertigteile“, „Mauerwerk und Filigrandecken“ sowie „remontierte Fertigteile“ für die Häuser 9 C bis 9 E des Musterprojektes auf der Basis der ermittelten EKT der Einzelemente (Tab. 8.17) zusammengestellt.

Variante	Anzahl Elemente	Aufwandswert	Lohnstunden	Materialkosten	
	[Stk.]	[h/Element]	[h]	[€/Element]	[€]
Wände	136	1,92	261	590	80.240
Decken (6,0m & 4,8m)	50	1,60	80	277	13.850
Decken (4,2m & 4,2m)	42	1,60	67	166	6.972
<b>neue Fertigteile</b>	<b>228</b>	<b>1,79</b>	<b>408</b>	<b>443</b>	<b>101.062</b>
Wände	136	12,69	1.726	184	25.024
Decken (6,0m & 4,8m)	50	1,96	98	256	12.800
Decken (4,2m & 4,2m)	42	1,69	71	156	6.552
<b>Mauerwerk + Filigrandecke</b>	<b>228</b>	<b>8,31</b>	<b>1.895</b>	<b>195</b>	<b>44.376</b>
Wände	136	5,09	692	10	1.360
Decken (6,0m & 4,8m)	50	6,82	341	7	350
Decken (4,2m & 4,2m)	42	5,10	214	7	294
<b>remontierte Fertigteile</b>	<b>228</b>	<b>5,47</b>	<b>1.247</b>	<b>9</b>	<b>2.004</b>

Tab. 8.28: Lohnstunden und Materialkosten (Vergleich neue Fertigteile/Mauerwerk/Remontage)

Der angesetzte Mittellohn ist ausschlaggebend für das Verhältnis zwischen Lohnkosten und Materialkosten. Tab. 8.29 zeigt die einzelnen Kostenarten sowie die Gesamt-EKT in Abhängigkeit vom Mittellohn.

Variante	Mittellohn	Lohnkosten		Materialkosten		Gerätekosten		Summe
	[€/h]	[€]	[%]	[€]	[%]	[€]	[%]	[€]
neue Fertigteile	23	9.391	8,1	101.062	87,5	5,037	4,4	115.490
	26	10.616	9,1	101.062	86,6	5,037	4,3	116.715
	28	11.433	9,7	101.062	86,0	5,037	4,3	117.531
	31	12.658	10,7	101.062	85,1	5,037	4,2	118.756
Mauerwerk + Filigrandecke	23	43.581	46,1	44.376	47,0	6.549	6,9	94.506
	26	49.265	49,2	44.376	44,3	6.549	6,5	100.191
	28	53.055	51,0	44.376	42,7	6.549	6,3	103.980
	31	58.739	53,6	44.376	40,5	6.549	6,0	109.665
Remontage	23	28.691	75,0	2.004	5,2	7.556	19,8	38.251
	26	32.433	77,2	2.004	4,8	7.556	18,0	41.993
	28	34.928	78,5	2.004	4,5	7.556	17,0	44.488
	31	38.671	80,2	2.004	4,2	7.556	15,7	48.231

Tab. 8.29: EKT in Abhängigkeit des Mittellohnes (Häuser 9 C-E)

Die Reduzierung der Einzelkosten der Teilleistungen liegt bei 7 remontierte Wohnungen bei ca. 8.500 €/WE gegenüber der Variante „Mauerwerk und Filigrandecken“.

Abb. 8.2 verdeutlicht das Verhältnis von Material- und Lohnkosten an Einzelementen. Bei allen Mittelöhnen ist die Remontage die kostengünstigere Variante.

Während bei der Variante „Neue Fertigteile“ das Verhältnis Lohn zu Material ca. 1:9, bei der Variante „Mauerwerk+Filigrandecken“ ca. 1:1 beträgt, ist es bei der Variante „Remontierte Fertigteile“ ca. 16:1.

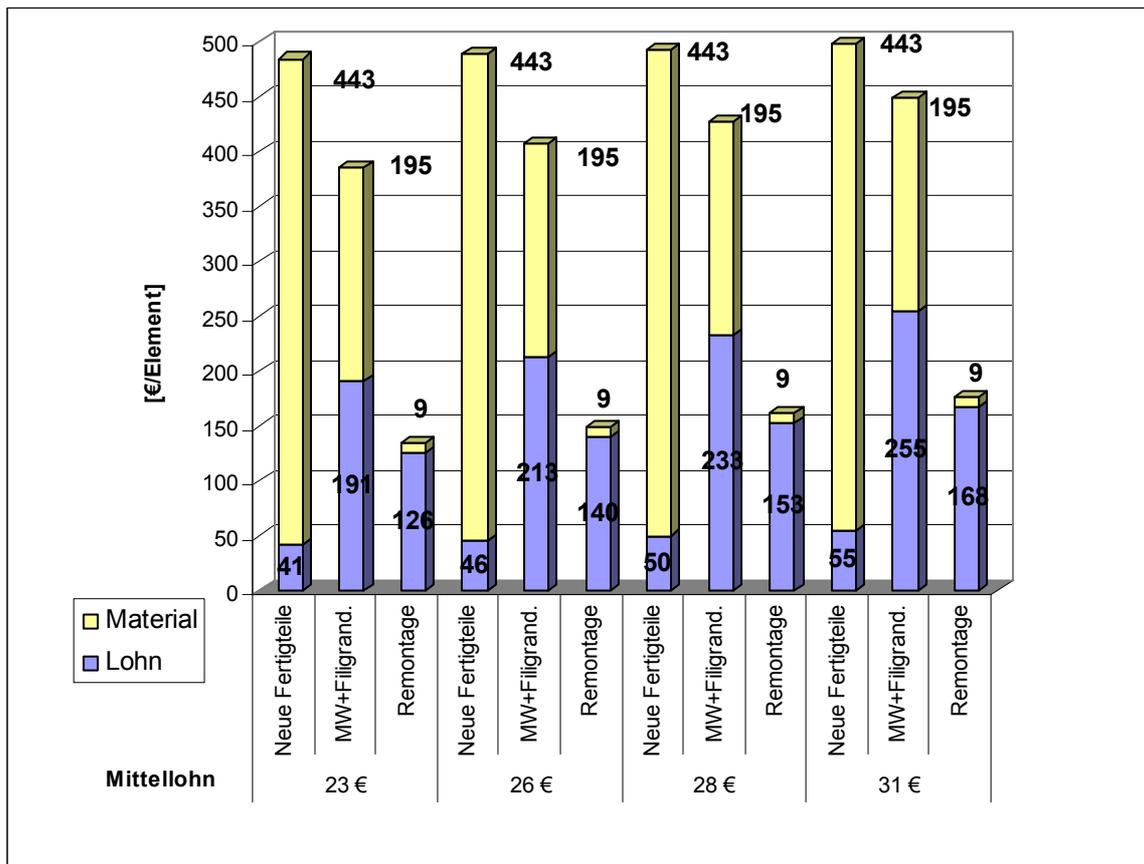


Abb. 8.2: Materialkosten und Lohnkosten in Abhängigkeit des Mittellohnes (Häuser 9 C-E)

#### 8.2.4 Verallgemeinerbare Kalkulationsansätze für Remontagen im Plattenbau

Fundierte Kalkulationsansätze für Remontagen im Plattenbau erfordern entsprechende Arbeitsstudien, die nicht Gegenstand der Arbeit waren. Dennoch sind verallgemeinerbare Kalkulationsansätze möglich. Die in Tab. 8.30 zusammengestellten Kennwerte sind eine Orientierung für die Remontage niedriggeschossiger Gebäude. Sie beruhen bezüglich der Zusammensetzung der Remontagekolonne sowie der Remontageleistung und des Arbeitszeitaufwandes auf Beobachtungen während der Remontage des Musterprojektes Theodor-Storm-Straße 9 C bis E und müssen durch die o.g. Arbeitsstudien untersetzt werden.

Position	Kennwerte		Bemerkungen
Krangröße	FZK 25 t (maximal erforderliche Tragkraft 7,2 t)		Gilt für niedriggeschossigen Wohnungsbau
Elemente-Remontage	200 €/Element	80 €/ m <sup>2</sup> WFL	Stark lohnabhängig, gilt für Mittellohn 23 €/h
Remontagekolonne	4 AK + Kranfahrer		Durchschnittswerte bei der Kalkulation der Remontage von Elementen des Plattenbaus
Remontageleistung	16 Elemente / 8 h		
Arbeitszeitaufwand	2,0 h/Element		Ohne Kranfahrer (4 AK), ohne remontagebedingte Nebenarbeiten
Remontagebedingte Nebenarbeiten	2 AK		Elementeaufarbeitung; Schalen, Bewehren und Betonieren Fugen

Tab. 8.30: Verallgemeinerbare Kalkulationsansätze für Remontagen im Plattenbau

### 8.3 Fazit

Die Untersuchungen zur bauwirtschaftlichen Bewertung der Demontage des Musterprojektes weisen Gesamtdemontagekosten in Höhe von 77 €/Element bzw. 35 €/m<sup>2</sup> demontierter Wohnfläche aus. Bei der Verallgemeinerung der Demontagekosten muss der Einfluss des Daches und der zeitunabhängigen Gemeinkosten in Abhängigkeit von der Anzahl der demontierten Geschosse berücksichtigt werden.

Enthalten sind dabei nicht die Entkernung und die Entsorgung, da diese auch bei Anwendung anderer Rückbauverfahren erforderlich sind.

Werden remontierte Fertigteile wiederverwendet, so können die sonst für die Entsorgung entstehenden Kosten in Höhe von 49 €/Element bzw. 22 €/m<sup>2</sup> demontierte Wohnfläche zum Transport der Elemente auf die Remontagebaustelle verwendet werden.

Die Remontage von ausgewählten Fertigteilen der Typenbauserie P 2 ist bauwirtschaftlich vertretbar. Im Vergleich zu im massiven Niedriggeschossbau üblichen Bauweisen (Mauerwerk und Filigrandecken bzw. in Ausnahmefällen neue Fertigteile) können im Bereich der EKT ca. 50 % Kosten eingespart werden, da die demontierten Elemente i.A. kostenlos zur Verfügung stehen.<sup>118</sup> Dabei wird vorausgesetzt, dass eine partielle Demontage entsprechender Blöcke aus städtebaulichen Aspekten zwingend notwendig war.

<sup>118</sup> In den EKT enthalten: nur tragende Wände und Decken, nicht aber Gründung, Dach und nichttragende Wände

Bei den bauwirtschaftlichen Untersuchungen wurde von umfangreichen Annahmen ausgegangen. Erst eine genaue Angebotskalkulation für einen niedriggeschossigen Remontage-Plattenbau, einen Montagebau mit neuen Fertigteilen sowie ein gleichwertiges Gebäude in der Variante Poroton-Mauerwerk und Filigrandecken würde genauere Werte liefern.

Bei allen Untersuchungen zur bauwirtschaftlichen Bewertung von Remontagen wurde davon ausgegangen, dass die entstehenden neuen Gebäude gleiche Gebrauchswerteigenschaften wie nach anderen Bauweisen errichtete Gebäude haben.

Aus den Ergebnissen der bauwirtschaftlichen Bewertung der Ausführung des Musterprojektes wurden unter Ziffer 8.1.7 und 8.2.4 verallgemeinerbare Kalkulationsansätze für De- und Remontagen von Plattenbauten abgeleitet.

## 9 Ergebnisse, Verallgemeinerungen und Ausblick

### 9.1 Zielstellung und Bearbeitungsschritte

Zielstellung der Untersuchungen war die wissenschaftliche Erarbeitung und Aufbereitung von Grundlagen für die Demontage von Plattenbauten mit anschließender Wiederverwendung ausgewählter Fertigteile am Beispiel der Typenbauserie P 2. Dabei sollten in einer ganzheitlichen Betrachtung vor allem baubetriebliche und bauwirtschaftliche, aber auch soweit erforderlich konstruktive und bauphysikalische Problemstellungen behandelt werden, wobei besonderes Augenmerk auf die Möglichkeit der teilweisen Wiederverwendung rückgebauter Fertigteile zu legen war.

In einem **ersten** Schritt wurden Grundlagen für die *Demontage* von Plattenbauten erarbeitet:

- prinzipielle Abbruch- und Rückbauverfahren,
- bestehende Bestimmungen für Abbruch und Montage von Fertigteilkonstruktionen
- Erarbeitung von Rückbautechnologien für Einzelelemente,
- Entwicklung einer Abbruch- und Demontageanweisung für Fertigteilkonstruktionen,
- Vorbereitung der Baustellenprozesse bei der Demontage,
- Untersuchungen zu Demontagehilfsmitteln (Anschlagpunkte / LAM, Montagehalterungen / Gerüste), zu Trennverfahren und deren Eignung für plattenbautypische Trennstellen sowie zum Hebezeugeinsatz und Transport.

Ausgehend von einer Charakterisierung der Typenbauserie P 2 und des Musterprojektes wurde im **zweiten** Schritt die statisch-konstruktive und die bauphysikalische Eignung demontierter Fertigteile zur *Remontage* untersucht sowie ein leicht handhabbares und praxisnahes Modell zur Ermittlung der Restgebrauchswerteigenschaften der demontierten Fertigteile (einschließlich praxisfähiger Checkliste) entwickelt.

Nach Entscheidung des Bauherrn über den Standort des Musterprojektes stand die Beschaffung von Bestandunterlagen sowie die wesentliche Beeinflussung der baubetrieblichen Vorbereitung des Musterprojektes im Vordergrund der Bearbeitung. Die Ausführung des Musterprojektes (Demontage: Juli/August 2001, Remontage und Ausbau: September/Dezember 2001) wurde wissenschaftlich betreut. Neben der Durchführung von Zeit- und Multimomentaufnahmen wurden die vorgeschlagenen Lösungen in der Praxis erprobt. Für diese **dritte** Bearbeitungsphase war die ständige Präsenz auf der Baustelle erforderlich.

Die baubetriebliche und bauwirtschaftliche Auswertung der Demontage des Gebäudes Theodor-Storm-Straße 9 und der Remontage der Gebäude Theodor-Storm-Straße 9 C bis 9 E sowie Untersuchungen zu den Demontage- und Remontagekosten sowie zur Verallgemeinerung und Übertragbarkeit der Ergebnisse auf künftige Vorhaben kennzeichnen die **letzte** Bearbeitungsstufe.

## **9.2 Wesentliche Ergebnisse und Verallgemeinerungen - Handlungsanleitungen**

Die Ergebnisse der Arbeit sind eine wichtige Entscheidungshilfe zur städtebaulich anspruchsvollen Umgestaltung von Wohngebieten in Plattenbauweise unter Berücksichtigung von De- und Remontagen. Sie bieten den bauausführenden Unternehmen Grundlage und Hilfestellung zur Vorbereitung und Durchführung entsprechender Rückbaumaßnahmen mit teilweiser Wiederverwendung von Fertigteilen.

In Abb. 9.1 bis Abb. 9.3 wird eine Systematik für die Vorbereitung und Durchführung von Demontagen im Fertigteilbau ohne und mit partieller Wiederverwendung von Fertigteilen sowie für Remontagen, bestehend aus folgenden drei Bausteinen, vorgegeben:

- Vorbereitung von Demontagen ohne Wiederverwendung von Fertigteilen - Abbruch- und Demontageanweisung (Abb. 9.1),
- Vorbereitung und Durchführung von Demontagen mit dem Ziel der partiellen Wiederverwendung von Fertigteilen (Abb. 9.2) und
- Vorbereitung und Durchführung von Montagen/Remontagen (Abb. 9.3).

Die unabhängig vom Rückbauverfahren notwendige Entkernung wird als abgeschlossen vorausgesetzt.

Als Darstellungsform wurden Work-Flow-Diagramme gewählt. Die Shapes enthalten neben der Bezeichnung jeweils links einen Hinweis auf entsprechende Kapitel der Arbeit, die verallgemeinerungsfähige Aussagen enthalten.

### **9.2.1 Vorbereitung von Demontagen ohne Wiederverwendung von Fertigteilen – Abbruch- und Demontageanweisung**

Die baubetriebliche und bauwirtschaftliche Vorbereitung von Demontagen ohne Wiederverwendung von Fertigteilen erfordert die Erarbeitung der vorgeschlagenen Abbruch- und Demontageanweisung, deren Notwendigkeit und Inhalt umfassend im Kapitel 3 herausgearbeitet wurde. Die in Abb. 9.1 dargestellte Handlungsanleitung ist unabhängig von der jeweiligen Bauweise und kann sowohl bei Plattenbauten als auch bei Skelettbauten in Fertigteilbauweise angewendet werden.

Voraussetzung für die Vorbereitung der Demontage sind Bestandunterlagen (Grundriss, Schnitte, Lageplan, Elementliste, Verbindungsdetails etc.) die, falls nicht mehr vorhanden, neu erstellt werden müssen. Verallgemeinerungsfähige Ergebnisse der Arbeit für die Erarbeitung einer Demontage- und Abbrucharweisung sind neben der Anweisung selbst:

#### **Anschlagpunkte (Ziffer 4.1)**

Bei der Demontage von Plattenbauten kann prinzipiell von einer Wiederverwendung der Tragösen ausgegangen werden. Jedoch müssen Alternativen bei nicht wieder verwendbaren Tragösen (beim Musterprojekt ca. 2 %) verfügbar sein.

#### **Verankerung der Demontagestreben (Ziffer 4.2 und Anlagen A 5 und A 6)**

Für die Befestigung der Demontagestreben am zu haltenden Wandelement und auf der Demontageebene eignen sich Dübel bzw. Anker. Der Einsatz bauaufsichtlich zugelassener Dübel bzw. Anker setzt Mindestbetongüten sowie Mindestbauteildicken voraus. Ausgehend von der erforderlichen Tragfähigkeit der Dübel bzw. Anker bieten sich wirtschaftliche Lösungen durch den Einsatz von Einschlagdübeln bzw. Schraubankern, jeweils Durchmesser 12 mm an, die baugleich von verschiedenen Herstellern angeboten werden. Jedoch werden die der bauaufsichtlichen Zulassung zu Grunde liegenden Forderungen an den Verankerungsgrund nicht erfüllt. Durch Zugversuche wurde experimentell nachgewiesen, dass Einschlagdübel bzw. Schraubanker Ø 12 mm unter Berücksichtigung eines abgesenkten Sicherheitsniveaus eine ausreichende Tragfähigkeit besitzen und zur Verankerung der Streben auch bei Nichteinhaltung der Betonfestigkeitsklasse B 25 und der Mindestbauteildicke von 200 mm eingesetzt werden können. Dabei wurde berücksichtigt, dass der Einsatz der Dübel bzw. Anker temporär erfolgt und bei den in der Zulassung angegebenen Tragfähigkeiten von einer Dauerbeanspruchung ausgegangen wird.

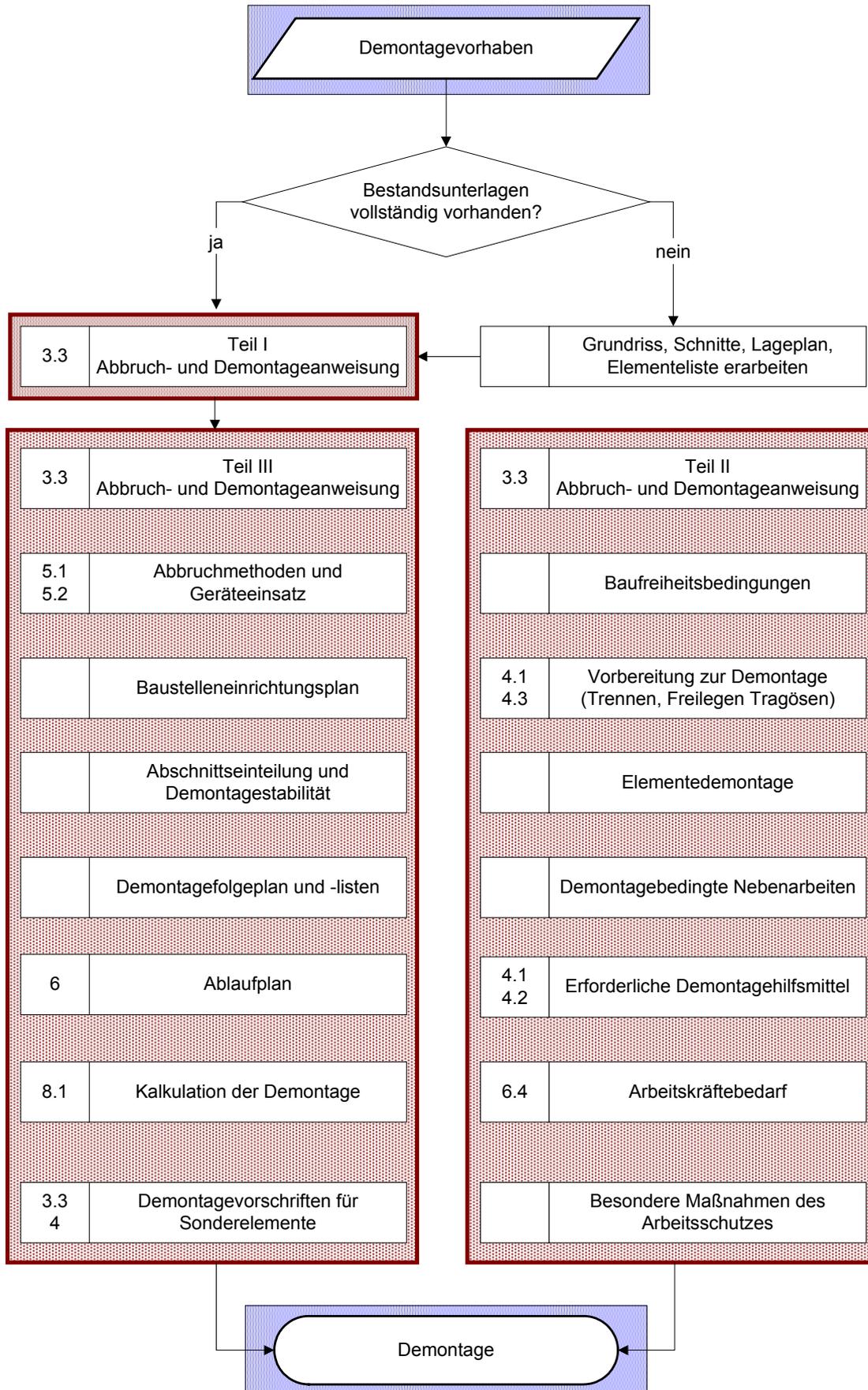


Abb. 9.1: Vorbereitung von Demontagen ohne Wiederverwendung von Fertigteilen

### **Hebezeugeinsatz (Ziffer 5.1)**

Für die Demontage von Plattenbauten eignen sich TDK ab einem Lastmoment von ca. 130 tm in der Aufbauvariante schienenfahrbar unabhängig davon, ob das Hebezeug auf der Hauseingangs- oder auf der Loggiaseite angeordnet wird. Bei einer stationären Anordnung des TDK ist die mögliche Länge des Demontageobjektes stark eingeschränkt, wenn nicht ein überdimensional großer Kran bzw. mehrere stationäre Krane eingesetzt werden. Fahrzeugkrane mit wippbarer Gitterspitze und Tragkräften ab ca. 100 t eignen sich für partielle Demontagen bei kurzen Kranstandzeiten.

### **Zusammensetzung der Demontagekolonne (Ziffer 6.4)**

Die Zusammensetzung einer Demontagekolonne unterscheidet sich nicht wesentlich von der einer Montagekolonne. Beim Einsatz von 6 Arbeitskräften einschließlich Kranfahrer ist ein kontinuierlicher Arbeitsablauf und Hebezeugeinsatz gewährleistet. Die Richtigkeit dieser Kolonnenzusammensetzung wurde durch die Auswertung der durchgeführten Zeit- und Multimomentaufnahmen bestätigt.

### **Aufwandswerte und Kranspielzeiten bei Demontagen von Plattenbauten (Ziffer 6,1, 6.3 und 6.5)**

Für Demontagen von Plattenbauten liegen bisher keine wissenschaftlich unterlegten **Arbeitszeit-Richtwerte** vor. Um diesem Aspekt Rechnung zu tragen, wurden zur Ermittlung von Aufwandswerten und Kranspielzeiten Zeit- und Multimomentaufnahmen durchgeführt. Über Zeitaufnahmen wurden Kranspielzeiten und Nebenzeiten des Kranes sowie Aufwände für kranunabhängige Arbeiten ohne Nebenzeiten gewonnen. Die Nebenzeiten der kranunabhängigen Arbeiten wurden über Multimomentaufnahmen erfasst.

Für das Musterprojekt wurden durchschnittliche **Kranspielzeiten** von 10 min ermittelt, die bei Beachtung der Geschossabhängigkeit auch auf andere Plattenbautypen übertragbar sind.

Für die Ablaufplanung einer Demontage kann von einer durchschnittlichen **Demontageleistung** von 50 Elemente/Tag (bei einer täglichen Arbeitszeit von 10 Stunden) ausgegangen werden, vorausgesetzt, der Demontageablauf wird nicht durch die kranunabhängigen Arbeiten bestimmt.

Es wurden außerdem **verallgemeinerungsfähige Aufwandswerte** für die Demontage ermittelt, die sich nicht auf einzelne Elemente, sondern auf kranunabhängige Teilprozesse beziehen und

deshalb auch auf andere Typenbauserien des Plattenbaus übertragbar sind. Diese Werte bilden eine wichtige Grundlage für eine fundierte Ablauf- und Terminplanung sowie zur Baupreisbildung bei der Vorbereitung von Demontagen.

### **Demontagekosten (Ziffer 8.1)**

Bei Demontagen von Plattenbauten der Typenbauserie P 2/11 Ratio 77 muss von reinen Demontagekosten in Höhe von ca. 77 €/Element bzw. 35 €/m<sup>2</sup> demontierter Wohnfläche ausgegangen werden. Bei der Verallgemeinerung der Demontagekosten muss der Einfluss des Daches und der Baustelleneinrichtung in Abhängigkeit von der Anzahl der demontierten Geschosse berücksichtigt werden.

Werden die demontierten Elemente wiederverwendet, so können Entsorgungskosten von ca. 49 €/Element bzw. 22 €/m<sup>2</sup> demontierter Wohnfläche eingespart bzw. für den Transport dieser Elemente zur Remontagebaustelle verwendet werden. In jedem Fall muss bei Demontagen mit Entkernungskosten von ca. 21 €/m<sup>2</sup> demontierter Wohnfläche gerechnet werden.

In Ziffer 8.1.7 werden verallgemeinerbare Kalkulationsansätze für die Demontage von Plattenbauten angegeben.

Bei einer Verallgemeinerung der angegebenen Kosten-Kennwerte müssen jedoch die Unterschiede in den Lohn- und Stoffkosten zwischen den einzelnen Bundesländern sowie zusätzlich regionale Unterschiede berücksichtigt werden.

### **9.2.2 Vorbereitung und Durchführung von Demontagen mit dem Ziel der partiellen Wiederverwendung von Fertigteilen**

Sollen ausgewählte Fertigteile wiederverwendet werden, muss vor der eigentlichen Demontage die Eignung der entsprechenden Fertigteile nachgewiesen und ihr Zustand ermittelt werden. Außerdem muss vor der Kennzeichnung der zur Wiederverwendung vorgesehenen Fertigteile eine neue Elementierung erfolgen. Die Erarbeitung einer Demontage- und Abbrucharweisung – Teile I bis III (siehe Ziffer 9.2.1), ausgehend von Bestandsunterlagen, wird vorausgesetzt.

Nach erfolgter Demontage werden die Fertigteile entweder zwischengelagert und zur Remontagebaustelle oder direkt zur Wiederverwertung transportiert. Bei der Abarbeitung der Systematik nach Abb. 9.2 können neben den unter Ziffer 9.2.1 genannten nachfolgende verallgemeinerungsfähige Ergebnisse der Arbeit verwendet werden:

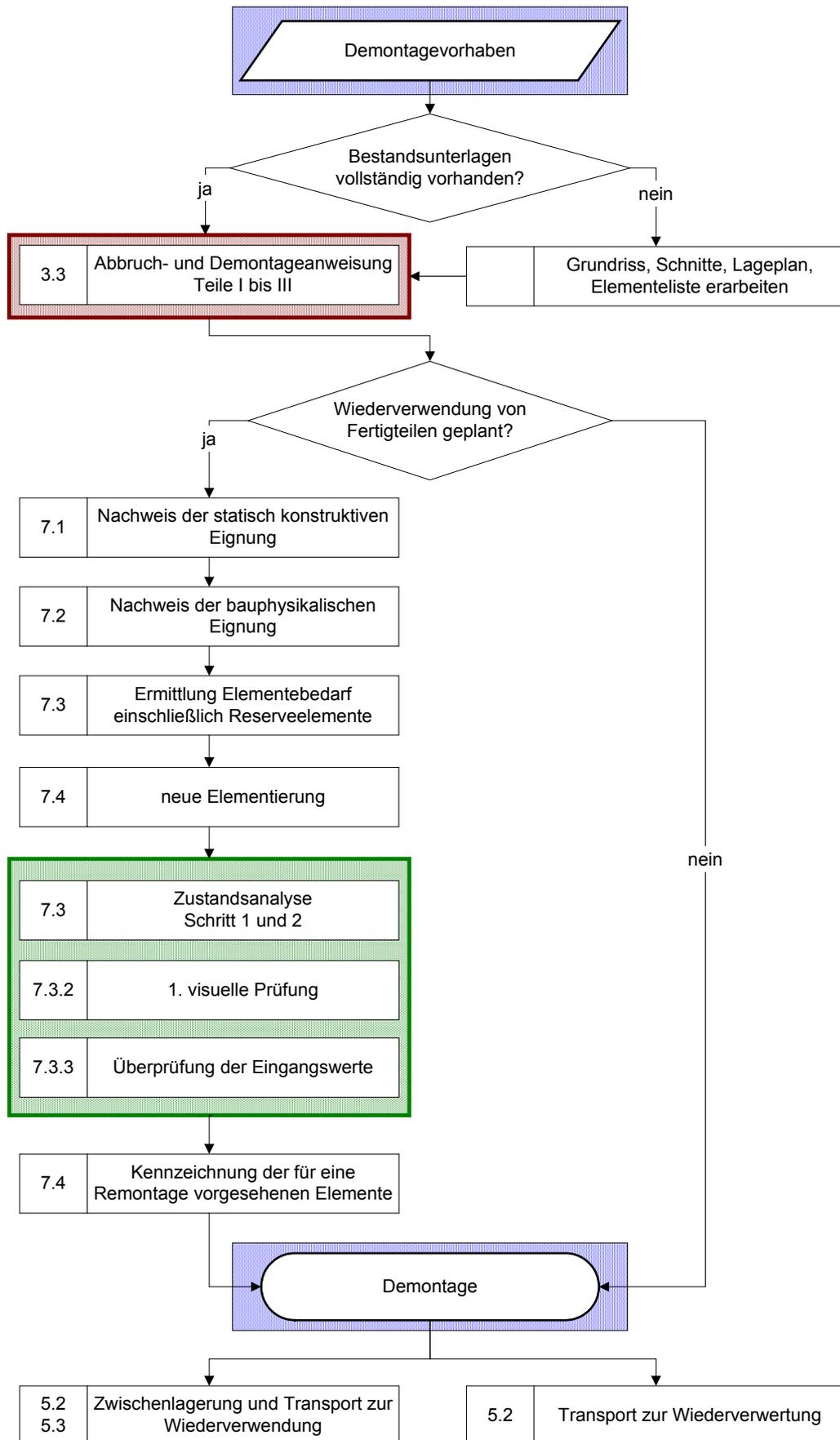


Abb. 9.2: Vorbereitung und Durchführung von Demontagen mit dem Ziel der partiellen Wiederverwendung von Fertigteilen

### **Statisch-konstruktive und bauphysikalische Eignung demontierter Fertigteile der Typenbauserie P 2 zur Wiederverwendung (Ziffer 7.1 und 7.2)**

Aus statisch-konstruktiver Sicht ist eine Wiederverwendung der tragenden Innenwände, der Decken, der Treppen und der Außenwände der Typenbauserie P 2 Ratio 77 möglich. Untersuchungen zur bauphysikalischen Eignung ergaben, dass Innenwand- und Deckenelemente grundsätzlich zur Wiederverwendung im Wohnungsbau geeignet sind. Die Nachweisführung ist bei Beachtung veränderter Elementekennwerte auch auf andere Plattenbauserien übertragbar.

### **Entwicklung und Erprobung eines Modells zur Zustandsanalyse (Ziffer 7.3)**

Die Zustandsanalyse entscheidet über die Wiederverwendung der demontierten Fertigteile. Es wurde folgendes dreistufige Modell entwickelt:

Im **ersten Schritt** werden Messungen direkt an ausgewählten Elementen von zur Remontage vorgesehenen Elementgruppen (Decken, Außenwände, Innenwände, Treppen) vorgenommen. Dadurch werden gesicherte Informationen, auch durch die im Anschluss durchzuführenden Laboruntersuchungen, gewonnen. Gleichzeitig werden die Eingangswerte zur Beurteilung der statisch-konstruktiven und bauphysikalischen Eignung von Elementgruppen durch die ausgewerteten Messungen an Einzelementen überprüft. Nach Abschluss des ersten Schrittes kann bestimmt werden, ob das Bauteil grundsätzlich für die Remontage geeignet ist bzw. welche Aufbereitungsmaßnahmen erforderlich sind. Die Ergebnisse dieses Schrittes können auch bei der Planung der Sanierung von Plattenbauten verwendet werden.

Im **Schritt 2** wird der Bauzustand vor der Demontage visuell geprüft (1. visuelle Prüfung) und in einer dafür **entwickelten und praxisgeprüften Checkliste** dokumentiert. Es erfolgt eine Einordnung in Bauzustandsstufen (ZS 1 bis ZS 4), dabei bedeutet Einordnung in die Bauzustandsstufen ZS 3 bzw. ZS 4, dass das Fertigteil für eine Remontage nicht geeignet ist.

Bei Eignung zur Wiederverwendung (ZS 1 oder ZS 2) muss im **Schritt 3** der Zustand ein weiteres Mal vor der Remontage visuell überprüft werden (2. visuelle Prüfung, siehe Ziffer 9.2.3), um eventuell auftretende Schäden bei der Demontage, beim Transport und bei der Zwischenlagerung zu erkennen und endgültig über die Wiederverwendung zu entscheiden.

Die Praxistauglichkeit des vorgeschlagenen Modells wurde am Musterprojekt nachgewiesen.

### **Elementierung bei Wiederverwendung der Fertigteile (Ziffer 7.4)**

Geometrisch gleiche Fertigteile der Typenbauserie P 2 unterscheiden sich im mehr- und vielgeschossigen Wohnungsbau je nach ihrer Lage im Grund- bzw. Aufriss im Gebäude durch unterschiedliche Betongüten, unterschiedliche Bewehrung und unterschiedliche Randprofilierung. Unter dem Gesichtspunkt einer Wiederverwendung der Fertigteile für niedriggeschossige Gebäude kann auf diese Unterschiede verzichtet werden. Es wurden von der Verfasserin neue Elementebezeichnungen eingeführt, die sich lediglich an der Elementegeometrie orientieren. Das führte bei der Demontage und Remontage des Musterprojektes zu einer wesentlichen Vereinfachung der Zuordnung der demontierten Fertigteile zu den zu remontierenden Gebäuden, ermöglichte eine sortimentsreine Zwischenlagerung ohne Abhängigkeit zur Remontagefolge und erleichterte wesentlich die Berücksichtigung von Reserveelementen.

Eine vereinfachte, den Erfordernissen der Remontage entsprechende neue Elementierung wird unabhängig von der jeweiligen Typenbauserie im Plattenbau immer zu einer Einschränkung des Elementesortiments und somit zu einer deutlichen Vereinfachung der Projektierung, Arbeitsvorbereitung und Ausführung führen.

### **Transport (Ziffer 5.2)**

Für den Transport von zur Remontage vorgesehenen Fertigteilen des Plattenbaus eignet sich die für Fertigteiltransporte vorhandene Technik ohne Einschränkungen. Bei Transportentfernungen von ca. 30 km kann im Raum Cottbus/Spree-Neiße von Transportkosten von ca. 5 €/t ausgegangen werden.

Die Transportkosten einschließlich Vorbereiten von für eine Wiederverwertung vorgesehener Elemente betragen bei einer Transportentfernung zur Brecheranlage von 15 bis 20 km ca. 10 €/t Fertigteil, unabhängig davon, ob die Fertigteile auf der Demontagebaustelle oder unmittelbar an der Brecheranlage vorgebrochen werden.

Bei einer Verallgemeinerung der angegebenen Kosten-Kennwerte müssen jedoch die Unterschiede in den Lohn- und Stoffkosten zwischen den einzelnen Bundesländern sowie zusätzlich regionale Unterschiede berücksichtigt werden.

### 9.2.3 Vorbereitung und Durchführung von Montagen / Remontagen

Die Vorbereitung von Montagen mit Wiederverwendung ausgewählter Fertigteile (Remontagen) erfolgt ausgehend von der Ausführungsplanung (Leistungsphase 5 der HOAI) auf der Grundlage der Musteranweisung der Fachvereinigung Deutscher Fertigteilbau bzw. der unter Ziffer 3.1 vorgestellten Modifizierung. Vor einer Remontage müssen die entsprechenden Fertigteile einer 2. visuellen Überprüfung unterzogen werden (Schritt 3 des vorgeschlagenen Modells der Zustandsanalyse).

Nach der Demontage wird das Fertigteil entweder bei Eignung zur Wiederverwendung zwischengelagert bzw. zur Remontagebaustelle transportiert oder direkt einer Wiederverwertung zugeführt.

Verallgemeinerungsfähige Ergebnisse der Arbeit für die Vorbereitung und Durchführung von Montagen/Remontagen (Abb. 9.3) sind:

#### **Modell der Zustandsanalyse, Schritt 3 (Ziffer 7.3.4)**

Im Schritt 3 der Zustandsanalyse (2. visuelle Prüfung) werden auftretende Schäden bei Demontage, Transport und Lagerung erfasst. Endgültig kann jetzt das zur Remontage vorgesehene Fertigteil einer Bauzustandsstufe zugeordnet und damit über die Remontagefähigkeit entschieden werden.

Von 233 geprüften Elementen waren insgesamt 26 nicht zur Wiederverwendung geeignet, was einem prozentualen Anteil von 11,2 % entspricht.

Die Nichteignung ist das Ergebnis der zweiten visuellen Prüfung. Wesentliche Schäden wurden erst nach der Demontage erkannt bzw. traten erst bei den Transport- und Lagerungsprozessen auf.

Die Auswertung der Untersuchungen lässt bezüglich der erforderlichen **Reserve-Elemente** bei geplanten Remontagen folgende Verallgemeinerung zu: Bei Deckenelementen ist eine Reserve von ca. 30 % zu berücksichtigen, während bei den restlichen Elementen eine Reserve von ca. 10 % empfohlen wird.

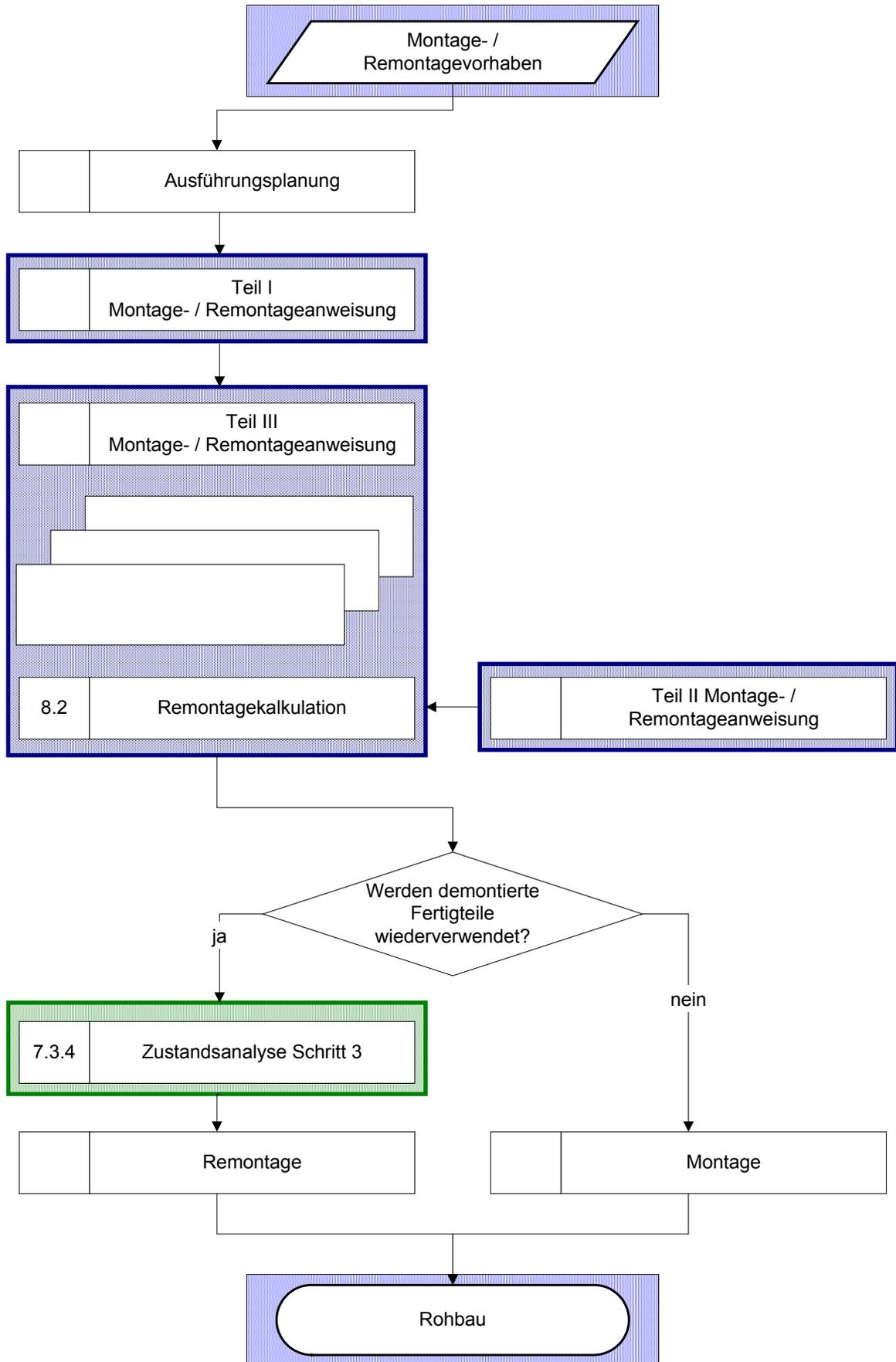


Abb. 9.3: Vorbereitung und Durchführung von Montagen/Remontagen

### **Remontagekosten (Ziffer 8.2)**

Pro Element muss mit Remontagekosten in Höhe von ca. 200 € gerechnet werden. Im Vergleich zur Herstellung des Rohbaus gleichwertiger niedriggeschossiger Wohnbauten in üblicher Bauweise (Mauerwerk und Filigrandecken) entsprechen diese Kosten ca. 50 % der Herstellkosten bzw. ca. 80 % der Gesamt-Rohbaukosten ab Oberkante fertiges Fundament (betrachtet wird hier nur die Herstellung des konstruktiven Rohbaus (tragende Wände und Decken).

In Ziffer 8.2.4 sind „Orientierungskennwerte“ für die Kalkulation von Remontagen im Plattenbau angegeben, die jedoch durch Arbeitsstudien untersetzt werden müssen.

Bei einer Verallgemeinerung der angegebenen Kosten-Kennwerte müssen jedoch die Unterschiede in den Lohn- und Stoffkosten zwischen den einzelnen Bundesländern sowie zusätzlich regionale Unterschiede berücksichtigt werden.

### **9.3 Ausblick**

Partielle Demontagen sind unabhängig vom Gedanken der Wiederverwendung der demontierten Fertigteile erforderlich, da ein Ausdünnen der Wohngebiete durch konventionellen Abriss zwar das Problem Wohnungsleerstand löst, nicht aber das dauerhafte, städtebaulich ansprechende Wohnquartier schafft. Deshalb ist nicht die absolute Fragestellung „Abriss oder Demontage“ relevant, sondern Demontage und Abriss müssen bei der städtebaulichen Umgestaltung eine Einheit bilden.

Nach dem heutigen Stand der Technik gibt es zur partiellen Demontage keine Alternative. Mit konventionellen Abbruchverfahren (Stemmen mit Abbruchhammer auf Trägergerüst, Abgreifen, Abtragen, Fall- oder Schlagkugel, Eindrücken, Einziehen, Einreißen, Sprengen) ist es bei weitest gehender Erhaltung von Gebäudeteilen (einzelne Segmente bzw. Geschosse) nicht möglich, beschädigungsarm rückzubauen.

Es wurde nachgewiesen, dass eine partielle Demontage von Plattenbauten des Typs P 2 technisch möglich ist. Mit der Remontage des Musterprojektes wurde der Beweis erbracht, dass die damit im Zusammenhang stehenden baubetrieblichen und bauwirtschaftlichen Aufgaben mit vertretbarem Aufwand lösbar sind.

Im Zusammenhang mit der Demontage- und Recyclingplanung hauptsächlich von monolithischen Gebäuden wurde von SCHULTMANN / RENTZ<sup>119</sup> die Demontagestruktur in Form von Demontage- oder Recycling-Graphen bzw. Stoffflussgraphen wiedergegeben. Eine Übertragung dieses Konzeptes zum Stoffstrommanagement auf die Demontage von Fertigteilkonstruktionen ist möglich und sollte bei weiterführenden Aufgaben zur Demontage und Wiederverwertung sowie –verwendung von Fertigteilen, Bauelementen sowie Abbruchabfällen Berücksichtigung finden.

Wird dem Gedanken der Notwendigkeit partieller Demontagen gefolgt, so kann davon ausgegangen werden, dass die demontierten Fertigteile kostenlos für eine Remontage zur Verfügung stehen, denn eine Demontage setzt nicht zwingend die Wiederverwendung der Fertigteile voraus. Bei einer Remontage werden außerdem die Transport- und Entsorgungskosten der sonst zur Wiederverwertung vorgesehenen demontierten Fertigteile eingespart.

Besondere Anforderungen bei der Wiederverwendung demontierter Fertigteile werden an die Architekten gestellt. Sie müssen die Gesetzmäßigkeiten des Plattenbaus beherrschen und bei ihren Entwürfen berücksichtigen. Bei der Wiederverwendung von Fertigteilen ist außerdem besonders wichtig, dass bei der Konzipierung der tragenden Rohbaukonstruktion immer die Auswirkungen auf den gebäudetechnischen und allgemeinen Ausbau berücksichtigt werden.

Nicht Wiederverwendung um jeden Preis, sondern differenzierte und durchdachte architektonische Lösungen bei Einbeziehung der Möglichkeiten der teilweisen Wiederverwendung von Fertigteilen im Sinne der vorliegenden Arbeit sind anzustreben. In erster Linie wird sich dabei die Wiederverwendung von tragenden Innenwänden und Deckenplatten, weniger die Wiederverwendung von Außenwänden als sinnvoll herausstellen. Das Plattenbauraster (Deckenspannweiten bis 6.000 mm, tragende Wände bis 4.800 mm bzw. 6.000 mm) bietet Möglichkeiten, die den Gestaltungswillen der Entwurfsverfasser nur unwesentlich einschränken und den Entwurf von Gebäuden zulassen, denen man nicht ansieht, dass sie teilweise aus demontierten Plattenbau-Fertigteilen bestehen.

---

<sup>119</sup> SCHULTMANN, F.; RENTZ, O.: Stoffstrommanagement für Baureststoffe aus dem Hochbau, S. 206 – 217

Wird berücksichtigt, dass in den nächsten 10 bis 15 Jahren mehr als 600.000 Plattenbauwohnungen vom Markt zu nehmen sind, werden aus baubetrieblicher und bauwirtschaftlicher Sicht nachfolgende weiterführende Aufgabenstellungen gesehen:

- Erarbeitung einer kompletten „Muster-Abbruch- und Demontageanweisung“,
- Entwicklung effektiverer Lösungen zum Entfernen und Entsorgen des Fließestricts der Deckenplatten sowie der Tapete von Wand- und Deckenplatten,
- Entwicklung beschädigungsarmer Verfahren zum Lösen zum Aufstemmen von Wand- und Deckenfugen,
- Arbeitsstudien bei Remontagen,
- Untersuchungen zum partiellen Rückbau unter bewohnten Bedingungen,
- Konzepte für Vermarktungsstrategien von demontierten Fertigteilen sowie
- Erarbeitung von Elementedateien für ausgewählte Typenbauserien in Vorbereitung von Elementebörsen.

Diese baubetrieblichen Aufgabenstellungen müssen begleitet werden von anspruchsvollen architektonischen Musterlösungen für Remontageobjekte.



## Abkürzungsverzeichnis

AB	Abbruch
AG	Auftraggeber
AGK	Allgemeine Geschäftskosten
AK	Arbeitskräfte
AT	Arbeitstag
ATV	Allgemeine Technische Vertragsbedingungen
AW	Außenwandelement
BE	Baustelleneinrichtung
BGV	Berufsgenossenschaftliche Vorschrift
DE	Deckenelement
EG	Erdgeschoss
EKT	Einzelkosten der Teilleistungen
FZK	Fahrzeugkran
GKB	Gemeinkosten der Baustelle
GU	Generalunternehmer
HSK	Herstellkosten
IW	Innenwandelement
LAM	Lastaufnahmemittel
ML	Mittellohn
OG	Obergeschoss
P 2	Plattenbau 2-Spanner
SRZ	Sanitärraumzellen-Element
TA	Teilabschnitt
TDK	Turmdrehkran
TR	Treppenelement
VOB	Verdingungsordnung für Bauleistungen
W+G	Wagnis und Gewinn
WE	Wohneinheiten
WFL	Wohnfläche
WV	Wiederverwendung
ZS	(Bau)Zustandsstufe

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1.1: Ausgewählte Beispiele für die Demontage und Wiederverwendung (WV).....	4
Tab. 1.2: Abbruch- und Rückbauverfahren in Anlehnung an DIN 18 007.....	7
Tab. 1.3: Einordnung der Begriffe Abbruch und Rückbau.....	7
Tab. 2.1: Charakterisierung der Hauptelemente der Typenbauserie P 2.....	13
Tab. 2.2: Übersicht der Hauptelemente der Typenbauserie P 2 / 11 – Ratio 77.....	14
Tab. 2.3: Wiederverwendungsanteile einzelner Elementegruppen am Musterprojekt.....	20
Tab. 4.1: Überprüfung des Tragösendurchmessers an 30 Deckenelementen.....	37
Tab. 4.2: Wiederverwendung von Tragösen bei der Demontage des Musterprojektes.....	38
Tab. 4.3: Strebenkräfte für die Lastfälle 1 und 2 in Abhängigkeit der Strebenanzahl.....	45
Tab. 4.4: Strebenkräfte S [kN] f. d. Lastfall 2 (Demontage) f. eine Längsaußenwand AW 2.	45
Tab. 4.5: Strebenlänge $l_s$ [m] in Abhängigk. d. Anstellwinkels $\alpha$ u. d. Befestigungshöhe $h_1$ .	46
Tab. 4.6: Anforderungen an die Montagestreben.....	46
Tab. 4.7: Mögliche Demontagestreben.....	47
Tab. 4.8: Charakteristische Elementeparameter und Ist-Druckfestigkeiten.....	48
Tab. 4.9: Einsetzbare Schlaganker.....	51
Tab. 4.10: Strebenkräfte für den Lastfall 2 in Abhängigkeit der Strebenanzahl.....	52
Tab. 4.11: Übersicht Trennverfahren und -geräte.....	57
Tab. 5.1: Prozentuale Abweichung d. Demontagemasse v. d. Elementemasse n. Zeichnung.	63
Tab. 6.1: Teilabschnitte für die Zeitaufnahme.....	76
Tab. 6.2: Muster eines Zeitaufnahmebogens.....	77
Tab. 6.3: Zusammenstellung der Kranspielzeiten (ohne Nebenarbeiten).....	79
Tab. 6.4: Kranspielzeiten (ohne Nebenarbeiten) für WV-Elemente und AB-Elemente.....	80
Tab. 6.6: Geschossabhängigkeit der Kranspielzeiten.....	81
Tab. 6.7: Kranspielzeiten für sonstige Elemente.....	82
Tab. 6.8: Ermittlung der Dauern und Arbeitszeitaufwände.....	89
Tab. 6.9: Ablaufartengliederung für den Anschläger.....	93
Tab. 6.10: Ablaufartengliederung für die Stemmarbeiter.....	94
Tab. 6.12: Ergebnisse der Multimomentaufnahme für den Anschläger.....	100
Tab. 6.13: Ergebnis der Multimomentaufnahme für die Stemmarbeiter.....	101
Tab. 6.14: Statistische Auswertung der Multimomentaufnahme für die Stemmarbeiter.....	102
Tab. 6.15: Statistische Auswertung der Multimomentaufnahme für den Anschläger.....	104

Tab. 6.16: Kranspielzeiten (ohne Nebennutzung) u. Zeiten für kranunabhängige Arbeiten .	107
Tab. 6.17: Ergebnisse der Multimomentaufnahmen .....	107
Tab. 6.18: Ermittlung der Aufwandswerte.....	108
Tab. 6.19: Kranspielzeiten bei der Demontage von Plattenbauten .....	110
Tab. 6.20: Arbeitszeitaufwände für typische Teilprozesse bei der Demontage.....	110
Tab. 7.1: Prüfkriterien zur Beurteilung der Wiederverwendbarkeit .....	112
Tab. 7.2: Gegenüberstellung der Normen – Bauphysik.....	115
Tab. 7.3: Vergleich d. vorh. Wärmedurchlasswiderstände m. Mindestwerten n. DIN 4108 .	116
Tab. 7.4: Vergleich der berechneten Werte mit den Anforderungen nach DIN 4109 .....	117
Tab. 7.5: Feuerwiderstandsklassenbenennung bzgl. der Bauteilstärke – Wände (unbekl.)...	118
Tab. 7.6: Feuerwiderstandsklassenbenennung bzgl. der Bauteilstärke – Decken (unbekl.)..	119
Tab. 7.7: Achsabstände der unbedeckten Decken u. Mindestanforderungen (DIN 4102) ..	119
Tab. 7.8: Bohrkernprüfungen.....	128
Tab. 7.9: Soll-Ist-Vergleich der Betondruckfestigkeiten (Mittelwerte).....	129
Tab. 7.10: Schlagprüfung am Musterprojekt .....	130
Tab. 7.11: Erkennungsmerkmale der Bauzustandsstufen in Anlehnung an TGL 33451/02..	131
Tab. 7.12: Eignung zur Wiederverwendbarkeit in Abhängigkeit der Bauzustandsstufen .....	132
Tab. 7.13: Anzahl an Remontage-, Reserve und geprüften -Elementen .....	135
Tab. 7.14: Einordnung der Elemente in Bauzustandsstufen nach 1. u. 2. visueller Prüfung .	144
Tab. 7.15: Gegenüberstellung d. zur WV geeigneten u. nicht geeigneten Elemente.....	144
Tab. 7.16: Geometrisch gleiche Innenwandelemente – neue Bezeichnung IW 6.....	146
Tab. 7.17: Beispiel für die Einführung neuer Elementebezeichnungen.....	148
Tab. 8.1: Kosten der Baustelleneinrichtung (Demontageobjekt 11-Geschosser) .....	151
Tab. 8.2: Zusammenstellung der Einzelkosten der Teilleistungen (EKT).....	153
Tab. 8.3: Kosten Aufsichtspersonal (Demontageobjekt 11-Geschosser).....	153
Tab. 8.4: Ermittlung der Endsumme .....	154
Tab. 8.5: Ermittlung der Einzelkostenzuschläge.....	155
Tab. 8.6: Positionspreise für die Demontage .....	156
Tab. 8.7: Demontagekosten pro Element und pro m <sup>2</sup> demontierte Wohnfläche.....	156
Tab. 8.8: Verallgemeinerbare Kalkulationsansätze für die Demontage von Plattenbauten...	158
Tab. 8.9: Kosten der BE in Abhängigkeit der Anzahl der demontierten Geschosse .....	159
Tab. 8.10: Remontage-Elemente als Grundlage für Vergleichskalkulation .....	161
Tab. 8.11: Übersicht der Aufwandswerte in [h/Element] .....	165
Tab. 8.12: Kosten für Herstellung und Lieferung von Fertigteilen.....	166

Tab. 8.13: Übersicht der Material- und Sonstigen Kosten in [€/Element].....	167
Tab. 8.14: Anzahl zu remontierender Fertigteile im Haus 9 C .....	168
Tab. 8.15: Massen Variante II (Mauerwerk und Filigrandecken).....	169
Tab. 8.16: Gerätekosten der Varianten .....	170
Tab. 8.17: Zusammenstellung der Kostenarten der EKT ohne Zuschläge.....	171
Tab. 8.18: Ermittlung der Einheitspreise für die Einzelelemente der Varianten .....	172
Tab. 8.19: Prozentualer Vergleich aller Varianten.....	173
Tab. 8.20: Demontierte Elemente zum Einsatz bei der Remontage.....	174
Tab. 8.21: Zusammenstellung der Einzelkosten der Teilleistungen (EKT).....	177
Tab. 8.22: Kosten Aufsichtspersonal (Remontage Theodor-Storm-Straße 9 C bis 9 E) .....	177
Tab. 8.23: Ermittlung der Endsumme .....	178
Tab. 8.24: Ermittlung der Einzelkostenzuschläge.....	179
Tab. 8.25: Positionspreise für die Remontage .....	179
Tab. 8.26: Remontagekosten f. d. Häuser 9 C - 9 E auf Basis v. Einzelelementen .....	180
Tab. 8.27: Gegenüberstellung der Remontagekosten .....	180
Tab. 8.28: Lohnstunden und Materialkosten (Vergleich) .....	181
Tab. 8.29: EKT in Abhängigkeit des Mittellohnes (Häuser 9 C-E).....	182
Tab. 8.30: Verallgemeinerbare Kalkulationsansätze für Remontagen im Plattenbau .....	184

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1: Anteil der verschiedenen Bauweisen am Wohnungsneubau.....	2
Abb. 1.2: Anzustrebender Stoffkreislauf im Fertigteilbau verändert n. UNRUH/KOITSCH.	10
Abb. 2.1: Prinzipdarstellung der Plattenbauweise P 2 .....	11
Abb. 2.2: Übersichtszeichnung Normalgeschoss mit Verteilergang e. P 2 / 11 – Ratio 77.....	12
Abb. 2.3: Schweißverbindung AW – AW - IW .....	15
Abb. 2.4: Schweißverbindung Decke - Decke .....	15
Abb. 2.5: Übersicht der Fugen im Plattenbau .....	16
Abb. 2.6: geschlossene Fuge .....	17
Abb. 2.7: offene Fuge.....	17
Abb. 2.8: Stormstraße 8 (rechts) und 9 (links) mit Verbinder, Ostansicht .....	18
Abb. 2.9: Stormstraße 9 vor der Demontage, Westansicht .....	18
Abb. 2.10: Partielle Demontage Theodor-Storm-Str. 9 (Grundriss).....	19
Abb. 2.11: Theodor-Storm-Straße 9 vor u. nach der De- und Remontage (Häuser 9 A - E)..	19
Abb. 2.12: Modelldarstellung und Rohbau Musterprojekt Stormstraße 9 in Cottbus .....	20
Abb. 3.1: Inhalt einer Montageanweisung für den Fertigteilbau nach UNRUH .....	26
Abb. 3.2: Muster einer Abbruchanweisung nach BGI 665 .....	29
Abb. 3.3: Vorschlag für den Inhalt einer Abbruch- und Demontageanweisung.....	32
Abb. 4.1: Möglichkeiten zur gleichmäßigen Lastverteilung bei 4-Stranggehängen.....	34
Abb. 4.2: Grundformen von Tragösen nach Vorschrift 93/80 der Staatl. BA der DDR.....	35
Abb. 4.3: Nachträglich angebrachte Anschlagpunkte.....	39
Abb. 4.4: System Tragbolzen mit Gehänge bei der Demontage.....	40
Abb. 4.5: Einsatz von Hebebändern bei der Demontage .....	41
Abb. 4.6: Abstützung eines Wandelementes, statisches System und Lastfigur.....	44
Abb. 4.7: PERI-Richtstütze RSS I mit Kopf- und Fußausbildung.....	47
Abb. 4.8: Anker zur Befestigung von Montagestreben.....	49
Abb. 4.9: Ausgewählte Trennstellen im Deckenbereich.....	55
Abb. 4.10: Ausgewählte Trennstellen im Wandbereich .....	56
Abb. 4.11: Einsatz von Trenngeräten bei der Demontage von Plattenbauten .....	59
Abb. 4.12: Trennen von Deckenelementen bei partieller Demontage am Musterprojekt .....	60
Abb. 5.1: Anordnung des fahrbaren TDK 140 EC-H am Musterprojekt.....	66
Abb. 5.2: Erforderliche Transportprozesse und Großgeräte .....	68

Abb. 5.3: Variante 1: Vorbrechen vor Ort mit 30 t - Bagger .....	70
Abb. 5.4: Falsche Anordnung der Stapelhölzer bei der Zwischenlagerung.....	71
Abb. 5.5. Bruch links bzw. rechts nach Abb. 5.4.....	71
Abb. 5.6: Lagerung von Wandelementen an A-Böcken und Deckenstapeln.....	72
Abb. 5.7: Lagerung Außenwände auf Kanthölzern unter der Tragschale / falsche Lagerung.	72
Abb. 6.1: REFA-Standardprogramm Zeitaufnahme .....	74
Abb. 6.2: Zeiten für kranunabhängige Teilprozesse bei der Demontage.....	88
Abb. 6.3: REFA-Standardprogramm Multimomentaufnahme.....	90
Abb. 6.4: Stunden-Minuten-Zeittafel für Arbeitszeiten zw. 6:00 und 17:59 Uhr nach REFA	97
Abb. 6.5: Gegenüberstellung der Fertigungs-, Hilfs- und Ausfallzeiten .....	106
Abb. 7.1: Betondeckung c und Achsabstand u – Spannstahl 40 140/160.....	119
Abb. 7.2: Modell der Zustandsanalyse.....	123
Abb. 7.3: Checkliste zur Beurteilung der Wiederverwendbarkeit demontierter Elemente....	124
Abb. 7.4: Checkliste mit eingetragenen Ergebnissen der 1. visuellen Prüfung (Schritt 2)....	133
Abb. 7.6: Checkliste mit eingetragenen Ergebnissen der 2. visuellen Prüfung (Schritt 3)....	134
Abb. 7.7: Makrorisse an Innenwandelementen.....	136
Abb. 7.8: Defekte Tragösen und alternative Anschlagpunkte bei Innenwänden.....	137
Abb. 7.10: Schäden an Innenwandelementen .....	138
Abb. 7.12: Kantenbeschädigungen an Deckenelementen .....	139
Abb. 7.14: Element D 1/10/65: Bruch der Tragöse bei der Demontage .....	140
Abb. 7.15: Bruch von Deckenelementen durch unsachgemäße Lagerung .....	140
Abb. 7.16: Schäden an Deckenelementen.....	141
Abb. 7.17: Rissbildung in der Wetterschutzschicht.....	142
Abb. 7.18: Element AW 1/9/127: Bruch der Tragöse bei der Demontage .....	142
Abb. 7.19: Lagerung demontierter Sanitärzellen .....	143
Abb. 7.20: Übersicht Schäden (Gründe für Einstufung „nicht zur WV geeignet“).....	145
Abb. 7.21: Kennzeichnung von zur Remontage vorgesehenen Fertigteilen.....	147
Abb. 8.1: Abhängigkeit zwischen Elementeanzahl u. Anzahl zu demont. Geschosse .....	160
Abb. 8.2: Materialkosten u. Lohnkosten in Abhängigkeit des Mittellohnes (Häuser 9C-E). 183	
Abb. 9.1: Vorbereitung von Demontagen ohne Wiederverwendung von Fertigteilen .....	189
Abb. 9.2: Vorbereitung und Durchführung von Demontagen mit dem Ziel der WV .....	192
Abb. 9.3: Vorbereitung und Durchführung von Montagen/Remontagen .....	196

## Literaturverzeichnis

ACHILLES, A.: Innenstadtplanung und Rückbau von Plattenbauten. In: Planerin (2000) 1, S. 53 – 55.

AHNERT, R.: Maurerarbeiten. 3. Aufl., Berlin, VEB Verlag für Bauwesen, 1978.

ALBRECHT, R.: Moderner Abbruch. 1. Auflage, Wiesbaden und Berlin, Bauverlag GmbH, 1981.

Analyse der Bevölkerungsentwicklung der Stadt Cottbus 1998. – Kommunalstatistisches Heft 60, Stadtverwaltung Cottbus, 1999.

ANDRÄ / SCHNEIDER / WICKBOLD: Baustoff-Recycling: Arten, Mengen und Qualitäten der im Hochbau eingesetzten Baustoffe – Lösungsansätze für einen Materialkreislauf. ecomed Verlagsgesellschaft AG & Co. KG, Landsberg, 1994.

APOL, E. J.: Die Auswirkung neuer Entwicklungen im Betonfertigteilbau auf die Verbindungsdetails, Teil 2 – Was macht eine Verbindung demontierbar?. In: Betonwerk und Fertigteiltechnik BFT, 53 (1987) 11, S. 775 – 777.

AUTORENKOLLEKTIV: Die Modernisierung des industriellen Wohnungsbaus der ehemaligen DDR. Wüstenrot Stiftung Deutsche Eigenheim Verein e.V. Ludwigsburg und Deutsche Verlagsanstalt GmbH Stuttgart, 1993.

BAASCH, H.: Modernisierung und Instandsetzung der Wohngebäude in Block- und Plattenbauweise und Wohnumfeldverbesserung in 8 ausgewählten Städten. In: Sanierungslösungen Plattenbau, Berlin 1996.

BARLEBEN, G.: Die Modernisierung des industriellen Wohnungsbaus in der ehemaligen DDR. Band 1, Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart, 1993.

BECHMANN, A.: Abfallwirtschaftliche und –technische Untersuchungen zur Verwertung kunststoffhaltiger Abfälle am Beispiel von Shredderleichtmüll. Verlag Shaker, Aachen, 1994.

BILITEWSKI, B.: Recycling von Baureststoffen. EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik GmbH, Berlin, 1993.

BILITEWSKI / GEWIESE / HÄRDTLE / MAREK: Vermeidung und Verwertung von Reststoffen in der Bauwirtschaft: Recyclinggerechter Baustellenbetrieb – Kontrollierter Rückbau – Aufbereitung, Einsatz und Vermarktung von Recyclingbaustoffen. 3. neubearbeitete und erweiterte Auflage, Erich Schmidt Verlag GmbH & Co., Berlin, 1995.

BREDOW, V.: Tragverhalten ausgewählter Fertigteile der Wohnungsbauserie P2. In: Lehrstuhlbericht Baubetrieb und Bauwirtschaft, BTU Cottbus, (2000) 7, S. 53 – 74.

BREITENBÜCHER: Ausgeführte Projekte in: Umweltgerechter Rückbau und Wiederverwertung mineralischer Baustoffe. Sachstandsbericht DAfStb, Heft 462, Beuth-Verlag, 1996.

BUNDESMINISTERIUM FÜR RAUMORDNUNG, BAUWESEN UND STÄDTEBAU. Bundesministerium der Verteidigung: Arbeitshilfen Recycling; OFD; Hannover; 1997

BUSCH / ZIMMERMANN: Marktgerechter Umbau von Bestandswohnungen in Wohnhochhäusern – behutsamer Rückbau und Neubau mit Rückbauteilen in Cottbus. In: IBK-Symposium: Vom 'Plattenbau' zum 'neuen Bauen', Berlin, 25./26. April 2001.

BÜTTNER, O.: Hubverfahren im Hochbau. Berlin, VEB Verlag für Bauwesen, 1972.

CORDES, A.: Technologie des Montagebaus. Berlin, VEB Verlag für Bauwesen, 1974.

CZIESIELSKI, E. et al. : Standsicherheit der Wohnbauten in Fertigteilbauweise in den neuen Bundesländern. Stuttgart, IRB Verlag, 1996.

CZIESIELSKI, E.: Erhöhung der Restlebensdauer von Wohnbauten in Großtafelbauweise in den neuen Bundesländern. Bauforschungsberichte des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Stuttgart, Fraunhofer IRB Verlag, 1995.

C u R Ingenieurgesellschaft mbH: Untersuchungsbericht zu Bauteilen des Gebäudes Theodor-Storm-Straße 9 in Cottbus, Reg.-Nr. 00126. November 2000.

DEININGER, K.: Die Errichtung von PKW-Garagen unter Nutzung von vorgefertigten Neubau- und Rückbauelementen zur Verbesserung der Infrastruktur und des Wohnumfeldes in Großwohnsiedlungen. In: IBK-Symposium: Vom 'Plattenbau' zum 'neuen Bauen'; Berlin; 25./26. April 2001.

DUDEN, Band 5 – Das Fremdwörterbuch. 5. neubearbeitete und erweiterte Auflage, Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich, Dudenverlag, 1990.

EISEL, U.: P2-Plattenwerke für die Wohnbauserie 70: Schriftenreihe der Bauforschung; Reihe Wohn- und Gesellschaftsbauten, Heft 15, Berlin, Bauakademie der DDR, 1972.

- EISENTRAUT, W. R.: Neue Wohnhäuser aus alten Fertigteilen – Ergänzende Wohnformen aus geordneter Demontage. In: Lehrstuhlbericht Baubetrieb und Bauwirtschaft, BTU Cottbus, (2000) 7, S. 49 – 52.
- EISENTRAUT, W. R.: Umgestaltung von Plattenbauten und nachhaltige Stadtentwicklung. In: das bauzentrum, 48 (2000) 8, S. 82 – 86.
- EUWID RECYCLING UND ENTSORGUNG: Inertam – Verfahren zur Verglasung von Asbestabfall im Plasmastrahl. 7 (1997) 13, S.19.
- EUWID RECYCLING UND ENTSORGUNG: LAGA will Altholz künftig fünf Belastungsgraden zuordnen. 7 (1997) 9, S.12.
- FASSL, M.: Erfahrungsbericht zu einem abgeschlossenen Demontagevorhaben und Problemstellungen aus der Praxis für eine Wiederverwendung von Fertigteilen. In: Lehrstuhlbericht Baubetrieb und Bauwirtschaft, BTU Cottbus, (2000) 7, S. 106 - 115.
- FOUAD, N. A.: Die Plattenbauten sind besser als ihr Ruf. In: Deutsches IngenieurBlatt, 6 (1999) 10, S. 18 – 24.
- FRIEDEN, W.: Abfallvermeidung und Abfallorganisation beim Bauen. 2. überarbeitete Auflage, RKW-Verlag, Eschborn, 1999.
- GEHRMANN, S.: Bauwirtschaftliche Bewertung von Remontagen im Plattenbau am Beispiel des Rohbaus Stormstraße 9 in Cottbus. Diplomarbeit, Fachhochschule Lausitz, 2001.
- GEWIESE, A.: Kreislaufwirtschaft im Bauwesen. Ernst & Sohn – Verlag für Architektur und technische Wissenschaft, Berlin, 1998.
- GEWIESE, A.: Recyclinggerecht abrechen gleich kontrolliert rückbauen. In: Baugewerbe, 93 (1993) 17, S. 34 – 38.
- GEWIESE, A.: Rückbau von Gebäuden und recyclinggerechter Baustellenbetrieb. In: Entsorgungspraxis, 12 (1994) 3, S. 26 – 29.
- GEWIESE, A. et al.: Recycling von Baureststoffen. Renningen – Malsheim, expert – Verlag, 1994.
- GEWIESE, A.: Kontrollierter Rückbau – nur ein Modetrend? Abbruch. In: Baugewerbe, 77 (1997) 21, S. 10 – 15.
- GIESELMANN, R.: Metamorphosen des Fertigteilbaues. In: Deutsche-Bauzeitschrift-DBZ, 39 (1991) 1, S. 77 – 80.

- GRADIENT, H.: Scherbe im Sand – Neues zwischen Plattenbauten. In: Schweizer Ingenieur und Architekt, 118 (2000) 27/28, S. 4 – 9.
- GRÜBL, P.: Baustoffkreislauf im Massivbau. In: Bauingenieur, 72 (1997) 10, S. 425 – 430.
- HANSRUEDI, E.: Rückbau aus Sicht des Unternehmers. In: Planen und bauen, 31 (1998) 3, S. 42.
- GRUNER, M.: Statisch-konstruktive Weiterentwicklung der Außenwandkonstruktion des industriellen Wohnungsbaues in Großtafelbauweise. Cottbus, Dissertation an der Ingenieurhochschule Cottbus, 1987.
- HABIG, H. et al.: Projektierung von Bauten in Wandkonstruktion in Montagebauweise. Schriftenreihe der Bauforschung, Reihe Wohn- und Gesellschaftsbauten, Heft 34, Berlin, Bauakademie der DDR, 1977.
- HEGER, H.-D.: Sanierung industriell errichteter Wohngebäude, Erste Erfahrungen. In: BbauBI, (1992) 11, S. 839 – 844.
- HEGER, H.-D.: Plattenbauten – Was tun? Eine Bestandsaufnahme. In: DAB, (1998) 8, S. 1028 – 1030.
- HENSCHEL, W.: Technologie der Bau- und Ausrüstungsmontage. Berlin, VEB Verlag für Bauwesen, 1981.
- HILBERT, K.: Eine Halle geht auf Reisen. Umsetzung einer Hochspannungsprüfhalle kostengünstiger als Neubau. In: Industriebau, 44 (1998) 3, S. 137 – 139.
- HILLE, M.: Rückbau eines 13geschossigen Gebäudes aus Stahlskelett mit Stahlbetonfertigteilen. Tagungsmaterialien der Abbruchtagung 2000, Berlin 03./04.03.2000.
- HILLEMEIER, B.: Leitfaden für die Instandsetzung und Modernisierung von Wohngebäuden in der Plattenbauweise, Typenserie P 2 0,5t. Berlin, 1992.
- HOEFT, M.: Operation erfolgreich, Patient in Nöten. In: Bauzeitung, 54 (2000) 7/8, S. 31 – 32.
- HOFFMANN, V.: Zuordnungskriterien für Rest- und Altholz zur energetischen Verwertung oder thermischen Behandlung. In: Marutzky / Schmidt (Hrsg.): Alt- und Restholz, Springer-VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf, 1997.
- HOFFMANN, W.: Lehrbrief Konstruktion der Bauwerke- Konstruktion der Wandbauweise. Karl-Marx-Stadt, Institut für Fachschulwesen der DDR, 1969.

- HOFFMANN/KREMER: Zahlentafeln für den Baubetrieb, 4. Auflage, Stuttgart, B.G. Teubner Verlag, 1996.
- HOLFELD, M.: Warum Rückbau?. In: Bauzeitung, 55 (2001) 6, S. 10.
- HOLFELD, M.: Erhalten und Gestalten, Ästhetik am Plattenbau. Verlag für Bauwesen, Berlin 1996.
- HUMBERG, F. J.: Kontrollierter Rückbau. In: Bauzeitung, 48 (1994) 9, S. 59 – 60.
- HÜBL, L.: Zwischen Sanierung und Abriss - Plattenbauten in den neuen Ländern. Leipzig, Deutsche Siedlungs- und Landesrentenbank, 1996.
- IEMB: Bauzustandsermittlung und Schadensursachenforschung an einem Abrissgebäude in Plattenbauweise. Neue Ergebnisse 1995 – info 3, IEMB, Berlin, 1995.
- IKEN et al.: Handbuch der Betonprüfung, 3. Auflage, Düsseldorf, Beton-Verlag GmbH, 1988.
- Ingenieurbüro für Bauwesen Specht und Partner: Großsiedlungen – Montagebau in Berlin (Ost), Bestandsaufnahme und Bewertung der industriell errichteten Wohngebäude. In: Städtebau und Architektur, Bericht 8, Hrsg.: Senatsverwaltung für Bau- und Wohnungswesen Berlin, 1992.
- INSTITUT DER SEKUNDÄRROHSTOFFWIRTSCHAFT: Einheimische Rohstoffressource Sekundärrohstoff – Kompendium; TASTOMAT Eggersdorf; 1986/87
- IRION, I./SIEVERTS, T.: Neue Städte – Experimentierfelder der Moderne. Stuttgart, Deutsche Verlags-Anstalt, 1991.
- JEHLE, P.: Bemerkungen über Vorschriften, Gesetze, Genehmigungen, Andienungs- und Benutzungszwang für Abbruchfirmen. Vortragsskript Fachtagung „Abfall“, Berlin, 1996.
- JENTZSCH, K.-J. et al.: Revitalisierung von Hochhäusern. In: Bauzeitung, 52 (1999) 3, S. 23 – 28.
- JUNGWIRTH, D. et al.: Dauerhafte Betonbauwerke, Substanzerhaltung und Schadensvermeidung in Forschung und Praxis, Düsseldorf, 1986.
- JUNKERS, H.: Erfahrungen in der Demontage und der Wiederverwendung der Fertigteile in Schweden. In: Lehrstuhlbericht Baubetrieb und Bauwirtschaft, BTU Cottbus, (2000) 7, S. 20 – 28.
- KALLEJA, H., FLÄMING, D.: Plattenbausanierung, Instandsetzung, städtebauliche Entwicklung und Finanzierung. Berlin und Heidelberg, 1999.

- KIEßLING, SCHULZE: Kostengünstiger Kleinhausbau durch Wiederverwendung demontierter Plattenbau-Fertigteile. Neue Ergebnisse 2000 – info 13, IEMB, Berlin, 2000.
- KLEMM, H.: Wohnungsbauserie 70 – Baustellentechnologie – Grundregeln. Schriftenreihe der Bauforschung, Reihe Wohn- und Gesellschaftsbauten, Heft 28, Berlin, Bauakademie der DDR, 1975.
- KLOSE, B.: Selektiver Rückbau. In: Baustoff-Recycling-und-Deponie-Technik BR, 12 (1996) 2, S. 12 – 15.
- KNOLL, A. et al. : Arbeitsmittel das Lichtbogenschmelzschneiden von Beton. Schweißtechnik, 36 (1986) 1, S. 33.
- KOCH, E./SCHNEIDER, U. (Hrsg.): Flächenrecycling durch kontrollierten Rückbau – Ressourcenschonender Abbruch von Gebäuden und Industrieanlagen. Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag 1997.
- KOHL, I., KOLLOSCH, I.: Katalog Instandsetzung und Modernisierung von vorgefertigten Außenwänden. Sanierungshandbuch Plattenbau, IRB-Verlag, Stuttgart 1993.
- KOHLER, G. (Hrsg.): Recyclingpraxis Baustoffe, Der Abfallberater für Industrie, Handel und Kommunen. Köln, Verlag TÜV Rheinland 1991.
- KOHLER et al.: Stoffströme und Kosten in den Bereichen Bauen und Wohnen. Springer-Verlag, Berlin, 1999.
- KOITSCH, H.: Eignung von Trennverfahren zur Demontage von Stahlbetonskelettkonstruktionen. Cottbus, Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für Bauwesen Cottbus, 1990 (12), S. 62-66.
- KORTH, D./LIPPOK, J.: Abbrucharbeiten – Vorbereitung und Durchführung. 2. Auflage, Berlin, Verlag für das Bauwesen 1997.
- KORTH, D.: Abbruch oder Rückbau?. In: BAU-Kurier 2000, 7 (1996) 6, S. 24 – 25.
- KORTH, D.: Abbruch oder Rückbau?. In: Baustoff-Recycling-und-Deponie-Technik BR, 12 (1996) 5, S. 22 – 23.
- KORTH, D.: Abbruch oder Rückbau?. In: Bauzeitung, 50 (1996) 6, S. 70.
- KORTH, D.: Abbruch oder Rückbau?. In: Berlin Brandenburgische Bauwirtschaft - BBW, 47 (1996) 15, S. 6 – 7.

KORTH, D.: Abbruch oder Rückbau?. In: BMT - Baumaschine und Bautechnik, 43 (1996) 4, S. 15 – 16.

KORTH, D.: Abbruch oder Rückbau? Eindeutige Definitionen vermeiden Vertragsstreitigkeiten und –strafen. In: Eurobau, 7 (1996) 6, S. 75 – 76.

KUHNE, V.: Rückbau- und Abbruchtechnologien im Industriebau, Überblick zur Problementwicklung. In: Industriebau, 39 (1993) 6, S. 430 – 433.

LANTE, D.: Rückbau von Gebäuden und Anlagen. – Tagungsband zum Seminar am 16. Juni 1999, Reihe B, Band 1, Fachhochschule Neubrandenburg – Fachbereich Bauingenieur- und Vermessungswesen – FG Wasserbau, Wasserwirtschaft und Umwelttechnik; Neubrandenburg, 1999.

LEHMANN, D.: Modernisierung und Sanierung von Plattenbauten – Ein Verfahren mit Zukunft. In: Bauwirtschaftliche Informationen – bi, (1999) 11, S. 28-30.

Leitfäden für die Instandsetzung und Modernisierung von Wohngebäuden in der Plattenbauweise – Typenserie P2 5,0t. Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken, Hrsg.: Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau Berlin, Nationales Druckhaus GmbH, 1992.

LINDER, R.: Schälen, Trennen und Abbrechen von Betonteilen. Berlin und München, Verlag Wilhelm Ernst & Sohn 1982.

LÜBBERT, E.: Von der Abfallbeseitigung zur Abfallverwertung. In: Baustoff-Recycling, 1 (1985) 2, S. 27 – 30.

LULEY, H.: Instandsetzen von Stahlbetonoberflächen, Ein Leitfaden für den Auftraggeber. Düsseldorf, 1985.

MAREK, K.-A.: Kostenfalle. Rückbau, Teilentkernung oder Abbruch, Teil 1. In: Baustoff-Recycling-und-Deponie-Technik BR, 13 (1997) 10, S. 10 – 14.

MAREK, K.-A./BARON, M.: Kostenfalle. Rückbau, Teilentkernung oder Abbruch, Teil 2. In: Baustoff-Recycling-und-Deponie-Technik BR, 13 (1997) 11/12, S. 8 – 11.

MEISEL, U.: Die Plattenbauweise in der ehemaligen DDR. Aachen, Landesinstitut für Bauwesen und angewandte Bauschadensforschung, 1991.

MEISEL, U.: Konzept einer nutzerorientierten Instandsetzung und Weiterentwicklung von Plattenbauten. Aachen, Landesinstitut für Bauwesen und angewandte Bauschadensforschung, 1993.

MEISEL, U.: Projektstudie Plattenwohnblock P2 RS/Bauj.1984. Aachen, Landesinstitut für Bauwesen und angewandte Bauschadensforschung, 1992.

Materialforschungs- und Prüfanstalt für das Bauwesen Leipzig e.V. (MFPA): Brandschutz, Die Sicherheit bestehender Plattenbauten aus der Sicht des vorbeugenden Brandschutzes. In: Schriftenreihe „Sanierungsgrundlagen Plattenbau“ des Instituts für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken Berlin, Stuttgart, IRB Verlag 1998.

Methodenlehre der Betriebsorganisation / REFA – Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung - Datenermittlung - . Carl Hanser 1997.

METTKE, A.: Wiederverwendung von Bauelementen des Fertigteilebaus. Taunstein, Eberhard Blottner Verlag 1995.

METTKE, A.; THOMAS, C.: Wiederverwendung von Gebäude und Gebäudeteilen. Brandenburgische Technische Universität Cottbus – Lehrstuhl Baustoff - Neuwerttechnik und Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, 1999.

METZ, K.-F.: Aktuelles Handbuch zur Sanierung von Gebäuden in Block- und Plattenbauweise. 8. Aktualisierungs- und Ergänzungslieferung, Augsburg, WEKA Bauverlage GmbH, 1996.

MIERZWA, DRZEVITZKY: Kabelrecycling – Rückgewinnung von Kupfer und Kunststoff in Primärqualität. Umwelt, Band 27, 1997.

Ministerium für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr des Landes Brandenburg: Modernisierung und Instandsetzung in industrieller Bauweise errichteter Wohnbauten, Heft 3, Potsdam, 1992.

MITTAG, M.: Aktuelle Baupreise mit Lohnanteilen. WEKA Bundfachverlage GmbH, Augsburg, 1999.

MITTAG, M.: Aktuelles Arbeits- und Kontrollhandbuch zur Planung und Kostenermittlung von Neubauten, Stand 12/2001, WEKA, Augsburg, 2001.

MÖCKEL, W.; UNBEHAU, R.: Untersuchung der Anwendungsmöglichkeiten und der leistungsbestimmenden Einflussfaktoren beim Lichtbogenschmelzschneiden von Beton und Stahlbeton. In: Schweißen und Schneiden 42 (1990) 11, 1990, S. 590.

MÜHLESTEIN, E./SCHILLING, R. (Hrsg.): Vorortserneuerung in Göteborg. In: Rückbau und Wiedergutmachung, Basel und Boston, Birkhäuser Verlag 1987, S. 67 – 75.

Muster-Montageanweisung für den Betonfertigteilbau, Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau, 3. korr. und überarb. Aufl., Bonn 1998

NAGORA, A.: Bauphysikalische Bewertung ausgewählter Fertigteile der Wohnungsbauserie P2. In: Lehrstuhlbericht Baubetrieb und Bauwirtschaft, BTU Cottbus, (2000) 7, S. 75 – 92.

NAGORA, A.: Demontage von Plattenbauten und partielle Wiederverwendung der Fertigteile; In: Tagungsunterlagen vom XI. internationalen BB-Assistententreffen in Wien, 18.04.2001; [www.ibb.tuwien.ac.at](http://www.ibb.tuwien.ac.at); URL: [www.ibb.tuwien.ac.at/aktiv/Assistententreffen/Nagora - Plattenbauten.doc](http://www.ibb.tuwien.ac.at/aktiv/Assistententreffen/Nagora_-_Plattenbauten.doc), 06.03.2002.

NAGORA, A.: Arbeitsstudien bei Demontagen – Zeit- und Multimomentaufnahmen bei der Demontage des Musterprojektes „Stormstraße 9 in Cottbus“, BTU Cottbus, 2001 (unveröffentlicht).

NAGORA, A.: Aufwandswerte bei der Demontage von Plattenbauten; In: Bauzeitung, 56 (2002) 3, S. 74 - 77.

N. N.: Recyclat aus Bitumen-Flachdachabfällen. In: Baustoff – Recycling + Deponietechnik, 11 (1995) 6.

OSWALD, R.: Ausmaß und Schwerpunkte der Bauschäden an den Fertigteilwohnungsbauten der neuen Bundesländer. Abschlußbericht zum Forschungsvorhaben des Bundesministeriums für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Aachen, 1993.

OSWALD, R.: Wohnbauten in Fertigteilbauweise in den neuen Bundesländern, Bauforschungsberichte des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Stuttgart, Fraunhofer IRB Verlag, 1994.

OSWALD, R.: Wohnbauten in Fertigteilbauweise in den neuen Bundesländern, Bauforschung für die Praxis (Band 2), IRB-Verlag, Stuttgart 1995

OSWALD R./ LAMERS R.: Wohnbauten in Fertigteilbauweise in den neuen Bundesländern – Bauformen und Konstruktionsmerkmale. Aachener Institut für Bauforschung und angewandte Bauphysik Gemeinnützige GmbH, Hrsg: Ministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, 1992.

PETZSCHMANN, E.: Recycling – der Umwelt zuliebe. In: Baumarkt (1987) 5, S. 203 – 204.

Projektunterlagen, P 2 / 8- und 11- geschossig, Ratio 77, WBK Cottbus, 1978.

Projektunterlagen Stormstraße 9A bis 9E, Entwurfsverfasser Zimmernann + Partner, Architekten Cottbus, 2001/2002.

PSUNDER, M.: Zur Entwicklung und Anwendung demontierbarer Stahlbetonkonstruktionen. In: Bauplanung, -Bautechnik, 42 (1988) 1, S. 10 – 13.

RENTZ, O.: Selektiver Gebäuderückbau und konventioneller Abbruch. Landsberg, ecomed Verlagsgesellschaft AG & Co. KG, 1998.

RENTZ, O et al.: Demontage und Recycling von Gebäuden. ecomed Verlagsgesellschaft AG & Co. KG, Landsberg, 1997.

REUL, H.: Handbuch Bautenschutz und Bausanierung. 4. Auflage, Verlag Rudolf Müller, Köln 2001.

REUSCHEL, M.: Die Probleme mit der „Platte“. In: Beratende Ingenieure, 28 (1999) 1/2, S. 9 – 11.

RIETZ, A.: Bauwirtschaftliche Bewertung von Rückbaumaßnahmen im Rahmen der Wohnwertverbesserung bei Plattenbauten, Neue Ergebnisse 1999 – info 7., IEMB, Berlin, 1999.

RÖBENACK, K.-D.: Planung, Vorbereitung und Durchführung von Demontagen im Fertigteilbau. In: Bautechnik 30 (1976) 10, S. 498-500.

Rohbaudetails und Stahleinbauteile Tafelbau – Katalog 01, Cottbus, VE Wohnungsbaukombinat Cottbus, 1982.

ROSTOCK, J.: Die betonierte Zukunft, Zum Wohnungsbauprogramm der DDR. In: Arch plus, (1990) 102, S. 4 – 8.

RUHNAU, R.; FOUAD, N.: Schäden an Außenwänden aus Mehrschicht-Betonplatten, Schadenfreies Bauen. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1998.

RYBICKI, R.: Schäden und Mängel an Baukonstruktionen, Beurteilung, Sicherung, Sanierung. 2. Auflage, Werner Verlag, Düsseldorf, 1974.

Sanierungsgrundlagen Plattenbau, Prüfverfahren. Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken, IRB Verlag, 1995.

SCHILLER, G.; SCHÖNBECK K.-H.: Wohnhochhäuser in Plattenbauweise – Forschungsergebnisse. Schriftenreihe der Bauforschung, Reihe Wohn- und Gesellschaftsbauten, Heft 26, Berlin, Bauakademie der DDR, 1974.

SCHNEIDER, K.-J.: Bautabellen für Ingenieure, 13. Auflage, Düsseldorf, Werner-Verlag GmbH, 1998.

SCHÖNBURG, K.: Schäden an Sichtflächen bewerten, beseitigen, vermeiden. Berlin-München, Verlag für das Bauwesen 1993.

SCHULTMANN, F.: Kreislaufführung von Baustoffen. Baurecht und Bautechnik, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 1998.

SCHULTMANN, F.; RENTZ, O.: Abriss mit System: selektiver Rückbau als wirtschaftlich günstige Variante?. In: Baubiologie, (1997) 6, S. 14 – 19.

SCHULTMANN, F.; RENTZ, O.: Planungsinstrumente und Pilotprojekte zum Rückbau von Gebäuden. In: Wasser und Boden, 50 (1998) 11, S. 11 – 14.

SCHULTMANN, F.; RENTZ, O.: Stoffstrommanagement für Baureststoffe aus dem Hochbau. In: Müll und Abfall, (1999) 4, S. 206 – 217.

SCHULZ; MERLING: Forschungsbericht zur Analyse des Rückbaus von Plattenbauten am Standort Leverkusener Str. 2-10 in Schwedt – Betrachtung der Entkernung. Forschungsbericht der Fachhochschule Neubrandenburg, Fachbereich Bauingenieur und Vermessungswesen, Fachgebiet Baubetrieb/Baubetriebswirtschaft; Fachhochschule Neubrandenburg, 26.09.1999.

SCHULZE, D.: Sanierungsgrundlagen Plattenbau - Wohnbauten in Fertigteilbauweise (Baujahre 1958-1990) – Übersicht. IRB Verlag, Stuttgart, 1995.

SCHULZE, D.: Wohnbauten in Fertigteilbauweise – Übersicht -. Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e.V. (Hrsg.), Fraunhofer- Informationszentrum Raum und Bau (IRB), Stuttgart, IRB Verlag 1995.

SIMONS, K.: Kostendämpfung durch vergleichende Untersuchungen betrieblicher Verfahren für den Rückbau bzw. Umbau von Wohngebäuden. In: Kurzberichte aus der Bauforschung, 28 (1987) 11, S. 737 – 742.

SILBE, K.: Wirtschaftlichkeit kontrollierter Rückbauarbeiten. Berlin, Mensch & Buch Verlag 1999.

SIMONS, K.: Kostendämpfung durch vergleichende Untersuchungen betrieblicher Verfahren für den Rückbau bzw. Umbau von Wohngebäuden. (Bauforschungsberichte des Bundesministeriums für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau), Stuttgart, IRB- Verlag 1987.

STAHR, M.: Praxiswissen Bausanierung, Erkennen und Beheben von Bauschäden. Verlag Vieweg, Wiesbaden, 1999.

STANSCHUS, H.: Rückbau heißt nicht Abbruch, Neue Anregungen für Plattenbau-Sanierung Ost vom IBK-Kongress. In: Beratende Ingenieure, 27 (1997) 7/8, S. 33 – 35.

STEHNO, G.: Baustoffe und Baustoffprüfung. Springer-Verlag, Wien-New York, 1981.

Studie zur bauwirtschaftlichen Bewertung von Rückbaumaßnahmen im Rahmen der Wohnwertverbesserung bei Plattenbauten. Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e.V. an der TU-Berlin – IEMB, 1999.

UMWELTZENTRUM DORTMUND GMBH: Vermeidung und Verwertung von Baurestmassen und Wiederverwendung von Bauteilen. Dortmund, 1996.

UNRUH, H.-P./KOITSCH H.: Demontage von Stahlbetonkonstruktionen in Fertigteilbauweise. In: Baumaschine + Bautechnik, Wiesbaden 39 (1992) 1, S. 4 – 7.

UNRUH, H.-P.: Vorbereitung von Baustellenprozessen im Fertigteilbau. In: Wissenschaftsmagazin, BTU Cottbus, Cottbus 2 (1996) 4, S. 26 – 29.

UNRUH, H.-P.: Einsatz von Lastaufnahmeeinrichtungen und Hebezeugen bei Demontagen. In: Forschungsbericht BTU Cottbus, Fakultät Architektur, Bauingenieurwesen und Stadtplanung, Lehrstuhl Baubetrieb und Bauwirtschaft 1998.

UNRUH, H.-P.: Ausreißversuche von Tragösen. In: Forschungsbericht „Wiederverwendung von Gebäuden und Gebäudeteilen“, BTU Cottbus, Fakultät Umweltwissenschaften und Verfahrenstechnik, Lehrstuhl Baustoff- Neuwerttechnik, 1998.

UNRUH, H.-P.: Einsatz von Lastaufnahmeeinrichtungen bei Demontagen. In: Wissenschaftsmagazin, BTU Cottbus, Cottbus 4 (1999) 9, S. 113 – 120.

UNRUH, H.-P./KRAUSE, M.: Nachhaltige Umgestaltung von Plattenbausiedlungen. In: BW – Bauwirtschaft, 53 (1999), S. 40 - 42.

UNRUH, H.-P.: Umgestaltung von Plattenbausiedlungen durch partielle und totale Demontagen und Wiederverwendung der Fertigteile. In: Lehrstuhlbericht Baubetrieb und Bauwirtschaft, BTU Cottbus, (2000) 7, S. 5 – 19.

UNRUH, H.-P./NAGORA, A.: Nachhaltige Umgestaltung von Plattenbausiedlungen - Demontagen und Wiederverwendung der Fertigteile. In: Bauzeitung, 54 (2000) 7/8, S. 28 – 30.

UNRUH, H.-P.: Demontage von Plattenbauten und Wiederverwendung der Fertigteile; In: BW-Bauwirtschaft, 54 (2000) 5, S.63.

UNRUH, H.-P./ NAGORA, A.: Studie zum Musterprojekt Theodor-Storm-Straße 9 in Cottbus – bautechnische Unterlagen zur Vorbereitung des Musterprojektes partielle Demontage Theodor-Storm-Straße 9 und Remontage Theodor-Storm-Straße 9C bis 9E; BTU Cottbus, 2000 (unveröffentlicht).

UNRUH, H.-P./ NAGORA, A.: Ermittlung der Tragfähigkeit von Einschlagdübeln und Schraubankern bei von der Zulassung abweichenden Bedingungen. In: Wissenschaftsmagazin, BTU Cottbus, Cottbus 6 (2001)12, S. 49 - 53.

VDI: Recycling in der technischen Gebäudeausrüstung. VDI Berichte 1407, VDI Verlag GmbH, Düsseldorf, 1998.

VOGDT, F.: Wiederverwendung von Plattenbauelementen – ein Beitrag zur Nachhaltigkeit. In: IBK-Symposium: Vom 'Plattenbau' zum 'neuen Bauen', Berlin, 25./26. April 2001.

WANGLER, O. et al.: Präventive Berücksichtigung des Arbeits- und Gesundheitsschutzes. Dortmund/Berlin, Wirtschaftsverlag 1999.

WEBER, H.; WENDEROTH, G.: Stahlbeton, Schadensursachen, Schadensdiagnose, Schutz und Instandsetzung. 2. Auflage, Expert Verlag, Sindelfingen, 1987.

WEEBER, H.: Maßnahmenbündel bei der Sanierung von Plattenbauten. In: Bauforschungsberichte des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, IRB-Verlag, Stuttgart, 1997.

WEEGE, R. D.: Recyclinggerechtes Konstruieren. 1. Auflage, Düsseldorf, VDI – Verlag 1981.

Wiederverwendung von Gebäuden und Gebäudeteilen, Forschungsbericht BTU Cottbus, Fakultät Umweltwissenschaften und Verfahrenstechnik, Lehrstuhl Baustoff-Neuwerttechnik, 1998.

WILKS I.; MULACK E.: Wärmeschutztechnische Bauzustandsermittlung unter besonderer Berücksichtigung des Wetterschutzes der Außenwand, F 2261/6. In: Bauforschungsberichte des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Stuttgart, 1994.

WILLKOMM, W.: Wirtschaftliche, kontrollierte Abbruchverfahren, Kurzbericht. In: Kurzberichte aus der Bauforschung, 32 (1991) 3, S. 297 – 305.

WÖHNL, U.: Recyclingbeton für Bauteile im Hochbau. In: Beton 44 (1994) 9, S. 499-504.

WOLFSEHER, R.: Die Sanierung von Stahlbetonbauten. Baufachverlag, Dietikon 1994.

ZEIDLER, D.: Entsorgung 2000 – Recycling von Baureststoffen und Industrieflächen. Verlag Bonner Energie-Report, Bonn, 1993.

ZOCHER, M.: Beitrag zur Rationalisierung von Montagehalterungen. Diss., Ingenieurhochschule Cottbus, 1984.

Vorschriften, Normen, Gesetze, Merkblätter

Brandenburgische Bauordnung (BbgBO) vom 01.06.1994 (GVBl. BBG I S, 126), ber. Vom 08.08.1994 (GVBl. I S 409)

Musterbauordnung (MBO), Fassung Juni 1996, zuletzt geändert durch Beschluss der Bauminister-Konferenz vom 04./05.12. 1997

Kreislaufwirtschafts- und Abfall-Gesetz – KRW-/ABFG: §19 Abfallwirtschaftskonzepte, September 1996.

EnEV - Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energiesparverordnung – EnEV) vom 01.02.2002

DIN 1045                Beton und Stahlbeton, Bemessung und Ausführung, 07/1988.

DIN 1045, T1-T4        Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, 07/2001.

DIN 1048, Teil 2:        Prüfverfahren für Beton, Festbeton in Bauwerken und Bauteilen, 06/1991.

DIN 1048, Teil 5:        Prüfverfahren für Beton, Festbeton, gesondert hergestellte Prüfkörper, 06/1991.

DIN 1055, Teil 3:        Lastannahmen für Bauten, Verkehrslasten 06/1971.

DIN 1055, Teil 4:        Lastannahmen für Bauten, Verkehrslasten, Windlasten bei nicht schwingungsanfälligen Bauwerken, 08/1986.

DIN 4102, Teil 4:        Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile, 03/1994.

DIN 4108, Teil 2:        Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden, Mindestanforderungen an den Wärmeschutz, 03/2001.

DIN 4109                Schallschutz im Hochbau, 11/1989.

DIN 8580                Fertigungsverfahren, Einteilung, 06/1974.

DIN 15 002	Lastaufnahmeeinrichtungen; 04/1980.
DIN 15 003	Lastaufnahmeeinrichtungen, Lasten und Kräfte, 02/1970.
DIN 18 007	Abbrucharbeiten – Begriffe, Verfahren, Anwendungsbereiche, 05/2000.
DIN EN ISO 7500-1	Metallische Werkstoffe – Prüfung von Prüfmaschinen für statische einachsige Beanspruchung, Teil 1: Zug- und Druckprüfmaschinen, Prüfung Kalibrierung der Kraftmesseinrichtungen, 11/1999
DIN EN ISO 9000	Qualitätsmanagementsysteme, Grundlagen und Begriffe, 12/2000.
DIN EN ISO 9001	Qualitätsmanagementsysteme, Anforderungen, 12/2000.
DIN EN ISO 9004	Qualitätsmanagementsysteme, Leitfaden zur Leistungsverbesserung, 12/2000.
ÖNORM B 2251	Abbrucharbeiten, Werkvertragsnorm, 04/1996
TGL 10687/03	Schallschutz, Schalldämmung von Bauwerksteilen, 09/1986
TGL 10723	Vielgeschossige Gebäude und Hochhäuser, Bautechnische und brandschutztechnische Forderungen, 09/1970
TGL 11422	Bauwerke und Fertigteile aus Beton und Stahlbeton; Berechnungsgrundlagen, Traglastverfahren, 03/1964.
TGL 22841/01	Gehänge, 11/89
TGL 30350 /02 - /15	Gesundheits- und Arbeitsschutz, Hebezeuge
TGL 33405 /1..2	Betonbau, Nachweis der Trag- und Nutzungsfähigkeit
TGL 33405 /1	Konstruktionen aus Beton und Stahlbeton, 08/1980
TGL 33405 /2	Konstruktionen aus Spannbeton, 08/1980
TGL 33 437 /02:	Zerstörungsfreie Prüfung von Bauwerken und Bauteilen aus Beton, Bestimmung der Druckfestigkeit durch Ultraschallprüfung, Mai 1983
TGL 33 451 / 02:	Analyse des Zustandes von Bauwerken und Bauteilen, Korrosiver Zustand, Dezember 1985
TGL 35424	Bautechnischer Wärmeschutz

Projektierung von Bauten in Wandkonstruktion in Montagebauweise, Vorschrift Nr.50/76 der Staatlichen Bauaufsicht der DDR

Tragverhalten von Tragösen, Vorschrift 93/80 der Staatlichen Bauaufsicht der DDR

TV – Abbrucharbeiten, Technische Vorschriften für Abbrucharbeiten, Abbrucharbeiten Bohren-Brennen-Sägen und Abbruchsprengungen, Deutscher Abbruchverband e.V., 3. Auflage, Düsseldorf 1999

BAUSTEINE; Arbeitsgemeinschaft der Bau-Berufsgenossenschaften, Frankfurt am Main, 1997

Unfallverhütungsvorschrift Lastaufnahmeeinrichtungen im Hebezeugbetrieb (VBG 9a), Arbeitsgemeinschaft der Bau-Berufsgenossenschaften

Berufsgenossenschaftliche Vorschrift für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit, BGV D 6 Krane (früher VBG 9)

Berufsgenossenschaftliche Vorschrift BGV C 22 Bauarbeiten (früher VBG 37)

Berufsgenossenschaftliche Information BGI 665 Abbrucharbeiten (früher ZH 1/514)

DRITTE ALLGEMEINE VERWALTUNGSVORSCHRIFT ZUM ABFALLGESETZ – Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen (TA Siedlungsabfall – TA SiedlAbf); Fassung Mai 1993

FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRAßEN UND VERKEHRSWESEN: Merkblatt über die Wiederverwendung von industriellen Nebenprodukten im Straßenbau, Teil: Wiederverwendung von Baustoffen; Köln; 1985

LAGA-Merkblatt: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen – Technische Regeln

TRGS 519: Technische Richtlinie für Gefahrstoffe – Asbestrichtlinie

#### Firmenschriften

Turmdrehkran 140 EC-H, Liebherr-Werk Biberach GmbH, 07/91.

Turmdrehkran 112 EC-H, Liebherr-Werk Biberach GmbH, 03/01.

Turmdrehkran 180 EC-H 10, Liebherr-Werk Biberach GmbH, 03/01.

Mobilkran LTM 1140, Liebherr-Werk Ehingen GmbH, 10/87.

RUD Lastaufnahmesysteme, RUD-Kettenfabrik Rieger & Dietz GmbH u. Co. Aalen-Unterkochen, 10/90.

PERI Programmübersicht, PERI GmbH Weißenhorn, 01/2000.

Richtstrebe Ischebeck Titan, Friedrich ISCHEBECK GmbH Ennepetal, 1999.

GF 24 Großflächenschalung für Wände und Decken, Thyssen Hünnebeck GmbH Ratingen, Stand Februar 1995.

Doka Bemessungshilfen, Deutsche Doka Schalungstechnik GmbH Maisach, Ausgabe 8/2000.

Schrägstützen, Müller+Baum GmbH & Co. KG Baugerätefabrik Sundern, 2001.

STO AG: Verarbeitung – Gedämmte Fassadensysteme 1, 1. Auflage, September 1998.

HILTI Dübeltechnik 2000, HILTI Deutschland GmbH Kaufering.

HILTI AG, Bohr und Meißeltechnik, 1999.

Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung für Kompaktdübel HKD-S/HKD-SR (Zulassungsnr.Z-21.1-1505). In: HILTI Dübeltechnik, HILTI Deutschland GmbH Kaufering.

Fischer Befestigungssysteme, Fischerwerke, Artur Fischer GmbH & Co. KG Waldachtal.

Würth Dübeltechnik, Adolf Würth GmbH & Co. KG Künzelsau.

Der Würth, Adolf Würth GmbH & Co. KG Künzelsau, Ausgabe 2000.

Adolf Würth GmbH & Co.KG, Zulassung und Brandschutzprüfbericht. Fixanker W-FAZ, 1997.

Upat Gesamtkatalog, Upat GmbH & Co. Befestigungstechnik Emmendingen, 1999/2000.

BRAND & SCHLUTTIG GMBH: Umweltfreundlicher Kletterfelsen; Firmenprospekt der Firma Brand & Schluttig GmbH; Bausanierung/Alpintechnik, Cottbus.

HORSTMANN LEHRFILM: Entnahme und Prüfung von Bohrkernen, in: Serie: Baustoff-Prüfung, Videoproduktion in Essen 1993.

HORSTMANN LEHRFILM: Rückprallhammerprüfung, in: Serie: Baustoff-Prüfung, Videoproduktion in Essen 1996/97.

Diamant Boart Deutschland GmbH, Quickie, 1999.

Gölz GmbH & Co., Baugeräte Katalog, 2000.

Cedima GmbH, Wandsägen, 1998.

Fischerwerke Artur Fischer GmbH & Co.KG, Gesamtkatalog, 1999.



## **Anlagenverzeichnis**

<u>A 1</u> Ausgewählte Verbindungen und Fugen der Typenbauserie P 2	A1/1 - A1/6
<u>A 2</u> Remontagevorschrift für eine tragende Innenwand	A2/1 - A2/2
<u>A 3</u> Demontagevorschrift für eine tragende Innenwand	A3/1 - A3/2
<u>A 4</u> Ermittlung der Strebenkräfte und der Strebenlänge einer Demontagehalterung	A4/1 - A4/8
<u>A 5</u> Nachweis der Tragfähigkeit des Schwerlastdübels „ZYKON- Innengewindeanker FZA 14 * 60 M 8 I A4	A5/1 - A5/3
<u>A 6</u> Ermittlung der Tragfähigkeit von Einschlagdübeln und Schraubankern bei von der Zulassung abweichenden Bedingungen	A6/1 - A6/11



## Ausgewählte Verbindungen und Fugen der Typenbauserie P 2

### Verbindungen der Deckenelemente

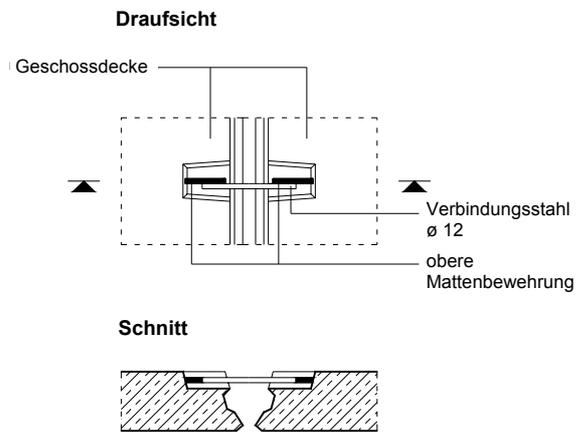


Abb. 1: Decke – Decke, quer zur Spannrichtung

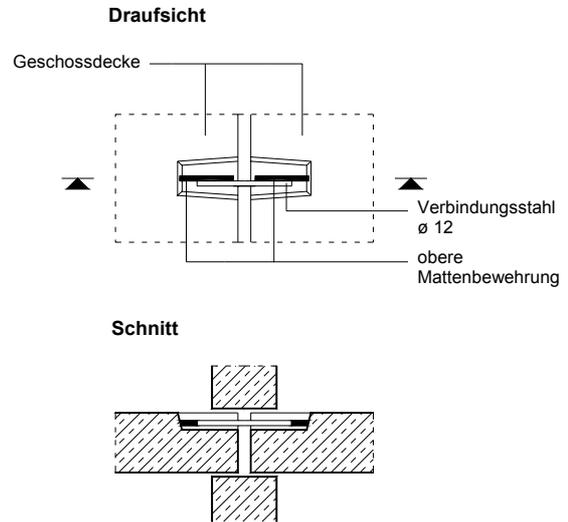


Abb. 2: Decke – Decke, in Spannrichtung

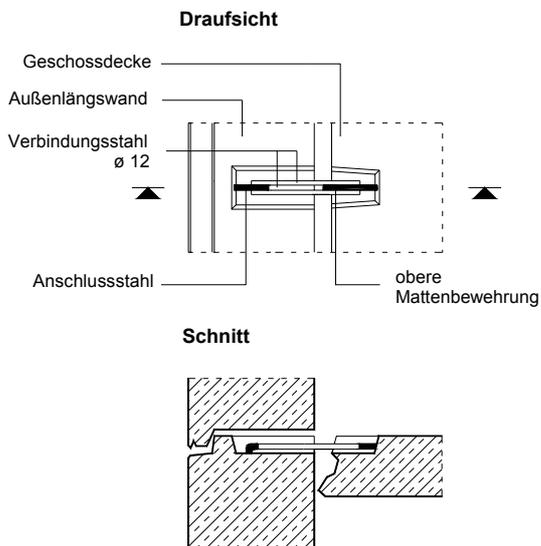


Abb. 3: Decke – AW (längs)

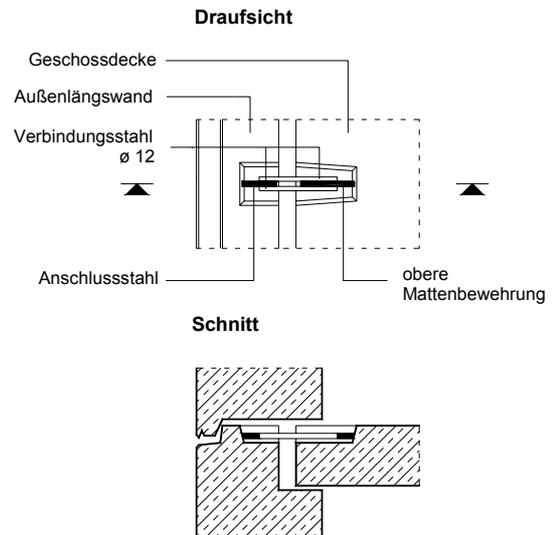


Abb. 4: Decke – AW (Giebel)

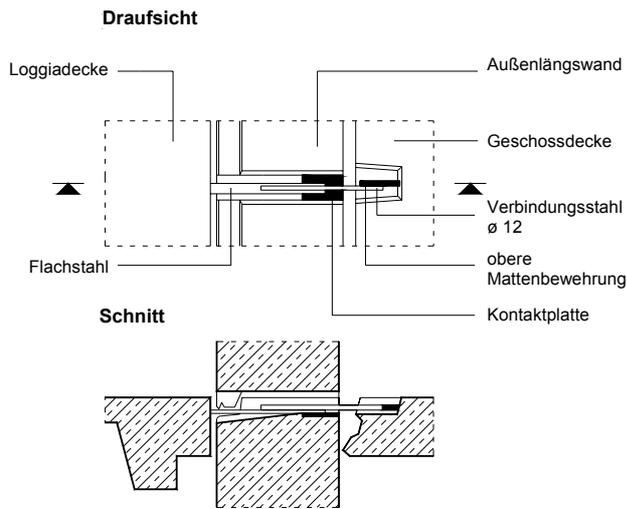


Abb. 5: Decke - AW (längs) - Loggiadecke

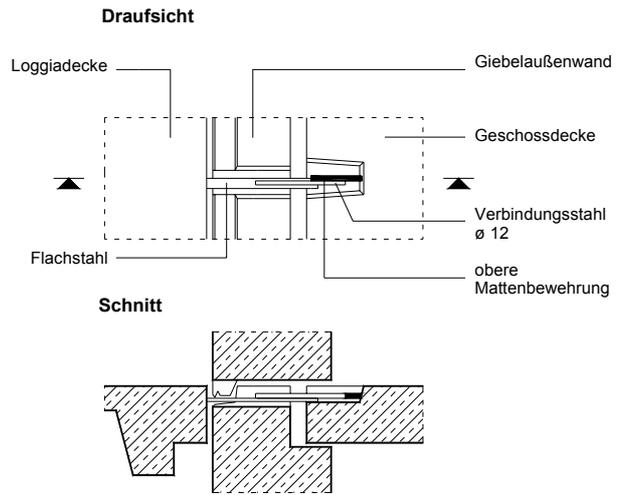


Abb. 6: Decke - AW (Giebel) - Loggiadecke

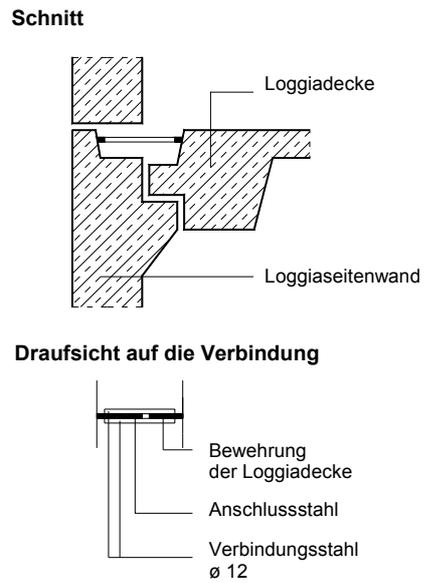
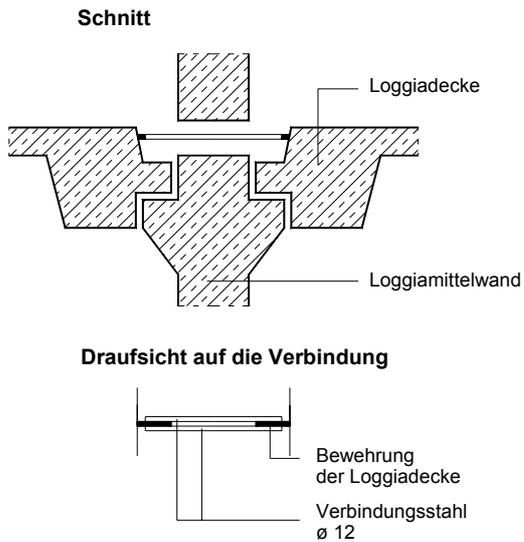


Abb. 7: Loggiadecke – Loggiamittelwand - Abb. 8: Loggiadecke – Loggiaseitenwand  
Loggiadecke

## Verbindungen der Wandelemente

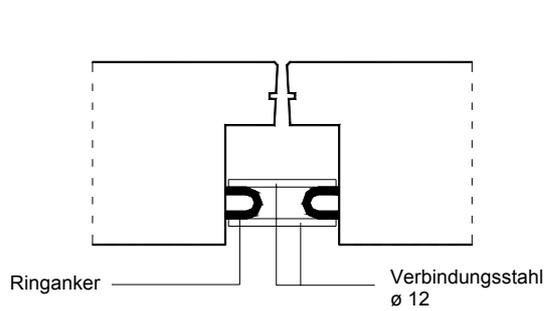


Abb. 9: AW (längs) – AW (längs)

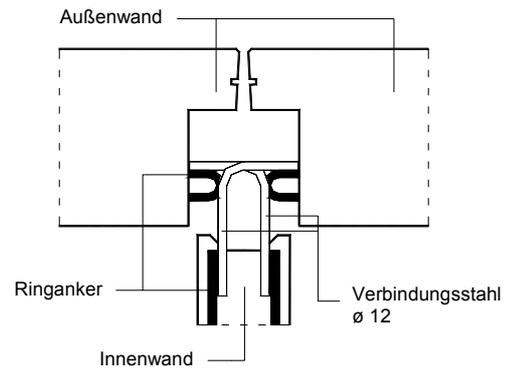


Abb. 10: AW (längs) – AW (längs) – IW

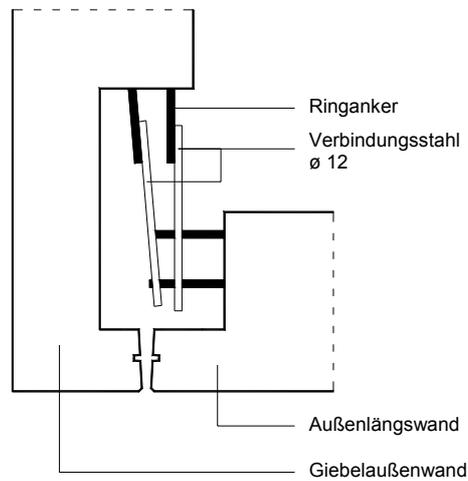


Abb. 11: AW (längs) – AW (Giebel)

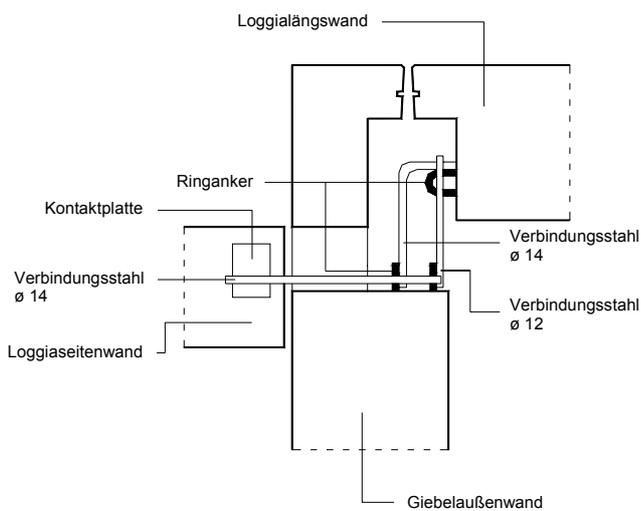


Abb. 12: AW (längs) – AW (Giebel) – Loggia-  
seitenwand

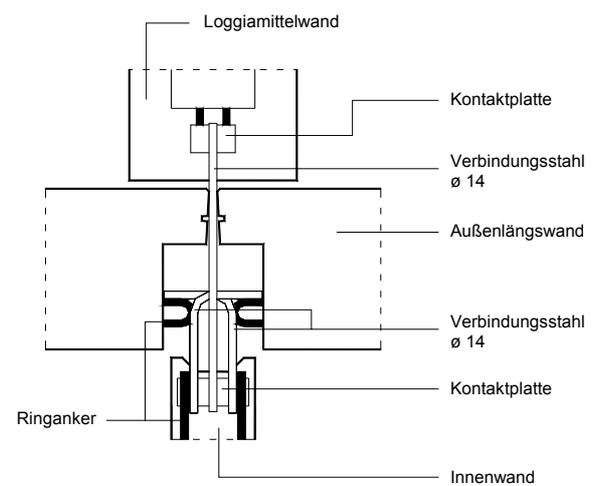


Abb. 13: AW (längs) – IW – Loggiamittelwand

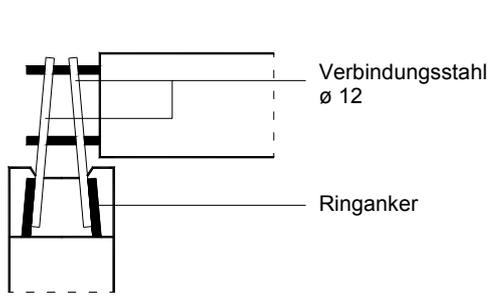


Abb. 14: IW – IW (Aufzugsschacht)

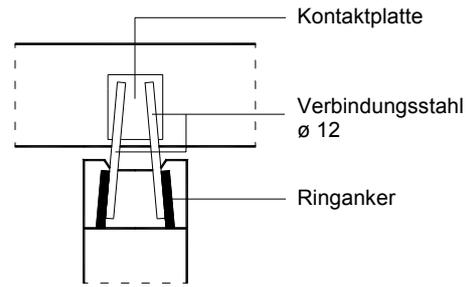


Abb. 15: T-Stoß IW – IW

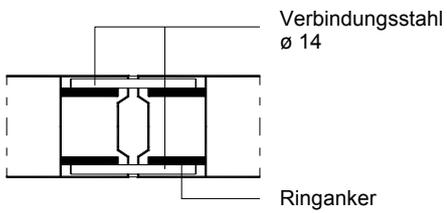


Abb. 16: Stirnflächenstoß IW – IW

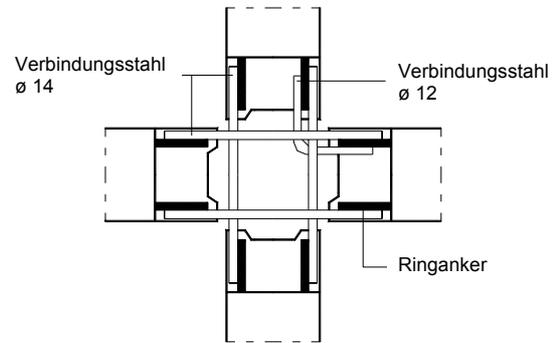


Abb. 17: Innenwandkreuz

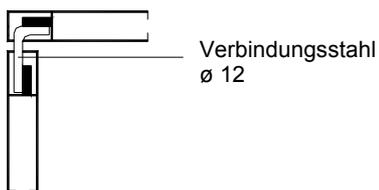


Abb. 18: IW (nichttragend) – IW (nichttragend)

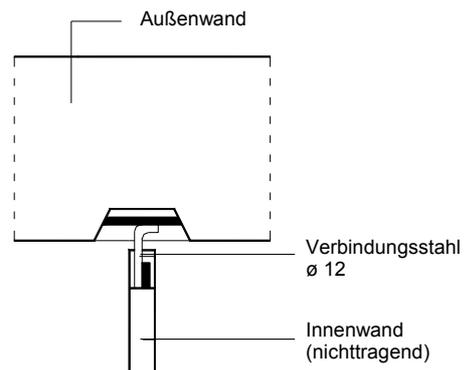


Abb. 19: AW – Innenwand (nichttragend)

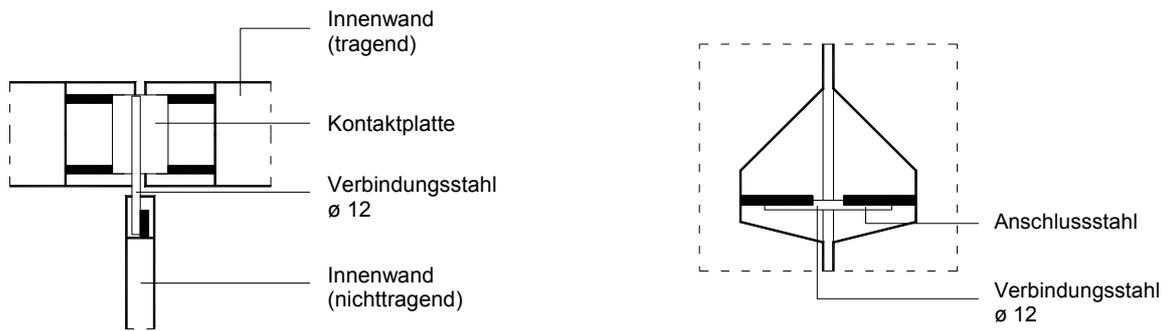


Abb. 20: Verbindung Innenwand (tragend) – Abb. 21: Zusatzverbindung in Plattenmitte Innenwand (nichttragend) (Seitenansicht)

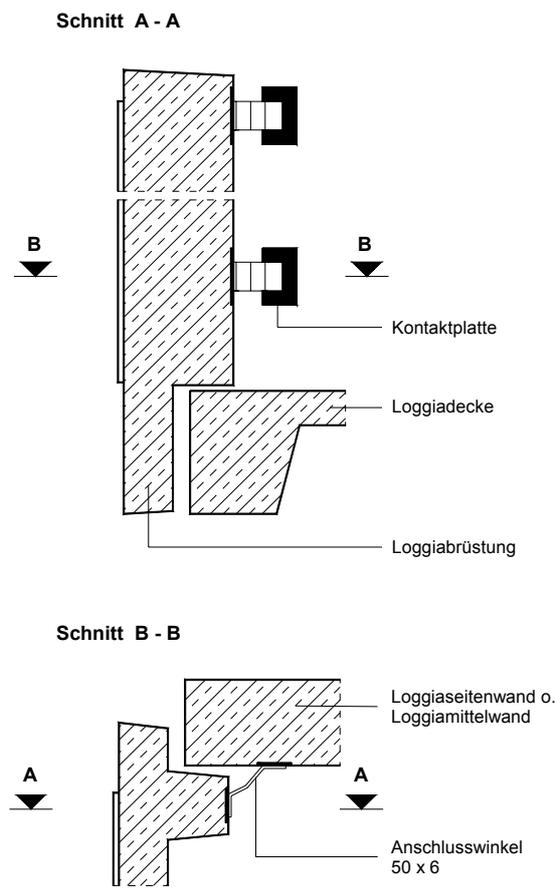


Abb. 22: Anschluss Loggiabrüstung

**Fugendetails**

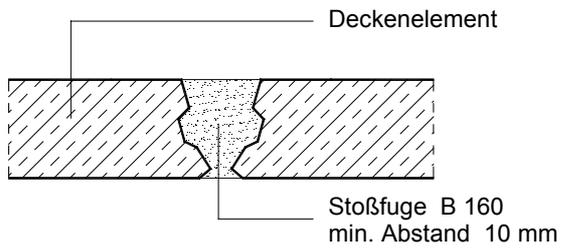


Abb. 23: Stoßfuge Decke – Decke ;  
längs zur Spannrichtung

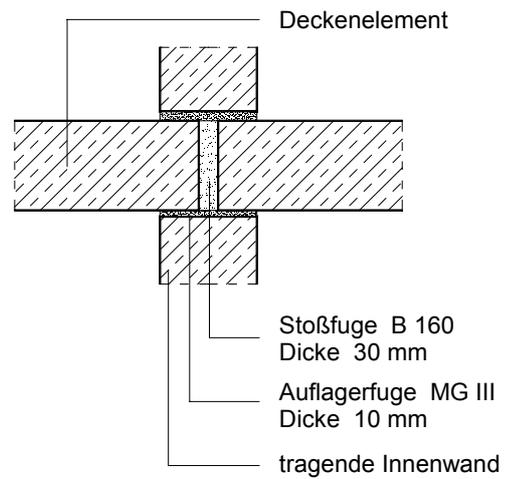


Abb. 24: Auflagerfuge Decke – tragende  
Innenwand; Stoßfuge Decke – Decke quer  
zur Spannrichtung

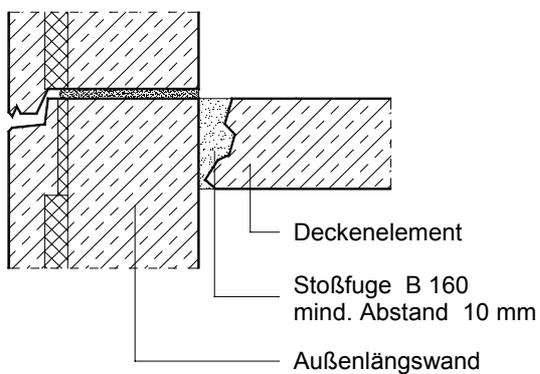


Abb. 25: Stoßfuge Decke - Außenlängswand

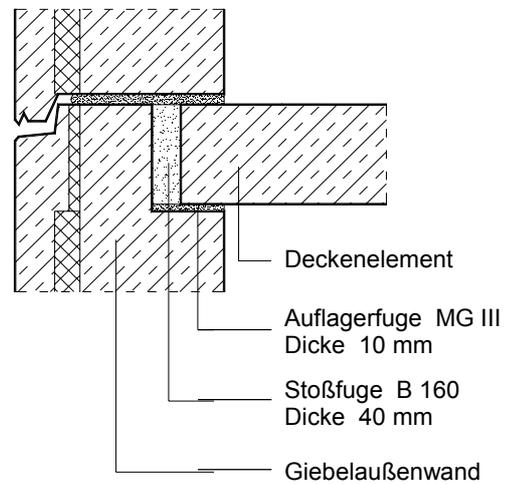


Abb. 26: Auflager- und Stoßfuge Decke –  
Giebelaußenwand

## **Remontagevorschrift für eine tragende Innenwand**

### **1 Baufreiheitsbedingungen**

- Fertigstellung der Bodenplatte bzw. Decke und Freigabe zur Remontage,
- Absperrung der Remontagestelle und Kennzeichnung des Gefährdungsbereiches,
- tragende Innenwände zur Remontage freigegeben,
- Lagerung der Innenwände im Schwenkbereich des Kranes

### **2 Vorbereitungen zur Remontage**

- Lage des Innenwandelementes auf der Bodenplatte bzw. Decke einmessen und markieren,
- Begutachtung der vorhandenen Tragösen und Entscheidung, ob Wiederverwendung möglich,
- ggf. Schaffung von alternativen Anschlagpunkten,
- ggf. Innenwände im Bereich der Fugen von Mörtel- und Betonresten säubern,
- Aufgeben der Lagerfuge im gekennzeichneten Bereich,
- Bereitlegen der Remontagestreben.

### **3 Remontage**

- Anschlagen des Elementes mit Zwei-Stranggehänge
- Förderung des Wandelementes zur Einbaustelle,
- lagegenaues Absetzen des Elementes auf die vorbereitete Mörtelfuge,
- Grobausrichten,
- Positionierung der Demontagestreben und Bohren von jeweils einem Loch in der Innenwand und auf der Remontageebene,
- Setzen der Schwerlastranker und Befestigen der Remontagestrebe,
- Überprüfen der Standfestigkeit des Elementes,
- Abschlagen des Elementes.

#### **4 Remontagebedingte Nebenarbeiten**

- Feinjustierung des Elementes (Überprüfung der senkrechten Lage mittels Lotwaage, und der Flucht/Winkligkeit zu bereits remontierte Fertigteilen),
- Entfernen des überschüssigen Mörtels im Lagerfugenbereich,
- Verschweißen der Verbindungsstähle mit den benachbarten Fertigteilen,
- Einschalen und Vergießen der vertikalen Fugen mit Beton.

#### **5 Erforderliche Remontageausrüstung**

- Kran,
- Zweistranggehänge,
- Montagestreben,
- Schwerlastdübel,
- Podestleiter bzw. Leiter,
- Schweißgerät,
- Lotwaage, Messband, Gliedermaßstab, Werkstattwinkel,
- Bohrmaschine, Ringschlüssel,
- Maurerwerkzeug, Brechstange,
- Sprechfunkverbindung zwischen An- bzw. Abschläger und Kranfahrer,
- Schutzausrüstung: Schweißbrille, Gehörschutz, Schutzhandschuhe, Schutzhelm.

#### **6 Arbeitskräftebedarf**

- 1 Kranfahrer,
- 1 Anschläger,
- 2 Monteure,
- 2 Arbeitskräfte für Schalen und Betonieren,
- 1 Schweißer.

#### **7 Besondere Maßnahmen der Arbeitssicherheit**

- Während der Remontagearbeiten muss der Schwenkbereich des Kranes frei sein,
- sichere Verständigung zwischen Kranfahrer und An- bzw. Abschläger (Einweisung des Kranfahrers bei verdeckter Sicht),
- Gefährdungsbereich in Abhängigkeit der Remontagehöhe beachten.

## **Demontagevorschrift für eine tragende Innenwand**

Es wird davon ausgegangen, dass die Außenwände mittels Demontagehalterung gesichert werden und die Innenwände in der Regel keine Demontagehalterung benötigen.

### **1 Baufreiheitsbedingungen**

- Entkernung abgeschlossen,
- Absperrung der Demontagestelle und Kennzeichnung des Gefährdungsbereiches,
- tragende Innenwände zur Demontage freigegeben,
- Lagerplatz für die Zwischenlagerung muss im Schwenkbereich des Hebezeuges liegen.

### **2 Vorbereitungen zur Demontage**

- zur Wiederverwendung vorgesehene Elemente müssen von Tapete oder anderen Verkleidungen befreit werden,
- zur Wiederverwendung vorgesehene Elemente mit Elemente-Nr. kennzeichnen,
- Freistimmen der Verbindungsstähle zur benachbarten Innenwand bzw. Außenwand mit Elektro-Abbruchhammer oder Presslufthammer von einer Podestleiter aus,
- Freistimmen der Fuge zum benachbarten Element mit Elektro-Abbruchhammer oder Presslufthammer,
- Begutachtung der vorhanden Tragösen und Entscheidung, ob Wiederverwendung möglich,
- ggf. Schaffung von alternativen Anschlagpunkten.

### **3 Demontage**

- Anschlagen des Elementes mit Zwei-Stranggehänge von einer Leiter bzw. Podestleiter,
- Trennen der Verbindungsstähle mittels Lichtbogen-Schmelz-Schneiden zum benachbarten Element von der Podestleiter aus,
- Förderung des Wandelementes zum Lagerplatz,
- Abschlagen des Elementes.

#### **4 Demontagebedingte Nebenarbeiten**

- Prüfung der tragenden Innenwand auf Wiederverwendung nach dem Absetzen am Zwischenlagerplatz,
- Bauschuttberäumung.

#### **5 Erforderliche Demontageausrüstung**

- Kran,
- Zweistranggehänge,
- Podestleiter bzw. Leiter,
- Elektro-Abbruchhammer bzw. Presslufthammer,
- Kompressor,
- Schweißgerät,
- Sprechfunkverbindung zwischen An- bzw. Abschläger und Kranfahrer,
- Schuttcontainer,
- Handstemmzeug,
- Maurerwerkzeug, Brechstange,
- Schutzausrüstung: Schweißbrille, Gehörschutz, Schutzhandschuhe, Schutzhelm.

#### **6 Arbeitskräftebedarf**

- 1 Kranfahrer,
- 1 Anschläger,
- 1 Abschläger,
- 2 Stemmarbeiter,
- 1 Hilfskraft.

#### **7 Besondere Maßnahmen der Arbeitssicherheit**

- Während der Demontearbeiten muss der Schwenkbereich des Kranes frei sein,
- sichere Verständigung zwischen Kranfahrer und An- bzw. Abschläger (Einweisung des Kranfahrers bei verdeckter Sicht),
- Druckluftschläuche und Elektrokabel dürfen nicht von Beton- und Mörtelbrocken eingeklemmt werden.
- Gefährdungsbereich in Abhängigkeit der Remontagehöhe beachten.

## Ermittlung der Strebenkräfte und der Strebenlänge einer Demontagehalterung

### 1 Ausgangswerte

Die Ermittlung der Strebenkräfte und der Strebenlänge einer Demontagehalterung erfolgt für die Demontage eines 11- Geschossers (Geschosshöhen: KG 2.400 mm; OG 2.800 mm). Untersucht werden:

- AW 1: Giebelaußenwand  $3.600 \text{ mm} * 2.850 \text{ mm} * 290 \text{ mm} (l * h * d)$ , Masse 4,2 t
- AW 2: Längsaußenwand  $6.000 \text{ mm} * 2.850 \text{ mm} * 290 \text{ mm} (l * h * d)$ , Masse 6,4 t.

Die Halterung von Wandelementen  $> 3.600 \text{ mm}$  erfolgt mit zwei Streben, für Elemente  $\leq 3.600 \text{ mm}$  ist zu überprüfen, ob die Halterung mit nur einer Strebe möglich ist.

Prinzipdarstellung und Ausgangsbedingungen siehe Abb. 1.

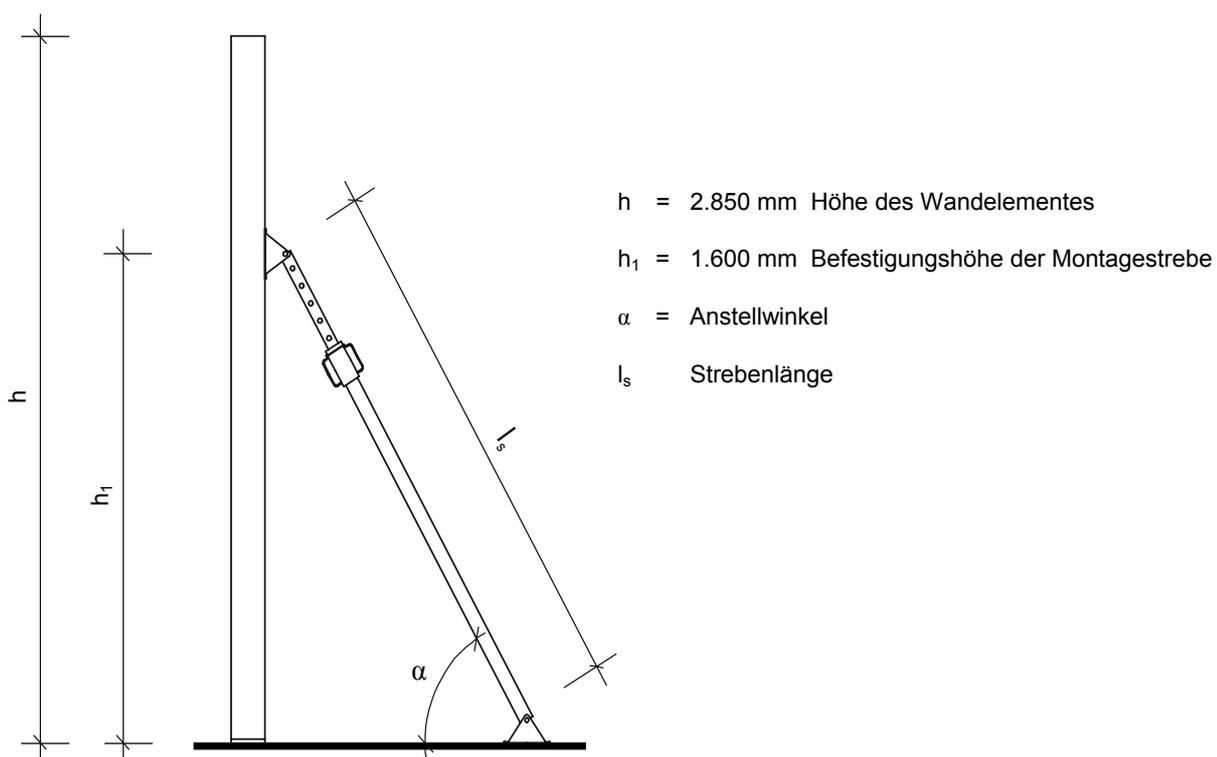


Abb. 1: Abstützung eines Wandelementes

## 2 Lastfall 1: Unterbrechung der Demontage bei Windgeschwindigkeiten > 15 m/s

### 2.1 Lastannahmen

- Lasten aus Schiefstellung nach dem Richten und infolge aufgelagerter Bauteile

Bei der Montage von Fertigteilen (hier Wandelemente) ist auch nach dem Richten mit einer verbleibenden Schiefstellung zu rechnen, durch die horizontal gerichtete Abtriebskräfte entstehen. In Anlehnung an die Wandbaurichtlinie<sup>1</sup> werden diese zusätzlich zur Windbelastung als horizontale Kraft  $H_1$  in Höhe von 1/100 der vertikalen Lasten (hier Masse des Wandelementes) angesetzt:

$$\text{AW 1: } H_1 = 42/100 = \mathbf{0,42 \text{ kN}},$$

$$\text{AW 2: } H_1 = 64/100 = \mathbf{0,64 \text{ kN}}.$$

- maximale Windlast

Die maximale Windlast, die bei einer Unterbrechung der Demontage zu berücksichtigen ist, setzt sich aus der Druck- und Sogwirkung zusammen. Die Ermittlung der Windlast erfolgt für eine freistehende Wand auf der Grundlage der gültigen Norm<sup>2</sup>.

Der zu berücksichtigende Staudruck ist von der Höhe über Gelände abhängig und wird in Tab. 1 ermittelt.

Höhe über Gelände [m]	Geltungsbereich*	Windgeschwindigkeit [m/s]	Staudruck (q) [kN/m <sup>2</sup> ]
< 8 bis 20	bis einschl. 6. Geschoss	35,8	0,8
< 20 bis 100	ab 7. Geschoss	42	1,1

\* Geschosshöhen: KG 2.400 mm, OG 2.800 mm, Einbindung des KG in das Gelände 1.200 mm

Tab. 1: Staudruck in Abhängigkeit der Höhe über Gelände

#### Höhe über Gelände < 20 bis 100 m

$$W = c_f \cdot q \cdot A$$

$$A = l \cdot h$$

$$q = 1,1 \text{ kN/m}^2$$

$$b/d = 290/2.850 = 0,10 \Rightarrow c_{f0} = 2,1$$

<sup>1</sup> Projektierung von Bauten in Wandkonstruktion in Montagebauweise, Anlage 2, Ziffer 2.4.3.

<sup>2</sup> DIN 1055 Lastannahmen für Bauten, Teil 4: Verkehrslasten, Windlasten bei nicht schwingungsanfälligen Bauwerken, 08/1986

$$\lambda = l/h \quad \text{für } \varphi = 1 \Rightarrow \psi$$

$$c_f = c_{f0} * \psi$$

Damit ergeben sich die in Tab. 2 ermittelten maximalen Windlasten.

Typ	l	h	d	A	$\lambda$	$\psi$	cf	W
	[mm]	[mm]	[mm]	[m <sup>2</sup> ]				[kN]
AW 1	3.600	2.850	290	10,4	1,26	0,60	1,26	14,41
AW 2	6.000	2.850	290	13,5*	2,11	0,62	1,30	19,31

\* unter Abzug der Fläche der Fensteröffnungen: 1,35 \* (1,05 + 1,65) m

Tab. 2: Ermittlung der maximalen Windlast, Höhe über Gelände < 20 bis 100 m

Die maximale Windlast, die bei einer Unterbrechung der Demontage eines 11-Geschossers ab 7. Geschoss auf eine freistehende 2,8 m hohe Wand bei einer Windgeschwindigkeit von 42 m/s zu erwarten ist, beträgt

AW 1 (Wandlänge 3.600 mm): **14,41 kN**,

AW 2 (Wandlänge 6.000 mm): **19,31 kN**.

### Höhe über Gelände < 8 bis 20 m

$$q = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

restliche Werte wie bei Höhe über Gelände < 20 bis 100 m

In Tab. 3 sind die maximalen Windlast bei einer Höhe über Gelände von < 8 bis 20 m ermittelt.

Typ	l	h	d	A	$\lambda$	$\psi$	cf	W
	[mm]	[mm]	[mm]	[m <sup>2</sup> ]				[kN]
AW 1	3.600	2.850	290	10,4	1,26	0,60	1,26	10,48
AW 2	6.000	2.850	290	13,5*	2,11	0,62	1,30	14,04

\* unter Abzug der Fläche der Fensteröffnungen: 1,35 \* (1,05 + 1,65) m

Tab. 3: Ermittlung der maximalen Windlast, Höhe über Gelände < 8 bis 20 m

Die maximale Windlast, die bei einer Unterbrechung der Demontage bis einschließlich 6. Geschoss auf eine freistehende 2,8 m hohe Wand bei einer Windgeschwindigkeit von 42 m/s zu erwarten ist, beträgt

AW 1 (Wandlänge 3.600 mm): **10,48 kN**,

AW 2 (Wandlänge 6.000 mm): **14,04 kN**

## 2.2 Ermittlung der Strebenkraft

Die Strebe wird als Zug- und Druckstab berechnet. Das statische System und die Lastfigur zeigt Abb. 2.

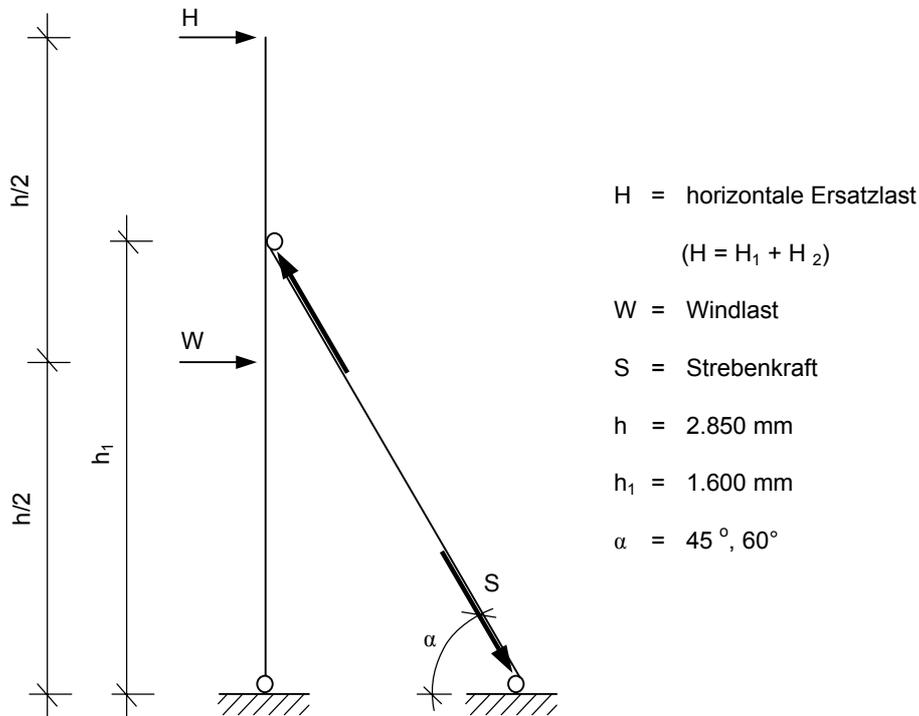


Abb. 2: Statisches System und Lastfigur

Auf Grund der Belastung der Demontagestreben durch nicht ständig wirkende Lasten wird das für Dauerlasten übliche Sicherheitsniveau von 175 % (Versagen des Querschnittes mit Vorankündigung<sup>3</sup>) auf 125 % abgesenkt (Faktor  $f = 125/175 = 0,71$ ).

Die Ermittlung der Strebenkräfte erfolgt für Anstellwinkel  $\alpha$  von 45 ° und 60 ° in Abhängigkeit der Strebenanzahl  $n$ .

$$S_H = f * (W * h/2 + H_1 * h)/(h_1 * n)$$

$$S = S_H / \cos \alpha$$

<sup>3</sup> DIN 1045 Beton und Stahlbeton, 07/1988; Ziffer 17.2.2.

### 2.2.1 Ermittlung der Strebenkraft ab 7. Geschoss

Typ	Strebenanzahl n	W	H <sub>1</sub>	S <sub>H</sub>	Strebenkraft S	
					$\alpha = 60^\circ$	$\alpha = 45^\circ$
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
AW 1	1	14,41	0,42	9,64	19,29	13,64
	2	14,41	0,42	4,82	9,64	6,82
AW 2	2	19,31	0,64	6,51	13,02	9,21

Tab. 4: Ermittlung der Strebenkräfte ab 7. Geschoss (Lastfall 1)

Bei einem Anstellwinkel von  $60^\circ$  und einer Befestigungshöhe der Strebe von 1,6 m beträgt für den Lastfall 1 die von der Strebe bei Unterbrechung der Demontage eines 11- Geschossers ab 7. Geschoss bei Windgeschwindigkeiten  $> 15\text{m/s}$  aufzunehmende Kraft:

AW 1 (Wandlänge 3.600 mm), 1 Strebe: **19,29 kN**,

AW 1 (Wandlänge 3.600 mm), 2 Streben: **9,64 kN**,

AW 2 (Wandlänge 6.000 mm), 2 Streben: **13,02 kN**.

Bei einer Verkleinerung des Anstellwinkels der Strebe auf  $45^\circ$  verringern sich die Strebenkräfte auf ca. 70 % und betragen:

AW 1 (Wandlänge 3.600 mm), 1 Strebe: **13,64 kN**,

AW 1 (Wandlänge 3.600 mm), 2 Streben: **6,82 kN**,

AW 2 (Wandlänge 6.000 mm), 2 Streben: **9,21 kN**.

### 2.2.2 Ermittlung der Strebenkraft bis einschließlich 6. Geschoss

Typ	Strebenanzahl n	W	H <sub>1</sub>	S <sub>H</sub>	Strebenkraft S	
					$\alpha = 60^\circ$	$\alpha = 45^\circ$
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
AW 1	1	10,48	0,42	7,16	14,32	10,12
	2	10,48	0,42	3,58	7,16	5,06
AW 2	2	14,04	0,64	4,84	9,69	6,85

Tab. 5: Ermittlung der Strebenkräfte bis einschließlich 6. Geschoss (Lastfall 1)

Bei einem Anstellwinkel von  $60^\circ$  und einer Befestigungshöhe der Strebe von 1,6 m beträgt für den Lastfall 1 die von der Strebe bei Unterbrechung der Demontage bis einschließlich 6. Geschoss bei Windgeschwindigkeiten  $> 15\text{m/s}$  aufzunehmende Kraft

AW 1 (Wandlänge 3.600 mm), 1 Strebe: **14,32 kN**,

AW 1 (Wandlänge 3.600 mm), 2 Streben: **7,16 kN**,

AW 2 (Wandlänge 6.000 mm), 2 Streben: **9,69 kN**.

Bei einer Verkleinerung des Anstellwinkels der Strebe auf  $45^\circ$  verringern sich die Strebenkräfte auf ca. 70 % und betragen:

AW 1 (Wandlänge 3.600 mm), 1 Strebe: **10,12 kN**,

AW 1 (Wandlänge 3.600 mm), 2 Streben: **5,06 kN**,

AW 2 (Wandlänge 6.000 mm), 2 Streben: **6,85 kN**.

### **3 Lastfall 2: Demontage**

#### **3.1 Lastannahmen**

- Lasten aus Schiefstellung nach dem Richten und infolge aufgelagerter Bauteile

Entsprechend Ziffer 2.1 beträgt die horizontale Ersatzlast

AW 1:  $H = 42/100 = 0,42\text{ kN}$ ,

AW 2:  $H = 64/100 = 0,64\text{ kN}$ .

- Stoßartige Belastung

Während der Demontage der Deckenplatten kann es zum Anstoßen an bereits in Demontagehalterungen stehende Wandplatten kommen. Diese stoßartige Belastung wird mit  $1/25$  der Masse des anstoßenden Fertigteils als horizontale Ersatzlast am oberen Wandrand berücksichtigt. Maßgebend ist eine 6m lange Spannbetondeckenplatte mit einer Eigenmasse von 3,6 t.

$H_2 = 36/25 = 1,44\text{ kN}$ .

- Windlast während der Montage

Es wird davon ausgegangen, dass bei einer Windgeschwindigkeit  $> 15\text{ m/s}$  die Demontearbeiten eingestellt werden. Die Ermittlung der maximalen Windbelastung, die während der Demon-

tage zu berücksichtigen ist, erfolgt auf der Grundlage der DIN 1055<sup>4</sup>, Teil 4 bzw. nach Schneider<sup>5</sup>.

$$W = c_f \cdot q \cdot A$$

$$A = l \cdot h$$

$$q = v^2/1600 \text{ für } v = 15 \text{ m/s} \Rightarrow q = 15^2/1600 = 0,14 \text{ kN/m}^2$$

$$b/d = 290/2.850 = 0,10 \Rightarrow c_{f0} = 2,1$$

$$\lambda = l/h \text{ für } \varphi = 1 \Rightarrow \psi$$

$$c_f = c_{f0} \cdot \psi$$

Die Windlasten, die bei der Demontage zu berücksichtigen sind, werden in Tab. 6 ermittelt.

Typ	l	h	d	A	$\lambda$	$\psi$	$c_f$	W
	[mm]	[mm]	[mm]	[m <sup>2</sup> ]				[kN]
AW 1	3.600	2.850	290	10,4	1,26	0,60	1,26	1,83
AW 2	6.000	2.850	290	13,5*	2,11	0,62	1,30	2,46

\* unter Abzug der Fläche der Fensteröffnungen: 1,35 \* (1,05 + 1,65) m

Tab. 6: Ermittlung der Windlasten während der Demontage

### 3.2 Ermittlung der Strebenkraft

Statisches System, Lastfigur und Berechnungsansätze siehe Ziffer 2.2.

$$S_H = f \cdot [ W \cdot h/2 + (H_1 + H_2) \cdot h ] / (h_1 \cdot n)$$

$$S = S_H / \cos \alpha$$

Typ	Strebenanzahl n	W	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	S <sub>H</sub>	Strebenkraft S	
						$\alpha = 60^\circ$	$\alpha = 45^\circ$
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
AW 1	1	1,83	0,42	1,44	3,51	7,02	4,96
	2	1,83	0,42	1,44	1,75	3,51	2,48
AW 2	2	2,46	0,64	1,44	2,09	4,19	2,96

Tab. 7: Ermittlung der Strebenkräfte (Lastfall 2)

Bei einem Anstellwinkel von 60 ° und einer Befestigungshöhe der Strebe von 1,6 m beträgt für den Lastfall 2 die von der Strebe bei der Demontage aufzunehmende Kraft:

<sup>4</sup> Lastannahmen für Bauten, Teil 4: Verkehrslasten, Windlasten bei nicht schwingungsanfälligen Bauwerken, 08/1986

<sup>5</sup> Schneider, K.-J.: Bautabellen für Ingenieure, 13. Aufl.

AW 1 (Wandlänge 3.600 mm), 1 Strebe: **7,02 kN**,

AW 1 (Wandlänge 3.600 mm), 2 Streben: **3,51 kN**,

AW 2 (Wandlänge 6.000 mm), 2 Streben: **4,19 kN**.

Bei einer Verkleinerung des Anstellwinkels der Strebe auf  $45^\circ$  verringern sich die Strebenkräfte auf ca. 70 % und betragen:

AW 1 (Wandlänge 3.600 mm), 1 Strebe: **4,96 kN**,

AW 1 (Wandlänge 3.600 mm), 2 Streben: **2,48 kN**,

AW 2 (Wandlänge 6.000 mm), 2 Streben: **2,96 kN**.

### 3.3 Ermittlung der Strebenlänge

Siehe auch Abb. 1 und Abb. 2

$$l_s = h_1 / \sin \alpha = 1,6 / \sin 60 = \mathbf{1,85 \text{ m}}$$

$$l_s = h_1 / \sin \alpha = 1,6 / \sin 45 = \mathbf{2,26 \text{ m}}$$

Bei einem Anstellwinkel  $\alpha$  von  $60^\circ$  und einer Befestigungshöhe der Strebe von 1,6 m beträgt die Strebenlänge 1,85 m, bei einem Anstellwinkel  $\alpha$  von  $45^\circ$  vergrößert sich die Strebenlänge auf 2,26 m.

Aus Tab. 8 wird der Einfluß des Anstellwinkels  $\alpha$  und der Befestigungshöhe  $h_1$  auf die Strebenlänge deutlich.

Anstell- Winkel $\alpha$	Befestigungshöhe $h_1$ [m]					
	1,45	1,60	1,75	1,90	2,40	2,80
$30^\circ$	2,90	3,20	3,50	3,80	4,80	5,60
$45^\circ$	2,05	2,26	2,47	2,69	3,39	3,96
$60^\circ$	1,67	1,85	2,02	2,19	2,77	3,23
$75^\circ$	1,50	1,66	1,81	1,97	2,48	2,90

Tab. 8: Strebenlänge  $l_s$  in [m] in Abhängigkeit des Anstellwinkels  $\alpha$  und der Befestigungshöhe  $h_1$

---

**Nachweis der Tragfähigkeit des Schwerlastdübels „ZYKON-Innengewindeanker FZA 14 x 60 M8 I A4 (Art. Nr. 60786)“**

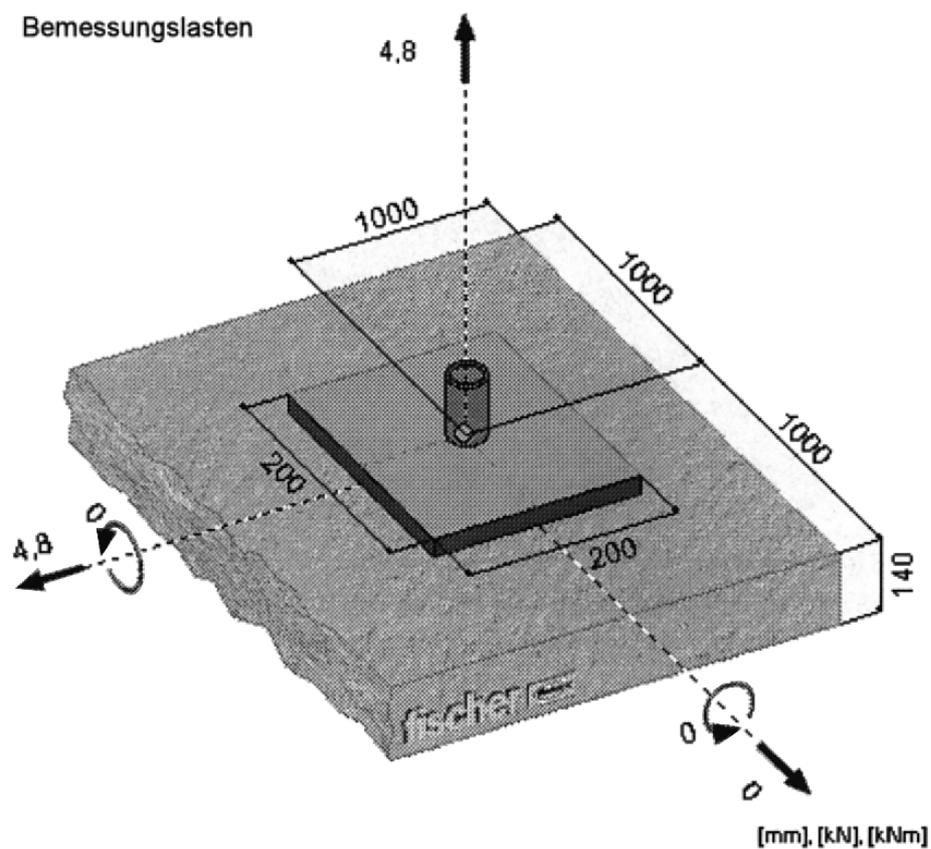
(verwendete Software: fischer compufix 5 Beta, Verfahren: CCTH)

---

**Ankergrund:** Gerissener Beton normal bewehrt  
Betondruckfestigkeit (Würfel 20/20/20 cm): 25 N/mm<sup>2</sup>

**Randbewehrung:** Ohne

**Dübelbiegung:** Nicht vorhanden



**Hinweise:**

Der Bemessung liegen umfangreiche dübelspezifische Kennwerte zugrunde. Bei einem Austausch, auch gegen ähnliche Produkte, muss in jedem Fall eine neue Bemessung erfolgen.

Bei der Bemessung wurde vorausgesetzt, dass die Ankerplatte unter den einwirkenden Schnittkräften eben bleibt. Deshalb muss sie ausreichend steif sein und vollflächig auf dem Beton bzw. auf einer Mörtelausgleichsschicht aufliegen. Der Nachweis einer ausreichenden Steifigkeit ist durch die im Programm enthaltene Bemessung der Ankerplatte erbracht.

Zur Gewährleistung der Bauteiltragfähigkeit ist Abschnitt 3.1.4 des Technischen Handbuchs zu beachten.

Alle übrigen Bedingungen der Zulassung sind zu einzuhalten.

**Zuglast:**

Stahlbruch		Grundlage	
	Sd		
$N_{Rk,s}$ [kN]	11,80		laut Technischem Handbuch
$N_{Sd}^h$ [kN]	4,80		Bemessungswert der Einwirkungen
$\beta_{N,s}$ [-]	0,49		Ausnutzungsgrad
$\beta_{N,s} = N_{Sd}^h / N_{Rd,s} = 0,49$			

Kegelförmiger Betonausbruch		Grundlage	
	Sd		
$N_{Rk,c}^o$ [kN]	16,27		Technisches Handbuch, Heft 1.3, Gleichung (5)
$A_{c,N}$ [cm <sup>2</sup> ]	324,00		Technisches Handbuch, Heft 1.3, Abschnitt 1.5b
$A_{c,N}^o$ [cm <sup>2</sup> ]	324,00		Technisches Handbuch, Heft 1.3, Abschnitt 1.5b
$A_{c,N} / A_{c,N}^o$ [-]	1,00		Technisches Handbuch, Heft 1.3, Abschnitt 1.5b
$\Psi_{s,N}$ [-]	1,00		Technisches Handbuch, Heft 1.3, Gleichung (5a)
$\Psi_{ec1,N}$ [-]	1,00		Technisches Handbuch, Heft 1.3, Gleichung (5b)
$\Psi_{ec2,N}$ [-]	1,00		Technisches Handbuch, Heft 1.3, Gleichung (5b)
$\Psi_{re,N}$ [-]	1,00		Technisches Handbuch, Heft 1.3, Gleichung (5c)
$\Psi_{ucr,N}$ [-]	1,00		Technisches Handbuch, Heft 1.3, Abschnitt 1.5b
$N_{Rk,c}$ [kN]	16,27		Technisches Handbuch, Heft 1.3, Gleichung (5)
$N_{Sd}^g$ [kN]	4,80		Bemessungswert der Einwirkungen
$\beta_{N,c}$ [-]	0,53		Ausnutzungsgrad
$\beta_{N,c} = N_{Sd}^g / N_{Rd,c} = 0,53$			

**Querlast:**

Stahlbruch (V <sub>Rk,s</sub> wegen Biegung abgemindert)		Grundlage	
	Sd		
$V_{Rk,s}$ [kN]	9,90		laut Technischem Handbuch
$V_{Sd}^h$ [kN]	4,80		Bemessungswert der Einwirkungen
$\beta_{V,s}$ [-]	0,58		Ausnutzungsgrad
$\beta_{V,s} = V_{Sd}^h / V_{Rd,s} = 0,58$			

Betonkantenbruch			Grundlage
		Sd	
$V_{Rk,c}^o$	[kN]	193,87	Technisches Handbuch, Heft 1.3, Gleichung (9)
$A_{c,v}$	[cm <sup>2</sup> ]	2800,00	Technisches Handbuch, Heft 1.3, Abschnitt 1.6b <sub>1</sub>
$A_{c,v}^o$	[cm <sup>2</sup> ]	20000,00	Technisches Handbuch, Heft 1.3, Abschnitt 1.6b <sub>1</sub>
$A_{c,v} / A_{c,v}^o$	[-]	0,14	Technisches Handbuch, Heft 1.3, Abschnitt 1.6b <sub>1</sub>
$\Psi_{s,v}$	[-]	1,00	Technisches Handbuch, Heft 1.3, Gleichung (9a)
$\Psi_{h,v}$	[-]	1,93	Technisches Handbuch, Heft 1.3, Gleichung (9b)
$\Psi_{\alpha,v}$	[-]	2,00	Technisches Handbuch, Heft 1.3, Gleichung (9d-f)
$\Psi_{ec,v}$	[-]	1,00	Technisches Handbuch, Heft 1.3, Gleichung (9c)
$\Psi_{ucr,v}$	[-]	1,00	Technisches Handbuch, Heft 1.3, Abschnitt 1.6b <sub>1</sub>
$V_{Rk,c}$	[kN]	104,54	Technisches Handbuch, Heft 1.3, Gleichung (9)
$V_{Sd}^g$	[kN]	4,80	Bemessungswert der Einwirkungen
$\beta_{v,c}$	[-]	0,08	Ausnutzungsgrad
$\beta_{v,c} = V_{Sd}^g / V_{Rd,c} = 0,08$			

Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite			Grundlage
		Sd	
$N_{Rk,c}^o$	[kN]	16,27	Technisches Handbuch, Heft 1.3, Gleichung (5.)
$A_{c,N}$	[cm <sup>2</sup> ]	324,00	Technisches Handbuch, Heft 1.3, Abschnitt 1.5b
$A_{c,N}^o$	[cm <sup>2</sup> ]	324,00	Technisches Handbuch, Heft 1.3, Abschnitt 1.5b
$A_{c,N} / A_{c,N}^o$	[-]	1,00	Technisches Handbuch, Heft 1.3, Abschnitt 1.5b
$\Psi_{s,N}$	[-]	1,00	Technisches Handbuch, Heft 1.3, Gleichung (5a)
$\Psi_{ec1,N}$	[-]	1,00	Technisches Handbuch, Heft 1.3, Gleichung (5b)
$\Psi_{ec2,N}$	[-]	1,00	Technisches Handbuch, Heft 1.3, Gleichung (5b)
$\Psi_{rc,N}$	[-]	1,00	Technisches Handbuch, Heft 1.3, Gleichung (5c)
$\Psi_{ucr,N}$	[-]	1,00	Technisches Handbuch, Heft 1.3, Gleichung (5.2g)
K	[-]	2,00	laut Technischem Handbuch
$V_{Rk,cp}$	[kN]	32,53	Technisches Handbuch, Heft 1.3, Gleichung (5)
$V_{Sd}^g$	[kN]	4,80	Bemessungswert der Einwirkungen
$\beta_{v,cp}$	[-]	0,27	Ausnutzungsgrad
$\beta_{v,cp} = V_{Sd}^g / V_{Rd,cp} = 0,27$			

**Kombinierte Zug- und Querlast:**

$$\beta_N + \beta_V = 1,11 \leq 1,2$$

Massgebende Lastkombination: Einwirkungen

## Ermittlung der Tragfähigkeit von Einschlagdübeln und Schraubankern bei von der Zulassung abweichenden Bedingungen

### 1 Problem- und Zielstellung

Im Zusammenhang mit der Demontage von Plattenbauten und der Wiederverwendung der Fertigteile ist es erforderlich, während der Demontage sowie einer anschließenden Remontage die Wandelemente durch Montagehalterungen zu sichern. Üblich sind Streben, die am zu halternden Wandelement und auf der Montageebene befestigt werden müssen. Zur Befestigung bieten sich Dübel bzw. Anker an. Die Auswahl geeigneter Dübel bzw. Anker wird von der Betonfestigkeit und der Bauteildicke der Verankerungsstellen bestimmt. Für Fertigteile der Wohnungsbauserie P 2 Cottbus gelten die Bedingungen nach Tab. 1.

Die Umrechnung der Betongüten nach TGL 0-1045 auf DIN Standard (DIN 1045, 1988) erfolgt nach Cziesielski<sup>1</sup>. Die in Tab. 1 kursiv geschriebenen Betonfestigkeitsklassen sind Rechenfestigkeiten und keine Festigkeitsklassen nach DIN 1045.

Fertigteil	Betonfestigkeitsklasse		Bauteildicke
	nach TGL	nach DIN	
Spannbetondecke	B 300	B 25	140 mm
schlaff bewehrte Decke	B 225	B 15	140 mm
tragende Innenwand	B 160*	<i>B 11**</i>	150 mm
Außenwand (Tragschale)	B 160*	<i>B 11**</i>	150 mm

\* untere 5 Geschosse B 225

\*\* Rechenfestigkeit

Tab. 1: Betonfestigkeitsklasse und Bauteildicke ausgewählter Elemente

Ausgehend von der erforderlichen Tragfähigkeit der Dübel bzw. Anker bieten sich rationelle Lösungen durch den Einsatz von Einschlagdübeln bzw. Schraubankern, jeweils Durchmesser 12 mm an, die baugleich von verschiedenen Herstellern angeboten werden. Die in der Zulassung zum Würth Einschlagdübel W-ED M 12 angegebene zulässige Last von 5,7 kN (Druckzone – ungerissener Beton) je Einzeldübel für Zug, Quer- und Schrägzug unter jedem Winkel gilt für eine Betonfestigkeitsklasse  $\geq$  B 25 (DIN 1045, 1988) und bei einer Mindestbauteildicke von 200 mm<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Cziesielski, E. et al., 1993, Standsicherheit der Wohnbauten in Fertigteilbauweise in den neuen Bundesländern, IRB Verlag, Stuttgart

<sup>2</sup> Der Würth, Ausgabe 2000, Adolf Würth GmbH & Co. Künzelsau

Für den Schraubanker W-SA 12 von Würth wird für die Druckzone (ungerissener Beton) eine zulässige Last je Einzeldübel von 4,25 kN für Zug, Quer- und Schrägzug unter jedem Winkel angegeben, die für eine Betonfestigkeitsklasse  $\geq$  B 25 (DIN 1045, 1988) und bei einer Mindestbauteildicke von 110 mm gilt<sup>3</sup>.

Entsprechend Tabelle 1 werden bei der Befestigung von Streben zur Halterung von Fertigteilen bei der Demontage bzw. Remontage von Plattenbauten des Typs P 2 diese Bedingungen jedoch nicht eingehalten. Durch Versuche soll die Tragfähigkeit der Einschlagdübel und Schraubanker bei Unterschreitung der Betonfestigkeitsklasse und der Mindestbauteildicke nachgewiesen werden.

## **2 Planung und Durchführung der Versuche**

### **2.1 Bauteil/Anzahl der Versuche**

Die Tragfähigkeitsversuche werden an tragenden Innenwänden durchgeführt, weil zu erwarten ist, dass hier wegen der geringeren Betonfestigkeit gegenüber den Deckenelementen die ungünstigeren Werte auftreten.

Die Anker werden entsprechend der späteren Einbaubedingungen in einer Höhe von ca. 1.600 mm bei Einhaltung eines Randabstandes von 20 cm eingebaut.

Der Stichprobenumfang beträgt für die Einschlagdübel und die Schraubanker jeweils 24. Die Versuche werden an acht tragenden Innenwänden durchgeführt, an denen im Vorfeld die Betondruckfestigkeit nach DIN 1048, Teil 2<sup>4</sup> geprüft und die Rohdichte ermittelt wurde.

Es werden jeweils drei Einschlagdübel pro tragende Innenwand gesetzt und bis zum Versagen belastet.

Ebenfalls werden drei Schraubanker pro tragende Innenwand gesetzt, mit 15 kN belastet, ausgebaut, wieder in das gleiche Bohrloch gesetzt und nun bis zum Versagen belastet.

---

<sup>3</sup> Der Würth, Ausgabe 2000, Adolf Würth GmbH & Co. Künzelsau

<sup>4</sup> DIN 1048, Teil 2 Prüfverfahren für Beton, Festbeton in Bauwerken und Bauteilen, 06/1991

## **2.2 Zu messende Größen**

### **2.2.1 Betondruckfestigkeit**

Die vorhandene Betondruckfestigkeit der tragenden Innenwände im Bereich der Schraubanker bzw. Einschlagdübel wird durch Bohrkerne (Durchmesser und Höhe 100 mm) ermittelt, die durch Sägen und Schleifen entsprechend DIN 1048, Teil 5<sup>5</sup> vorbereitet werden.

### **2.2.2 Tragfähigkeit der Dübel bzw. Anker**

Die Tragfähigkeit der Anker wird mit einem Hilti-Dübelprüfgerät DPG 100 ermittelt. Es erfolgt eine kontinuierliche Lasteintragung bis zur vorgegebenen Kraft bzw. bis zum Versagen des Ankers.

#### **Einschlagdübel**

- Belastung bis zum Versagen

#### **Schraubanker**

- Belastung bis 15 kN
- Ausbau des Ankers
- Einsetzen des Ankers in das gleiche Bohrloch und Belasten bis zum Versagen

## **2.3 Einbau der Einschlagdübel**

Der Einbau erfolgt durch Eintreiben des Spreizkonus mit einem Hand-Setzwerkzeug in die konisch ausgeformte Spreizhülse entsprechend Angaben des Herstellers<sup>6</sup>. Dabei wird die geschlitzte Ankerhülse aufgespreizt und fest im Bohrloch verkeilt. Nachfolgende Arbeitsgänge sind erforderlich:

- Loch bohren, Bohrer Durchmesser 15 mm, Bohrlochtiefe 50 mm
- Bohrloch reinigen
- Anker bündig einschlagen
- Spreizkonus mit Einschlagwerkzeug EAW H 12 in die Ankerhülse treiben.

---

<sup>5</sup> DIN 1048, Teil 5 Prüfverfahren für Beton, Festbeton, gesondert hergestellte Prüfkörper, 06/1991

<sup>6</sup> Der Würth, Ausgabe 2000, Adolf Würth GmbH & Co. Künzelsau

### **Benötigte Geräte**

- 24 Einschlagdübel W-ED 12 (Art.-Nr. 904 12)
- Setzwerkzeug für Einschlagdübel (Art.- Nr. 904 012)
- Bohrhammer mit Tiefenanschlag
- Hartmetallhammerbohrer gemäß Merkblatt IfBT<sup>7</sup>, Durchmesser 15 mm
- Dübelprüfgerät DPG 100

### **2.4 Einbau der Schraubanker**

Der Einbau erfolgt durch Einschrauben des Schraubankers in ein mit einem Hartmetall-Hammerbohrer hergestelltes Bohrloch, Durchmesser 10 mm, Bohrlochtiefe 80 mm. Nachfolgende Arbeitsgänge sind erforderlich:

- Bohrloch herstellen, Bohrer Durchmesser 10 mm, Bohrlochtiefe 80 mm
- Bohrloch reinigen
- Anker mit Befestigungsplatte einschrauben und Drehmoment von 110 Nm aufbringen

### **Benötigte Geräte**

- 24 Schraubanker W-SA 12 (Art.-Nr. 901 012 080)
- Hartmetallhammerbohrer gemäß Merkblatt IfBT<sup>8</sup>, Durchmesser 10 mm
- Bohrhammer mit Tiefenanschlag
- Drehmomentschlüssel 2 bis 120 Nm
- Dübelprüfgerät DPG 100

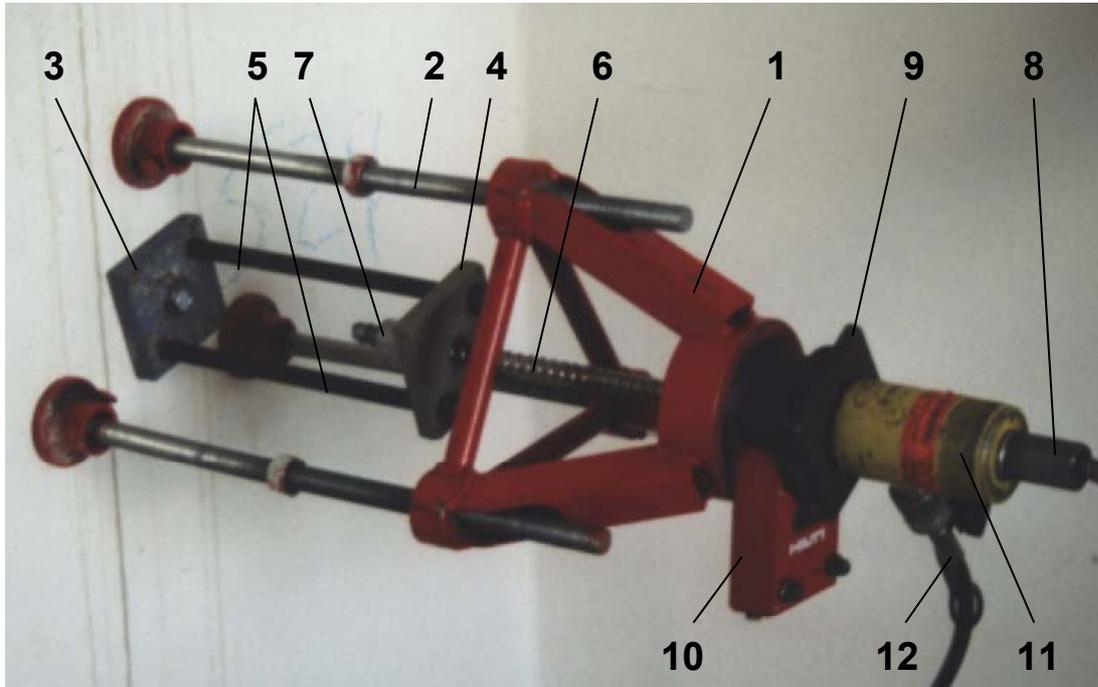
---

<sup>7</sup> Merkblatt über Kennwerte zur Gütesicherung von Hammerbohrern mit Schneidplatten aus Hartmetall (Hartmetall-Hammerbohrer), die zur Herstellung der Bohrlöcher von Dübelverbindungen verwendet werden, 1977, Institut für Bautechnik Berlin

<sup>8</sup> Merkblatt über Kennwerte zur Gütesicherung von Hammerbohrern mit Schneidplatten aus Hartmetall (Hartmetall-Hammerbohrer), die zur Herstellung der Bohrlöcher von Dübelverbindungen verwendet werden, 1977, Institut für Bautechnik Berlin

## 2.5 Aufbau der Versuchsvorrichtung

Die Versuchsvorrichtung wurde von der Materialforschungs- und Prüfanstalt für das Bauwesen Leipzig zur Verfügung gestellt und besteht aus dem Dübelprüfgerät DPG 100 von Hilti und einer Hilfsvorrichtung einschließlich Hohlkolbenzylinder und Hydraulikhandpumpe zum Einleiten der Last in Richtung der Dübelachse (Abb. 1).



- |                          |                                |
|--------------------------|--------------------------------|
| 1 Dreibock               | 7 Spannmutter                  |
| 2 höhenverstellbare Füße | 8 Spannmutter                  |
| 3 Grundplatte            | 9 Druckplatte                  |
| 4 Kopfplatte             | 10 Dübelprüfgerät DPG 100      |
| 5 Gewindestäbe           | 11 Hohlkolbenzylinder          |
| 6 Zugspindel             | 12 Hydraulik-Hochdruckschlauch |

Abb. 1: Aufbau der Versuchsvorrichtung

Die Hilfsvorrichtung besteht aus einem Dreibock (1) mit höhenverstellbaren Füßen (2) und dem Zugmechanismus, der folgenden Aufbau hat:

- Grundplatte (3) mit zentrischer Durchgangsbohrung und zwei diagonal liegenden Gewindedurchgangsbohrungen zur Aufnahme der beiden Gewindestäbe (5)
- Kopfplatte (4) mit zwei diagonal liegenden Durchgangsbohrungen (Grundplatte und Kopfplatte sind durch die Gewindestäbe miteinander verbunden) und zentrischer Durchgangsbohrung für die Zugspindel (6)
- Zugspindel (6) mit Trapezgewinde und den beiden Spannmuttern (7) und (8)

- Druckplatte (9) zur Übertragung des vom Hohlkolbenzylinders (11) erzeugten Druckes auf die Gleitscheibe des Dübelmessgerätes (10).

Die Prüfeinrichtung wird an den zu prüfenden Dübel mittels Grundplatte (3) und Dübelschraube montiert. Die Längenanpassung und Lagesicherung der Prüfvorrichtung erfolgt durch leichtes Anziehen der Spannmutter (8) der Zugspindel. Durch Betätigen der Hydraulikhandpumpe fährt der Kolben des Hohlkolbenzylinders aus und es erfolgt eine Druckübertragung über die Druckplatte (9) auf die Gleithülse des Dübelprüfgerätes (10). Gleichmaßen erfolgt eine Zugbelastung über den Zugmechanismus auf den Dübel. Die anliegende Zugkraft kann unmittelbar am Dübelprüfgerät abgelesen werden. Die maximale Prüflast des Dübelprüfgerät DPG 100 beträgt 100 kN.

### 3 Versuchsergebnisse und Auswertung

#### 3.1 Betondruckfestigkeit und Rohdichte

Der Nachweis der Betondruckfestigkeit und der Rohdichte erfolgte im Auftrag der Verfasser durch die C u. R Ingenieurgesellschaft mbH Cottbus (Tab. 2). Die erreichten Betondruckfestigkeiten an den Bohrkernen ergeben einen Mittelwert von 21,3 N/mm<sup>2</sup> und einen Minimalwert von 16 N/mm<sup>2</sup>.

Kern-Nr.	Druckfestigkeit	Festigkeitsklasse	Rohdichte	
Nr.	Ist	Soll	Soll	Ist
	[N/mm <sup>2</sup> ]		[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]
701	27	B 225	2.300	2.219
703	22	B 160	2.250	2.167
812	18	B 160	2.250	2.108
814	20	B 160	2.250	2.180
911	24	B 160	2.250	2.212
917	27	B 160	2.250	2.151
1003	16	B 160	2.250	2.212
1004	22	B 160	2.250	2.185
	21,3	Mittelwert (ohne 701)		2.174

Tab. 2: Soll-Ist-Vergleich der Betondruckfestigkeit und Rohdichte an Bohrkernen

Mit dieser am Bohrkern festgestellten Serienfestigkeit erfolgt gemäß DIN 1045<sup>9</sup> die Zuordnung zu einer Betonfestigkeitsklasse. Dabei gilt nach DIN 1048, Teil 2<sup>10</sup>:

$$\beta_{\text{Bohrkern}} \geq 0,85 \beta_{\text{WS}}, \beta_{\text{Bohrkern}} \geq 0,85 \beta_{\text{WN}}$$

Daraus folgt:

$$\text{Serienfestigkeit: } \beta_{\text{WS}} = 16,0 \text{ N/mm}^2 / 0,85 = 18,82 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Nennfestigkeit: } \beta_{\text{WN}} = 21,3 \text{ N/mm}^2 / 0,85 = 25,05 \text{ N/mm}^2$$

Gemäß DIN 1045, Abs. 6.5.1 Tabelle 1, ist damit eine auf der sicheren Seite liegende Zuordnung zur Betonfestigkeitsklasse B 15 möglich.

Die tatsächliche Rechenfestigkeit  $\beta_R$  beträgt 18,8 N/mm<sup>2</sup>, was einer theoretischen Festigkeitsklasse „B 18,8“ entsprechen würde.

Die Rohdichten erreichen bei einem Mittelwert von 2.174 kg/m<sup>3</sup> annähernd die Sollwerte von 2.225 kg/m<sup>3</sup>.

### **3.2 Tragfähigkeit der Einschlagdübel**

Die Prüfung erfolgte durch die Materialforschungs- und Prüfanstalt für das Bauwesen Leipzig. Die Einschlagdübel wurden bis zum ersten Abfall der Last auf Zug beansprucht. Tab. 3 enthält die Versuchsergebnisse. Bei 13 Dübeln versagte der Beton, einmal versagte der Dübel durch Bruch und bei 10 Dübeln wurde der Dübel gezogen, was untypisch für wegkontrollierte Dübel ist und auf eine zu geringe Spreizkraft hindeutet. Ein Zusammenhang zwischen Betonfestigkeit und Tragkraft des Dübels konnte nicht festgestellt werden.

---

<sup>9</sup> DIN 1045 Beton und Stahlbeton, 07/1988

<sup>10</sup> DIN 1048, Teil 2 Prüfverfahren für Beton, Festbeton in Bauwerken und Bauteilen, 06/1991

Versuch Nr.	Element	Betondruckfestigkeit	Tragkraft	Versagen durch
		N/mm <sup>2</sup>	kN	
E 1	51501	22	18,8	Betonausbruch
E 2	51501	22	22,6	Betonausbruch
E 3	51501	22	16,6	Betonausbruch
E 4	51555	16	30,1	Betonausbruch
E 5	51555	16	23,4	Betonausbruch
E 6	51555	16	23,8	Betonausbruch
E 7	51501	24	33,8	Dübelauszug
E 8	51501	24	28,3	Betonausbruch
E 9	51501	24	32,0	Dübelauszug
E 10	51501	27	30,7	Betonausbruch
E 11	51501	27	28,4	Betonausbruch
E 12	51501	27	21,3	Dübelauszug
E 13	51501	18	29,3	Dübelauszug
E 14	51501	18	33,0	Dübelbruch
E 15	51501	18	29,1	Betonausbruch
E 16	51501	20	30,5	Betonausbruch
E 17	51501	20	30,6	Betonausbruch
E 18	51501	20	28,3	Dübelauszug
E 19	52129	27	28,0	Dübelauszug
E 20	52129	27	30,4	Dübelauszug
E 21	52129	27	30,2	Betonausbruch
E 22	51555	22	31,0	Dübelauszug
E 23	51555	22	30,8	Dübelauszug
E 24	51555	22	26,1	Dübelauszug

Tab.3: Versuchsergebnisse Tragfähigkeit der Einschlagdübel

Bei der statistischen Auswertung werden die Versuche E 19 bis E 21 nicht berücksichtigt, da die zugehörige Wandplatte eine höhere projektierte Betonfestigkeitsklasse hatte. Es ergibt sich ein Mittelwert von  $\bar{F} = 27,5$  kN.

Bei einer 4-fachen Sicherheit beträgt die zulässige Dauerlast R für Dübel maximal ca. 25 % der mittleren Kurzzeitbruchlast<sup>11,12</sup>.

$$R = \bar{F} / 4 = 27,5 \text{ kN} / 4 = 6,87 \text{ kN}$$

<sup>11</sup> Rehm, G. et al., Befestigungstechnik. In: Betonkalender 1988, Teil II, Verlag Ernst & Sohn, 1988

<sup>12</sup> ABC der Dübeltechnik, 1995, Adolf Würth GmbH & Co. Künzelsau

### **3.3 Tragfähigkeit der Schraubanker**

Für die zur Verfügung stehenden Schraubanker W-SA 12 mit einer Länge von 80 mm ist eine zulässige Befestigungshöhe von 10 mm angegeben<sup>13</sup>, woraus sich eine Verankerungslänge von 70 mm ergibt. Durch die vorgegebene Versuchsvorrichtung betrug die Befestigungshöhe jedoch 20 mm (Dicke der Grundplatte der Versuchsvorrichtung), was zu einer Reduzierung der Verankerungslänge auf 60 mm führte.

Die Schraubanker wurden zunächst mit einer Zugkraft von 15 kN belastet, ausgebaut, in das gleiche Bohrloch wieder eingebaut und bis zum ersten Abfall der Last auf Zug beansprucht. Tab. 4 enthält die Versuchsergebnisse.

Bei allen geprüften Dübeln kam es zum Ausbruch des Untergrundes (Versagen des Betons). Der Ausbruchkegel hatte einen Durchmesser von ca. 25 cm (Abb. 2). Ein Zusammenhang zwischen Betonfestigkeit und Tragkraft des Dübels konnte wiederum nicht festgestellt werden.

---

<sup>13</sup> Der Würth, Ausgabe 2000, Adolf Würth GmbH & Co. Künzelsau

Versuch Nr.	Element	Betondruckfestigkeit	Tragkraft	Versagen durch
		N/mm <sup>2</sup>	kN	
S 1	51501	22	40,0	Betonausbruch
S 2	51501	22	33,4	Betonausbruch
S 3	51501	22	30,6	Betonausbruch
S 4	51555	16	23,8	Betonausbruch
S 5	51555	16	36,0	Betonausbruch
S 6	51555	16	41,2	Betonausbruch
S 7	51501	24	34,8	Betonausbruch
S 8	51501	24	32,2	Betonausbruch
S 9	51501	24	41,2	Betonausbruch
S 10	51501	27	36,2	Betonausbruch
S 11	51501	27	38,6	Betonausbruch
S 12	51501	27	36,6	Betonausbruch
S 13	51501	18	36,2	Betonausbruch
S 14	51501	18	27,8	Betonausbruch
S 15	51501	18	36,8	Betonausbruch
S 16	51501	20	30,6	Betonausbruch
S 17	51501	20	36,7	Betonausbruch
S 18	51501	20	30,4	Betonausbruch
S 19	52129	27	37,2	Betonausbruch
S 20	52129	27	34,0	Betonausbruch
S 21	52129	27	31,7	Betonausbruch
S 22	51555	22	28,1	Betonausbruch
S 23	51555	22	22,0	Betonausbruch
S 24	51555	22	30,5	Betonausbruch

Tab. 4: Versuchsergebnisse Tragfähigkeit der Schraubanker



Abb. 2: Ausbruch des Untergrundes (Betonversagen) durch Überlast bei einem Schraubanker

Ohne Berücksichtigung der Versuche S 19 bis S 21 ergibt sich ein Mittelwert von  $\bar{F} = 33,5$  kN.

Bei einer 4-fachen Sicherheit beträgt die zulässige Dauerlast R für Dübel maximal ca. 25 % der mittleren Kurzzeitbruchlast<sup>14, 15</sup>.

$$R = \bar{F} / 4 = 33,5 \text{ kN} / 4 = 8,37 \text{ kN}$$

#### 4 Zusammenfassung

Durch Zugversuche konnte nachgewiesen werden, dass Einschlagdübel W-ED M 12 und Schraubanker W-SA 12 auch bei Nichteinhaltung einer Betonfestigkeitsklasse von  $\geq B 25$  und der Mindestbauteildicke von 200 mm (Einschlagdübel) die Tragfähigkeiten entsprechend Zulassung erreichen (Tab. 5).

Dübel/Anker	Mittelwert	Betonfestigkeit	Bauteildicke	Tragfähigkeit	
				entsprechend Versuch*	entsprechend Zulassung
	kN		mm	kN	kN
Einschlagdübel	27,5	"B 18,8"	150	6,87	5,7
Schraubanker	33,5	"B 18,8"	150	8,37	4,25

\* bei 4-facher Sicherheit

Tab. 5: Tragfähigkeit des Einschlagdübels W-ED M 12 und des Schraubankers W-SA 12

Dabei muss berücksichtigt werden, dass der vorgesehene Einsatz der Dübel bzw. Anker zur Befestigung von Montagestreben nur temporär erfolgt und bei den in der Zulassung angegebenen Tragfähigkeiten von einer Dauerbeanspruchung ausgegangen wird.

<sup>14</sup> Rehm, G. et al., Befestigungstechnik. In: Betonkalender 1988, Teil II, Verlag Ernst & Sohn, 1988

<sup>15</sup> ABC der Dübeltechnik, 1995, Adolf Würth GmbH & Co. Künzelsau