

DIPLOMARBEIT Master Thesis

Plattenbau- Evaluierung einer stigmatisierten Fertigteilbauweise unter kon- struktiver Betrachtung

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades
einer Diplom-Ingenieurin

unter der Leitung von

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn Andreas Kolbitsch

und

Univ.Ass. Dipl.-Ing. Gerhard Kidery, BSc

E206

Institut für Hochbau und Technologie

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Anita Oberngruber, BSc

0726301

Apostelgasse 29-31/43-44, 1030 Wien

Wien, am

eigenhändige Unterschrift

Danksagung

Zunächst möchte ich mich bei all denjenigen bedanken, die mich während der Durchführung dieser Diplomarbeit unterstützt haben.

Bei Herrn Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Andreas Kolbitsch möchte ich mich herzlich dafür bedanken, dass er mir das gewünschte Thema dieser Diplomarbeit am Institut für Hochbau und Technologie ermöglicht hat.

Mein besonderer Dank gilt auch meinem Betreuer Herrn Univ.Ass. Dipl.-Ing. Gerhard Kidery, BSc, der mich während dem Verfassen meiner Diplomarbeit als auch im Studium durch seine hilfreiche Kritik vorangetrieben hat. Daneben gilt mein Dank auch Herrn Univ.Ass. Dipl.-Ing. Dr.techn. Michael Höflinger für die zusätzliche Unterstützung bei der Erstellung dieser Arbeit.

Nicht zuletzt gebührt meiner Familie und vor allem meinem Großeltern Ing. Olga Timoschenko und Ing. Fjodor Timoschenko Dank, die mich inspiriert haben ein technisches Studium zu beginnen.

Kurzfassung

Plattenbauten, die vorwiegend zwischen den 1960er und 1980er Jahren errichtet wurden, stellen einen bedeutenden Abschnitt in der europäischen Kultur-, Sozial und Wirtschaftsgeschichte dar. Diese Diplomarbeit hat sich als Ziel gesetzt die konstruktiven Grundlagen aufzubereiten, um eine effiziente Sanierung, unter dem Gesichtspunkt des nachhaltigen Umgangs mit Energie und Ressourcen, zu ermöglichen. Ausgehend von der historisch, politisch motivierten Entstehung des Plattenbaues werden die wichtigsten Bautypen und ihre Charakteristiken in Wien und den wesentlichen europäischen Zentren behandelt. Im Allgemeinen lässt sich die Montagebauweise in die Block-, Streifen-, Tafel- oder Großtafel-, und Skelettbauweise einteilen, wobei sich der Großteil der errichteten Bauten auf die Tafel- und Großtafelbauweise, auch Plattenbauweise genannt, beschränkt und daher vorwiegend in dieser Arbeit thematisiert wird. Es entwickelten sich zahlreiche Betonbauarten, wobei es aus wirtschaftlichen Gründen oft nicht zweckmäßig war eigene Bausysteme zu entwickeln, so dass diese teils in Lizenz aus anderen Ländern adaptiert wurden. Die fabrikmäßige Vorfertigung war ein wesentlicher Bestandteil, um einen hohen Industrialisierungsgrad bei der Fertigung zu erreichen. Die Herstellung erfolgte dabei durch verschiedene Verfahren in stationären Fabriken oder ortsveränderlichen Betonwerken, den Feldfabriken. Weiters werden die Konstruktionselemente der Plattenbauweise mit besonderem Augenmerk auf den Montagefugen beschrieben, die den Plattenbau von außen als solchen erkennbar machen und von anderen Bauweisen unterscheidet. Als montagetechnische Notwendigkeit verbindet die Fuge die großformatigen Elemente, die ein räumliches Tragwerk bilden. Die Fugen zwischen den Außenelementen eines Gebäudes haben verschiedene bauphysikalische und statische Anforderungen zu erfüllen. Abschließend werden die Schäden und deren Ursachen sowie die Sanierungsmöglichkeiten dargestellt. Dabei lassen sich bautechnische Schäden, Schäden durch Schimmelpilz und Schäden zufolge stofflicher Veränderungen unterscheiden. Vor allem das Vorhandensein von Gefahrenstoffen in der Bausubstanz, wie etwa Asbest, stellt eine kritische Angelegenheit dar. Der letzte Abschnitt befasst sich mit den Sanierungsmaßnahmen und stellt die bauliche als auch die thermisch-energetische Sanierung in Bezug auf die Plattenbauweise dar.

Abstract

Prefabricated buildings, which were built between the 1960s and 1980s have become an important part of the European cultural, social and economic history. This thesis aims to provide the structural foundations of prefabricated buildings, in order to achieve a solid basis for the sustainable handling of energy and resources during the renovation process of these buildings. Starting with an historical view on the politically motivated creation of these buildings, this thesis describes the most important types of prefabricated buildings, as well as their typical characteristics, in Vienna and other major European cities. The construction method can be divided into four different types, the block, the strip, the panel and large panel as well as the frame construction. However, this thesis focuses on the most frequent types, the panel and large panel construction. Numerous types of concrete construction have been developed, but for economical reasons it was often not expedient to develop own construction systems, therefore it was common to buy licenses from other countries and adapt them. The preconstruction of elements by factories was one of the most important steps to achieve a high degree of industrialisation in the construction of buildings. There have been various manufacturing methods of these structural components, which were produced in stationary factories or portable concrete plants, also called "field factories". Furthermore this thesis describes the prefabricated elements with particular attention to the assembly joints, which make prefabricated buildings especially recognizable and easy to differ from other designs. As a technical necessity, the joint connects large elements and creates a spatial structure. The joints between the external elements of a building have to meet building physics as well as structural requirements. Concluding, damages and their causes are described as well as restoration methods. The damages can be divided into structural damages, damages from mould and damages as a result of material changes. Especially the presence of hazardous materials, such as Asbestos, constitutes a critical issue. The final section deals with restoration methods of prefabricated buildings and describes structural measures as well as the thermal and energetic renovation.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Geschichte	3
2.1	Entstehung und Motivation des Plattenbaues	3
2.1.1	Plattenbau in der BRD	5
2.1.2	Plattenbau in der DDR	5
2.1.3	Plattenbau in Wien	5
2.1.4	Plattenbau in der Slowakei- Bratislava	6
2.2	Plattenbau in der Gegenwart	7
3	Plattenbauten Allgemein	11
3.1	Charakteristika der Plattenbauten	11
3.1.1	Blockbauweise	11
3.1.2	Streifenbauweise	12
3.1.3	Plattenbauweise	12
3.2	Bautypen	13
3.2.1	Bautypen in der DDR	13
3.2.2	Bautypen Polen/ Slowakei	20
3.2.3	Bautypen- Wiener Plattenbau	21
3.2.3.1	Montagebau Wien GmbH	21
3.2.3.2	Firma Mischek Fertigbau AG	22
3.2.3.3	PORR-Montagebau der Allgemeinen Baugesellschaft A. PORR AG	23
3.2.3.4	Arbeitsgemeinschaft Fertigbau	23
3.2.3.5	Universale Elementbau	23
3.2.4	Plattenbausiedlungen- Bebauungsformen in Wien	24
3.3	Bauverfahren	27
3.3.1	Herstellung	27
3.3.1.1	Das Standverfahren	29
3.3.1.2	Das Fließbandverfahren	30
3.3.1.3	Das Aggregatverfahren	31
3.3.1.4	Das Gleitverfahren	31
3.3.1.5	Das Walz- und Rüttelwalzverfahren	32
3.3.2	Transport	32

3.3.3	Montage	33
3.3.3.1	Versetzen der Bauelemente	33
3.3.3.2	Verbinden der Bauelemente.....	34
3.4	Haustechnik	34
3.4.1	Sanitäranlagen.....	34
3.4.2	Elektroausrüstungen	36
3.4.3	Heizungsanlagen.....	36
4	Konstruktionselemente der Plattenbauweise	39
4.1	Konstruktive Ausbildung der Wandtafeln.....	40
4.1.1	Einschichtige Außenwandtafeln	41
4.1.2	Mehrschichtige Außenwandtafeln	43
4.1.2.1	Zweischichtige Außenwände	44
4.1.2.2	Dreischichtige Außenwände	45
4.1.3	Einschichtige Innenwandtafeln	47
4.1.4	Mehrschichtige Innenwandtafeln	47
4.2	Konstruktive Ausbildung der Decken.....	48
4.2.1	Statische Funktion der Deckentafeln.....	48
4.2.2	Konstruktive Ausbildung der Deckenelemente	49
4.3	Konstruktive Ausbildung des Daches.....	51
4.4	Konstruktive Ausbildung der Fugen	56
4.4.1	Anforderungen an die Fugen in bauphysikalischer Hinsicht	57
4.4.2	Fugendichtungsmittel.....	60
4.4.3	Anforderungen an die Fugen der Außenwandtafeln in statischer Hinsicht	63
4.4.3.1	Ausbildung der Vertikalfugen	65
4.4.3.2	Ausbildung der Horizontalfugen	66
4.4.4	Deckenplattenfugen und Ringanker	68
4.4.5	Decken und Wandauflager	69
4.5	Großtafelbauweise Camus.....	70
4.6	Räumliche Steifigkeit und Stabilität	76
5	Typische Schadensbilder und deren Ursachen	80
5.1	Bautechnische Schäden	80
5.1.1	Typische Schäden an einschichtigen Außenwänden	83

5.1.2	Typische Schäden an zweischichtigen Außenwänden.....	86
5.1.3	Typische Schäden an dreischichtigen Außenwänden.....	86
5.1.4	Fugen.....	87
5.1.5	Typische Schäden an Kelleraußenwänden	88
5.1.6	Balkone und Loggien	89
5.2	Schimmelpilzbildung.....	92
5.3	Schäden durch stoffliche Veränderungen	93
5.3.1	Alkali- Kieseläure-Reaktion und sekundäre Ettringit- Bildung.....	93
5.3.2	Karbonatisierung und Korrosion.....	93
6	Sanierungsmaßnahmen und Instandsetzung	95
6.1	Bauliche Sanierung	95
6.1.1	Außenwände	95
6.1.1.1	Betoninstandsetzung	95
6.1.1.2	Oberflächenschutzsysteme.....	96
6.1.1.3	Rissbeseitigung	98
6.1.1.4	Fugeninstandsetzung.....	99
6.1.1.5	Tragfähigkeitserhöhung von Leichtbetonelementen.....	102
6.1.2	Flachdach.....	103
6.1.3	Balkone und Loggien	105
6.2	Thermisch-Energetische Sanierung der Gebäudehülle.....	106
6.2.1	Wärmedämmverbundsystem.....	107
6.2.2	Vorgehängte, hinterlüftete Außenwandbekleidung	108
7	Zusammenfassung.....	109
	Literaturverzeichnis	1
	Abbildungsverzeichnis	4
	Tabellenverzeichnis	7

1 Einleitung

Die vorliegende Diplomarbeit befasst sich mit den konstruktiven Gesichtspunkten der politisch, geschichtlich motivierten Bauweise, dem Plattenbau.

Plattenbauten sind unter der Anwendung der Fertigteil- bzw. Montagebauweise hergestellte Gebäude. Montagebauweisen sind Bauverfahren, bei denen großformatige, in Betonwerken vorgefertigte Bauelemente mit Hilfe von Hebezeugen zu Bauwerken zusammengesetzt werden. Nach der Art der verwendeten Bauelemente lässt sich der Montagebau einteilen in die Blockbauweise, Streifenbauweise, Großtafel- oder Plattenbauweise und Skelettbauweise. Die Bezeichnung „Plattenbau“ hat sich umgangssprachlich über viele Jahre etabliert und ist heutzutage gleichbedeutend mit der Tafel- bzw. Großtafelbauweise

Die Aufgaben von BauingenieurInnen umfassen nicht nur das Planen von neuen Gebäuden, sondern auch das Erhalten und Erneuern von Bestand. War die letzten Jahre die Sanierung von Gründerzeithäusern wesentlicher Bestandteil ingenieurtechnischer Aufgabenstellungen, so sehe ich auch, dass mit der Zeit die Sanierung der Plattenbauten an Relevanz gewinnt.

Damit einhergehend stellt sich in dieser Diplomarbeit die Frage, inwiefern damalige Wohnraumkonzepte von Plattenbausiedlungen mit heutigen Wohn- und Lebensweisen korrelieren. Die mit einem negativen Image behafteten Plattenbauten werden oftmals nicht mit einer fachlichen, sondern vielmehr durch emotional geborene Kritik beurteilt. Die vor allem in der Architekturwelt bis vor kurzem vorherrschende, negative Einstellung gegenüber der Architektur und dem Städtebau der Moderne der Nachkriegszeit, so wie auch der Plattenbau, wird derzeit revidiert. Während viele Kritiker einen Abriss befürworten, ist eine Rehabilitation dieser Wohnform spürbar. Ob nun eine Revitalisierung oder ein Abbruch die Antwort für die problematischen Wohnsiedlungen ist, kann nur durch eine individuelle Bewertung entschieden werden. Prinzipiell hat die Sanierung der Plattenbauten bessere Chancen ökologischen Anforderungen zu entsprechen als der Neubau, da sie einen geringeren Bauaufwand erfordert.

In dieser Diplomarbeit werden, basierend auf einer Literaturrecherche, unterschiedliche Themenkreise behandelt, die ausgehend von der Geschichte bis hin zu Sanierung reichen und einen entsprechenden Überblick ermöglichen sollen, um etwa den Weg zu einer Sanierung zu ebnen. Wesentliche Schwerpunkte dieser Arbeit sind die Entstehungsgeschichte der Plattenbausiedlungen und ihre Bedeutung im städtischen Gefüge, eine Typologie der Siedlungs- und Wohnformen sowie die Konstruktionen und Plattenbautechniken in Wien und den wesentlichen europäischen Zentren des Plattenbaues.

Industriell vorgefertigte Wohngebäude stellen einen bedeutenden Abschnitt in der europäischen Kultur-, Sozial und Wirtschaftsgeschichte dar. Die Industrialisierung im Laufe des 19. Jahrhunderts sowie die Zusammenführung der beiden Materialien Eisen und Beton zu Eisenbeton legten den Grundstein für die Errichtung zahlreicher Plattenbausiedlungen. Mit dem Ende des Zweiten Weltkrieges und der damit einhergehenden Wohnungsnot keimte der Gedanke zum Montagebau verstärkt auf, der durch das industrielle Fertigen von Bauelementen einem Großteil der Bevölkerung modernes und zeitgemäßes Wohnen ermöglichen sollte. Plattenbauten verkörpern die Ideen moderner Architektur und modernen Städtebaues der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Während in Wien der Plattenbau auf einen Zeitabschnitt von 20 Jahren begrenzt wird und mit 4,2 % einen eher geringen Anteil am Wohnungsbestand besitzt, so ist das Stadtbild zahlreicher europäischer Länder durch die Plattenbausiedlungen geprägt. In der ehemaligen DDR repräsentierte der Montage- bzw. Fertigteil-

bau die dominierende Bauweise für industriell hergestellte Wohngebäude und erreichte einen Bestand von 2,17 Millionen Wohnungseinheiten.

Die Plattenbauweise wurde in ihrem Erscheinungsbild sehr stark durch die von Walter Gropius, der Gründer des Bauhauses in Weimar, entwickelte modulare Bauweise, bei der kombinierbare Raumzellen einen Grundkörper schaffen, geprägt. Vor allem seit Anfang des 21. Jahrhunderts ist der sogenannte „Bauhaus-Stil“ in verschiedenen Bauwerken wiederzufinden, der durch seine kubische Form und Schlichtheit charakterisiert ist. Von dem ästhetischem Standpunkt aus betrachtet ist daher, meiner Meinung nach, eine Eingliederung in das bestehende Stadtbild gut möglich.

Mit einem Anteil von 67 % ist die Plattenbauweise der am häufigsten umgesetzte Bautyp in der ehemaligen DDR und kann als Weiterentwicklung der Block- und Streifenbauweise betrachtet werden. Der Großteil der Diplomarbeit umfasst daher die Plattenbauweise und geht nur vereinzelt auf die anderen Bautypen ein.

Aufbauend auf die Geschichte der Vorfertigung und die Beschreibung der einzelnen Bautypen, wird auf die einzelnen Bauverfahren sowie den Transport und die Montage näher eingegangen. Zur Zeit ihrer Errichtung, zwischen den 1960er und 1980er Jahren, vermochten die Plattenbausiedlungen in vielen größeren europäischen Städten durch die Rationalisierung der Wohnungsproduktion die Wohnungsdefizite abzubauen und die Wohnungsnot zu beseitigen. Die Einführung dieser neuen, industrialisierten Baumethode, genährt durch die Fließbandfertigung, wie etwa in der Automobilindustrie, ermöglichte ein schnelles und effizientes Produktions- und Bauverfahren von Bauelementen, das selbst durch ungelernete Arbeitskräfte durchgeführt werden konnte.

In einem weiteren umfangreichen Abschnitt werden die Konstruktionselemente der Plattenbauweise näher betrachtet, mit dem Fokus auf den Außenbauteilen. Bezüglich der Außenwandelemente können einschichtige, zweischichtige und dreischichtige Außenwandelemente unterschieden werden. Das eigentliche Charakteristikum des Plattenbaues, das ihn so einzigartig macht, ist die Fuge. Sie entsteht durch das Aneinanderfügen von Bauelementen und unterbricht die homogene, geschlossene Oberfläche als auch die Materialstruktur und stellt somit den schwächsten Punkt in der Baukonstruktion dar. Die Fugen haben große Anforderungen hinsichtlich der Bauphysik und der Statik zu erfüllen. Ihre Ausbildung, die Verbindung der einzelnen Bauelemente untereinander sowie die Kraftübertragung der einzelnen Platten über die Fugen stellen einen Schwerpunkt dieser Arbeit dar.

Abschließend werden in dieser Arbeit die Schadensbilder und deren Ursachen sowie die möglichen Sanierungsmaßnahmen aufgearbeitet. Um eine fachgerechte Sanierung durchzuführen, ist es notwendig den Ursprung der Schäden zu analysieren. Abplatzungen, Rissbildungen, Formänderungen, Korrosion und Fugenschäden zählen zu den gängigsten Schadensbildern. Risse und Betonabplatzungen, ausgehend von der Betrachtung der einschichtigen Außenwände bis hin zu den dreischichtigen Außenwänden, stellen ein häufig auftretendes Problem dar. Auswirkungen sind im Allgemeinen das Eindringen von Feuchtigkeit in die Konstruktion, die Ausbildung von Hohllagen in der Verbundebene, erhöhte Karbonatisierung des Betons und Korrosion der Bewehrung.

Im letzten Abschnitt werden folglich die entsprechenden Sanierungsmethoden beschrieben, zu denen einerseits die bauliche Sanierung der Elemente sowie andererseits die thermisch-energetisch Sanierung der Gebäudehülle durch Wärmedämmverbundsysteme oder durch vorgehängte, hinterlüftete Fassaden zählt. Im Rahmen der Schadensermittlung und Sanierung von Plattenbauten ist vor allem den Fugen besondere Beachtung zu schenken, da jene oftmals durch asbesthaltige Fugendichtstoffe (Morinol) abgedichtet wurden. Asbestprodukte stellen ein Gefährdungspotential dar und müssen durch kostenintensive und unzureichende Bauverfahren ausgebaut werden.

2 Geschichte

2.1 Entstehung und Motivation des Plattenbaues

Laut KAUFMANN [1] ist die Plattenbaugeschichte zugleich auch eine Geschichte der Vorfertigung von Bauelementen. Obgleich sich dieses Verfahren durch die Industrialisierung im 19. Jahrhundert bedeutend weiterentwickeln konnte, so liegt ihr Ursprung viel weiter in der Geschichte zurück. Die Idee, ein Haus in Einzelteile zu zerlegen, es demnach mobil und transportfähig zu machen und es wo auch immer wieder aufbauen zu können, existiert schon sehr lange.

Die ersten Ansätze der Vorfertigung reichen bis in die Römerzeit zurück. Laut RÄMMLER [36] wurde in der Bucht von Tunis ein Schiffswrack entdeckt, das unter anderem mit Säulen für den Bau eines Tempels beladen war. In schriftlichen Überlieferungen des jungen Plinius bittet dieser seinen Freund Mustius, einen Baumeister, um die Übersendung eines Ceres-Tempels, bestehend aus vier Säulen und Tempelfußboden. Die Vorfertigung von Bauelementen bildete in der Römerzeit wie auch in der Antike die Grundlage für die Errichtung zahlreicher, imposanter Bauwerke.

Des Weiteren soll auch Leonardo da Vinci zerlegbare Gartenpavillions in Tafelbauweise entworfen haben. Zur Zeit der kolonialen Expansion gewann die Vorfertigung immer mehr an Bedeutung, da in den neu entstandenen Kolonien sowohl ein Mangel an Wohnraum als auch an Fachkräften vorlag. Aus diesen Gründen begann man mit dem Transport von Wohnhäusern aus Europa nach Übersee, wodurch zugleich auch ein neuer, lukrativer Geschäftszweig aufkeimte. In diesem Zusammenhang ist das nach seinem Erfinder benannte „Manning Cottage“ zu erwähnen. Der englische Zimmermann Richard Manning entwarf 1820 für seinen Sohn, der nach Australien auswandern wollte, eine zerlegbare und wieder zusammenbaubare Holzhütte, bestehend aus 2 Zimmern (**Abb. 2.1**). Diese Erfindung fand so großen Anklang, dass Manufakturbesitzer diese Idee aufgriffen und vielfach vermarkteten.

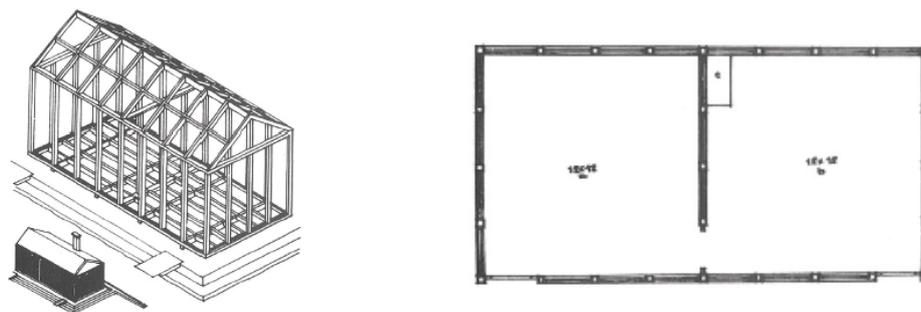


Abb. 2.1: „Manning Cottage“, aus KAUFMANN [1]

KAPELLER, HUEMER, GOLLNER, BACOVÁ, PUŠKÁR und MORAVČÍKOVÁ et al. [2] geben an, dass die im Laufe des 19. Jahrhunderts einsetzende Industrialisierung und damit einhergehende Materialrevolution einen entscheidenden Umschwung bewirkte. Laut KAPELLER et al. [2] und JUNGHANNS [20] kam es zu zahlreichen Experimenten in Frankreich, England und den Vereinigten Staaten, die allesamt das Bestreben hatten den Mauerwerksbau durch eine günstigere Form des Massivbaues zu ersetzen. Die Zusammenführung von Eisen und Beton zu Eisenbeton, dem Vorläufer des heutigen Stahlbetons, eröffnete damals den Ingenieuren und Architekten völlig neue Möglichkeiten.

Um 1900 ließ etwa der Amerikaner Beardsley eine Betonbautafel mit Stahlrahmen patentieren. Wie in **Abb. 2.2** dargestellt, handelte es sich um eine mit Drähten bewehrte Platte, die zugleich als ausfachendes und tragendes Element eingesetzt werden konnte [1].

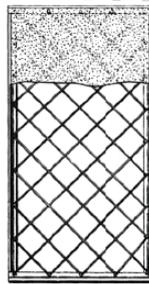


Abb. 2.2: Betonbautafel mit Stahlrahmen, aus KAUFMANN [1]

KAPELLER et al. [2] und HERHOLDT [3] stellen fest, dass während des Ersten Weltkrieges die Weiterentwicklung der Plattenbauweise beinahe gänzlich zum Erliegen kam. Erst mit dem Ende des Krieges und dem damit verbundenen Wohnungsmangel begann man sich wieder Gedanken über das schnellere und billigere Fertigen von Wohnungen zu machen. Aufgrund dieser Tatsache und der Entwicklung des Stahlbetonbaues trat folglich auch der Gedanke des Montagebaues auf, bei dem Bauobjekte aus vorgefertigten Stahlbetonbauteilen zusammengefügt wurden. Vor allem in den 20er und 30er Jahren erhielt der Montagebau mit Fertigteilen einen Aufschwung, da in jener Zeit die Erfindung des Leichtbetons mit guter Wärmedämmung große Fortschritte machte.

Die Errichtung von mehrgeschossigen Gebäuden in Montagekonstruktion unter der Verwendung von großformatigen Bauelementen wurde jedoch in größerem Umfang erst wieder nach dem zweiten Weltkrieg betrieben, um die Wohnungsnot zu beseitigen. Für diesen Zweck wurden auf verschiedenen Bauplätzen in Europa Versuche zur Errichtung von vielgeschossigen Wohnbauten aus Fertigteilen durchgeführt, um die Idee der Industrialisierung auch im Bauwesen zu verwirklichen. Dieser Grundgedanke wurde unter anderem durch die Einführung der Fließbandfertigung genährt. Henry Ford begann im Jahre 1913 in seiner Automobilfabrik in Detroit Automobile am Fließband zu fertigen und setzte damit Meilensteine in der Wirtschaftsproduktion des 20. Jahrhunderts. Die eigentliche Fließbandfertigung von Bauteilen nach dem „Fordmodell“ setzte nach dem Zweiten Weltkrieg ein. In diesem Gebiet vollbrachte Raymond Camus, ein französischer Industrieller, Pionierleistungen und versuchte im Jahr 1949 Betonplatten für Wohnhäuser „am Fließband“ zu produzieren. Es entstanden verschiedene neue Bauweisen, wobei sich nur jene durchsetzten, die weitgehend fabrikmäßig vorgefertigt werden konnten und einen minimalen Arbeitsaufwand erforderten.

Laut HERHOLDT [3] war vor allem die UdSSR in der Praxis der Plattenbauweise sehr fortschrittlich, da sich unter anderem seit 1940 die Akademie für Bauwesen und Architektur der UdSSR mit der Entwicklung und Anwendung der Plattenbauweise beschäftigte, so dass bis zum Jahre 1957 Wohnflächen im Ausmaß von 200.000 m² in Plattenbauweise geschaffen wurden.

Mit der Gründung der Deutschen Demokratischen Republik (DDR) im Jahr 1949 müssen gemäß KAUFMANN [1] die Entwicklungen der Plattenbauten in Deutschland getrennt betrachtet werden. Die Unterschiede betrafen nicht nur die Wohnungspolitik, sondern machten sich auch in der Wohnideologie bemerkbar. Während die Bundesrepublik Deutschland (BRD) vor allem in den 50er und 60er Jahren, aufgrund des Wirtschaftsbooms, einen großen Zuwachs an Wohnfläche verzeichnen konnte, so erreichte die Wohnbaurate in der DDR erst in den 70er Jahren ihren Hochpunkt und lag somit, in Bezug auf die Entwicklungen im Plattenwohnungsbau, um 10-15 Jahre hinter der BRD.

2.1.1 Plattenbau in der BRD

Laut KAUFMANN [1] wurde nach dem Kriegsende versucht den akuten Wohnraummangel durch die Errichtung von Montage- und Fertigteilhaussystemen aufzufangen. In den Jahren 1949 bis 1956 wurden zahlreiche Versuchs- und Vergleichsbauten nach amerikanischem Vorbild errichtet. Diese brachten zwar Vorteile mit sich, gelangten jedoch nach anfänglichem Boom schnell in Verruf, da Fachleute ihre minderwertige Qualität kritisierten und ihnen zudem eine kurze Lebensdauer zugeschrieben wurde. Wenngleich sich manche Bauherren wieder für die Ausführung in konventioneller Bauweise entschieden, so blieb bis in die 60er und 70er Jahre das industrielle Bauen im Bereich des staatlich geförderten sozialen Wohnbaues weiterhin attraktiv.

Es entstanden anspruchsvolle Wohnbauten in Großtafelbauweise, wie z.B. das Hansaviertel in Berlin-Tiergarten. Es stellt das Paradebeispiel für eine umfassende Stadterneuerung dar.

In den 60er und 70er Jahren entstanden rund 600.000 Wohnungen in industriell vorgefertigten Gebäuden. Nach dieser Phase kam es schlussendlich in den 70er Jahren zu einem Ende des industriellen Bauens. Die Plattenbauten wurden vermehrt als unwirtschaftlich und unschön angesehen. Ferner führten der Ölpreisschock 1973 und die wirtschaftliche Stagnation zur Ausbildung eines verstärkten ökologischen Bewusstseins und zu einem wachsenden Interesse für neue Energieformen.

2.1.2 Plattenbau in der DDR

Gemäß KAUFMANN [1] und ENKE, GIERSCH [22] versuchte man auch in der DDR in den Jahren nach dem Kriegsende den Wohnraumbedarf zu decken. Um die Produktion und die Quantität im Wohnungsbau zu steigern, wurde am Institut für Bautechnik an der Deutschen Bauakademie die Großtafelbauweise weiterentwickelt. Der Tod Stalins im März 1953 führte zudem zu einer Umorientierung des Baustils. Mit seinem Nachfolger Nikita Chruschtschow kam es zu einer Kursänderung in der Baupolitik und zu einer Ablösung des verschwenderischen Baustils. Ein ökonomisch orientiertes Denken wurde gefordert und somit war der Grundstein für den Plattenbau gelegt.

2.1.3 Plattenbau in Wien

Betrachtet man die Geschichte des sozialen Wohnungsbaues in Wien, so ist der Wiener Plattenbau nach KAPPELLER et al. [2] lediglich auf einen Zeitabschnitt von 20 Jahren begrenzt. Zu seinem Hochpunkt zu Beginn der 1970er Jahre nahmen die in Fertigteilbauweise errichteten Gebäude bis zu 74 % der gesamten Wohnbautätigkeit ein. Wenngleich der Bestand an Plattenbauten in Wien für die gesamte Bauzeit nur 4,2 % ausmacht, so sind sie trotzdem ein Andenken an eine Ära, in der man angemessenes und zeitgemäßes Wohnen für einen großen Teil der Bevölkerung realisieren wollte. Der soziale Wohnbau in Wien war stets ein zentrales politisches Anliegen der Stadt. Heute leben etwa 60 % aller Wiener Haushalte in geförderten Wohnungen.

Wie zahlreiche andere Städte litt auch Wien nach dem Ende des zweiten Weltkrieges aufgrund der Zerstörungen und der zehnjährigen Aussetzung des sozialen Wohnbaues an einem enormen Wohnungsmangel. Die Auswirkungen des Krieges beschädigten etwa 86.000 Wohnungen in einem derartigen Ausmaß, dass sie für Wohnzwecke unbrauchbar wurden.

Durch die Wohnbauleistung der Stadt Wien konnte der Wiederaufbau bis 1960 weitgehend abgeschlossen werden und die quantitative Wohnungsnot beseitigt werden. Da weiterhin ein großer Bedarf an Wohnungen bestand und die Ressourcen knapp waren, stand die Rationalisierung der Bautechnik an erster Stelle. Die Diskussionen um die Errichtung eines industriell gefertigten Bauwerks in Wien wurden damit immer bedeutungsvoller.

2.1.4 Plattenbau in der Slowakei- Bratislava

Laut KAPPELLER et al. [2] und MORAVČÍKOVÁ [46] war die Wohnungsnot in der Slowakei der entscheidende Anstoß für die Industrialisierung des Wohnbaues. Das einst durch die ländliche Gesellschaft geprägte Land trat im 20. Jahrhundert den Weg zur modernen Industriegesellschaft an. Gemäß MORAVČÍKOVÁ [46] machte der Staat, der zugleich als Architekt, Bauherr und Baumeister fungierte, den natürlichen wirtschaftlichen Wettbewerb zunichte, was einen Rückgang der Arbeitsproduktivität und eine damit einhergehende mangelhafte Qualität der Bauproduktion zur Folge hatte. Das erste umfassende Konzept einer Plattenbausiedlung stellt die in den Jahren von 1958 bis 1961 umgesetzte Siedlung Februárka dar. Die Siedlung entstand um das Zentrum von Bratislava herum und wurde in die ältere städtische Bebauung integriert.

Der Zeitraum vom Beginn der 1960er Jahre bis Mitte der 1970er Jahre war durch eine intensive Bauphase von Plattenbausiedlungen gekennzeichnet, die vor allem durch die demographischen Entwicklungen angetrieben wurde. Das Ziel war eine Überzahl der manuell werktätigen Arbeiterklasse in der Hauptstadt zu halten und jene als Stadtbewohner zu sichern.

Wurden anfänglich Plattenbauten lediglich innerhalb der Stadt errichtet, so entstanden ab Mitte der 1960er Jahre zahlreiche Siedlungen an der Stadtgrenze von Bratislava. Durch die Immigrationswelle in 1970er Jahren und der dadurch ansteigenden Geburtenrate, stieg auch der Bedarf an neuen Wohnungen. In dieser Zeit entstanden in den leicht erreichbaren Stadtteilen Großfeldsiedlungen, wie etwa die am rechten Donauufer in den Jahren von 1973-1980 errichtete Plattenbausiedlung Petržalka, die heutzutage die größte slowakische Plattenbausiedlung darstellt (**Abb. 2.3**).



Abb. 2.3: Der Bau von Petržalka , Jahr 1975, aus MORAVČÍKOVÁ [46]

Mit dem Beginn der 1980er Jahre war das Stadtgebiet durch die Errichtung der Satellitensiedlungen dermaßen räumlich erschöpft, so dass exponierte Lagen, wie Hänge, zum Bau weiterer Siedlungen herangezogen wurden [2] [46] .

2.2 Plattenbau in der Gegenwart

Leerstands-Situation und Marktbetrachtung

Während in Ostdeutschland, der ehemaligen DDR, ein hoher Wohnungsüberhang zu verzeichnen ist, besteht in Tschechien und in anderen osteuropäischen Ländern durch zunehmende Landflucht ein großer Wohnraumbedarf in den Stadträumen. So übersteigt beispielsweise in Tschechien die Nachfrage nach Wohnungen das Angebot. Die Zahl an neugebauten Wohnungen stieg vom Jahr 2002 bis 2005 von rund 27.000 auf rund 33.000 Wohnungen an [6] [17].

Laut METTKE, HEYN, ASMUS und IVANOV [6] ist der Wohnungsleerstand in Deutschland ein maßgebliches Problem der ostdeutschen Bundesländer. Die Plattenbauwohnungen machen dabei einen beträchtlichen Anteil am Gesamtleerstand aus. LEYDOLPH [33] gibt an, dass ab Mitte der 50er Jahre bis 1990 schätzungsweise 2,18 Millionen Wohnungen in Fertigteilbauweise errichtet wurden.

Während Wohnungen in Plattenbauweise nach METTKE et al. [6] eine sinkende Nachfrage aufweisen, bleibt die Nachfrage von Altbauwohnungen stabil oder erhöht sich sogar. Nach einer Erhebung von 1998 standen zu jenem Zeitpunkt in Ostdeutschland knapp 1 Million Wohnungen leer. Der Leerstand von Wohnbauten, die vor 1948 errichtet wurden, verdoppelte sich zwischen 1995 und 1998 und stagniert derzeit bzw. ist auch teilweise wieder rückläufig. Ein anderer Umstand ergibt sich bei der Betrachtung von industriell erbauten Wohngebäuden, deren Leerstand sich im Zeitraum von 1995 bis 1998 vervierfachte und sich weiterhin dynamisch weiterentwickelt. Aus dem 2.Statusbericht zum Programm „Stadtumbau Ost“ aus dem Jahre 2007 geht hervor, dass in Summe 193.302 Wohnungseinheiten (WE) in den neuen Bundesländern rückgebaut wurden, wobei davon ca. 150.00 WE industriell errichtet wurden.

Der Leerstand in Plattenbausiedlungen ist gemäß LINDNER, GERTH und BUHTZ [37] nicht gleichmäßig über den vorhandenen Bestand verteilt, sondern tritt konzentriert in bestimmten Gebieten auf. Dazu gehören unter anderem Bereiche an der Peripherie, die eine schlechte Verkehrsanbindung und weite Entfernungen ins Stadtzentrum aufweisen. Auch stark verdichtete Bereiche weisen eine höhere Leerstandsquote als der restliche Bestand auf. Neben den genannten Lagekriterien haben weitere Merkmale einen wesentlichen Einfluss. Wohnungen in unsanierten Häusern, in oberen Geschossen ohne Lift oder in elfgeschossigen oder höheren Häusern, bei denen aufgrund der Anonymität das nachbarschaftliche Verhältnis schlecht ausgebildet ist, verzeichnen große Leerstände.

Um dem enormen Leerstand entgegen zu wirken, wurde im Rahmen des Förderprogramms „Stadtumbau Ost“ versucht auf Grundlage von Stadtentwicklungskonzepten und mit Hilfe von Fördermitteln die Städte umzubauen und sie für die Bewohner wieder attraktiver machen. Dies umfasst zum einen den Abriss und Rückbau dauerhaft leerstehender Wohnungen und zum anderen die Aufwertung des verbleibenden Bestandes.

In der ersten Förderperiode zwischen 2002 und 2009 wurden laut KAUFMANN [1] etwa 95 Millionen Euro für Aufwertungsmaßnahmen und 69 Millionen Euro für Rückbau- und Umnutzungsprojekte eingesetzt. Vor allem in den letzten Jahren scheint sich die Lage jedoch allmählich zu verändern. Aufgrund des Bevölkerungswachstums und der einhergehenden Schrumpfung des Wohnungsbestandes sowie der stetig steigenden Mietpreise, wird die Nachfrage nach bezahlbaren Wohnungen wieder größer. Durch diese Entwicklungen gelangen die Plattenbauten wieder mehr in das Blickfeld der Planer und Investoren und eröffnen neue Chancen.

METTKE et al. [6] gibt an, dass im Gegensatz zu den Städten in Ostdeutschland beispielweise in Prag ein großer Bedarf an Wohnraum zu verzeichnen ist. So wurden im Zeitraum von 1969 bis 1980 etwa 80.000 industriell gefertigte Wohngebäude in Tschechien errichtet, das sind etwa 1.2 Millionen

Wohnungseinheiten. Anders als in Ostdeutschland sind Plattenbauten nicht mit einem negativen Image behaftet. Grund dafür ist die staatliche Privatisierung der Plattenbausiedlungen nach der politischen Wende 1989 und der daraus entstehenden Möglichkeit des Erwerbes der Wohnungen durch den Mieter. Da die Mieten für Altbauwohnungen für den tschechischen „Normalverbraucher“ oft deutlich zu hoch sind, ist hingegen das Wohnen in Plattenbauten immer noch günstig und subventioniert.

In Russland und den ehemaligen Staaten der Sowjetunion kam es laut METTKE et al. [6] durch die radikale Privatisierung des Wohnungsmarktes nach 1990 zu einer deutlichen Verschlechterung des Wohnungsbestandes durch mangelhafte Instandhaltung und Sanierung. Die zuvor staatlichen Wohnungen wurden den bisherigen Mietern zum Teil kostenfrei als Eigentum übertragen. Daraus resultierte ein regulationsfreier Wohnungsmarkt und deutlich verschlechterte Wohnverhältnisse.

PUCHALSKI [23] führt an, dass einer Schätzung der polnischen Bauingenieur-Kammer zufolge aktuell etwa 12 Millionen Polen in Platten-Wohnbauten leben. Die Kosten für die Revitalisierung würden sich auf etwa 50 Milliarden Euro belaufen.

Nach KAPPELLER et al. [2] und MORAVČÍKOVÁ [46] wurden in dem kurzen Zeitraum zwischen 1971 und 1980 in der Slowakei 1.262.000 Wohnungen errichtet, was auf den starken Bevölkerungswachstum, vor allem in der slowakischen Hauptstadt Bratislava, zurückzuführen ist. Obwohl seit den 1960er Jahren der Errichtung von Plattenbausiedlungen viel Kritik entgegengebracht wurde, verzeichneten die Plattenbausiedlungen in den 1980er Jahren dennoch 93,5 % des Wohnbaues in der damaligen Tschechoslowakei.

Durch die im Zeitraum von 1991-2001 einsetzenden Bevölkerungsrückgang von 3 % lassen sich die ersten Tendenzen einer Suburbanisierung erkennen. Während in Wien bereits seit den 1990er Jahren die im Besitz der Gemeinde Wien befindlichen Wohnanlagen gut saniert wurden, befinden sich etwa 70 % der Plattenbauten in der Slowakei im Privateigentum und sind zum Großteil unsaniert.

Wie auch in anderen Ländern wurden die großen Wohnungs-Genossenschaften durch private Bau-träger und Investoren ersetzt. Dies führte langsam zu einer Marktverdrängung der Plattenbauten.

Auch in Wien wurden zahlreiche Plattenbausiedlungen errichtet, mit einer Konzentration auf den 21. sowie 22. Gemeindebezirk, die sich aufgrund ihrer geringeren Bebauungsdichte für die Errichtung anboten. In **Abb. 2.4** ist die geographische Verteilung der Wiener Plattenbausiedlungen mit mehr als 400 Wohnungen ersichtlich.

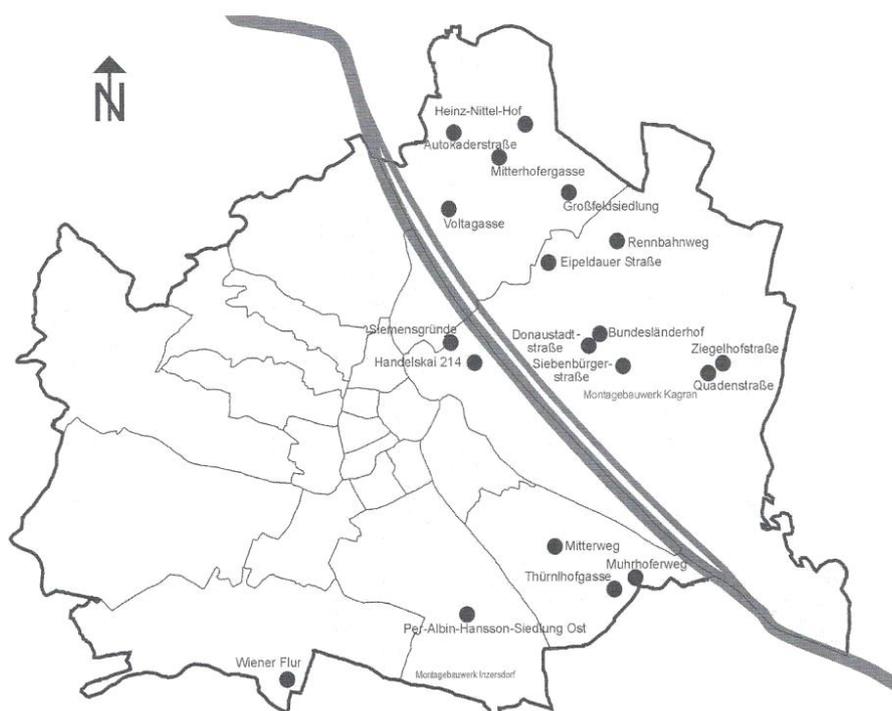


Abb. 2.4: Übersichtskarte der Plattenbausiedlungen in Wien mit mehr als 400 Wohnungen, aus KAPPELLER et al. [2]

Tab. 2.1 gibt einen Überblick über die Wiener Plattenbausiedlungen in der Reihenfolge ihrer Errichtungszeit und stellt die Wohnungsanzahl, die Bezugsfläche, den Bebauungsgrund sowie die Wohndichte gegenüber [2].

Tab. 2.1: Übersicht der Wiener Plattenbausiedlungen mit mehr als 400 Wohnungen, KAPPELLER et al. [2]

	Siedlung (sortiert nach Baualter)	Errichtungszeit	Wohnungs- anzahl	Bezugs-	Bebau-	Wohn- dichte
				fläche	ungsgrad	
				ha	%	EW/ha
01	Siebenbürgerstr./Erzherzog-Karl-Str., Wien 22	1962–1964	1.912	33,09	14,16	271,09
02	Bundesländerhof, Wien 22	1964–1965	1.092	10,06	15,95	227,75
03	Voltgasse, Wien 21	1965–1966	491	3,344	33,3	410,27
04	Autokaderstraße, Wien 21	1966–1967	975	10,99	19,48	290,2
05	Eipeldauerstraße, Wien 22	1966–1967	1.314	14,61	19,17	277,26
06	Mitterweg/Seeschlachtgraben, Wien 11	1966–1971	1.895	21,82	18,57	326,18
07	Großfeldsiedlung, Wien 21	1966–1972	5.788	161,48	23,32	200,26
08	Per-Albin-Hansson-Siedlung Ost, Wien 10	1966–1973	4.129	76,26	24,02	183,45
09	Quadenstraße, Wien 22	1968–1970	747	10,54	13,39	330,96
10	Ziegelhofstraße, Wien 22	1971–1973	1.914	19,18	19,09	365,68
11	Muhrhoferweg, Wien 11	1971–1974	1.454	11,99	21,02	365,04
12	Thürlhofstraße, Wien 11	1971–1974	1.915	15,46	28,65	752,21
13	Donaustadtstraße, Wien 22	1973–1974	533	3,61	24,09	412,37
14	Rennbahnweg, Wien 22	1973–1977	2.437	25,46	28,11	496,58
15	Mitterhofergasse, Wien 21	1974–1978	1.429	13,59	16,2	290,2
16	Siemensgründe, Wien 2	1975–1978	552	4,84	33,64	453,51
17	Wiener Flur, Wien 23	1977–1980	1.361	15,46	24,46	292,73
18	Heinz-Nittel-Hof, Wien 21	1982–1983	1.427	16,56	23,32	200,26

Laut GOLLNER und MAYER [42] lebten 2004 mehr als 80.000 Menschen in den Wiener Plattenbausiedlungen, die in den Jahren von 1960 bis 1980 errichtet wurden. Das entsprach zum Zeitpunkt der Erhebung einem Anteil von etwa 5 % an der Wiener Gesamtbevölkerung. Während im Jahr 2001 die „Wiener Plattenbauten“ 80.852 Bewohner zählten, waren es im Jahr 2004 80.488 Personen, was

einem leichten Rückgang von etwa 0,5 % entspricht, jedoch in Anbetracht des deutlichen Bevölkerungswachstums in Wien auf eine negative Entwicklungstendenz hindeutet.

Anhand der in **Abb. 2.5** dargestellten Beispiele „Bundesländerhof“ und „Per-Albin-Hansson-Siedlung Ost“ wird ersichtlich, dass die Bevölkerungsentwicklung von 1971 bis 2001 in den untersuchten Siedlungen rückläufig ist.

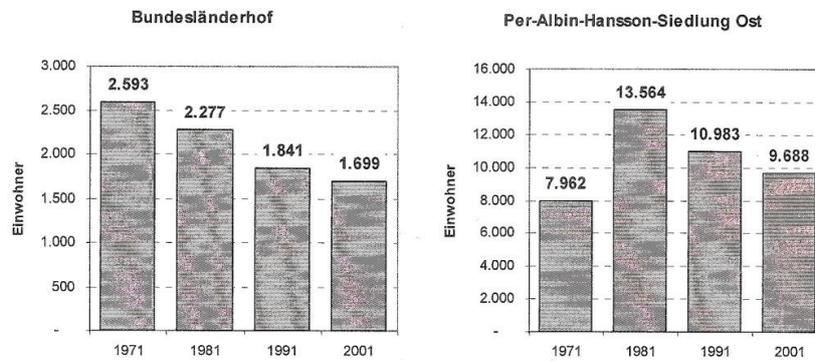


Abb. 2.5: Bevölkerungsentwicklung 1971 bis 2001, aus GOLLNER und MAYER [42]

3 Plattenbauten Allgemein

3.1 Charakteristika der Plattenbauten

Plattenbauten sind unter Anwendung der Fertigteil- bzw. Montagebauweise hergestellte Gebäude. Laut ACHENBACH [4]: „*Montagebauweisen sind Bauverfahren, bei denen großformatige, in Betonwerken vorgefertigte Bauelemente mit Hilfe von Hebezeugen zu Bauwerken zusammengesetzt werden.*“

Laut HUEMER und MAYER [5] war für die rationale Herstellung von Montagebauelementen die Entwicklung von Typenelementen mit einer möglichst beschränkten Anzahl notwendig, um eine effiziente Serienfertigung gewährleisten zu können. So produzierten die einzelnen Herstellungsfabriken wenige Elemente, um eine maximale Effektivität zu erreichen. Nach dem Baukastenprinzip wurden folglich die einzelnen Baustellen mit den benötigten Bauelementen von den einzelnen Werken beliefert.

So entwickelte auch Walter Gropius, der Gründer des Bauhauses in Weimar, im Jahre 1922 in der DDR verschiedene Modelle nach dem Baukastenprinzip, das durch kombinierbare Raumzellen verschiedene Grundkörper zu schaffen vermochte und die Grundsteine für die Herstellung von Gebäuden in Block-, Streifen- und Plattenbauweise legte [22].

Walter Gropius betonte, nach PROCHINER [38]: „*Nicht Typisierung der Grundrisse der schablonenhaften Einseitigkeit der üblichen Siedlungsbauten, sondern Typisierung der einzelnen Bauelemente, um die größtmögliche Variabilität der Grundrisse zu gewährleisten [...]*“

In Wien kam diese Form der Fließbandfertigung von Bauelementen auf Vorrat nicht zum Einsatz. Bisherigen Recherchen zufolge, fand die Anwendung der Baukastenbauweise in größerem Ausmaß ausschließlich in der Sowjetunion statt [5]. Ergänzend ist jedoch zu bemerken, dass der Begriff „Baukastenprinzip“ im Zusammenhang mit dem Montagebau in der vorhandenen Literatur oft nicht klar und widersprüchlich erklärt wird.

Nach der Konstruktion des Bauwerkes und der Art der verwendeten Bauelemente lässt sich der Montagebau einteilen in die [4]:

- Blockbauweise
- Streifenbauweise
- Großtafel- oder Plattenbauweise
- Skelettbauweise

Die einzelnen Bauweisen sind in **Abb. 3.1** dargestellt, die nachfolgend beschrieben werden.

3.1.1 Blockbauweise

HUEMER und MAYER [5] beschreiben die Blockbauweise als „*[...] die konsequente Vergrößerung der einzelnen Ziegelsteine zu parapettgroßen oder fensterpfeilerbreiten Wandblöcken.*“

Die Bauelemente der Blockbauweise waren nach ACHENBACH [4], HUEMER und MAYER [5] etwa 2 m² groß und wegen des geringeren Gewichtes leicht zu handhaben. Die Elemente wurden aus Hochlochziegeln oder aus Leichtbeton gefertigt, da sie ausschließlich Druckkräften ausgesetzt sind. Später wurden für den Transport von größeren Blöcken Stahlbewehrungen eingelegt. Die Herstellung der Fensteröffnungen erfolgte durch das Aussparen einzelner Fertigteile.

ENKE und GIERSCHE [22] geben an, dass bei dieser Bauweise überwiegend die Innenwände als lastabtragende Wände herangezogen wurden (Querwandbauweise).

Diese Bauweise zeichnete sich nach HUEMER und MAYER [5] durch einen geringen Herstellungsaufwand aus und eignete sich besonders für die mobile Fertigung. Aufgrund dieser Tatsachen wurden besonders im Ostblock zahlreiche Wohnungen in dieser Bauweise errichtet.

Laut ACHENBACH [4] fand diese Bauweise in erster Linie Einsatz im mehrgeschossigen Wohnungsbau ab 12 WE bis zu 60 WE, einer Gebäudehöhe von maximal 16 m, einer Tiefe von etwa 10 m und einer Gebäudelänge von maximal 80 m. Gemäß METTKE et al [6] wurden für die Fertigstellung einer in Blockbauweise errichteten Wohneinheit (WE) etwa 150 Elemente verbaut.

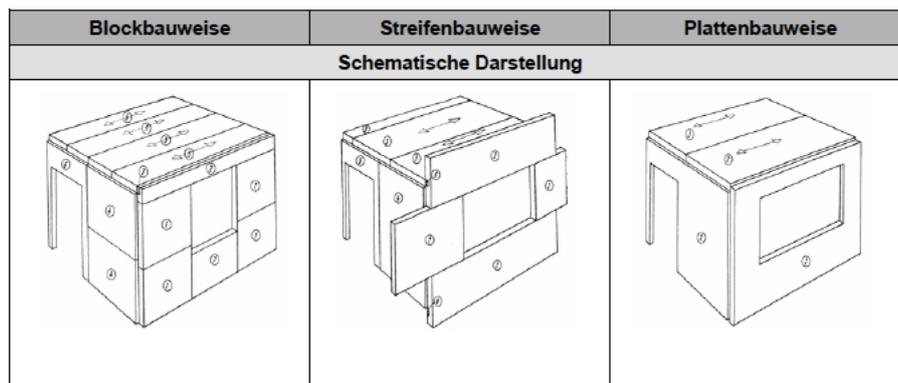


Abb. 3.1: Übersicht der Bauweisen nach Mettke [6]

3.1.2 Streifenbauweise

Die Streifenbauweise bzw. Kleintafelbauweise wurde nach HUEMER, MAYER [5] nur in geringem Ausmaß für die Errichtung von Geschossbauten eingesetzt. Diese Bauweise kann in der Entwicklung des Montagebaus als Zwischenstufe von der Blockbauweise zur Plattenbauweise interpretiert werden. Den derzeitigen Recherchen zufolge, wurde in Wien die Streifenbauweise beim Montagebau nicht umgesetzt.

Im Vergleich zur Blockbauweise waren die Bauelemente gemäß ACHENBACH [4] mit etwa 5 m² etwas größer und bis 2.000 kg schwer. Die Herstellung erfolgte aus Leichtbeton oder Spannbeton meist oberflächenfertig. Die Wandelemente wurden durch Mörtel verbunden und die Deckenelemente zusätzlich verschweißt. Anwendung fand diese Bauweise vorwiegend im mehr- und vielgeschossigen Wohnungsbau. Ein Gebäude umfasste in der Regel etwa 40 Wohnungen mit Abmessungen von 30 m Höhe, 13 m Tiefe und 80 m Länge. Für die Herstellung einer WE wurden laut METTKE et al. [6] etwa 65 Elemente benötigt.

3.1.3 Plattenbauweise

Laut HERHOLDT [3] ist die Plattenbauweise oder auch so bezeichnete Tafelbauweise durch eine serienmäßige Herstellung von Gebäuden aus großformatigen Wand-, Decken- und Treppenfertigteilen gekennzeichnet. Die Fertigteile umfassen jeweils die Größe eines Raumes, weisen eine fertige Oberfläche, bereits eingebaute Türen und Fenster sowie notwendige Installationen auf. Unter „großformatig“ sind geschosshohe und raumbreite Wandelemente sowie zumeist raumbreite Deckenelemente zu verstehen.

Robert Halászs Definition der Großtafel- und Plattenbauweise gründet sich auf der Zerlegung eines Bauwerkes in möglichst wenige (wegen der Kosten), möglichst gleiche (Serienfertigung), nutzungsfer-

tige (Roh und Ausbau umfassende) Elemente, die in der Fabrik (Vorfertigung) hergestellt und auf der Baustelle montiert werden. Der wesentliche Aspekt seiner Aussage und zwar „die Zerlegung eines Bauwerkes“ bedingt, dass das zu errichtende Objekt den Entwurfsprozess bereits durchlaufen hat. Auf der Baustelle erfolgt somit die Zusammenfügung der Einzelteile des fertig gedachten Bauwerkes durch die Verbindung mittels Fugen [5].

Für den Begriff „Plattenbau“ sind laut HUEMER und MAYER [5] oftmals keine präzisen Definitionen zu finden, heutzutage ist er jedoch gleichbedeutend mit der Tafel- bzw. Großtafelbauweise und stellt das Synonym für „Wohnbauten aus vorgefertigten Betonplatten“ dar. Wenngleich auch beispielsweise der Holztafelbau dem Großtafelbau zuzuordnen ist, so hat sich die etablierte Bezeichnung „Plattenbau“ für Wohnbauten aus Betonplatten eingebürgert, um mitunter Verwirrungen zu vermeiden.

Laut ACHENBACH [4] und METTKE et al. [6] waren die Bauelemente etwa 12 m² groß und wurden aus Leichtbeton bzw. Stahlbeton gefertigt. Anwendung fand diese Bauweise vorwiegend im Wohnungsbau mit Gebäudelängen bis zu 80 m. Die Errichtung von Gebäuden in Plattenbauweise konzentrierte sich mit einem Anteil von 80-90 % auf mehrgeschossige Wohnhäuser (bis 5 bzw. 6. Geschosse), während nur etwa 5-15 % vielgeschossig (8-12 Geschosse) erbaut wurden. Die Platten wurden mit Laststufen von 5,0 t, 6,3 t oder 9,0 t ausgeführt. Darüber hinaus wurde durch die Anwendung von großen Elementen sowie die Reduktion von Sonderelementen die Fertigung einer Wohneinheit mit nur etwa 30 Elementen ermöglicht.

Die Errichtung von Wohnbauten in Plattenbauweise wurde in erster Linie durch die Verbesserung der Transport- und Hebetekniken ermöglicht. Des Weiteren trug die Industrialisierung der Planung sowie Fortschritte bei der Berechnung von Flächentragwerken bedeutend zur Entwicklung der verschiedenen Bauweisen bei [5] [22].

3.2 Bautypen

Mit dem Aufkommen der rationellen Plattenbauweise entwickelten sich in Europa nach HUEMER und MAYER [5] und BERNDT [24] zahlreiche Betonbauarten für den Fertigteilbau. Aus wirtschaftlichen Gründen war es oft nicht zweckmäßig eigene Bausysteme zu entwickeln, so dass diese teils in Lizenz aus anderen Ländern eingeführt und adaptiert wurden. So wurden beispielsweise die ersten Plattenbauten in Hamburg nach dem dänischen System „Larsen & Nielsen“ gefertigt und montiert. Auch das französische Bausystem „Camus“ fand zahlreiche Anwendung in Deutschland, Österreich und der Sowjetunion. Weitere sehr bekannte Montagebauarten waren das französische System „Coignet“, das deutsche System „Rostan“, so wie das System „S. Estiot-Hochtief“ aus Frankreich.

Aufgrund der großen Vielfalt an Bausystemen wird im Zuge dieser Diplomarbeit primär auf die wichtigsten Montagebauarten im deutschsprachigen Raum eingegangen mit besonderem Schwerpunkt des Bebauungsgebietes in Wien.

3.2.1 Bautypen in der DDR

Im Zeitraum von 1958- 1990 entwickelte sich laut SCHULZE [13] und BAUER [14] der Montage- bzw. Fertigteilbau zur dominierenden Bauweise für industriell hergestellte Wohngebäude und erreichte einen Bestand von 2,17 Millionen Wohnungseinheiten. Davon sind rund 31 % in Blockbauweise, 2 % in Streifenbauweise und 67 % in Plattenbauweise errichtet worden. Der Großteil der Plattenbauten lässt sich mit 44 % aller Plattenbauten der Wohnungsbauserie 70 (WBS 70) zuordnen, gefolgt von der Typenserie P2 mit etwa 25 % aller Plattenbauten.

In **Tab. 3.1** gibt SCHULZE [13] einen Überblick über die wesentlichen Bautypen der DDR, ihr Baujahr und deren Verteilung an.

Tab. 3.1: Bautypen in der DDR, SCHULZE [13]

Typenserie	Baujahr																WE %	
	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88		90
0,8 t Brandenburg																		27,3
0,8 t Q3A																		1,3
1,1 t Brandenburg																		2,2
2,0 t Magdeburg																		2
5,0 t QP																		2
3,5 t																		4
5,0 t P1																		0,6
5,0 t P2																		16,7
5,0 t P Halle																		6,8
6,3 t WBS 70																		29,7
Sonstige																		7,4

In Rahmen dieser Diplomarbeit wird ein kurzer Überblick über die verschiedenen Plattenbautypen gegeben mit einer detaillierteren Betrachtung der Plattenbauweise, die aufgrund ihres Vorkommens und der technischen Ausführung die interessanteste Bauform darstellt. Nachfolgend werden die in der DDR am häufigsten umgesetzten Bautypen beschrieben.

Vorab werden in der **Tab. 3.2** die Typenbezeichnungen der einzelnen Plattenbauten anhand einiger Beispiele kurz erläutert [22]:

Q Querwandbauweise

P Parallel: die tragenden Wände sind parallel zu den Außenwandflächen

WBS Wohnungsbauserie

Tab. 3.2: Bautypbeschreibung, aus ENKE, GIERSCH [22]

Bautyp	Beschreibung
QP	Querwandbauweise, deren tragende Wände parallel zu den Außenwandflächen sind
P2/ 5	Tragende Wände parallel zur Außenwandfläche, 2 Aufgänge in einem Gebäude, 5-geschossiges Gebäude
WBS 70	Wohnungsbauserie mit der ersten Errichtung in den 70er Jahren

Blockbauweise 8 kN Brandenburg/Markkleeberg

Diese Bauweise ist charakterisiert durch ihre tragenden Querwände und die einschichtigen Leichtbetonaußenwandblöcke mit einer Breite von 1,2 m und einer Höhe von 1,0 m bis 1,3 m.

Die Deckenelemente, Loggia- und Balkenelemente sowie Fenster- und Haustürgewände bestehen aus Stahlbetonfertigteilen. Sämtliche Verbindungen wurden durch Vermörteln oder Vergießen hergestellt. Das Verputzen der Bauteile erfolgte auf der Baustelle. Der Gebäudecharakter ist gekenn-

zeichnet durch 4-geschossige Gebäude mit Steildach, außenliegender Küche und Bad sowie einer Ofenheizung. Der Einsatz dieser Bauweise beschränkt sich auf den Zeitraum von 1964 bis 1990.

Blockbauweise 8 kN Q 3 A

Mit der Entwicklung der Serie Q 3 begann laut ENKE und GIERSCHE [22] die Serienproduktion der Großblockbauweise in Berlin.

Laut [15] besitzen die Wandelemente aus Leichtbetonblöcken ferner einen Ziegelsplittzuschlag. Darüber hinaus wurden nicht nur Stahlbetondecken, sondern auch Plattenelemente aus Spannbeton verwendet. Während beide Blockbauweisen in der Regel Gebäude mit 4 Geschossen aufweisen, besitzt die Blockbauweise 8 kN Q 3 A nicht ein Satteldach, sondern ein Flachdach. Gemäß ENKE und GIERSCHE [22] war der Typ Q 3 mit einer Sammelheizung ausgestattet, während der Typ Q 3 A mit Kachelöfen errichtet wurde. Die Ausführung dieser Konstruktionsart beschränkt sich nach [15] lediglich auf den Zeitraum von 1958 bis 1965.

Blockbauweise 11 kN

Bei der Blockbauweise 11 kN, auch „Blockbauweise Brandenburg“ genannt, handelt es sich um eine Weiterentwicklung der beiden vorher beschriebenen Blockbauweisen. Das Konstruktionssystem basiert hier ebenfalls auf der Querwandbauweise und verfügt über Wandelemente aus Leichtbeton- bzw. Gasbeton, die bereits werkseitig verputzt wurden. Die Giebelelemente wurden häufig oberflächenfertig mit einem dreischichtigen Aufbau hergestellt. Gebäude dieser Bauart wurden mit unterschiedlichen Abwandlungen errichtet und besitzen wahlweise Ofen- oder Zentralheizung sowie unterschiedliche Dachaufbauten, wie z.B.: Flachdach/ Steildach/ Mansarddach. Diese Bauweise wurde vorwiegend in den Jahren von 1977 bis 1990 angewendet.

Streifenbauweise Magdeburg 20 kN

Die Streifenbauweise Magdeburg ist eine Weiterentwicklung der Blockbauweise Brandenburg und gekennzeichnet durch die 2,4 m bzw. 3,6 m langen, streifenweise durchlaufenden Außenwand-Sturz/Brüstungselemente. Die Gebäude wurden vier- und fünfgeschossig ausgeführt und verfügen über Flachdächer oder steilgeneigte Satteldächer.

Plattenbauweise QP

Laut ENKE und GIERSCHE [22] wurde parallel zu Einführung der Blockbauweise an der Großtafel- bzw. Plattenbauweise gearbeitet und schließlich die Serie QP eingeführt.

Die Großtafelbauweise QP ist nach [15] eine bezirkliche Entwicklung des mehrgeschossigen Wohnungsbaus in Berlin, bei der laut KAUFMANN [1] erstmalig Elemente mit einer Laststufe bis zu 5 t verwendet wurden. Die fünf-, acht- und zehngeschossig errichteten Gebäudevarianten wurden mit 1- bis 5-Raumwohnungen mit Wohnflächen zwischen 35 m² und 108 m² angeboten und besitzen Deckenspannweiten zwischen 2,4 m und 3,6 m. Das äußere Erscheinungsbild der Außenwandkonstruktion ist durch keramische Platten geprägt. Die Giebelwände bestehen häufig aus Dreischichtplatten mit Schaumpolystyrolkerndämmung und die Längswände aus Leichtbeton. Die Innenwände wurden aus Normalbeton ausgeführt und die Trennwände aus Gipselementen.

Plattenbauweise 35 kN

Die Plattenbauweise 35 kN basiert auf der Streifenbauweise 20 kN und weist ebenfalls Außenwandelemente aus Leichtbeton auf, doch mit geschosshohen Abmessungen. Die Giebelwandplatten wurden im Werk oberflächenfertig hergestellt, die Längsfassaden teilweise auch auf der Baustelle

verputzt. Die Decken mit Systemlängen von 2,4 m und 3,6 m sind Stahlbetondecken ohne Hohlräume.

Plattenbauweise P1

Die Großtafelbauweise P1 (IW/ 61-P1), die in **Abb. 3.2** zu sehen ist, war die erste zentrale Entwicklung der Plattenbauweise, die parallel zur Blockbauweise Einsatz fand. Auch hier wurden Außenwandelemente aus Leichtbeton verwendet, die werkseitig oberflächenfertig verputzt wurden. Die Plattenbauweise P1 wurde in den früheren Phasen des Fertigteilbaues von 1958 bis 1970 angewendet.



Abb. 3.2: Plattenbauweise P1, aus SCHULZE [13]

Plattenbauweise P2

Mit der Planung der Plattenbauserie P2 wurde gemäß ENKE und GIERSCH [22] versucht hohe Ansprüche zu erfüllen, um mitunter die laufenden Serien Q3, QX und QP zu ersetzen und das architektonische Erscheinungsbild zu verbessern.

Laut [1] [15] und [6] ist die Plattenbauweise P2 eine Großtafelbauweise mit einem sehr langen Anwendungszeitraum von 1964 bis 1990, bei der etwa 363.600 WE realisiert wurden und in den 70er Jahren den meistgebauten Wohnungstyp repräsentiert.

Die Plattenbauserie P2 stellt den Übergang von den einzelnen Bautypen zum frei kombinierbaren Baukastensystem dar. Die Typenserie P2 hält wie viele andere Konstruktionssysteme an der Querwandbauweise fest, so dass zur Lastabtragung lediglich die Giebel- und Querwände einen Beitrag leisten. Charakteristisch sind die 6 m langen Außenwand- und Spannbetondeckenelemente. Die Auswandelemente wurden mit großer Vielfalt ausgeführt. Neben Außenwänden aus Leichtbeton mit werkseitig aufgebrachttem Innen- und Außenputz wurden Wände mit Außendämmung, Innendämmung und Dreischichtplatten mit mittig liegender Kerndämmung hergestellt. Das Dach wurde als Kaltdach mit bekriechbarem Dachraum ausgebildet. Die Dachform besteht aus einem nach innen geneigten Flachdach mit 10%iger Neigung ohne Dachüberstand. Die Dachflächen werden dabei von einem Rinnenträger, das als Auflager wirkt, gehalten.



a)

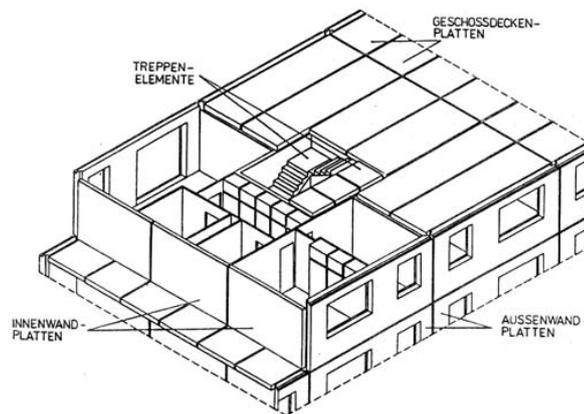


b)

Abb. 3.3: P2 Wohngebäude, aus SCHULZE [13]

a) fünfgeschossiges Wohngebäude P2/5, Standort Berlin-Pankow, b) elfgeschossiges Wohngebäude P2/11, Standort Berlin-Lichtenberg

Die Gebäude sind überwiegend fünf- und sechsgeschossig (**Abb. 3.3 a**) bzw. zehn- und elfgeschossig (**Abb. 3.3 b**) und weisen bei mehr als 6 Geschossen in jeder 3. Etage einen Verteilergang auf, um die einzelnen innenliegenden Treppenhäuser und den Aufzug zu verbinden. Dabei wurden jeweils zwei bis vier Treppenhäuser einem Hauseingang zugeordnet. Somit war es möglich ein Gebäude mit unendlich vielen, allerdings mit mindestens drei Segmenten, wie in **Abb. 3.4** dargestellt, zu bilden und Wohnbauten mit unterschiedlichen Gebäudelängen zu ermöglichen. In **Abb. 3.5** ist der Grundriss eines Normalgeschosses ersichtlich.

**Abb. 3.4:** Räumliche Darstellung eines P2-Segments, aus Mettke [6]

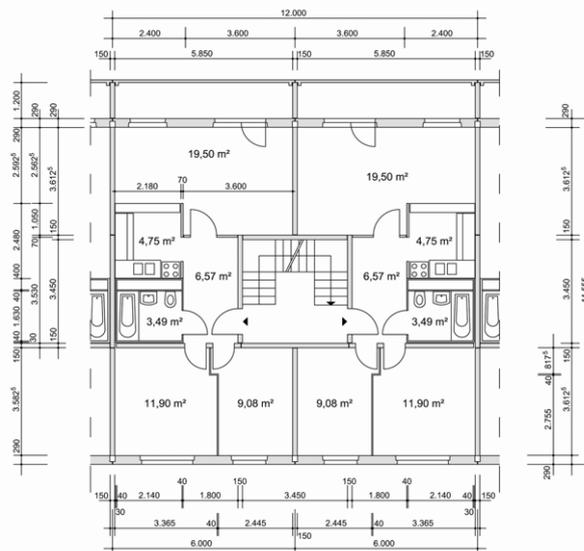


Abb. 3.5: Grundriss eines Normalgeschosses – Segment der Bauserie P2, Mettke [6]

Plattenbauweise P Halle

Die Plattenbauweise P Halle weist Deckenspannweiten sowie 2,4 m und 3,6 m lange Längsaußenwände aus Leichtbeton oder Zweischichtenplatten auf. Die Gebäude sind hauptsächlich vier- bis sechsgeschossig mit zweischaligen belüfteten Flachdächern ausgeführt worden. Im Zeitraum von 1964 bis 1986 wurden etwa 148.100 Wohneinheiten (WE) erbaut [15].

Plattenbauweise WBS 70

Die Wohnungsbauserie WBS 70 ist nach ENKE und GIERSCH [22] eine Weiterentwicklung der Typenserien QP, P1 und P2 und war der meistgebaute Typ in der DDR. Allein in Berlin wurden 97.500 Wohnungen in dieser Bauweise errichtet.



Abb. 3.6: fünfgeschossiges Wohngebäude WBS 70, Standort Zwickau, aus SCHULZE [13]



Abb. 3.7: elfgeschossiges Wohngebäude WBS 70, Standort Berlin, aus SCHULZE [13]

Entsprechend [6] und [15] wurde das Gebäude als fünf-, sechs- und elfgeschossige Konstruktion (siehe **Abb. 3.6** und **Abb. 3.7**) ausgeführt mit einer Laststufe von bis zu 6,3 t. Die Typenserie WBS 70 beruht im Wesentlichen auf einem Systemraster von 6,0 m. Daraus ergeben sich die Vorzugslängen für die einzelnen Bauteile, wie etwa die 6,0 m langen und 3,0 m breiten Spannbetondeckenelemente sowie die 6,0 m langen, dreischichtigen Außenwandelemente mit einer aus Normalbeton bestehenden Trag- und Wetterschutzschicht und einer Wärmedämmung aus Polystyrol oder Mineralwolle.

Bei der WBS 70 -6,3 t Baureihe gab es eine Vielzahl an Varianten und somit auch Abweichungen vom standardisierten Wohnungsgrundriss. So wurde, wie in der Prinzipdarstellung in **Abb. 3.8**, häufig der 6,0 m-Systemraster durch das Einschleiben einer 2,40 m- Achse verändert. Im Gegensatz zur P2-Typenserie ist das Treppenhaus nicht innen, sondern außenliegend angeordnet worden.

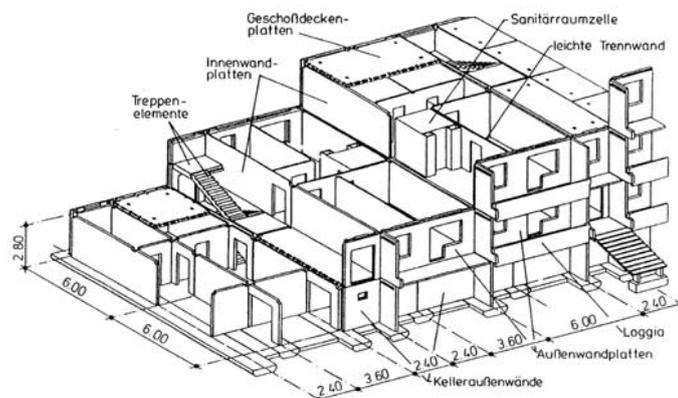


Abb. 3.8: Räumliche Prinzipdarstellung der WBS-70 Montagebauweise, Mettke [6]

Ein weiteres Merkmal dieser Bauweise waren die vorgefertigten Sanitärzelle, die mit dem Installationsschacht verbaut wurden. Die Zellen bilden keinen Bestandteil der tragenden Gebäudekonstruktion, sondern wurden auf die Rohdecke vollflächig elastisch aufgelagert (Gummischrot 3,5 cm).

3.2.2 Bautypen Polen/ Slowakei

In PUCHALSKI [23] werden die wesentlichen Plattenbautypen in Polen beschrieben:

WUF-T

Die Technologie des Typs WUF-T (Warszawska Uniwersalna Forma)- Warschauer Einheitsform wurde 1967 in Warschau entwickelt und in verschiedenen Varianten ausgeführt.

Die Basis-Konstruktion beruht auf tragenden längs- und querorientierten Wänden, die bei hohen Anforderungen an die Steifigkeit verkreuzt ausgeführt werden können. Das System erlaubt die Errichtung von 5 bis 16 Geschossen mit einer maximalen Geschosshöhe von 270 cm und einem Maximalgewicht von 5500 kg. Die Deckenplatten besitzen maximale Längen von 480 cm und Breiten von 300 cm und werden ein- bzw. zweiachsig gespannt. Ein Geschoss besteht aus jeweils 2 vom Stiegenhaus begehbaren Wohnungen, die jeweils ein Segment bilden.

Die WUF-75 Version stellt 5 bis 16 geschossige Gebäude mit tragenden Querwänden dar, die mit Abständen von 300 bis 900 cm ausgeführt wurden. Die bewehrten Deckenplatten ermöglichten das Auflagern an zwei, drei oder vier Kanten. Die Außenwände wurden als Sandwichkonstruktion ausgeführt.

„SZCZECINSKI“

Das System SZCZECINSKI–Stettiner Großtafelbau basiert auf in der Sowjetunion entwickelten Technologien und wurde entsprechend adaptiert. Die ersten Bauten wurden in den Jahren 1971 bis 1972 in Szczecin (Stettin) errichtet. Ihre Grundtechnologie weist einschichtige Außenwände aus Kramsit-Beton (Blähton) auf sowie tragende Wände in Abständen von 240 und 480 cm, auf denen einachsig gespannte Deckenplatten aufgelagert sind. Der Wohnungsentwurf basiert auf einer quer-orientierten Konstruktion. Unter den Plattenbauten in Polen weist dieser Typ den höchsten Betonverbrauch auf.

W-70

Der Typ W-70 sowie sein Nachfolger WK-70 lehnen sich an Großtafelbausysteme der DDR an und weisen Basisraster von 60×60 cm auf. Wesentlich waren die einachsig gespannten Hohldielen-Deckenplatten mit standardisierten Deckenspannweiten, die 240, 360, 480 oder 600 cm betragen.

Laut KOZLAI [21] wurden in der Slowakei die ersten Plattenbauten im Jahre 1955 in Bratislava errichtet, deren tatsächlicher Einsatz jedoch erst im Jahr 1966 begann, da materialtechnische Hürden überbrückt werden mussten. Einer der ersten vielfach benutzten Systeme stellt das BA System (T06 B) dar. Wegen erhöhtem Bedarf an Wohnungen ab dem Jahr 1970 importierte die Tschechoslowakei technologische Systeme aus dem Ausland:

- Lars-Nielsen aus Dänemark
- Thomas Schmidt aus Dänemark
- Waldschmidt aus Großbritannien
- Bauring aus Österreich
- B70 aus Russland

Konstruktionssystem BA

Gemäß KAPPELLER et al. [2] ist das Bausystem „BA“ das älteste in Bratislava verwendete System und wurde unter anderem in der Siedlung Ferbruárka und Ružinov verwendet. Es stellt eine Rahmen-

Plattenkonstruktionssystem aus der ehemaligen Sowjetunion dar und wurde erstmals im Jahr 1953 eingesetzt. Das Tragsystem besteht aus Stahlbetonrahmen, also aus vorgespannten kleinen Betonrahmen, die Bestandteile der Wand bilden.

Konstruktionssystem P 1.14

In den Siedlungen der 1980er Jahre, wie etwa bei der Großfeldsiedlung Petržalka, wurde hauptsächlich das Konstruktionssystem P 1.14 verwendet. Das Bausystem ist durch eine geringe Spannweite charakterisiert, die der die Wohnhäuser ein abgeschlossenes räumliches Tragsystem besitzen.

3.2.3 Bautypen- Wiener Plattenbau

3.2.3.1 Montagebau Wien GmbH

Laut HUEMER und MAYER [5] ließ die Stadt Wien Anfang des Jahres 1960 unterschiedliche zu dieser Zeit in Europa vorkommende Bausysteme mit Fertigteilen durch Fachleute des Magistrates untersuchen. Dabei kam man zur Feststellung, dass es nicht zweckmäßig sei ein eigenes Bausystem zu entwickeln, sondern ein bereits bestehendes Konstruktionssystem für den Wiener Wohnungsbau heranzuziehen. Man kam zu dem Ergebnis, dass die französische Fertigteilbauweise „Camus“ in technischer wie auch in wirtschaftlicher Hinsicht die beste Variante sei. Zur Vorbereitung der Einführung des Fertigteilbaues für den kommunalen Wohnbau wurde vom Wiener Gemeinderat auf Beschluss eine Studiengesellschaft gegründet, die sich unter anderem mit der Ausschreibung und der Planung der Fabrikanlage und des Montageablaufes sowie mit der Ausarbeitung aller notwendigen Verträge beschäftigte.

Die ersten Wohnungen des Wiener Plattenbaues umfassten zwei verschiedene Wohnungsgrundrisstypen. Zum einen den Typus C, die sogenannten Zweispänner-Wohnungen, und den Typus B, die Dreispänner-Wohnungen. Die Geschossanzahl richtete sich nach der Wiener Bauordnung, bei der Wohnbauten mit bis zu 4 Geschossen keinen Aufzug benötigten.

Im Juli 1962 begann man im Bereich der Erzherzog-Karl-Straße-Siebenbürger Straße mit dem Bau der ersten Siedlung mit 1.213 Wohnungen. Während die Bauzeit des ersten Wohnblocks mit 31 Wohneinheiten 2 Monate betrug, so konnten bereits bei der Errichtung des zweiten Blocks die anfänglichen Probleme beseitigt werden und die Bauzeit auf 19 Arbeitstage verkürzt werden.

Die Großtafelbauweise Camus

Die Großtafelbauweise „Camus“ verwendete erstmals im Jahre 1948 in Frankreich vorgefertigte Wandelemente und entwickelte sich sehr erfolgreich. Es folgten Lizenzvereinbarungen an Deutschland, an die ehemaligen Ostblockstaaten, die Sowjetunion und unter anderem auch an Österreich.

Das Bausystem leitet durch raumerzeugende Bauteile die Lasten in Fundamente ab, wobei anfänglich die Querwandbauweise mit Leichtbetontafeln Anwendung fand. Für die Errichtung von mehrgeschossigen Bauten war es jedoch zwangsläufig notwendig die Lasten auch durch die Außenwandplatten mit mehrschichtigem Wandaufbau abzuleiten. Ab Anfang der 1970er Jahre tendierte man wegen der besseren Gestaltungsmöglichkeit der Fassade durch den Entfall der statischen Beanspruchung der Außenwände wieder zur Querwandbauweise. Die Deckenelemente wurden entweder als Vollbetonplatten oder aus Hohlplatten hergestellt. Die einzelnen Elemente wurden durch Verschweißen der Stahllaschen sowie durch das Auffüllen der Fugen mit Gussbeton verbunden. In den Vertikalfugen werden hauptsächlich Schubspannungen übertragen und in den Horizontalfugen Schub- Druck und bei sehr hohen Gebäuden auch Zugspannungen.

Laut HUEMER, MAYER [5] werden in den „[...] Horizontalfugen die Druckspannungen aus dem Stahlbetonkern der oberen Scheibe durch die Mörtelfuge übertragen. Die Beanspruchung des Ortbetons darf hierbei nur bis zu 50 kg/cm^2 betragen.

Die Druck- und Schubspannungen werden in den horizontalen Fugen aus dem Betonkern der oberen Scheibe in den Betonkern der unteren Scheibe durch die Mörtelfuge übertragen. Die sich daraus ergebenden Beanspruchungen sind in jedem einzelnen Falle nachzuweisen. Allerdings nur bei Wohnbauten über fünf Geschosse, da erfahrungsgemäß bei kleineren Bauten diese Beanspruchungen weit unter der zulässigen Grenze bleiben.“

3.2.3.2 Firma Mischek Fertigbau AG

Die Firma Mischek Fertigteilbau AG erkannte eine Marktlücke und entwickelte ein eigenes System, das auch für kleine Serien anwendbar war. Im Jahr 1960 wurde schließlich auf den Gründen des Wiener Arsenalts im 3. Bezirk das werkseigene Fertigteilwerk in Betrieb genommen.

Das System beruhte lediglich auf österreichischen Patenten und wurde von Ing. Hugo Konrad Mischek entworfen. Es basierte auf keinen genormten Bauteilen, hingegen wurde versucht individuell geplante Gebäude mit möglichst raumgroßen und raumhohen Bauelementen herzustellen. Die Firma Mischek Fertigbau AG war somit die einzige europäische Großfertigteilfirma, die auf individuelle Mieterwünsche einging und keine genormten Bauelemente herstellte.

Nachforschungen von Hugo Mischek bezüglich standardisierter Bauteile und Maße ergaben, dass die Geschosshöhen üblicherweise mit 2,60 m ausgeführt wurden und auch Stiegenläufe in der Regel eine Breite von 1,20 m aufwiesen. Folglich konnten diese Bauteile serienmäßig hergestellt werden.

Die Firma Mischek Fertigbau AG verfügte über zwei Fertigteilwerke, in denen „einfache“ Bauteile, wie beispielsweise Deckenplatten, Außen- und Innenwände, nach dem Fließbandprinzip hergestellt wurden und „kompliziertere“ Elemente, wie Kaminbauteile und Installationswände, in einem eigenen Produktionsbereich gefertigt wurden. Das Fertigteilwerk in Gerasdorf, das im Jahr 1969 in Betrieb ging, stellte zum damaligen Zeitpunkt mit ihrer 16.000 Quadratmeter umfassenden Produktionsanlage nicht nur das größte, sondern auch ein maschinell einzigartiges Fertigteilwerk in Österreich dar. In Europa zählte es zu jenem besagten Zeitpunkt sogar zu den drei größten Werken.

Mit Hilfe von Rechenautomaten konnten die Elementgrößen auf den Schalungstischen eingestellt werden, wobei jeder Schalungstisch nach einem Rastermodul von 6 cm unterteilt war.

Die reine Produktionszeit eines Bauteils betrug etwa 2,5 h, wobei der Schalwagen rund 15 Minuten bei einer Station verweilte. Da die Aushärtungsdauer die vierfache Zeit der Fertigung in Anspruch nahm und somit die Bedampfungstunnellänge die vierfache Länge der Produktionsstraßenlänge aufwies, ergab sich zusammen mit der Dauer der Wärmebehandlung im Durchschnitt eine Umlaufzeit von 8 Stunden für einen Schalwagen.

Aufgrund der Tatsache, dass keine genormten Bauteile verwendet wurden, war es notwendig die Anschlusspunkte möglichst flexibel auszubilden.

Der Schichtaufbau einer 26 cm dicken Außenwand setzte sich von Innen nach Außen aus einer 10 cm tragenden Schwerbetonschicht, 8 cm dämmenden Schicht aus Lecabeton und durch einen 2 cm Außenputz zusammen [5].

3.2.3.3 *PORR-Montagebau der Allgemeinen Baugesellschaft A. PORR AG*

Da die Investitionskosten für die private Bauwirtschaft zu groß waren und diese jene nicht tätigen wollte, gründete die Stadt Wien eine eigene Montagebaufirma, die Baufirma Allgemeine Baugesellschaft A. PORR AG. Im Jahre 1964 wurde 30 km südlich von Wien das Fertigteilwerk in Betrieb genommen. Die Produktion umfasste Fertigteile in der Stahlskelett- und Tafelbauweise.

Die Firma übernahm Lizenzen der Firma Rostan, Fa. Schokbeton und Firma Durisol- und Metallbauwerke Wels. Fa.

Großtafelbauweise Rostan

Das System Rostan wurde laut BERNDT [24] und HUEMER, MAYER [5] Anfang der 1960er Jahre in Friedrichshafen entwickelt. Es handelt sich um eine Großtafelbauweise mit vorgefertigten Sandwichplatten. Die Decken wurden zwei- oder mehrseitig gelagert und durch Ringanker und Bügel zu Scheiben zusammengeschlossen. Die Abmessung eines Deckenelementes war mit einer Größe von 20m² begrenzt.

Nach HUEMER, MAYER [5] bildet den wesentlichen Unterschied zum Bausystem von Raymond Camus das Dämmmaterial, das nicht aus Styropor, sondern aus Durisol gebildet wird. Dabei handelt es sich um einen Baustoff, der aus mineralisierten Fichten- oder Tannenholzspänen unter Zugabe von Portlandzement und Wasser hergestellt wird. Dieser ist vor allem durch eine hohe Belastbarkeit und gute Wärmedämmung charakterisiert.

3.2.3.4 *Arbeitsgemeinschaft Fertigbau*

Im Jahr 1965 schlossen sich die Wiener Baufirmen „Baugesellschaft H. Rella & Co.“ und die „Union Baugesellschaft“ zu einer Arbeitsgemeinschaft zur Herstellung von Fertigteilbauten zusammen. Wie auch andere Firmen stützen sie sich auf ausländischen Montagesystemen. Dabei erwies sich die französische Bauweise „Fiorio“ als geeignet [5].

Großtafelbauweise Fiorio

Das System wurde von den Brüdern Fiorio Anfang der 1950er Jahre in Frankreich entwickelt. Im Unterschied zu den Fertigteilen aus Schwerbeton wurden zu Herstellung der raumbildenden Bauteile keramische Hohlblockziegel verwendet. Diese hatten den Vorteil, dass aufgrund der guten Wärmedämmeigenschaften des Ziegels auf den mehrschichtigen Aufbau der Wandelemente verzichtet werden konnte [5].

3.2.3.5 *Universale Elementbau*

Die Firma Universale Elementbau übernahm wie auch andere österreichische Baufirmen für das geplante Plattenbausystem bereits bewährte ausländische Systeme und adaptierte sie an die österreichischen Anforderungen. Die Wahl fiel dabei auf das System der Münchner Baufachleute Seibert und Lenz.

Das in Maria Lanzendorf in Niederösterreich errichtete Werk begann bereits im Jahre 1960 mit der Produktion von Fertigteilen für den Industriebau und im Jahre 1964 mit der Herstellung von Großtafelbauten für die Errichtung von Wohnbauten.

Die Großtafelbauweise Lenz-Seibert

Das System nach Lenz-Seibert war das Produkt der Zusammenarbeit zwischen dem Münchner Architekten Seibert und der Münchner Baufirma Lenz und stellt im Vergleich zu anderen Großtafelbauweisen in Sandwichkonstruktion eine Besonderheit dar.

Laut HUEMER und MAYER [5] wurden die Außenwandplatten „...als Homogenplatten unter Verwendung von Hüttenbims und Blähton (Leca) der Korngröße 12 bis 24 mm in einer Gesamtwandstärke von 28 cm hergestellt. Der Baustoff Leca (Light Expanded Clay Aggregat) ist ein Tonmineral, das durch Hitzebehandlung auf das Vielfache des anfänglichen Volumens aufgebläht wird. Das neue Material besitzt neben einem ausgezeichneten Wärmedämmverhalten ein geringes Gewicht sowie eine gute Festigkeit. Die aus Stahlbeton hergestellten Deckenplatten hatten eine Mindeststärke von 14 cm. Die Montagefugen an den Außenwandplatten wurden verputzt, sodass von außen die Grenzen der Einzelteile nicht sichtbar sind.“

3.2.4 Plattenbausiedlungen- Bebauungsformen in Wien

In der etwa 20 jährigen Geschichte des Wiener Plattenbaues, welche einen Zeitspanne von 1962-1983 umfasst, wandelte sich nach KAPPELLER et al. [2] nicht nur das äußere Erscheinungsbild und die Grundrissgestaltung der Wohnungen, sondern auch die Bebauungsform. Nach der Bebauungsform, der Fassadengestaltung und der Grundrisslösung sind drei Generationen von Plattenbausiedlungen in Wien erkennbar.

Bis zur ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts dominierte die Blockbebauung, die mit dem Innenhof ein typisches Merkmal im Wiener Wohnungsbau darstellte. Ab der Mitte des 20. Jahrhunderts wandte man sich von der herkömmlichen Hofbebauung ab und löste diese durch die Zeilenbebauung ab. Die Idee bestand in einer Abwendung von den „dunklen“ Innenhöfen hin zu einer hellen, aufgelockerten Bebauungsstruktur. Vor allem die Randzonen der Stadt boten sich für die Umsetzung der neuen Tendenzen im Wohn- und Städtebau an. Demzufolge war die erste Generation der Plattenbauten durch lange, parallele Wohnblöcke mit dazwischen liegenden Grünflächen charakterisiert.

Plattenbausiedlungen 1. Generation (1962 bis 1968) im Zeichen der Zeilenbebauung

Die erste Generation der Wiener Fertigteilkonstruktionen stand bereits unter dem Einfluss der internationalen Moderne und unterschied sich in den Anfängen nur unwesentlich von den in traditioneller Bauweise errichteten Wohnbauten. Die Abstände der Wohnblöcke untereinander wurden durch die Auslegerweite der Turmdrehkräne bestimmt und die Anordnung der Blöcke folgte der Kranbahn. Die Architekten Oskar und Peter Payer konnten sich beim Wettbewerb für die Grundrissgestaltung der Plattenbauten durchsetzen, wobei zwei Varianten, die in **Abb. 3.9 b)** ersichtlich sind, bei den ersten Plattenbausiedlungen umgesetzt wurden. Während die links abgebildeten B-Typus Wohnungen über drei Zweiraumwohnungen verfügen und anfänglich für kinderlose Ehepaare und Singles vorgesehen

waren, wurden die C-Typus Wohnungen mit je zwei Dreiraumwohnungen pro Geschoss für Familien geplant.

Die horizontalen Blöcke wurden viergeschossig mit 4 hintereinander gereihten Wohnhäusern ausgeführt (**Abb. 3.9 a)**). Vertikal zu diesen Wohnhäusern wurden Blöcke mit jeweils 9 Geschossen in beliebiger Anzahl angeordnet.

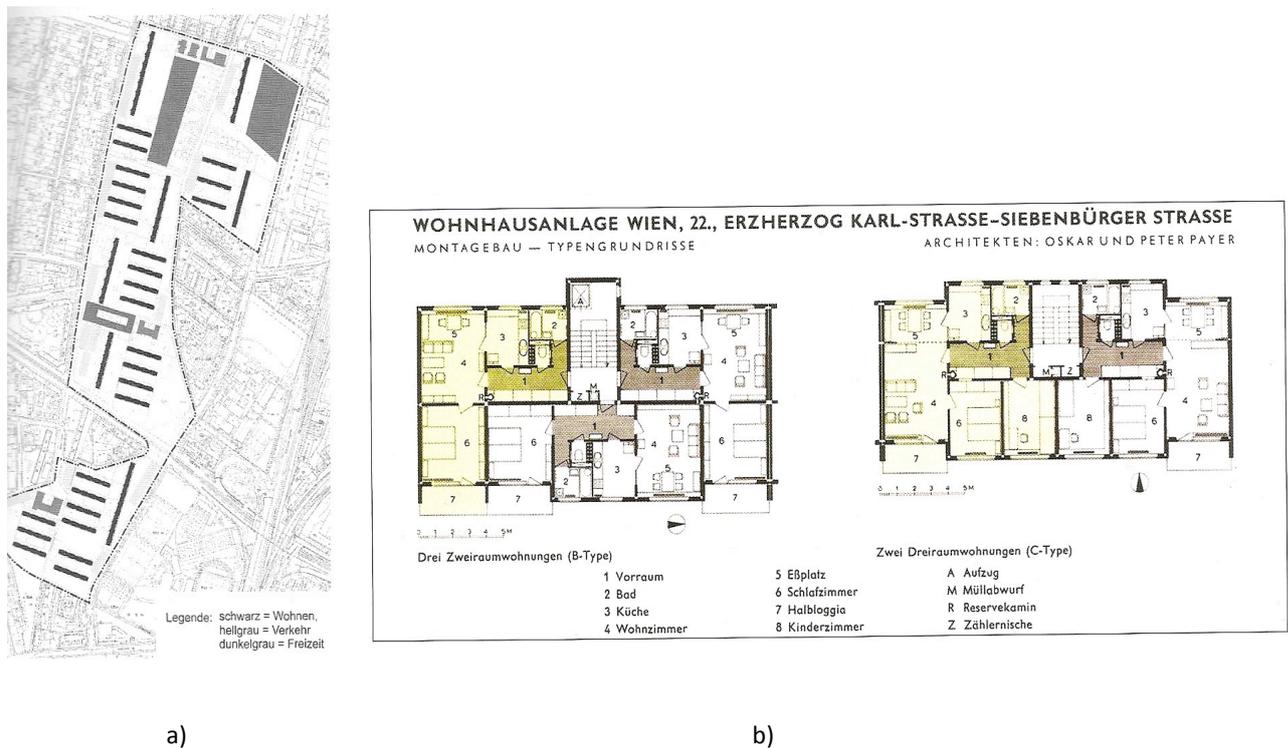


Abb. 3.9: a) Bebauungsform der Siedlung Siebenbürgerstraße (Wien 22), b) Grundriss der Haustypen B und C [2]

In den Folgejahren wurden zahlreiche Wohnbauten gefertigt, die den Bebauungsgrundsätzen langer paralleler und orthogonaler Scheibenbauten der ersten Generation folgten, wie beispielweise Wohnbauten in der Autokaderstraße, Eipeldauerstraße und Pogrezlstraße. Ebenso zählt die Per-Albin-Hansson-Siedlung Ost (**Abb. 3.10**) zu den Plattenbausiedlungen der ersten Generation, bei der allerdings eine Trendwende bezüglich der Zeilenbebauung stattfand. Die orthogonal zueinander stehenden Baublöcke bilden keine offene Zeilenbebauung mehr, sondern ergeben durch den Zusammenschluss an den Ecken eine hofbildende Bebauungsformation. Diese von der Montagebau Wien errichteten Gebäude unterscheiden sich somit von freistehenden Wohnzeilen und stellen den Übergang zu den Wohnbauten der 2. Generation dar.



Abb. 3.10: Scheibenwohnhaus Bauteil 1 und Bebauungsstruktur, Per-Albin-Hansson-Siedlung Ost [2]

Plattenbausiedlungen der 2. Generation- Die Rückkehr zum Hof

Die Bebauungsstrukturen der Plattenbausiedlungen der 2. Generation waren charakterisiert durch strukturierte, gestaffelte und orthogonal zueinander stehende Wohnblöcke mit unterschiedlichen Höhen und Längen. Zumal wiesen auch die Wohnhäuser unterschiedliche Tiefen auf, wie Abwinkelungen und Vor- und Rücksprünge. Es wurde versucht sich von der Monotonie der ersten Plattenbausiedlungen abzuwenden und sowohl mit vorgefertigten Elementen variable Hausformen zu ermöglichen.

Mit dem Bau des 2. Bauteils der Wiener Großfeldsiedlung im 21. Bezirk kündigte sich die Rückkehr des Hofes an. Die uniforme Anordnung mit einzelnen, freistehenden Wohnblöcken verschwand und wurde durch altbekannte und bereits vielfach eingesetzte Haus- und Blocktypen ersetzt. So wurden auch beispielweise die Wohnblöcke des 3. und 5. Bauteils der Per Albin Hansson-Siedlung-Ost nicht mehr streng linear addiert, sondern gliederten sich je nach den Gegebenheiten vor und zurückspringend aneinander.

Den Höhepunkt erreichte die hofbildende Bebauungsstruktur mit der in **Abb. 3.11** abgebildeten Wohnsiedlung am Rennbahnweg, bei der 2400 Wohneinheiten in geschlossener Hofformation geplant wurden, wobei die Anordnung der Wohnblöcke zueinander immer einen orthogonalen Winkel aufwiesen.



Abb. 3.11: Luftbildaufnahme und Bebauung, Siedlung und Rennbahnweg, aus [2]

Plattenbausiedlungen der 3. Generation (ca. 1977-1983) -Auf dem Weg zur freien Gestaltung

In den 1970er Jahren wurde die Zeilen- und Hofbebauung gebrochen und es entwickelten sich beliebige Bebauungsformen. Diese umfassten mäanderförmige, vielfach vor- und zurückgestufte Bauformen und ließen verschiedene Fassadengestaltungen entstehen. Aufgrund des großen Fortschrittes im Bereich der Fertigteilbauweise wurde es möglich beliebige Grundrisse und Anordnungen zu realisieren. So etwa setzte die Wohnhausanlage „Wiener Flur“ zwar die Grundidee der Hofbebauung um, jedoch wurden die U-förmigen Wohnhäuser zu den Siedlungsgrenzen abschließend und um ein Zentrum, einen Park, gruppiert (**Abb. 3.12**).

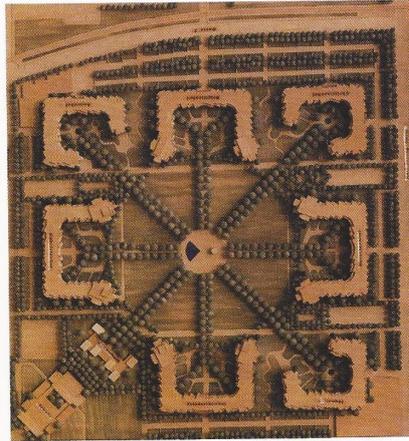


Abb. 3.12: Wohnhausanlage Wiener-Flur, aus [2]

Ein weiteres Beispiel ist die Wohnhausanlage „Heinz-Nittel-Hof“ (Abb. 3.13), auch bekannt als „Marco Polo-Siedlung“ in Floridsdorf, die als Terrassenwohnanlage geplant wurde und deren Wohnblöcke mäanderförmig verlaufen mit jeweils um 45° versetzten Häusern.

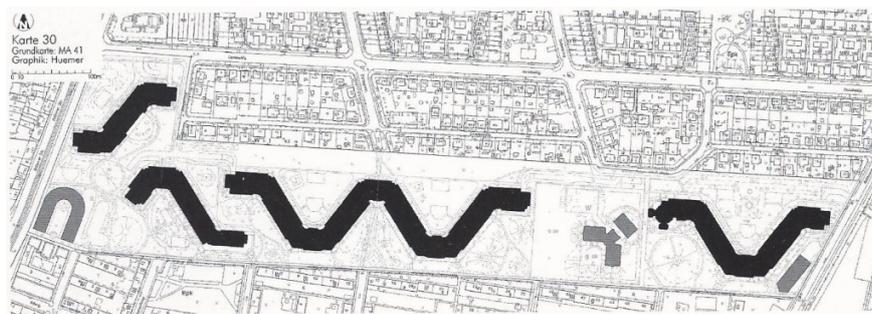


Abb. 3.13: Bebauung, Siedlung Heinz-Nittel-Hof (Wien 21.), aus [2]

3.3 Bauverfahren

3.3.1 Herstellung

HERHOLDT [3] und ACHENBACH [4] unterscheiden bei der fabrikmäßigen Vorfertigung von Bauelementen grundsätzlich zwei Arten von Fertigteilwerken:

- Feldfabrik: Die Vorfertigung erfolgt in ortsveränderlichen Betonwerken mit teilmechanisierten Fertigungsplätzen im freien oder unter teilweiser Überdachung
- Stationäre Fabrik: Die Bauelemente werden in stationären Betonwerken mit hochmechanisierten Fertigungsstraßen erzeugt

Laut KOMOLI [8] war es anfänglich aufgrund des niedrigen Vorfertigungs- und Industrialisierungsgrades nicht sinnvoll, kostspielige stationäre Werke zu errichten, solange in der Produktion mit einfachen Feldanlagen beinahe das selbe Ergebnis erreicht werden konnte.

Der wesentliche Vorteil der stationären Anlagen gegenüber den ortsveränderlichen lag darin, dass die Produktion in geschlossenen Räumen erfolgte und somit keinen Umwelteinflüssen ausgesetzt war. Die Leistung einer Feldfabrik war hingegen überaus wetterabhängig und sank in den kalten Jahreszeiten sehr stark ab, da unter anderem die Beheizung nur die Betonwärmbehandlung umfasste [3].

Die Vorzüge einer stationären Anlage können laut KOMOLI [8] niemals durch den Lagevorteil einer Feldfertigungsanlage ausgeglichen werden. Die qualitative Herstellung von Elementen war unter dem Aspekt eines hohen Vorfertigungsgrades nur im Rahmen einer stationären Anlage durchführbar. Ein weiterer Vorteil der stationären Werke im Vergleich zu den Feldfabriken ergab sich aus der Kontinuität der personellen Besetzung. Diese gründet sich auf dem Umstand, dass bei einem stationären Werk der Lernprozess grundsätzlich nur einmal durchlaufen wird, hingegen sich dieser bei Feldfabriken mit jeder Neuanlage wiederholt.

Als negativen Punkt der stationären Werke nennt HERHOLDT [3] die Notwendigkeit eines großen Fuhrparks zur Beförderung der Elemente zur Baustelle und die damit verbundenen hohen Investitionskosten.

Die wirtschaftliche Herstellung der Plattenbauelemente erfolgte auf verschiedene Arten. Die Wahl des Verfahrens hing vor allem von der Beanspruchung der Elemente im Baukörper und den daraus ergebenden Betongütern, Bewehrungen und Querschnittsabmessungen ab.

So wurden Außenwandelemente mit mehrschichtigem Aufbau am vorteilhaftesten liegend hergestellt. Die liegende Fertigung ermöglichte ohne große Schwierigkeiten das Herstellen verschiedener Außenflächen auf dem selben Fertigungsstand. In der DDR wurden Außenwandelemente ausschließlich liegend gefertigt. Aufgrund der vorwiegend senkrechten Belastung der Außenwandplatten im Einbauzustand war keine Biegebewehrung nötig. Dies erforderte jedoch, dass die Fertigteile mit Hilfe einer biegesteifen Unterlage in die vertikale Lage gekippt werden mussten.

Laut HERHOLDT [3] wurde das Kippverfahren bei der Herstellung von Plattenbauelementen vorrangig bei den Außenwandplatten verwendet. Das liegend produzierte Außenwandelement wurde nach der Erhärtung mit Hilfe spezieller Geräte von der horizontalen Fertigungslage in die spätere Einbaulage gekippt. Dadurch wurden Biegebeanspruchungen und Kantenbeschädigungen vermieden und das Bauteil wurde keinen zusätzlichen Beanspruchungen unterworfen. Durch den Einsatz von Kippvorrichtungen wurde die liegende Herstellung von Fertigteilen mit beliebigem Schichtaufbau ermöglicht und das Einbringen der Ausbauelemente, wie Fenster, Sohlbänke, Konsolen für Heizkörper deutlich vereinfacht.

HERHOLDT [3] und ACHENBACH [4] geben an, dass Innenwandelemente, die größtenteils aus Schwerbeton hergestellt wurden, stehend oder liegend produziert werden konnten. Wie auch bei den Außenwandelementen war im Falle der liegenden Fertigung ein Hilfsgerät für den Kippvorgang erforderlich.

Bei der stehenden Fertigung von Innenwandtafeln kam das Batterieverfahren gerne zum Einsatz. Die Batterieformfertigung ist nach HERHOLDT [3] *„...charakterisiert durch senkrechte Herstellung einer Anzahl von Fertigteilen in einer variablen Form. Die zu produzierenden Fertigteile werden durch versetzbare Schalungslatten oder Schottwände voneinander getrennt. Das Batterieverfahren wird bei der Plattenbauweise zur Produktion von einschichtigen Innenwand- und Deckenplatten angewendet.*

Als Vorteil der Batterieformfertigung ist die geringe Produktionsfläche je m³ Fertigteilbeton oder m² Fertigteilwandfläche zu nennen. Darüber hinaus wurden die Wandelemente bereits in der Transport- und Einbaulage hergestellt und benötigen für das Verladen keine speziellen Geräte.

Negative Aspekte waren, dass Kontrollen bzw. Korrekturen an Einlegeteilen nach dem Zusammenbau nicht mehr möglich waren und Deckenplatten für den Einbau gewendet werden mussten.

Deckentafeln konnten ebenso wie die Innenwände stehend oder liegend hergestellt werden mit dem Unterschied, dass infolge der Tragbewehrung keine speziellen Geräte für Bewegungsvorgänge notwendig waren.

PUCHALSKI [23] hält fest, dass die Fabrikation der vorgefertigten Betonplatten grundsätzlich sehr kostenaufwändig und energieintensiv war, da die meisten Fabriken den Abbindungs- und Erhärtungsprozess des Betons durch erhöhte Temperatur beschleunigten. Zudem waren die Bauteile sehr schwer und erforderten kostspielige Transporte auf die Baustelle.

Die Plattenbauelemente wurden nach verschiedenen Fertigungsverfahren hergestellt [4] :

- Standverfahren
- Bandverfahren (auch Fließbandverfahren)
- Aggregatverfahren
- Gleitverfahren
- Walz- und Rüttelwalzverfahren (auch Vibrationsverfahren)

3.3.1.1 Das Standverfahren

Laut MOKK [9] : „Das Standverfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass sich das Element während des Fertigungsvorganges nicht fortbewegt. Das Standverfahren kann mit unterschiedlichem technischem Niveau der Ausrüstungen betrieben werden.“

Laut ACHENBACH [4] und SEBESTYÉN [10] verbleibt das Werkstück am Fertigungsplatz und die Arbeitskräfte und Arbeitsmittel rücken auf der Fertigungsfläche weiter (**Abb. 3.14**).

Die Elemente wurden häufig mit einer Außenfläche aus Kunststein hergestellt, die zugleich die Schalung bildete. Demnach war nur mehr eine Schalung der Seitenflächen erforderlich.

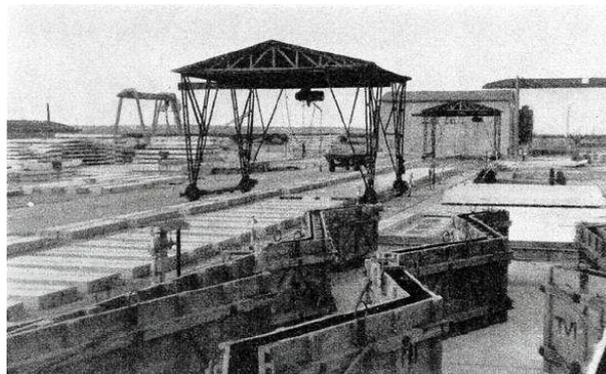


Abb. 3.14: Standverfahren: Fertigungsfläche mit Einzelformen, aus [19]

Beispiel: Herstellung von Platten

Die Herstellung der Außen- und Deckenplatten erfolgte in der Regel liegend und jene der Innenwandplatten stehend. Anfänglich wurden die Innenwandtafeln nach dem Prinzip der Außenwandtafeln gefertigt, das jedoch einen enormen Platzbedarf erforderte und man in Konsequenz daraus auf das sogenannte Batterieschalungssystem umstellte [4][5].

Die Fertigung der Außenwandplatten erfolgte in Formenrahmen, deren Boden und Seitenflächen mit Schalungsöl eingespritzt wurden. Nach dem Einlegen der Formen für die Aussparungen erfolgte die Herstellung der einzelnen Schichten und das Einbringen der Bewehrung. Dabei wurden die Betonmischungen mit Hilfe von Loren zu den Formen gebracht und ausgekippt.

Innenwandplatten wurden oft stehend mit einer Batterieform hergestellt. Das Einbringen der Aussparungsformen erfolgte beim Ausschalen und Umsetzen der einzelnen Trennwände der Batterie. Da

es beim Batterieverfahren nicht möglich war Elemente mit Putzschichten zu fertigen, verwendete man plastischen Beton um eine möglichst glatte Oberfläche zu erreichen, bei dem keine nachträglichen Putzarbeiten anfielen. Die Verdichtung des Betons erfolgte mit Innenrüttlern und die Wärmezuführung über Heizschlangen, die in die Stahlbetonfüllung des Formbodens, wie in **Abb. 3.15** ersichtlich, eingelegt wurden[4].

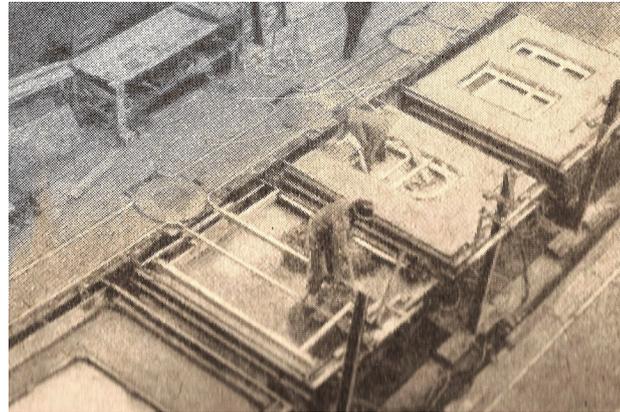


Abb. 3.15: Heizschlangen für die Wärmezufuhr [4]

Die Deckenplatten wurden liegend in Stahlblechformen ohne Bodenplatten auf einer ebenen Betonfläche erzeugt. Vor dem Einbringen des Betons wurde der Deckenputz aufgebracht. Die für Aussparungen der Deckenelemente eingelegten Stahlrohre wurden nach dem Betoniervorgang mit Hilfe einer Bauwinde gezogen.

3.3.1.2 *Das Fließbandverfahren*

Die Fertigung der Elemente erfolgte nach ACHENBACH [4] und SEBESTYÉN [10] durch eine Aufgliederung des Arbeitsablaufs in Teilprozesse. Dabei wurden die für die Durchführung der einzelnen Teilprozesse benötigten Arbeitsplätze in einer entsprechenden Reihenfolge nebeneinander angeordnet und die Werkstücke rückten von einem Arbeitsplatz zum nächsten auf. Beim reinen Fließbandverfahren wurden alle auf einem Fließband befindlichen Elemente gleichzeitig nach vorne bewegt.

Für eine rationale Fließbandfertigung war es erforderlich, dass alle Arbeitsschritte von gleicher Dauer sind um eine gleichmäßige Produktion zu schaffen. Die regelmäßige Zulieferung von Hilfseinrichtungen, eine ausführliche Planung, die entsprechende Wahl der geeigneten Geräte sowie eine gute Koordination der Arbeitskräfte waren dabei entscheidend [3].

Beispiel: Fließbandverfahren mit Formenwagen- Betonwerk Hoyerswerda

In Hoyerswerda, dem ersten Plattenwerk der DDR, erfolgte die Fertigung von Wand- und Deckenplatten auf einem aus Formenwagen bestehenden Fließband. Aufgrund der relativ großen Formenwagenabmessungen von 3150×6150 mm konnten Fertigteile für beinahe jeden Wohnungsgrundriss der 5-Mp Gewichtsklasse produziert werden. Die Wagen wurden von einer Steuerungszentrale aus im Abstand einer bestimmten Taktzeit (20 Minuten) verschoben [4].

Die Reihenfolge der einzelnen Arbeitsgänge werden in der nachfolgenden **Abb. 3.16** dargestellt:

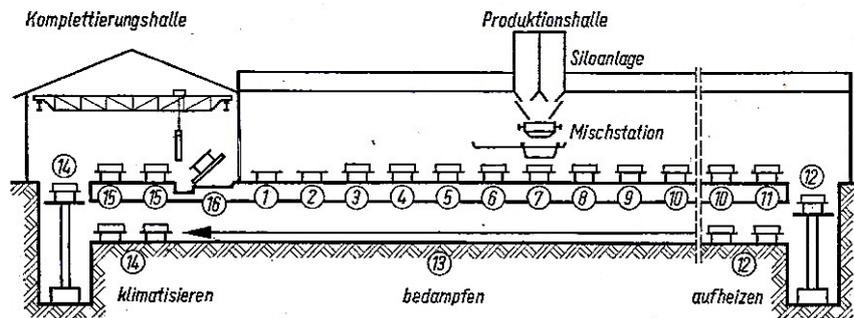


Abb. 3.16: Arbeitsprozesse bei der Herstellung von Platten, ACHENBACH [4]

- 1) Reinigen der Formenteile und Formenwagen
- 2) Ölen der Formenteile und Formenwagen
- 3) Zusammenbauen der Formenteile zur Form
- 4) Einbringen der unteren Putzschicht
- 5) Einlegen der Bewehrung
- 6) Einlegen der Aussparungsteile sowie der Fenster bzw. Türrahmen
- 7) Betonieren
- 8) Verdichten des Betons mit Rüttelbohle
- 9) Aufbringen der oberen Putzschicht
- 10) Vorlagern
- 11) Entformen der Platte
- 12) Senken des Wagens mit Hilfe der Senkhübe und Eintreten in den Dampfkana
- 13) Bedampfen
- 14) Austreten aus dem Dampfkana und Heben des Wagens mit Hilfe der Hubbühne
- 15) Einsetzen der Tür- und Fensterflügel
- 16) Kippen des Wagens durch die Plattenkippe und Abheben der Platte zu Stapeln

3.3.1.3 Das Aggregatverfahren

Laut ACHENBACH [4] stellt das Aggregatverfahren eine Kombination des Stand- und Bandverfahrens dar. Teile des Produktionsprozesses wurden zusammengefasst und mit den erforderlichen Maschinen im Standverfahren durchgeführt, während bei anderen Arbeitsschritten die Fertigung nach dem Prinzip des Bandverfahrens erfolgte. Dieses Verfahren eignete sich nach FUCHS, LEDDERBOGE und BECKER [19] vor allem für die Fertigung von Hohldeckenplatten mehrschichtiger Großwandplatten und Deckenkassettenplatten.

3.3.1.4 Das Gleitverfahren

Das Gleitverfahren war gekennzeichnet durch die Fertigung von langen Betonplatten (100-300 m) unter Verwendung einer rutschenden Seitenschalung. Nach dem Erhärten konnten die Betonplatten in die gewünschten Längen zerschnitten werden. Dieses Verfahren ermöglichte die Herstellung von

ein- oder mehrschichtigen Elementen. Während das Einlegen der Bewehrung und das Herstellen von Hohlräumen einfach durchführbar war, konnten Elemente mit umlaufenden Rippen und Kassetten mit dieser Technologie nicht hergestellt werden [10].

3.3.1.5 Das Walz- und Rüttelwalzverfahren

Das Walzverfahren- und Rüttelwalzverfahren wurde von sowjetischen Ingenieuren entwickelt.

Das Walzverfahren

Das Walzverfahren diente zur Herstellung von großformatigen Platten aus Gipsbeton. Bei diesem Verfahren waren keine Schalungen und Formen notwendig, hingegen verwendete man Schablonentische auf denen Holzskellette (Bewehrung) zusammengebaut wurden und Öffnungen und Einbauteile eingebracht wurden. Nachdem das Skelett die Walzanlage durchlaufen hatte und die Oberfläche des Gipsbetons mittels eines Rüttlers geglättet wurde, pressten Walzen die Platte auf ihre endgültige Dicke [4].

Das Rüttelwalzverfahren

Mit der Rüttelwalzmethode wurden großformatige, dünnwandige Wand- und Deckenplatten (Rippenplatten) aus Stahlbeton gefertigt. Die Rippenhöhe der Kassettenplatten betrug 70 mm. Die auf der Walzanlage gefertigten Stahlbetonrippenplatten stellten noch kein versetzbares Außen- oder Innenwandelement dar. Erst durch das Verschweißen der Stahlbetonrippenplatten erhielt man eine montagefertige Wand [3].

3.3.2 Transport

Ein gut geregelter Montagebetrieb kann nur dann gewährleistet werden, wenn auch der Transport einwandfrei abläuft. Ein Transportleiter lenkt und koordiniert die Abläufe um eine zeitgerechte Zulieferung der Elemente zu ermöglichen, aber auch unnötige Zwischenlagerungen zu vermeiden.

Laut ACHENBACH [4] wurden Spezialelemente, wie Treppenläufe und Dachelemente häufig aus unterschiedlichen Werken geliefert. Da sich ihr Transport dadurch schwieriger planen ließ, war immer ein gewisser Vorrat auf der Baustelle bereitzustellen.

Die Wahl des Transportmittels war abhängig von der Lage der Baustelle und der Länge des Transportweges. HERHOLDT [3] und ACHENBACH [4] empfehlen bei ortsveränderlichen Plattenwerken mit einer Entfernung von bis zu 2 km von der Montagebaustelle den Gleistransport mit Schmalspurgleisen (600 mm oder 900 mm). Die Plattformwagen wurden für den Transport von geschosshohen Elementen mit bestimmten Aufbauten für die Lagesicherung während des Transportes versehen. In **Abb. 3.17** werden je zwei Platten auf einen Transportwagen verladen.

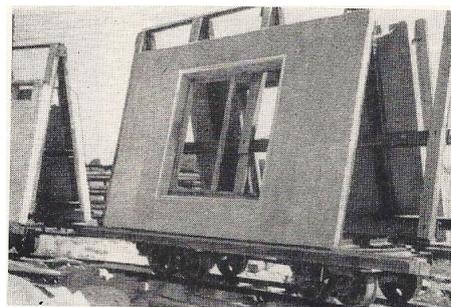


Abb. 3.17: Gleistransport, aus HERHOLDT [3]

Vorwiegend wurden die großformatigen Fertigteile jedoch auf der Straße mit Hilfe von Spezialfahrzeugen transportiert, die aus einer Zugmaschine und einem Spezialanhänger bestehen (**Abb. 3.18**). Laut HUEMER [5] ist es bedeutend die Decken- als auch die Wandelemente stehend zu transportieren, da es zum einen platzsparender ist, zum anderen die Elemente nur auf vertikale Belastungen bemessen werden und eine horizontale Lagerung zusätzliche Stahleinlagen erfordern würde, die zusätzliche unnötige Kosten verursachen.



Abb. 3.18: Spezialfahrzeug, aus HUEMER [5]

3.3.3 Montage

Zum Bau von Wohnhäusern aus Großelementen wurden eine Vielzahl von unterschiedlichen Maschineneinrichtungen verwendet, wobei die Hebe­maschinen das wichtigste Arbeitsmittel auf der Montagebaustelle darstellen. Neben den beiden vorwiegend verwendeten Geräten, dem Portal- und Turmdrehkran, wurden auch Autokrane und Derricks eingesetzt. Die dabei am häufigsten verwendeten Hebezeuge waren die Turmdrehkräne.

3.3.3.1 Versetzen der Bauelemente

Die Versetzarbeiten der Bauelemente können laut ACHENBACH [4] die folgenden Arbeitsstufen umfassen:

- Einweisen des Kranführers
- Einschwenken zur Montagestelle
- Absetzen des Elements
- Richten des Elements
- Anbringen der Montagestützungen
- Herstellen der Montageverbindungen
- Lösen und Ausschwenken des Anschlagmittels

Das Absetzen des Elements auf die Lagerfuge sollte möglichst fluchtrecht erfolgen, wobei sich das Anschlagmittel nicht lösen durfte. Das Richten des Elements umfasste das Fluchten mit Fluchtschnur (Richtschnur), das Wägen mit einer Wasserwaage und das Loten mit dem Senklot.

Ein sorgfältiges Richten war erforderlich um die anschließenden Montagearbeiten zu erleichtern. Zum Richten des Elements durften Brechstangen und Brecheisen eingesetzt werden. Dabei hat es zu keinem Abheben von der Lagerfuge kommen dürfen. War es mit solchen Maßnahmen nicht möglich das Bauelement in die vorgesehene Lage zu bringen, musste jenes Element abgehoben werden und

die Mörtelfuge durch eine neue Lagerfuge ersetzt werden. Nach dem Absetzen des Bauelements waren etwaige hohl gebliebene Stellen unmittelbar fest mit Mörtel auszudrücken. Nachdem das Element in die gewünschte Lage gebracht wurde, wurde es mit Hilfe von Montageabstützungen gegen bereits standfeste Bauelemente gesichert.

3.3.3.2 Verbinden der Bauelemente

Das Verbinden der neu versetzten Bauelemente mit bereits montierten Bauteilen erfolgte nach ACHENBACH [4] durch:

- Anbringen von Verankerungen und Gleitlager

Als mögliche Verankerungen kamen zum Einsatz: Ringanker, Wandanker, Windverstreben und Zuganker. Die Anker mussten genau nach den Angaben der Montagezeichnungen eingebracht und befestigt werden. Um eine volle Wirksamkeit der Verankerungen während der gesamten Standzeit zu ermöglichen, war es nach Abschluss der Montagearbeiten notwendig die Befestigungen, wie Schrauben, Muttern und Keile, zu sichern. Das konnte durch Stauchen des Schraubengewindes oder Umschlagen der Keile erreicht werden. Zur Vermeidung von Überbeanspruchungen zwischen den Bauteilen wurden Zwischenlagen aus Holz eingelegt.

- Verschweißen der Verbindungsmittel

Das Verschweißen der Bewehrung zwischen den Fertigteilstößen erfolgte klassisch durch die Lichtbogenhandschweißung.

- Einbringen von Mörtel und Ortbeton

- Die Fugen zwischen den Elementen mussten durch Mörtel bzw. Ortbeton dicht verschlossen werden. Es wurden dabei Mörtel und Ortbetone mit schwach plastischer Konsistenz in die Fugen eingebracht, die zum Zweck der besseren Haftung angenässt wurden.

3.4 Haustechnik

3.4.1 Sanitäranlagen

Da die Sanitärinstallationen einen wesentlichen Teil der Gesamtbaukosten einnehmen, war es wichtig die Kosten bei gleichzeitiger Bauzeitverkürzung zu senken und folglich auch eine Vorfertigung bei den Sanitäranlagen zu schaffen.

Es setzte sich die zentralisierte Rohrbündelung durch. Standardisierte Installationsteile wurden in Rohrleitungsbetrieben hergestellt mit anschließender Montage auf der Baustelle und Verkleidung durch leichte, abnehmbare Platten. Durch diese Methode war eine einwandfreie Vorfertigung und Montage möglich. Voraussetzung für die fabrikmäßige Herstellung der Elemente war die Standardisierung der Küche-Bad-Lösung mit Verzicht auf eine spiegelbildliche Anordnung. Somit ermöglichten die Zentralisierung der vertikalen Leitungen und die Einheitslösung Küche-Bad die Anwendung der Rohrbündelmontage im Plattenbau. Die geschosshohen Rohrbündel umfassen Abwasser-, Frischwasser-, und Gasleitungen und werden durch Traversen aus Flach- oder Winkelstahl zusammengehalten. Durch diese Installationsart konnte gegenüber der handwerklichen Ausführung 22 % an Arbeitszeit eingespart werden und der Materialbedarf um 6 % gesenkt werden. Fundierend auf diesen Grundgedanken entwickelte sich ein Baukasten, bei dem Küche und Bad aus einheitlichen Elementen schlüsselfertig montiert werden konnten. In **Abb. 3.19** ist das System des Sanitärbakastens dargestellt,

wobei Stufe 1 die Rohrbündelmontage und Stufe 5 den gesamten Küche-Bad Bereich abbildet und den Weg zur Vollindustrialisierung widerspiegelt [3].

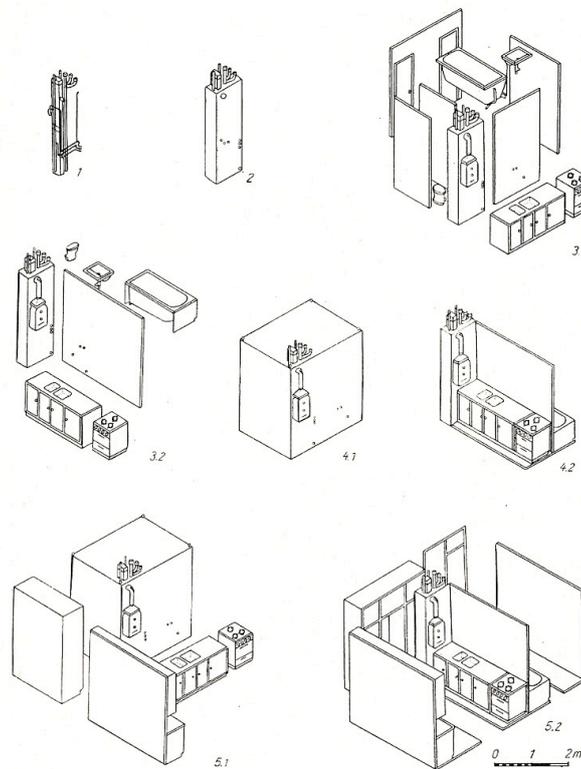


Abb. 3.19: System der steigenden Einführung höherer Industrialisierungsstufen für Küche-Bad, aus HERHOLDT [3]

Stufe 1: 1 Rohrbündelmontage; Stufe 2: 2 vorgefertigtes Schachtelement; Stufe 3: 3.1 aus vorgefertigten Einzelteilen durch kurzfristige Montagevorgänge am Bau zusammengesetztes Innenbad, 3.2 Außenbad, sonst wie 3.1; Stufe 4: 4.1 Raumzelle Innenbad, 4.2 montagefähiger Funktionskern Außenbad; Stufe 5: 5.1 wie 3.1 oder 4.1, zusätzlich die den Bereich Küche-Bad ergänzenden und raumabtrennenden Elemente, 5.2 analog 5.1 für Außenbad

Bei der Fertigung der Zellkörper werden Leichtkonstruktionen den schweren Ausführungen vorgezogen.

Die Zellen wurden laut HERHOLDT [3] aus folgenden Platten vormontiert (**Abb. 3.20**):

- Einschichtige Stahlbetonplatten aus Leicht- oder Schwebeton mit einer Dicke von 30 bis 40 mm
- Spannplatten mit einer Dicke von 20 mm
- Verbundplatten aus Schaumstoffen oder Wabenkernen mit Beplankungen aus Kunststoff oder Hartfaserplatten
- Rahmen- bzw. Fachwerkkonstruktionen mit Ausfüllungen oder Beplankungen

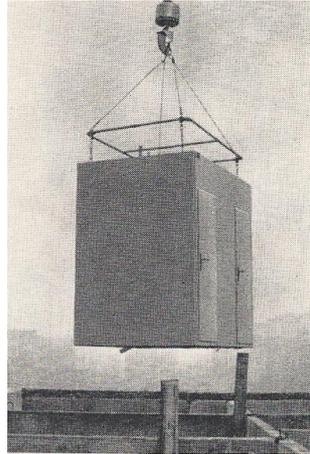


Abb. 3.20: Montage einer Sanitärzelle, aus HERHOLDT [3]

3.4.2 Elektroausrüstungen

Mit dem Beginn des Montagebaues wurden auch die Installationsmethoden weiterentwickelt. Laut HERHOLDT [3] und BURKHARD [12] wurden vor allem Horizontalinstallationen eingesetzt, die unabhängig von den Montageelementen waren und sich gut in den Bauablauf eingliederten.

Bei der Horizontalinstallation werden alle Leitungen (außer im Bad- und zum Teil auch im Küchenbereich) liegend auf der Rohdecke im Estrich verlegt und mit einer Schicht von 10 bis 20 mm überdeckt. Laut BURKHARD [12]: *„Die Leuchtanschlussleitungen gehen in einem Leitungskanal senkrecht vom Wohnungszentralverteiler nach oben zu einem Deckendurchbruch. Als Wohnungsverteiler sind in der Regel ein- bis vierreihige Aufputz-Kleinverteiler mit Polystyrolgehäuse (leicht brennbar) benutzt worden. Die Anordnung der Wohnungsverteiler erfolgt im Flurbereich, in einer Nische in der Küche oder auch im Installationsschacht zwischen Küche und Bad. In dem Fußboden der darüberliegenden Wohnung sind die Leitungen strahlenförmig zu den Deckendurchbrüchen für die Leuchtauslässe der darüberliegenden Wohnung verlegt. Das bedeutet, dass die Steckdosenleitungen für die darunterliegende Wohnung gemeinsam auf der Rohdecke im Estrich des Fußbodens liegen. Die Steckdosenleitungen, die Zuleitungen zum Elektroherd und die Steuerleitungen für die Leuchtentaster gehen in einem Leitungskanal vom Wohnungszentralverteiler senkrecht nach unten in den Fußboden der Wohnung. Dort sind sie zu den einzelnen Anschlussgeräten ohne Führung oder Kanäle verlegt. Die Steckdosen der Wohnräume sind als Steckdosenring ausgeführt.“*

3.4.3 Heizungsanlagen

Laut HERHOLDT [3] und SEBESTYÉN [10] werden Wohnhäuser in Plattenbauweise vorrangig durch Zentralheizungsanlagen beheizt. In der DDR wurde überwiegend das Zweirohrheizungssystem mit Radiatoren verwendet oder das Einrohrheizungssystem mit Konvektoren.

Das Einrohrheizungssystem wird in HERHOLDT [3] und HEIMSTÄDTER [11] als ein System beschrieben, bei dem die Heizkörper strangweise parallel geschaltet sind. Weist die Anlage keinen Bypass auf, wie etwa das System in **Abb. 3.21 a)**, so werden alle Heizkörper durch den gesamten Strangmassstrom durchströmt. Das Einrohrsystem besteht aus einer Vorlaufleitung in jeder Sektion und den einzelnen Rücklaufleitungen, die alle den gleichen Durchmesser aufweisen und an die die einzelnen Konvektoren angeschlossen sind. Folglich ist für jede Geschosdecke nur ein Durchbruch erforderlich. Im Gegensatz dazu sind beim Zweirohrheizungssystem (**Abb. 3.21 c)**, infolge der gleichmäßigen Er-

wärmung aller an einem Strang angeschlossenen Heizkörper verschiedene Rohrdurchmesser in den einzelnen Geschossen erforderlich.

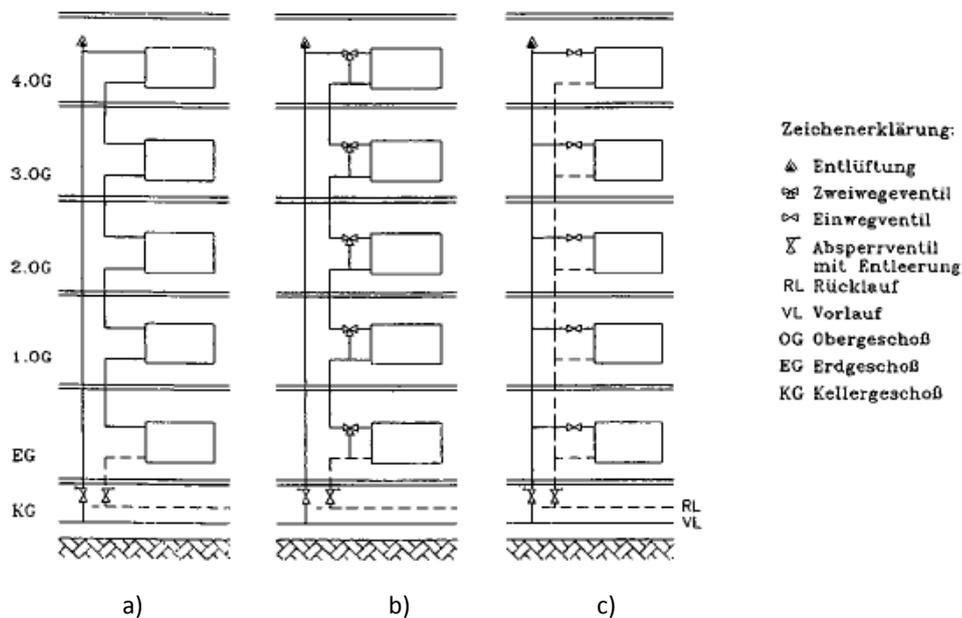


Abb. 3.21: Heizungssysteme im industriellen Wohnungsbau [11]:

a) Senkrechte Einrohrheizung ohne Bypässe und Heizkörperventile, obere Verteilung, strangweise Entlüftung, b) Senkrechte Einrohrheizung mit Bypässen und Zweiwegeventilen, untere Verteilung, strangweise Entlüftung, c) Senkrechte Zweirohrheizung mit Heizkörperventilen, untere Verteilung, strangweise Entlüftung [11]

In der Sowjetunion wurden geschosshohe, etwa 1000 mm breite Heiztafeln gefertigt, die gleichzeitig einen Teil der Querwand bilden. Besondere Beachtung ist bei diesen Ausführungen den Anschlüssen zu den unbeheizten Wandteilen zu schenken, da diese beachtlichen Wärmedehnungen ausgesetzt sind. Versuchsweise wurden Heizregister auch in die Fensterbrüstungen der Außenwandtafeln eingebaut (Abb. 3.22) und mit einer Isolierschicht zur Außenluft hin versehen, um die Wärmeverluste zu vermindern [3] [10].

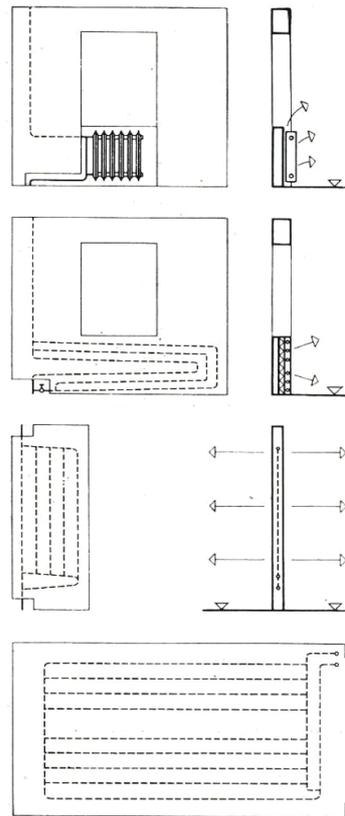


Abb. 3.22: Verschiedene Arten von in Tafeln einbetonierten Heizungsrohren, aus SEBESTYÉN [10]:

a) Rohrleitungen in die Wandtafeln einbetoniert; der Radiator wird auf der Baustelle frei montiert, b) In die Wandtafeln einbetoniertes Heizungsrohrnetz, c) In die Querwandtafel einbetoniertes Heizungsrohrnetz, c) In die Deckenplatten einbetoniertes Heizungsrohrnetz

Eine weitere Heizungsart im Plattenbau stellt die Deckenstrahlungsheizung dar, die **Abb. 3.22 c)** dargestellt wird und bei der Heizregister während der Vorfertigung eingelegt und einbetoniert werden. Das eingebrachte Heizungsrohrnetz ersetzt gleichzeitig einen Teil der erforderlichen Biegebewehrung der Deckenplatte.

4 Konstruktionselemente der Plattenbauweise

Laut HERHODT [3] bilden die großformatigen Wand-, Decken- und Treppenfertigteile nach ihrer Montage ein räumliches Tragwerk ohne Skelett. Die aus Leicht- und Schwerbeton bestehenden Fertigteile wurden entweder durch geschweißte Rundstahlschlüsse und Beton miteinander verbunden oder durch Rundstähle und Beton über Haftverbund miteinander verankert.

Die Tafelbauten aus raumgroßen Wandelementen können unterschiedlich ausgeführt werden:

a) Systeme mit tragenden Querwänden:

Beim Querwandtyp (siehe **Abb. 4.1**) erfolgt die horizontale und vertikale Lastabtragung, wie HALÁSZ und TANTOW [7] und MADERTHANER [39] beschreiben, lediglich durch die Querwände in Querrichtung des Gebäudes, wobei die äußeren vorgehängten Fassadentafeln keine Mitwirkung haben. Die auf die Fassadenflächen entfallenden Windlasten werden dabei auf die Deckenscheiben und schließlich auf die Querwände übertragen. Zum Zwecke der flexiblen Grundrissgestaltung des Wohnraumes wurden Deckenspannweiten von 6-7 m angestrebt.

Bei diesem System ist besonders auf die Windaussteifung in Längsrichtung zu achten, da zur Abtragung der Lasten meist nur einige Innenwände, Treppenhauswände und Fahrstuhlschächte vorhanden sind.

Der große Vorteil dieses Systems liegt darin, dass die tragenden Innenwände aus hochwertigem Beton mit hoher Festigkeit und mit geringerer Wärmedämmung hergestellt werden können, während die unbelasteten Außenwände höhere Anforderungen an die Wärmedämmung erfüllen müssen und dafür naturgemäß Baustoffe mit geringerer Festigkeit, wie etwa Leichtbetone, verwendet werden können. Die konstruktive Ausbildung der tragenden Innenwandtafeln wird in Abschnitt 4.1.3 und 4.1.4 näher behandelt. Der Nachteil diese Bauart liegt in der einachsigen Spannung der Deckentafeln zwischen den tragenden Querwänden [7][3]

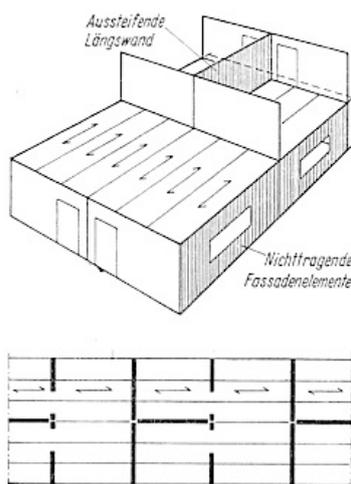


Abb. 4.1: Montagebausystem mit raumgroßen tragenden Querwänden, aus [7]

In **Abb. 4.2** werden die zwei weiteren Systeme dargestellt und nachstehend erläutert:

b) Systeme mit tragenden Längswänden

Durch die Verwendung des Systems mit tragenden Längswänden ist es möglich lange, querwandfreie Räume zu erzeugen und diese durch den Einbau von versetzbaren, nichttragenden Innenwänden ent-

sprechend den Anforderungen zu gestalten. Im Gegensatz zum System mit „tragenden Querwänden“ müssen hier die Außenwände nicht nur statische, sondern auch wärmetechnische Funktionen erfüllen. Besondere Beachtung ist auch der Aussteifung der Fassadenelemente und der Mittelwand an den Tafelstößen zu schenken.

Die Abtragung der Windkräfte in Querrichtung des Gebäudes erfolgt durch einige durchgehende Innenwandscheiben, Treppenhäuser und Fahrstuhlschächte. Die Deckenscheiben werden einachsig zwischen den tragenden Längswänden gespannt, wobei auf eine sorgfältige Scheibenbildung zu achten ist, da die durchgehenden Querwände nur in großen Abständen vorhanden sind [7].

Laut MADERTHANER [39] hat sich die Längswandbauweise, aufgrund von konstruktiven und architektonischen Schwierigkeiten bei der Lastableitung, nur bedingt durchsetzen können.

c) Systeme mit tragenden Quer- und Längswänden

Die Lastabtragung über die Quer- und Längswände bietet sich vor allem bei höheren Gebäuden an, wobei die raumgroßen Deckentafeln 3- bzw. 4seitig gelagert werden und über eine kreuzweise Bewehrung verfügen. Diese Lagerung der Decken ergeben insgesamt geringere und zumeist auch gleichmäßig verteilte Spannungen.

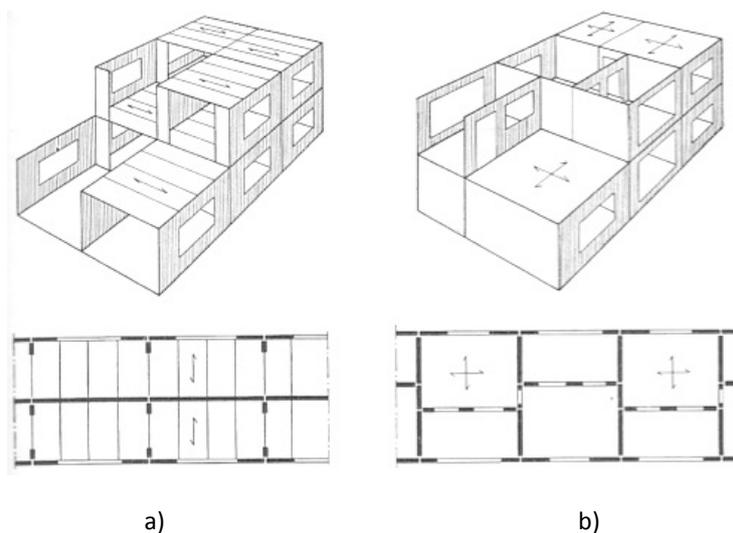


Abb. 4.2: a) Montagebausystem mit raumgroßen tragenden Längswänden, b) Montagebausystem mit raumgroßen tragenden Quer- und Längswänden, [7]

4.1 Konstruktive Ausbildung der Wandtafeln

Außenwandtafeln

Die Entwicklung der Außenwandelemente ist nach BAUER [14] prinzipiell durch die Größe der Elemente und ihr verwendetes Material charakterisiert. Mit dem Einsatz der Blockbauweise wurden kleine einschichtige Elemente mit einem Gewicht bis 0,8 t, zumeist aus Leichtbeton, verwendet. Die Entwicklung der Elemente endete bei raumhohen Dreischichtplatten mit Längen bis zu 6 m.

Innenwandtafeln

Gemäß SEBESTYÉN [10] wurden für die Lastabtragung gewöhnlich Wände zwischen Wohnungen, bei Treppenhäusern oder Fahrstuhlschächten verwendet und einschalig ausgeführt. Hingegen wurden für Wohnungstrennwände in der Regel Leichtbetonkonstruktionen oder mehrschalig aufgebaute Wände angewendet.

HERHOLDT [3] weist darauf hin, dass die Anforderungen an die Innenwandtafeln geringer als an die Außenwandtafeln sind. Tragende Innenwandplatten als Hauptkonstruktionsglieder müssen eine gewisse Mindestfestigkeit erfüllen und, sofern sie Wohnungstrennwände sind, auch eine ausreichende Schalldämmung aufweisen.

Großteils wurden die tragenden Innenwandplatten aus Schwerbeton hergestellt. Aus statischen Gründen war es notwendig Innenwandplatten mit schweren Zuschlagstoffen (Gesteinskörnung) auszubilden, die eine hohe Festigkeit aufweisen und zugleich bessere Schalldämmeigenschaften besitzen. Hingegen war bei den häufig in Leichtbetonkonstruktion entworfenen Außenwänden vorrangig die Wärmedämmfähigkeit wichtig.

Während an nichttragende Zwischenwände keine besonderen Forderungen gestellt wurden, mussten sie als Wohnungstrennwände über eine hinreichende Schalldämmung verfügen.

4.1.1 Einschichtige Außenwandtafeln

Für Außenwandelemente mit einschichtigem Aufbau wurden entsprechen HALÁSZ [7] Baustoffe verwendet, die nicht nur die statischen, sondern auch die bauphysikalischen Anforderungen erfüllen müssen. Hierfür eignen sich besonders Leichtbetone, die nach unterschiedlichen Prinzipien aufgebaut sein können:

- 1) Leichtbeton mit Haufwerkporigkeit (punktweise Verbindung schwerer Zuschlagstoffe unter Bildung von Hohlräumen zwischen den Körnern)
- 2) Leichtbeton mit Kornporigkeit (enge Vermörtelung grobkörniger, aber poriger, leichter Zuschlagstoffe).
- 3) Leichtbeton mit Haufwerkporigkeit und Kornporigkeit
- 4) Leichtbeton mit Blähporen (Porenbeton)
 - a) Gasbeton (Beton aus feinkörnigem, weichem Mörtel, dem Treibmittel zugesetzt wird, welches durch eine chemische Reaktion Gasbläschen erzeugt)
 - b) Schaumbeton (Beton aus feinkörnigem, weichem Mörtel, dem Luftschäum erzeugende Stoffe als Porenbildner zugeführt werden)

Gas- und Schaumbetone, unter dem Sammelbegriff Porenbeton bekannt, wurden laut VOSS [25] und [14] mit Trockenrohichten von 0,6 bis 0,8 Mp/m^3 hergestellt, die übrigen Leichtbetone mit Wichten im Bereich von 6,0 bis 16,0 Mp/m^3 . Als Zuschlagstoffe dienten vorzugsweise Bims, Hochofenschlacken, Ziegelsplitt, Tuff und Blähton. Die Poren beim Porenbeton werden nicht wie beim Leichtbeton durch Zuschlagstoffe gebildet, sondern durch die Zugabe von Treibmittel, die Gas- oder Schaumblasen im Frischbeton erzeugen. Als Treibmittel für den Gasbeton wurden gerne Aluminiumpulver oder Steinkohlenflugasche verwendet.

KALLEJA und FLÄMIG [34] stellen zudem fest, dass die Anfang der 50er Jahre überbliebenen Relikte des zweiten Weltkrieges, wie Ziegel und Trümmersplitt, sich gut als Hauptrohstoff für die Herstellung von haufwerksporigen Elementen eigneten. Von regionalen Faktoren abhängig wurden weitere Zuschlagstoffe, wie etwa Blähton, Hüttenbimbs und Schlacken, ergänzt

Bei der Fertigung von bewehrten, einschichtigen Tafeln ist der Stahl laut HALÁSZ [7] durch spezielle Maßnahmen vor Korrosion zu schützen, da Feuchtigkeit durch die poröse Struktur des Betons leicht eindringen kann. Dabei ist es jedoch notwendig den Haftverbund zwischen der Stahleinlage und dem Beton nicht zu vermindern.

Der Bewehrungsstahl wird folgendermaßen vorbehandelt:

- 1) „ Die Bewehrung wird mit einem Überzug aus einer Suspension von Anteilen hydraulischen Zements und Gummis versehen. Diese Schicht bildet zunächst einen zähflüssigen Film auf der Stahloberfläche, der während der Dampfbehandlung des Betons erhärtet und dann sowohl am Stahl wie am Beton gut haftet und gleichzeitig den Korrosionsschutz sicherstellt.
- 2) Eine Umhüllung des Stahles mit reinem Zementbrei ohne Zusätze führt nur dann zu einem genügenden Rostschutz, wenn der Wasserzementfaktor des Breies höchstens 0,35 beträgt. Die Zementschicht muss hierbei durch zweimaliges Eintauchen aufgebracht werden. Der Zement und die Zuschlagstoffe dürfen keine rostfördernden Stoffe enthalten. Allerdings kann auf diese Weise keine dampfdichte Haut gebildet werden, so daß die Wirkung bezüglich des Rostschutzes weitgehend von der Zusammensetzung des Leichtbetons abhängt.“

Ein Vorteil der Leichtbetonplatten ist ihr geringes Gewicht. So wiegt ein geschosshohes, schmales Wandelement etwa 120 kg und kann folglich auch von Hand versetzt werden. Als Nachteil ist das relativ große Nachschwinden dieser Betonarten und der damit verbundenen Anfälligkeit gegenüber Beschädigung bei Transport und Montage anzuführen. Daher erweist sich ein werkseitiges Aufbringen des Putzes als ungeeignet und muss auf der Baustelle durchgeführt werden.

Die Temperaturdifferenz zwischen Wandaußen- und Innenseite wird durch den einschichtigen Aufbau innerhalb dieser Schicht abgebaut, was sich vor allem in den Wintermonaten durch große Temperaturunterschiede innerhalb der Leichtbetonschicht widerspiegelt. Um Temperaturunterschiede, als auch Tauwasserniederschlag an der Wandinnenseite zu vermeiden, ist es erforderlich die Außenwand aus Materialien aufzubauen, die dem Wärme- und Wasserdampfdurchgang etwa den gleichen Widerstand entgegensetzen.

In Konsequenz der starken Temperaturunterschiede innerhalb der tragenden Außenwandplatte und der damit verbundenen unterschiedlichen Längsdehnungen der Wandinnen- gegenüber der – außen- seite können Krümmungen der Wand entstehen. Derartige Deformationen können zu undichten Fugen und Schäden an den Verbindungsmitteln führen. In **Abb. 4.3** ist beispielweise eine sich im Winter nach innen biegende Wand dargestellt. Während die Horizontalfuge im Außenbereich entlastet ist, wird die Innenseite zusammengepresst. Darüber hinaus entsteht durch die Krümmung der Wand eine Exzentrizität der Normalkraft, die zu einer zusätzlichen Biegebeanspruchung führt.

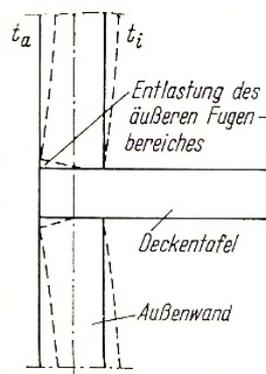


Abb. 4.3: Deformation einer einschichtigen Außenwand bei $t_a < t_i$, aus HALÁSZ [7]

Einschichtige Wandelemente sind bei ordnungsgemäßer Ausführung und entsprechender Materialwahl gleichwertig gegenüber Schichtkonstruktionen und Verhalten sich bauphysikalisch ähnlich einem Ziegelmauerwerk.

In **Abb. 4.4** werden typische einschichtige Wandaufbauten mit ihren Eigenschaften dargestellt.

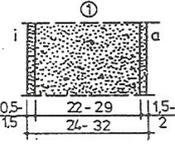
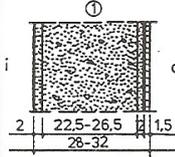
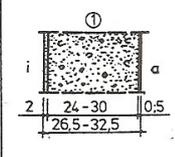
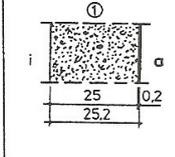
Lfd. Nr.	Wandaufbau	Querschnitt	Anwendungsbereich Zeitraum	Wärmedurchlaßwiderstand $1/\Lambda$ [m ² ·K/W]	Feuerwiderstandsklasse (nach DIN 4102 T. 4)	Bewertetes Schalldämmmaß R'_w (nach DIN 4109 Bbl.1) [dB]
(3)	1 Leichtbeton mit - Blähton - Brechsand - Zement $Q = 1250 - 1300 \text{ kg/m}^3$ oberflächenfertig mit Putzschicht innen und außen		Plattenbauweise (mehrgeschossig) - P1 1958 - 1970 - P2 (Giebel) 1966 - 1975 - P - Halle 1964 - 1986	0,40 - 0,65	F 180 A	48 - 52
(4)	1 Leichtbeton mit - Hochofenschlacke - Hüttenbims - Ziegelsplitt - Naturbims - Blähton - Blähschiefer $Q = 1250 - 1500 \text{ kg/m}^3$ oberflächenfertig mit Feinbetonschicht innen und Keramik in Feinmörtelschicht außen		Plattenbauweise (vielgeschossig) - QP 64 1965 - 1973 - QP 71 (Längswand) 1973 - 1983	0,40 - 0,55	F 180 A	51 - 53
(5)	1 Porenbeton $Q = 700 \text{ kg/m}^3$ ab 1980 $Q = 600 \text{ kg/m}^3$ Brüstungs- und Pfeilerelemente mit Putzschicht innen und über- strichenem Glas- seidenmischgewebe oder Putzschicht außen		Streifenbauweise - Schwerin - Rostock - Neubrandenburg - Magdeburg 1968 - 1989 (Werk Parchim)	$s = 24 \text{ cm}$ 1,05 - 1,15 $s = 30 \text{ cm}$ 1,45	F 180 A	41 - 43
(6)	1 Porenbeton $Q = 700 \text{ kg/m}^3$ ab 1980 $Q = 600 \text{ kg/m}^3$ aus einzelnen, be- wehrten, streifen- förmigen Elementen zusammengeschraubte Wand; außen mit Kunst- harzputz		Plattenbauweise - Leipzig 1975 - 1987 (Werk Laußig)	1,05 - 1,20	F 180 A	i.M. 41

Abb. 4.4: Einschichtige Wandaufbauten, aus KOHL und KOLLOSCHÉ [16]

4.1.2 Mehrschichtige Außenwandtafeln

HALASZ [7] führt an, dass sich bei Großtafelbauten für tragende, als auch für nichttragende Außenwände der mehrschichtige Aufbau durchgesetzt hat. Dies hat vor allem den Vorteil, dass man die einzelnen Schichten des Querschnittes den statischen und bauphysikalischen Anforderungen entsprechend anpassen kann.

Die Außenwandtafeln bestehen unabhängig von ihrem Aufbau nach HALÁSZ und TANTOW [7] und NODOUSHANI et al. [18] zumindest aus folgenden Schichten:

Tragender Betonkern

Der Betonkern liegt entsprechend dem Wandaufbau an der Innenseite oder Außenseite der Wand und dient der statischen Lastabtragung. Der Kern wurde mit einem gut verdichteten Beton ausgeführt und erforderlichenfalls mit einer Bewehrung versehen, wobei eine Mindestdicke für tragende Schichten mit 14 cm vorgeschrieben wurde. In Abschnitt 4.1.2.1 und 4.1.2.2 werden die zwei- und dreischichtigen Wandaufbauten und die typischen Abmessungen der tragenden Bauteile näher beschrieben und dargestellt. Auch für nichttragende Außenwandelemente von Querwandssystemen wurden Betonkerne mit reduzierten Dicken von etwa 8 cm verwendet.

Wärmedämmschicht

Die Wärmedämmschicht wurde innen- oder außenliegend angeordnet. Es wurden vor allem Hartschaumplatten, wie z.B. Styropor, verwendet.

Wie oben schon angemerkt, erfolgt die Ausführung der mehrschichtigen Außenwandkonstruktionen zwei- oder dreischichtig:

4.1.2.1 Zweischichtige Außenwände

Die zweischichtigen Außenwandelemente, wie in **Abb. 4.5** ersichtlich, sind entsprechend BAUER et al. [14] und KOHL, KOLLOSCHE [16] tragende Elemente aus Normalbeton/ Leichtbeton und wurden mit innenliegender sowie außenliegender Wärmedämmung ausgeführt. Allerdings wurden Systeme mit innenliegender Dämmschicht nur für Längswände angewendet. Die zweischichtigen Außenwandkonstruktionen wurden primär im mehr- und vielgeschossigen Wohnbau eingesetzt, wie z.B. beim Typ P2 und Halle .

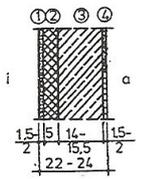
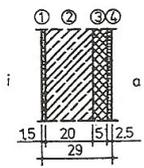
Lfd. Nr.	Wandaufbau	Querschnitt	Anwendungsbereich Zeitraum	Wärmedurchlaßwiderstand $1/\Lambda$ [$m^2 \cdot K/W$]	Feuerwiderstandsklasse (nach DIN 4102 T. 4)	Bewertetes Schalldämmmaß R'_w (nach DIN 4109 Bbl.1) [dB]
(1)	mit innenliegender Wärmedämmung 1 Putz 2 HWL 3 Normal- oder Leichtbeton 4 Oberfläche, beklebt, Feinbeton mit Keramik oder Sichtbeton mit Anstrich		Plattenbauweise - P2 1966 - 1989 - Giebelwände für Blockbauten in Cottbus/Hoyerswerda, Leipzig 1965 - 1989	0,55 - 0,65	F 90 A	54
(2)	mit außenliegender Wärmedämmung 1 Putz 2 Normalbeton 3 HWL 4 Feinbetonschicht		Plattenbauweise - P2 Cottbus	0,55	F 180 A	54

Abb. 4.5: Zweischichtige Wandaufbauten, aus KOHL und KOLLOSCHÉ [16]

4.1.2.2 Dreischichtige Außenwände

Der Großteil der industriell errichteten Wohnbauten wurde mit dreischichtigen Wänden ausgeführt. Gemäß BAUER et al. [14] und KOHL, KOLLOSCHÉ [16] handelt es sich dabei um tragende Elemente aus Normalbeton mit einer Wärmedämmschicht und einer außenliegenden Wetterschutzschicht. Der Kern wurde in Abhängigkeit der Belastung mit Dicken zwischen 10 cm und 16 cm ausgeführt. Die Wärmedämmschicht wurde vor der inneren Betonschale angeordnet und ist meist 2,5 cm bis 6,0 cm dick. Dieser Wandaufbau stellt im Vergleich zur zweischichtigen Konstruktion eine Verbesserung des Wärme- und Feuchteschutzes dar. In **Abb. 4.6** werden mögliche Ausbildungen von ausgeführten, dreischichtigen Wänden dargestellt.

Betonvorsatzschale

Laut [7] wird die Außenwandtafel häufig durch eine Betonvorsatzschale bzw. Wetterschale abgeschlossen. Bei der Wahl einer geeigneten Schichtdicke ist der Einfluss der Auflagerbedingungen und Temperaturbeanspruchung zu berücksichtigen. So führt etwa eine intensive Sonneneinstrahlung zu einer starken Erwärmung der Schale und einer daraus resultierenden großen Längenänderung. Wenn nun die Vorsatzschale starr am tragenden Betonkern gehalten wird, kann es zur leichten Rissbildung kommen. Aus diesem Grund werden Vorsatzschalen zumeist mindestens 6 cm dick ausgebildet und mit einer leichten Baustahlgewebematte bewehrt. Des Weiteren werden die Schalen möglichst beweglich angebracht, um die entstehenden Spannungen zu begrenzen.

Die äußere Schicht der Vorsatzschale wurde mit unterschiedlichen Ausführungsformen ausgebildet:

- Sichtbeton in verschiedenen Farbtönen durch die Zugabe von eingefärbten Zement
- Sichtbeton mit Oberflächenstruktur
- Verkleidung der äußeren Betonschicht durch Fliesen, Ziegel oder Mosaik
- Anstrich des äußeren Sichtbetons

Laut HALÁSZ und TANTOW [7] und KOHL, KOLLOSCHÉ [16] muss die Verbindung der Betonvorsatzschale mit der tragenden Innenschicht Bewegungsmöglichkeiten zulassen, um entstehende Temperaturspannungen zu minimieren. Demnach eignen sich am besten Verbindungsmittel wie Traganker und Nadeln aus rostfreiem Stahl als auch Mangan-Bronze-Legierungen. Die Traganker dienen zur Übertragung der Eigenlast der Wetterschutzschicht in die Tragschicht, während die Nadeln die einwirkenden Windsoglasten in die Wetterschutzschicht einleiten. Die Verbindung durch Betonstege wurde möglichst vermieden, da die Gefahr des Auftretens von Wärmebrücken gegeben war.

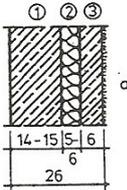
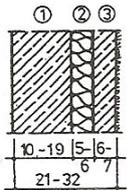
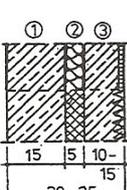
Lfd. Nr.	Wandaufbau	Querschnitt	Anwendungsbereich Zeitraum	Wärmedurchlaßwiderstand $1/\Lambda$ [m ² ·K/W]	Feuerwiderstandsklasse (nach DIN 4102 T. 4)	Bewertetes Schalldämmmaß R'_w (nach DIN 4109 Bbl.1) [dB]
(1)	1 Tragschicht aus Normalbeton		Plattenbauweise - WBS 70 1972 - 1990 - P2 - Ratio 1976 - 1989	1,35 - 1,45	F 90 A	54 - 55
	2 Wärmedämmung aus Polystyrol oder Mineralfaserdämmplatte		- Wohnhochhäuser 1969 - 1989		F 120 A - F 180 A	52 - 57
	3 Wetterschutzschicht aus Normalbeton - bekiest - besplittet - keramische Bekleidung - Strukturbeton		- P2-Giebelwand (vielgesch.) 1965 - 1986 - QP 71-Giebelwand 1973 - 1985		F 90 A	57 - 59

Abb. 4.6: Dreischichtige Wandaufbauten, aus KOHL und KOLLOSCHÉ [16]

4.1.3 Einschichtige Innenwandtafeln

HALÁSZ [7] hält fest, dass vergleichsweise zu den Außenwänden bei den Innenwänden die Anforderungen hinsichtlich der Bauphysik und des Schallschutzes wesentlich geringer sind. Es sind lediglich für Wohnungstrenn- und Treppenhauswände Ausführungen zu wählen, die erhöhte Aufgaben des Schallschutzes und eventuell der Wärmedämmung zu erfüllen haben.

Insofern wurden tragende Innenwandelemente im Großtafelbau vorwiegend aus raumgroßen, einschaligen Schwerbetontafeln mit einer Mindestwanddicke von 14 cm hergestellt. Wände, deren Querschnitt kein volles Rechteck ergibt, die demnach in ihrem Inneren Hohlräume besitzen, müssen den selben Trägheitsradius aufweisen wie Vollwände mit gleicher Funktion.

4.1.4 Mehrschichtige Innenwandtafeln

Laut HALÁSZ und TANTOW [7] wurden mehrschichtige Innenwandtafeln im Montagebau vereinzelt aus wärme- oder schalltechnischen Gründen angeordnet.

An Wohnungstrennwänden mussten besondere Anforderungen in Bezug auf den Schallschutz gestellt werden. Gemäß dem Bergerschen Gesetz ist der Luftschallschutz der Wand von ihrem Gewicht abhängig. Demnach bieten leichte Wände dem Schalldurchgang nur einen geringen Widerstand. Höhere Dämmwerte lassen sich bei leichten Wohnungstrennwänden durch die Anordnung von zwei biegeweichen Schichten mit dazwischenliegendem Luftraum erreichen.

Aus Gründen der Einsparung an Zement bzw. Beton wurden vor allem in der Sowjetunion dünnwandige, randverstärkte Innenwandplatten mit Luftraum montiert. In HERHOLDT [3] wird solche eine Innenwandplatte dargestellt (**Abb. 4.7**). Eine derartige zweischalige Konstruktion weist nicht nur größere Wanddicken (190 mm) auf, sondern auch einen 2,5-fach größeren Stahlverbrauch im Vergleich zu Platten mit Rechteckquerschnitten. Diese Konstruktion war jedoch nur für Länder mit ausreichender Stahlproduktion von Interesse.

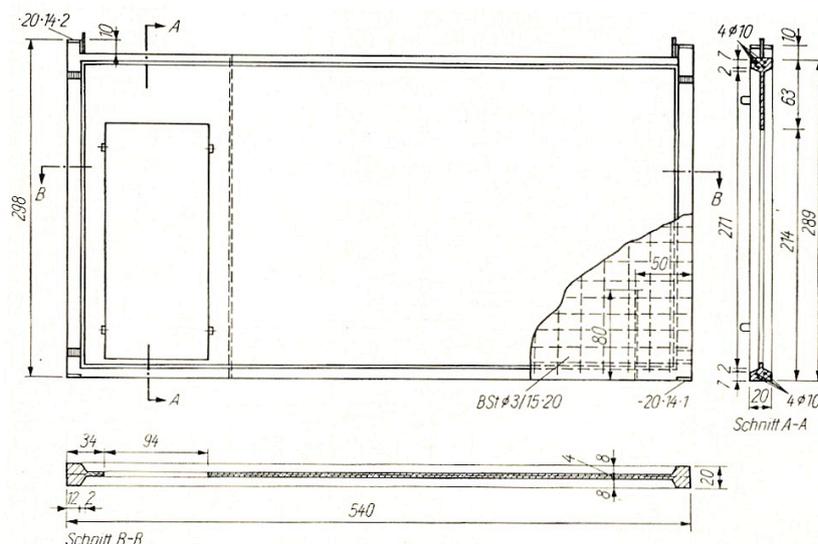


Abb. 4.7: Innenwandplatte mit Randverstärkung (System Lagutenko, UdSSR) laut HERHOLDT [3]

HERHOLDT [3] und SEBESTYÉN [10] befassten sich mit nichttragenden Zwischenwänden bzw. Trennwandelementen, die oft aus leichten Baustoffen vorgefertigt wurden. In zahlreichen Ländern, wie der ehemaligen Sowjetunion und Frankreich, fertigte man verschiedene Trennwandelemente aus Gips an. Die in **Abb. 4.8** dargestellte Porengipswand stellt eine in der DDR entwickelte Zwischenwand dar.

Das Trennwandelement weist eine Dicke von 70 mm auf und besteht aus einem Porengipskern mit beidseitiger Beplankung aus Glasfaservlies und Gips. Die Wände können gebohrt und gesägt werden und ihre Fugen wurden durch schnell abbindenden Gipsmörtel ausgegossen.

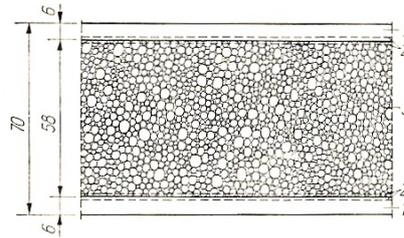


Abb. 4.8: Querschnitt einer großformatigen Porengipswand: 1 Purgipsbeplankung, 2 Glasfaservlies, 3 Porengips nach HERHOLDT [3]

Zu den besonders leichten Innenwandplatten zählten die sogenannten Wabenkernplatten. Wie in **Abb. 4.9** dargestellt, besteht ihr „Kern“ aus einer phenolharzgetränkten Papierwabe, deren Hülle etwa durch Gipsplatten, Sperrholz und Kunststoffplatten gebildet wird.

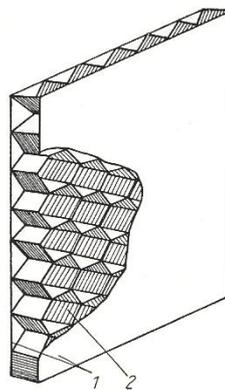


Abb. 4.9: Wabenkernplatte: 1 Beplankung: Aluminium, Sperrholz oder Gips, 2 Papierwabe, nach HERHOLDT [3]

4.2 Konstruktive Ausbildung der Decken

4.2.1 Statische Funktion der Deckentafeln

Deckentafeln haben im Großtafelbau sowie generell im Hochbau zwei Aufgaben zu erfüllen [7]:

- a) Unter der Wirkung als Platten übertragen sie Verkehrslasten sowie ihr Eigengewicht auf die tragenden Wände, auf die sie zwei-, drei- oder vierseitig aufgelagert werden können. Dabei ist eine Ausführung als Einfeldplatte oder durchlaufende Konstruktion möglich.
- b) Sie wirken als Scheiben bei Beanspruchung durch Horizontallasten in ihrer Ebene, die auf die aussteifenden Wandquerschnitte weitergeleitet werden. Dabei kann man davon ausgehen, dass sich die Decken durch die einwirkenden Kräfte eines Geschosses in ihrer Ebene nicht verformen, sondern nur verschieben oder verdrehen können.

4.2.2 Konstruktive Ausbildung der Deckenelemente

Deckentypen

Die Deckentafeln zählen zu jenen Bauteilen, in denen die höchsten Spannungen auftreten. Da das Eigengewicht der Deckenelemente gegenüber der Gesamtbelastung sehr groß ist, wurde ein niedriges Gewicht jener Bauteile angestrebt.

Laut HALÁSZ und TANTOW [7] sind die häufigsten Deckentypen im Großtafelbau (**Abb. 4.10**):

1) Vollbetontafeln

Vollbetontafeln wurden für Stützweiten bis zu etwa 5,0-6,0 m eingesetzt und im idealsten Fall als raumgroße Deckentafeln hergestellt, um die Anzahl der Elemente niedrig zu halten. Oftmals war es jedoch notwendig eine Unterteilung vorzunehmen, um die Einzelgewichte zu beschränken sowie Schwierigkeiten beim Transport zu vermeiden. Die Tafeln weisen eine Dicke von 14 cm bis 16 cm auf mit einem Flächengewicht von 300 bis etwa 390 kg/m². Trotz des größeren Gewichts bewährte sich die Ausführung von Vollbetontafeln aufgrund der einfachen wirtschaftlichen Herstellung.

Vor allem im Bereich von Loggien, Fluren und Treppenhäusern war die Verwendung von kleineren Elementen unumgänglich. So wurden beispielsweise Loggiendecken schon aus rein wärmetechnischen Gründen nicht in einem Stück mit anschließender Deckentafel hergestellt, sondern durch eine umlaufende Wärmedämmung von der restlichen Konstruktion getrennt, um Wärmebrücken zu vermeiden. In Abhängigkeit der Deckenaufteilung und dem statischen System der tragenden Wände wurden Vollbetonplatten zwei-, drei- oder vierseitig aufgelagert. Bei größeren Stützweiten waren auch vorgespannte Vollbetontafeln möglich.

2) Stahlbetonhohltafeln

Durch Aussparungen im Deckenquerschnitt wurde bei Stahlbetonhohltafeln eine Gewichts- und Stahlreduzierung erreicht. Die Aussparungen wurden mit einem kreisrunden, ovalen oder einem rechteckigen Querschnitt ausgeführt. Dieses System wurde vor allem bei einachsigen gespannten Decken eingesetzt, bei denen die Bewehrung parallel zu den Hohlräumen verlegt wurde.

3) Stahlbetonrippen- oder Kassettentafeln

Stahlbetonrippen- und Kassettentafeln konnten ebenfalls aufgrund ihres geringeren Gewichts größere Spannweiten als Vollbetontafeln überbrücken.

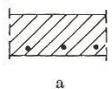
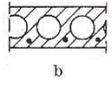
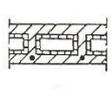
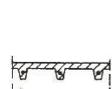
Land	Querschnitt	Bezeichnung	Gewicht [kp/m ²]	Spannweite [m]	Stahl- verbrauch [kg/m ³]
Frankreich (Camus) DDR ČSSR		Vollquerschnitt ohne und mit Vorspannung B 225 ... B 300	300...350	6,00 3,60	5,8 mit Vor- spannung 6,0 ohne Vorspannung
UdSSR DDR ČSSR		Hohlquerschnitt ohne und mit Vorspannung B 160 ... B 300	280	3,60	5,1
Frankreich (Coignet)		Hohlquerschnitt mit verlorener Holzschalung B 225 ohne Vor- spannung	220	3,80	5,27
UdSSR (System Koslow)		Rippen- querschnitt doppelt verlegt B 225 ohne Vor- spannung	175	5,00	6,2

Abb. 4.10: Rohdeckenquerschnitte, HERHOLDT [3]

Gemäß HERHOLDT [3] wurden die Deckenelemente meistens als zweiseitig gelagerte Platten mit einachsiger Längsbewehrung berechnet, außer es war unter Berücksichtigung des maximalen Gewichts möglich raumgroße Deckenelemente zu verwenden.

Auflagertiefen

Den damaligen Richtlinien zufolge musste in der BRD das Nennmaß der Auflagertiefe von Deckenplatten im Montagezustand 5 cm betragen und bei herausstehenden Bewehrungsstäben 3,5 cm. HERHOLDT [3] weist darauf hin, dass in der DDR Auflagertiefen mindestens 60 mm betragen und die obere Längsbewehrung in Abständen von 800 mm über dem Auflager verschweißt wurde. Dadurch wird eine teilweise Einspannung der Decken in den Wandplatten erreicht.

Bei der Auflagerung der Deckenelemente auf den Wänden entstehen im oberen Bereich der Wände Querkraftkräfte, die nach HALASZ und TANTOW [7] folgendermaßen berechnet werden können:

$$Z = \frac{1}{3} P \frac{d - d_1}{d} \quad (4-1)$$

In **Abb. 4.11** ist ersichtlich, dass mit abnehmender Auflagertiefe die Querkraftkräfte in der Wand zunehmen.

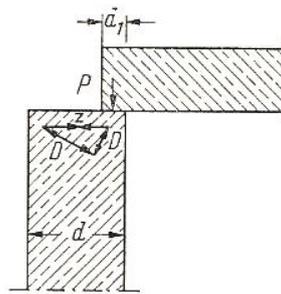


Abb. 4.11: Kraftverlauf im oberen Bereich einer ausmittig belasteten Wandtafel, aus HALÁSZ und TANTOW [7]

Die Verbindung der einzelnen Deckenscheiben durch Fugen wird in Abschnitt 4.4.4 Deckenplattenfugen und Ringanker näher behandelt.

4.3 Konstruktive Ausbildung des Daches

Nach der äußeren Form sind laut HEINRICH (1995) [32] folgende Dachkonstruktionen zu unterscheiden:

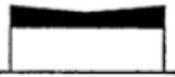
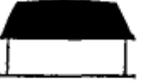
- Steildächer
- Flachdächer
 - * Nach innen geneigt
 - * Nach außen geneigt
- Mansarddächer

Die Mehrheit der Dächer wurde als Flachdach ausgeführt. In der ehemaligen DDR wurden etwa 80 % der industriell vorgefertigten Gebäude mit einem Flachdach errichtet, vorzugsweise mit einem nach innen geneigten Dach. Flachdächer findet man etwa auf 60 % der Block-, und Streifenbauweise sowie auf beinahe allen Wohngebäuden in Plattenbauweise.

Laut HILLEMEIER [40] wurden Steildachkonstruktion ausschließlich bei Wohnbauten in Block- und Streifenbauweise eingesetzt. Vor allem bei Gebäuden mit einer Ofenheizung war es durch den Einsatz eines Steildaches möglich eine gewisse Schornsteinhöhe über dem letzten Geschoss zu gewährleisten.

Ausgehend von den konstruktiven Merkmalen lassen sich, wie in der **Tab. 4.1** ersichtlich, folgende charakteristische Dachtypen unterscheiden, mit besonderem Augenmerk auf ihr Vorkommen in der ehemaligen DDR.

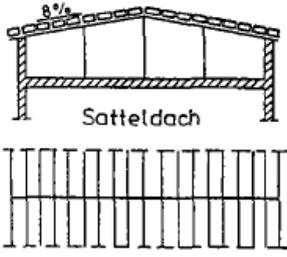
Tab. 4.1: Dachformen bei Wohngebäuden in Fertigteilbauweise (DDR), HEINRICH [32]

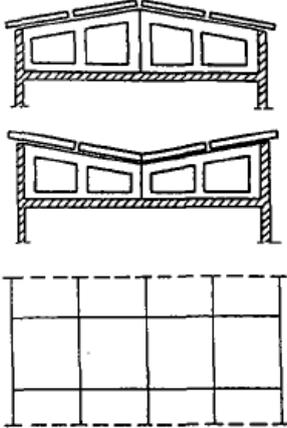
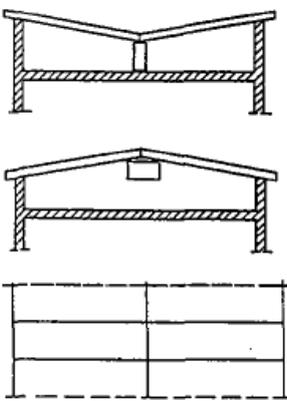
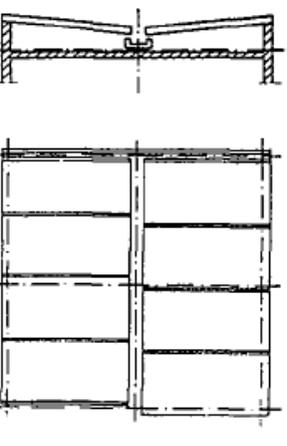
	Steildach	Flachdach nach außen geneigt	Flachdach nach innen geneigt	Mansarddach
				
Dachneigung	75 %	~ 10 % (6 °)	~ 10 % (6 °)	~ 10 %
Dachfläche in m ²	6,1 Mio.	7,5 Mio.	16,5 Mio.	1,4 Mio.
Haupttypenzuordnung	<ul style="list-style-type: none"> • Blockbauweise 0,8 t; 1,1 t • Streifenbauweise 2,0 t 	<ul style="list-style-type: none"> • Blockbauweise 0,8 t; 1,1 t • Streifenbauweise 2,0 t 	<ul style="list-style-type: none"> • Plattenbauweise WBS 70; QP; P-Halle; P2 • Blockbauweise 1,1 t 	<ul style="list-style-type: none"> • Plattenbauweise WBS 70 • Blockbauweise 1,1 t

Die Steildachkonstruktion sowie das Mansarddach werden aufgrund des geringeren Anwendungsumfanges und ihrer ausschließlichen Verwendung bei der Block- und Streifenbauweise nicht näher behandelt. Nachfolgend werden überblicksmäßig die wichtigsten Flachdachkonstruktionen erläutert.

Tab. 4.2 gibt einen Überblick über die Flachdachtypen und ihre Merkmale

Tab. 4.2: Flachdachtypen, HEINRICH [32]

Dachtyp	Systemabbildung	Hauptmerkmale
Flachdach-längsspannend		
mit Hohldielen oder Kassettenplatten	 <p style="text-align: center;">Satteldach</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Stahlbetonfertigteildach • Dachneigung nach außen ~ 10 % • Dachraum belüftet, bekriechbar • Hauptelemente: Stahlbetonhohldielen oder Kassettenplatten, Drempelblöcke, Traufplatten • Dachabdichtung: Bitumenpappe

mit großflächigen Betonplatten		<ul style="list-style-type: none"> • Stahlbetonfertigteildach Dachneigung nach außen, innen ~ 10 % Dachraum belüftet, bekriechbar • Hauptelemente: Stahlbetonvollplatten, Trapezelemente, z.T. Muldenträger/Rinnenträger • Dachabdichtung: Bitumenpappe
Flachdach-querspannend		
Hamad-Dach		<ul style="list-style-type: none"> • Stahlbetonfertigteildach Dachneigung nach außen, innen 8-10 % Dachraum belüftet, bekriechbar • Hauptelemente: Dachkassettenplatten, Muldenträger/Rinnenträger, Firstpfetten, Auflagerböcke • Dachabdichtung: Bitumenpappe
Montagefertiges Dach		<ul style="list-style-type: none"> • Stahlbetonfertigteildach Dachneigung > 6 % nach innen Dachraum belüftet, bekriechbar • Hauptelemente: Stahlbetonkassettenplatten mit Fugensystem, Trogträger, Rinnenträger, Auflagerböcke • Dachabdichtung: Oberflächenbeschichtung in der Vorfertigung, nachträglich Fugenabdichtung und z.T. Dachabdichtung durch Bitumenpappe
Flachdach-unbelüftet		
		<ul style="list-style-type: none"> • Einschaliges Dach Dachdämmung und Dachabdichtung auf oberster Geschossdecke

Generell können Flachdachkonstruktionen in belüftete („Kaltdächer“) und unbelüftete Dächer („Warmdächer“) eingeteilt werden. Das belüftete Dach mit großem, bekriechbarem Dachraum stellt laut HERHOLDT [3] und HEINRICH (1995) [32] die vorherrschende Konstruktion dar.

Flachdach-längsspannend

Bei Plattenbauten mit ausschließlicher Lastabtragung durch die Querwände, die eingangs des Kapitels 4 beschrieben wurde, wurde auch der Dachraum als längsspannende Konstruktion ausgeführt. In Abhängigkeit der Laststufen der einzelnen Fertigteile kamen bei der Block- und Streifenbauweise Flachdächer mit Stahlbetonhohldielen oder Stahlbetonkassettenplatten und bei der Plattenbauweise großflächige Betonplatten zum Einsatz.

Die Elemente aus Stahlbetonhohldielen weisen eine Breite von 60 cm und eine Dicke von 12 cm auf und können Spannweiten von 2,40 m bis 3,60 m überbrücken.

In **Abb. 4.12** wird ein Kassettenplattendach dargestellt. Bei Dachkassettenplatten beträgt das Systemmaß für die Normalplatte 120 cm und die Dicke ist mit 24 cm begrenzt. Es wurden Spannweiten von bis zu 6,0 m erreicht. Um die Durchführung von Schornsteinen und Rohren sowie für Dachausstiege zu gewährleisten, wurden Elemente mit Aussparungen angeordnet. Zur Aufnahme der Wärmedehnungen wurden Dehnungsfugen ausgebildet. Die Auflager für die Dachplatten wurden aus Querwanddrehelblöcken/Giebelblöcken und Trapezbinderbalken gebildet.

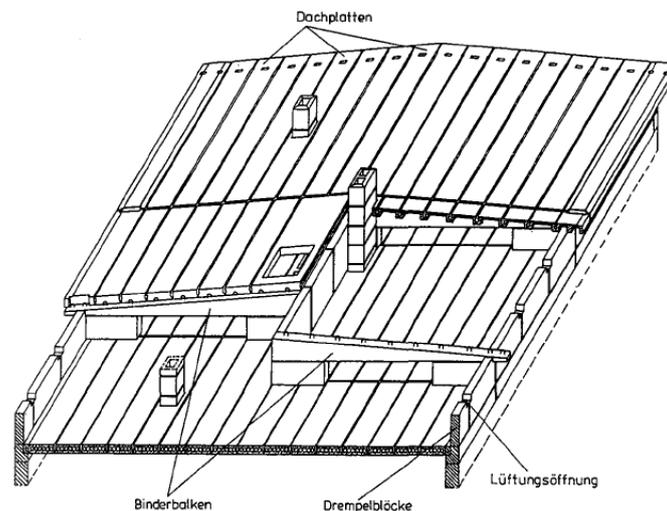


Abb. 4.12: Kassettenplattendach, aus HEINRICH [32]

Mit der Einführung der Plattenbauweise und der damit einhergehenden Möglichkeit Bauelemente mit größerem Gewicht (Laststufe) zu fertigen, wurden auch die Dachkonstruktionen weiterentwickelt. Charakteristisch sind die großflächigen Vollbeton-Dachplatten (B160), die etwa eine Dicke von 10 cm aufweisen und auf Trapezelementen aufliegen.

Dieser Dachtyp wurde sowohl mit einem nach außen als auch einem nach innen geneigten Dach ausgebildet. In **Abb. 4.13** ist das nach außen geneigte Dach mit seinen Hauptelementen dargestellt. Bei einem nach innen geneigten wurden an den Giebelwänden Attikalösungen ausgeführt (**Abb. 4.14**). Die Dachplatten wurden dabei in jeder zweiten Stoßfuge im Auflagerbereich miteinander verschweißt. Die übrigen Stoßfugen wurden als Dehnungsfugen ausgebildet. Für die Schornsteine werden hier ebenso, wie bei den zuvor beschriebenen Dachtypen, Elemente mit Aussparungen verwendet. Die Innentwässerung des nach innen geneigten Daches erfolgt prinzipiell über einen Rinnenträger in der Dachmitte.

In den neuen deutschen Bundesländern wurde der Bautyp P1 mit einem nach außen geneigten Dach und der Bautyp P2 mit einem nach innen geneigten Dach ausgeführt.

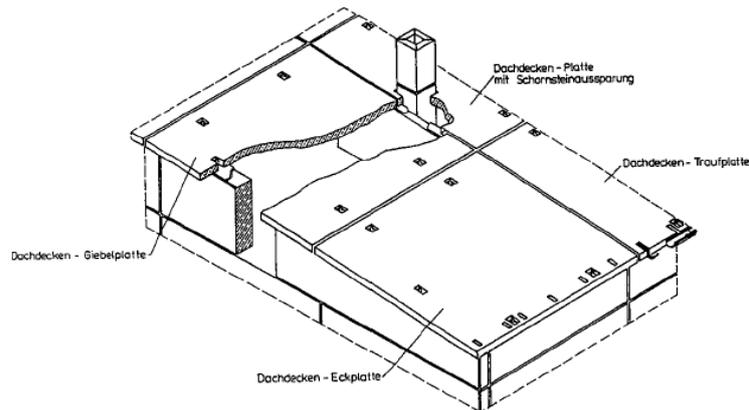


Abb. 4.13: nach außen geneigtes Dach, aus HEINRICH [32]

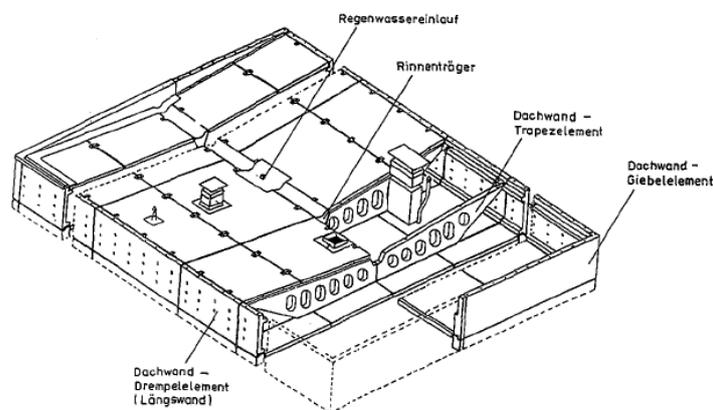


Abb. 4.14: nach innen geneigtes Dach, aus HEINRICH [32]

Flachdach-querspannend

Bei dieser Flachdachkonstruktion wurden ausschließlich Dachkassettenplatten verwendet und quer zur Gebäudelängsachse gespannt. Sie liegen zum einen auf der Längsaußenwand und zum anderen auf speziellen Unterstützungselementen in der Längsachse.

Es lassen sich prinzipiell zwei Ausführungsvarianten unterscheiden:

- Dachsystem „Hamad“- Universallösung für alle Bautypen
- Montagefertiges Dach- spezielle Lösung für die WBS 70

Das Hamad-Dach ermöglichte Dachausführungen mit nach innen- oder außengeneigten Dachkassettenplatten (B300). In **Abb. 4.15** wird ein nach innen geneigtes Hamad-Dach dargestellt. Als Unterstützungselemente dienten Muldenträger oder Firstpfetten, die auf Auflagerblöcken aufgelagert wurden. Die Muldenträger dienen in erster Linie zur Aufnahme der Regenwasserabläufe. Die Dachplatten wurden mit Spreizdübeln zur Befestigung von Regenrinnen, Rinneneinhängen und Stirnleisten versehen. Die Giebel- und Drempel-elemente wurden durch Dollen miteinander verbunden.

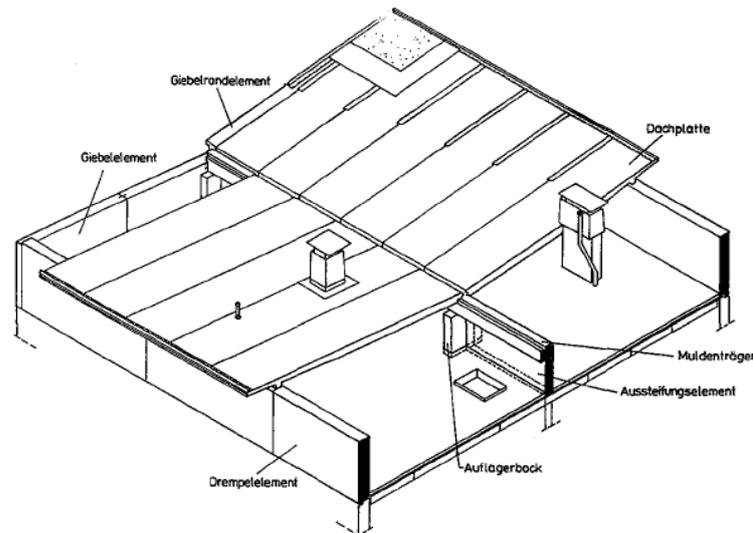


Abb. 4.15: nach innen geneigtes Hamad-Dach, aus HEINRICH [32]

Im Zuge der Entwicklung der WBS 70 mit einem maximalen Elementgewicht (Laststufe) von 6,3 t wurde auch ein für diesen Bautyp spezielles montagefertiges Dach entworfen. Das Ziel war die Erreichung einer vollen Funktionsfähigkeit des Daches unmittelbar nach der Montage. Die Herstellung der Dachabdichtung sowie der An- und Abschlüsse auf der Baustelle sollten entfallen.

Wellbetondach

Als eine weitere Ausführungsvariante des Kaltdaches wird in HERHOLDT [3] das vorgespannte Wellbetondach angegeben. Die Wellbetonfertigteile sind über eine Breite von 120 cm gewellt und in Längsrichtung etwa 7,0-9,0 m mit hochwertigen Stahldrahnten (Stahlgüte St 150) vorgespannt. Das Dachelement wurde zudem durch Verstärkungsrippen verwindungssteif gemacht (Abb. 4.16).

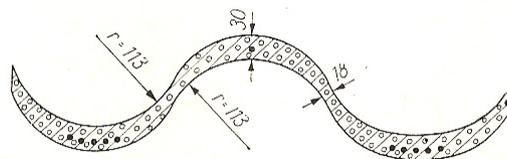


Abb. 4.16: Wellbetondachelement, Betongüte B300, Spannstahl St 150, aus HERHOLDT [3]

4.4 Konstruktive Ausbildung der Fugen

Die durch das Zusammensetzen der industriell gefertigten Tafelenelemente entstandenen Fugen können nach ihrer Lage im Gebäude unterschieden werden:

- Horizontale und vertikale Auenwandfugen
- Innenwand- und Deckfugen

Laut KOMOLI [8] stellen jedoch die Innenwandfugen keine wesentlichen Probleme dar und werden daher nicht näher erläutert. HAMPE [27] bezeichnet die Horizontalfugen auch als Lagerfugen und die Vertikalfugen als Stoßfugen.

In Abhängigkeit des jeweiligen Plattenbautypus (Block-, Streifen-, und Großtafelbauweise) und seiner Auenwandkonstruktion ist nach LEYDOLPH [33] und BAUER et al. [14] sowohl zwischen ge-

geschlossenen und offenen Fugen als auch zwischen einstufig und zweistufig gedichteten Fugen zu unterscheiden.

Die Art der Fugenausbildung ist dabei eng an den Schichtenaufbau der Wandkonstruktion geknüpft, der ein-, zwei- oder dreischichtig ausgeführt worden ist. Einstufig gedichtete Fugen wurden bei ein- und zweischichtigen Außenwandkonstruktionen eingesetzt. So wurden bei der Block- und Streifenbauweise, wie auch bei älteren Wohngebäuden der Plattenbauweise (P1, P2, QP), Fugen vermörtelt und zum Teil mit einer Fugenmasse überspachtelt. Erst Anfang der 70er Jahre wurden die ersten zweistufigen Fugen bei dreischichtigen Außenwandkonstruktionen hergestellt [33].

4.4.1 Anforderungen an die Fugen in bauphysikalischer Hinsicht

Laut HAMPE und GAJEWSKI [27] haben die Fugen zwischen den Außenelementen eines Gebäudes bauphysikalische Aufgaben zu erfüllen. Die mitunter wichtigste Funktion bei der konstruktiven Ausbildung der Fuge ist, dass sie gegen Wind- und Regenwasserdruck völlig dicht ausgeführt ist und das Eindringen von Kälte und Feuchtigkeit in das Gebäudeinnere verhindert wird. Fugen müssen in der Lage sein Formänderungen und Bewegungen der umgebenden Elemente aufzunehmen. Bewegungen in den Außenwandelementen resultieren aus wetterbedingten Schwankungen der Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse, sowie aus Kriech- und Schwindverformungen, Setzungsbewegungen und äußeren Kräften. Die Breite der Fugen zwischen Außenwandelementen ist demnach in Abhängigkeit der zu erwartenden Längenänderungen und Verformungen zu bestimmen. Um Wärmeverluste zu verhindern, kann der Fugenraum mit Wärmedämmstoffen ausgefüllt werden.

Wie bereits in Abschnitt 4.4 einleitend beschrieben, lassen sich Fugen nach unterschiedlichen Prinzipien nach außen hin abschließen. Laut SEBESTYÉN [10] wird bei geschlossenen Fugen das Eindringen von Luft und Wasser (Schlagregen) durch ein dichtes Schließen der äußeren Zone verhindert. Bei offenen Fugen hingegen, erfolgt kein oder nur ein teilweises Schließen der Fuge. BAUER et al. [14] sieht den Vorteil der „offenen“ Fuge gegenüber der „geschlossenen“ Fuge in der Verringerung von Durchfeuchtungen der Außenwand in den Fugenbereichen. Das Eindringen von Luft und Wasser wird dennoch durch andere Faktoren bzw. durch die Formgebung der Fuge verhindert. Zweistufig gedichtete Fugen haben im Gegensatz zu einstufig gedichteten Fugen einen besseren Schutz.

Ausbildung der horizontalen Außenwandfuge

HALÁSZ [7] gibt an, dass für die Ausbildung der horizontalen Fugen gegen die vorherrschenden Drücke verschiedenste Arten an dauerelastischen und dauerplastischen Kittens sowie Kunststoffprofile verwendet werden. Zur Ableitung von eingedrungener Feuchtigkeit werden innerhalb des Fugenprofils Schwellen und eventuell Regenauslässe angeordnet.

Eine Garantie für die absolute Dichtigkeit des Dichtungsmittels während der gesamten Nutzungsdauer kann jedoch nicht nachgewiesen werden. BERNDT [24] weist auch darauf hin, dass die Fertigung von sauberen, glatten und lunkerfreien Fugenkanten schwierig ist. Ausbesserungen müssen durch einen Mörtel mit guter Haftfähigkeit vorgenommen werden, um ein Abreißen der Dichtung zu verhindern. Aus diesem Grund ist es laut HALÁSZ und TANTOW [7] und BERNDT [24] notwendig, dass die Außenwandfuge auch bei Versagen der Dichtungsmittel allein durch ihr Fugenprofil eine wirksame Feuchtigkeitssperre darstellt.

Wie vorab erwähnt, besitzt gemäß BAUER et al. [14] die zweistufig gedichtete Fuge im Vergleich zur einstufig gedichteten Fuge (siehe **Abb. 4.17**) eine höhere Funktionssicherheit. Die Sicherheit ist im Wesentlichen von der Schwellenhöhe abhängig.

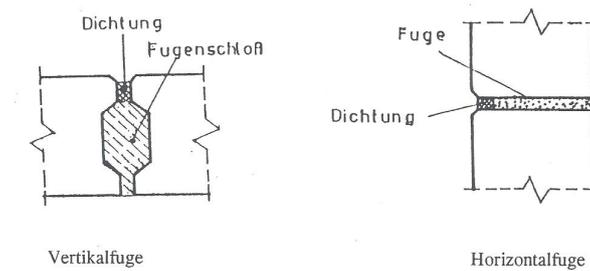


Abb. 4.17: einstufig gedichtete Fuge, aus BAUER et al. [14]

HALÁSZ [7] beschreibt (Abb. 4.18):

„Ist die Höhendifferenz h im Verlauf des Fugenprofils kleiner als der Staudruck (ausgedrückt durch die Druckhöhe einer entsprechenden Wassersäule), so ist die Gefahr des Eindringens von Regenwasser unter starkem Winddruck bei Versagen der übrigen Dichtungsmittel vorhanden.“ (Abb. 4.18 a)

„[...] Man sollte also die Höhe h der Schwelle stets so bemessen, daß sie größer als die Höhe einer dem Staudruck entsprechenden Wassersäule ist.“ (Abb. 4.18 b)

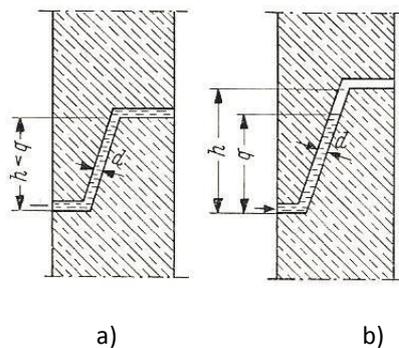


Abb. 4.18: Feuchtigkeitsspiegel in horizontalen Außenwandfugen, aus HALÁSZ und TANTOW [7]:

h = Höhe des vertikalen Fugenversatzes, q = Staudruck a) $h < q$, b) $h > q$

Bei Gebäuden mit einer Höhe von 8-20 m wurden Schwellen in der Regel mit 110 mm ausgeführt.

Ausbildung der vertikalen Außenwandfuge

Mögliche Konstruktionsarten der vertikalen Außenwandfuge werden in Abb. 4.19 in HALÁSZ und TANTOW [7] und KOHL, KOLLOSCH [16] erläutert.

In Abb. 4.19 a) wird die Fuge vollkommen mit einem Dichtungsmittel aufgefüllt, also als eine einstufig, geschlossene Fuge ausgeführt. Bei dieser Ausführungsart besteht die Gefahr, dass durch kleine Spalten oder Ritzen zwischen Beton und Dichtungsstoff Feuchtigkeit kapillar nach innen gezogen wird und folglich Schäden entstehen.

Dieser Situation kann durch die Anordnung eines Hohlraumes nach Abb. 4.19 b) hinter der äußeren Dichtung entgegengewirkt werden. Kommt es durch Risse zu dem Eindringen von Feuchtigkeit in den Fugenraum, so fließt diese entlang der vertikalen Wandkanten nach unten und wird in regelmäßigen Abständen durch Öffnungen wieder nach außen geleitet.

Wie in Abb. 4.19 c) dargestellt, eignen sich hierfür am besten profilierte Lufträume, in denen die eingetretene Feuchtigkeit entlang einer Führungsrille abwärts abgeleitet werden kann. Ist eine derartige Profilierung des Luftraumes nicht vorhanden, so ist es zweckmäßig die Wärmedämmschicht im

Ortbetonraum mit einer Sperrschicht zu versehen (**Abb. 4.19 d**)). Jedenfalls ist eine Verbindung der Außenwandfuge mit dem Luftraum sinnvoll um Luftdruckdifferenzen auszugleichen.

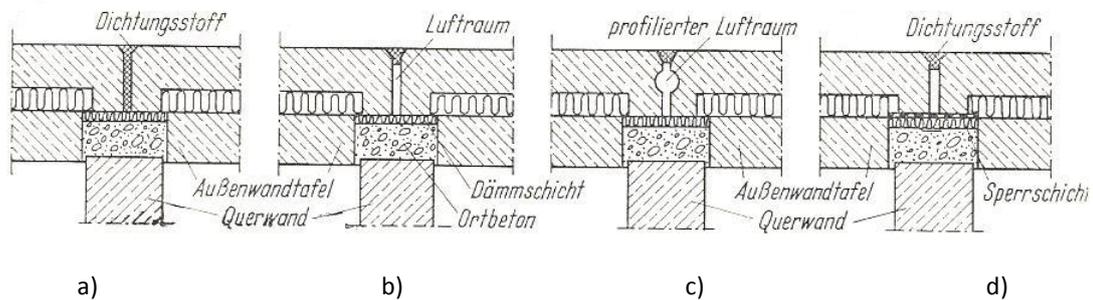


Abb. 4.19: Vertikale Außenwandfugen nach HALÁSZ und TANTOW [7]:

a) Vertikale Außenwandfuge ohne Luftraum, b) Vertikale Außenwandfuge mit Luftraum, c) Vertikale Außenwandfuge mit profiliertem Luftraum, d) Vertikale Außenwandfuge mit Luftraum und durch eine bituminöse Schicht geschützter Luftraum

Offene Vertikalfugen mit Entwässerung und Sperrschicht wurden vor allem bei Gebäuden in Plattenbauweise mit dreischichtigem Schichtenaufbau eingesetzt. Eine Möglichkeit der „offenen Fugenausbildung“ ist in **Abb. 4.20** ersichtlich:

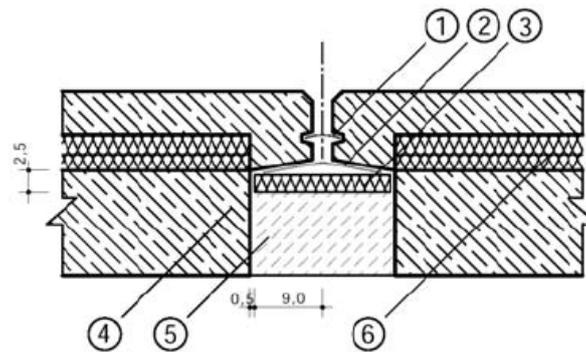


Abb. 4.20: offene Vertikalfuge, aus LEYDOLPH [33]:

1 Schlagregenschutzstreifen, 2 Windsperre, 3 Dämmstreifen, 4 Stahlbetonelement, 5 Mörtel, 6 Dämmung

Dichtigkeit der Fugen gegen Kapillarwasser

HALÁSZ [7] beschreibt, dass Spalten und Ritzen, deren Abmessungen 0,1-0,2 mm betragen, aufgrund ihrer Kapillarität Feuchtigkeit transportieren können. Überschreiten die Abmessungen 0,4-0,5 mm ist die kapillare Saugfähigkeit geringer als der Luftdruck. Dennoch dürfen diese Abmessungen nicht als Mindestdicke von Fugenöffnungen herangezogen werden, da eingedrungene Feuchtigkeit, wie in **Abb. 4.21** dargestellt, in einem kleinen Fugenteil zurückbleiben und mit dem Winddruck nachträglich angehoben werden kann. Durch einen Entspannungsraum im oberen Fugenteil können Schäden dieser Art verhindert werden.

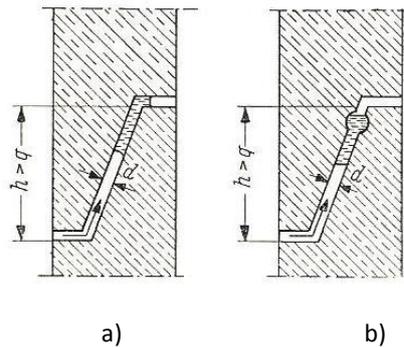


Abb. 4.21: Feuchtigkeitsspiegel in horizontalen Außenwandfugen, aus HALÁSZ und TANTOW [7]:

h = Höhe des vertikalen Fugenversatzes, q = Staudruck a) teilweise Füllung des Fugenraumes mit Feuchtigkeit, b) Anordnung eines Entspannungsraumes

4.4.2 Fugendichtungsmittel

Laut HERHOLDT [3] und HALÁSZ, TANTOW [7] kamen unterschiedliche Dichtungsmittel zur Anwendung:

- Dauerplastische und Dauerelastische Dichtungsmassen
- Vorgefertigte Dichtungsprofile
- Vermörtelte Fugen
- Deckbänder

Dauerelastische und Dauerplastische Dichtungsmassen

Dauerelastische und Dauerplastische Dichtungsmassen sowie die im nächsten Punkt beschriebenen Dichtungsprofile mussten zufolge HALÁSZ und TANTOW [7] folgenden Anforderungen gerecht werden:

- absolute Witterungsbeständigkeit
- Alterungsbeständigkeit
- jahrelange Plastizität oder Elastizität ohne Schrumpfung oder Rissbildung
- Elastizitätsbereich von -30° bis $+125^\circ$
- Dehnungs- und Kontraktionsfähigkeit von mindestens 100° bis zu -20°
- gute Adhäsion an Beton, Stein, Marmor, Glas, Holz und Kunststoffen

BINDER [45] hält fest, dass es grundsätzlich nicht rein elastische oder rein plastische Dichtungsmassen gibt, da jede Fugenmasse sowohl über elastische als auch plastische Anteile verfügt. Das mechanische Verhalten resultiert demnach aus deren mengenmäßigem Anteil. Die „vorwiegend elastische“ Fugenmasse unterscheidet sich von der „vorwiegend plastischen“ durch die Spannungszustände innerhalb der Massen und die Art der Verformung hinsichtlich der Rückstellfähigkeit. Die plastischen Anteile führen zu einer andauernden, nicht reversiblen Verformung. Das heißt, dass die Spannung in der Fugenmasse durch die Formänderung abgebaut wird, während die elastischen Massen im Gegensatz dazu die Spannung nicht abbauen. Sie bleiben unter Spannung und werden vorwiegend in Haftflächen (Flanken) beansprucht.

Zu den dauerplastischen Dichtungsmassen (1-Komponenten Dichtungsmassen) zählen unter anderem Ölkitt, Polyisobutyl-Kitt und Butyl-Kitt [7].

Gemäß HERHOLDT [3] werden dauerplastische Ölkitten „[...] auf der Basis von mineralischen oder vegetabilen Ölen mit absorbierenden Zusätzen unter Beimischung von anorganischen Füllstoffen hergestellt. Diese Kitten bilden infolge der trocknenden Öle nach einigen Tagen an der Oberfläche eine Haut, unter der sie ihre plastische Konsistenz behalten.“ Aufgrund der kleinen Dehnungsfähigkeit zwischen 20-25 % sind Mindestabmessungen der Fugen von 10×10 mm einzuhalten. Durch den Ölgehalt der Dichtungsmasse ist eine ausreichende Oberflächenbenetzung der Fugenwandungen gegeben und es kann auf einen Voranstrich verzichtet werden.

Die Herstellung von Polyisobutyl-Kitten erfolgt auf der Basis von Opanol, dem anorganische Füllstoffe zugesetzt werden. Das Material ist aufgrund von Opanol plastoelastisch und weist ein Dehnungsvermögen von 25 % bis 30 % auf. Gegenüber den Ölkitten besitzen sie eine höhere mechanische Festigkeit.

Butyl-Kitten stellen eine Weiterentwicklung der 1-Komponenten-Dichtungsmassen dar, die auf Grundlage von synthetischem Kautschuk entwickelt werden. Im Gegensatz zu den anderen plastischen Füllstoffen bildet sich oberflächlich nicht eine Haut aus, sondern das gesamte Material verfügt über dauerplastische Eigenschaften mit einem Dehnungsvermögen von etwa 40 %.

Zur Herstellung von geschlossenen, einschichtigen Fugen wurde häufig der Fugendichtstoff Morinol verwendet. Aufgrund seines Asbestgehaltes gilt er heutzutage als stark krebserregend und muss als Problemstoff behandelt werden. Laut LEYDOLPH [33]: „Asbest ist ein Magnesium-Hydrosilikat, das durch Umwandlung infolge Kontaktmetamorphose aus silikatischem Gestein, wie Olivin, Hornblende, Serpentin u. a. entstanden ist.“ Charakteristisch ist die faserige Ausbildung der Mineralfasern. Diese physikalisch-mineralogischen Eigenschaften führen zu einer Aufspaltung der Asbestfasern in immer dünnere Fasern. Asbest war aufgrund seiner Eigenschaften, wie beispielsweise hohe Zugfestigkeit und Elastizitätsmodul, geringe Wärmeleitfähigkeit, chemische Resistenz, Unbrennbarkeit, gutes Adsorptionsvermögen, ein für viele Anwendungsbereiche beliebter Baustoff und wurde bereits vor ca. 4000 Jahren eingesetzt.

Nichtsdestoweniger gehört Asbest zu den stark krebserregenden Stoffen. Die Ursache dafür liegt jedoch nicht an der mineralogischen Zusammensetzung, sondern viel mehr an seinem Auftreten als Feinstaub in Form lungengängiger Fasern. Asbestfasern in der Luft sind für das menschliche Auge nicht sichtbar, resistent gegen die Abwehrmechanismen des menschlichen Körpers und zudem nicht abbaubar.

Morinol ist ein plastischer Kunststoff, der auf Basis von Polyvinylacetat unter der Beigabe von Lösungsmitteln, Füllstoffen und Weichmachern hergestellt wurde. Morinol weist einen Asbestgehalt zwischen 10 % und 40 % auf, wobei die Asbestfasern von der polymergebundenen Kunststoffmatrix fest umschlossen werden. Die Asbestfasern verleihen dem Kunststoff eine höhere Formstabilität unter Temperatureinwirkung und stellen eine „Bewehrung“ des Kunststoffes dar.

Dauerelastische Dichtungsmassen gehören zu den 2-Komponenten-Kitten. Die am weitesten verbreitete Thiokol-Kitt Dichtungsmasse wird durch Vermischen einer Polysulfid-Basis mit einem Härter hergestellt und kann unter Zugabe von Weichmachern eine große Elastizitätsspanne erreichen. Innerhalb eines Temperaturbereiches von -55 ° bis +125 ° ist das Material dauerelastisch und gegen zahlreiche Einwirkungen, wie Sonneneinstrahlung, Ozon, Wasser, Seewasser, Treibstoffe, Öle, Lösungsmittel und zahlreiche Chemikalien beständig. Die Ausnahme stellen jedoch Alkalien und chlorierte Kohlenwasserstoffe dar. Nach einer Vorbehandlung der Flächen kann beinahe auf jedem Material eine hervorragende Haftung erzielt werden.

Das Einbringen der dauerelastischen Fugendichtung erfolgte gemäß nachstehenden Arbeitsschritten (**Abb. 4.22**):

- 1) Ausblasen der Fuge mittels Pressluft
- 2) Einbringen eines Schaumstoffprofils zur Begrenzung der Tiefe der Verfugung
- 3) Aufbringen eines Voranstrichs an den Fugenkanten
- 4) Einpressen der Dichtungsmasse über eine Druckluftpistole
- 5) Abglätten der Fuge

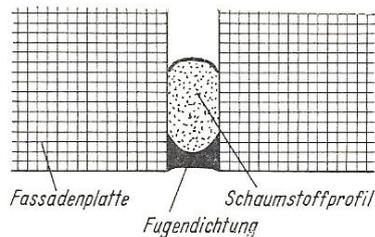


Abb. 4.22: Abdichtung einer Außenwandfuge laut HALASZ [7]

Vorgefertigte Dichtungsprofile

In **Abb. 4.23** wird gemäß HALÁSZ und TANTOW [7] das Abdichten einer Fuge mit einem Vakuumschlauch veranschaulicht. Mit Hilfe einer Vakuumpumpe wird ein Schlauch oder ein Hohlprofil evakuiert und dadurch so flach wie ein Band, das problemlos in die Fuge eingelegt werden kann. Anschließend wird das Profil eingeschnitten bzw. das Mundstück der Vakuumpumpe vom Profil abgezogen, so dass wieder Luft in das Profil einströmt. Da das Material wegen seiner Elastizität das Bestreben hat in die anfängliche Form zurückzukehren, presst sich das Material an die Wandung der Fuge und dichtet diese ab.

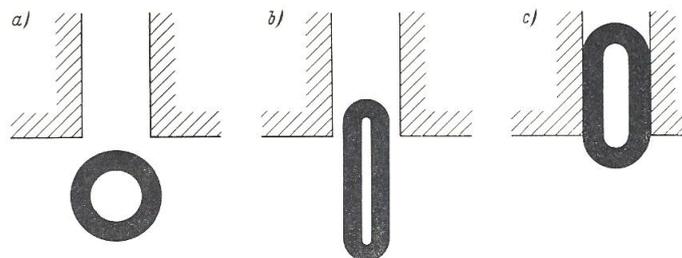


Abb. 4.23: Abdichtung einer Fuge mit einem Vakuumschlauch, aus HALASZ [7]

a) Neoprenschauch vor dem Evakuieren, b) Einführen des evakuierten Schlauches in der Fuge, c) Lage des Dichtungsschlauches in der Fuge nach Wiedereinströmen der Luft

Vermörtelte Fugen

Vermörtelte Fugen sind nach HERHOLDT [3] durch gerade oder leicht gewinkelte Kantenausbildung gekennzeichnet und werden mit elastischem Kitt, Mörtel, Beton oder mit Kitt und Beton geschlossen (**Abb. 4.24**). Vorwiegend kamen diese Fugen bei homogenen Platten zum Einsatz und zeichneten sich durch ihre einfache Ausbildung hinsichtlich der Plattenränder und den geringen Materialkosten aus. SEBESTYÉN [10] weist darauf hin, dass die Verbindung der Großtafelelemente durch Mörtelverguss vor allem zu Beginn der Montagbauweise eine gebräuchliche Methode darstellte. Für mehrschichtige Wandaufbauten mit Oberflächen von 6-15 m² erwiesen sich einfache Mörtelfugen als unzureichend.

Die unterschiedlichen Dicken der Elemente innerhalb einer Fuge führen zu unterschiedlichen Setzungen und Bewegungen, was Risse im Zementmörtel zur Folge hat. Durch die Risse eindringendes Wasser kann große Schäden verursachen.

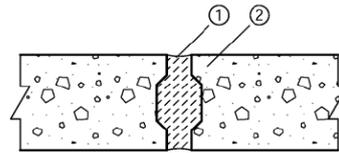


Abb. 4.24: Einstufig gedichtete, geschlossene Fuge, LEYDOLPH [33]

Deckbänder

Deckbänder wurden aus Aluminium und Zink hergestellt und zu Beginn in das Wandplattenteil einbetoniert oder nachträglich in die Fuge eingetrieben. Vor allem bei Leichtbetonquerschnitten dienten sie dem ständigen mechanischen Witterungsschutz, jedoch unter dem negativen Standpunkt von hohen Materialkosten als auch erschwerter Vorfertigung und Montage [3].

4.4.3 Anforderungen an die Fugen der Außenwandtafeln in statischer Hinsicht

MEHLHORN und SCHWING [43] halten fest, dass das Tragverhalten von Gebäuden, die aus fertigen Scheiben gebildet werden, wesentlich durch die Fugen beeinflusst wird, da sie Schwachstellen in der Konstruktion darstellen. In Abhängigkeit der Lagerungsbedingungen der Scheibe und der Belastung treten verschiedene Beanspruchungen auf.

Schubspannungen in den Raumkanten

Großtafelbauten werden wie auch andere Gebäudearten durch Eigengewicht, Verkehrslasten, horizontale Windkräfte, Erdbeben und allenfalls durch ungleiche Setzungen beansprucht.

Gemäß HALÁSZ (1964) [28] ist der Hauptanteil der Spannungen auf das Eigengewicht zurückzuführen. Eine gleichmäßige Verteilung des Eigengewichtes auf den Wänden erzeugt nur Hauptspannungen in lotrechter Richtung. Diese Situation entspricht jedoch im Normalfall nicht der Realität. Herausstehende Laubengänge, ungleichmäßige Belastung der Wände durch Deckenaufleger, vorgehängte Fassadentafeln, nichttragende Schichten von Außenwänden oder zahlreiche Einzellasten führen zu einer unregelmäßigen Verteilung der Normalspannungen in den tragenden Wänden. Zuzufolge der Schwerachse der tragenden Wände entsteht ein Moment, das Schubspannungen in vertikaler sowie horizontaler Richtung hervorruft. Diese Spannungen müssen mit jenen Spannungen aus der Horizontalbelastung überlagert werden.

Wie bereits im Abschnitt 4.2.1 erläutert, kann man annehmen, dass die Windlasten von den Fassadenwänden in die Deckentafeln eingeleitet werden und diese zu einer gemeinsamen Scheibe zusammengefasst werden können.

Der auf die Wandtafeln wirkende Anteil an Horizontallasten kann mit Hilfe der Elastizitätstheorie berechnet werden. Dabei wird angenommen, dass die Deckenscheibe gegenüber den Windlasten unendlich steif ist. Es ist erforderlich, dass die Decken mit den Wänden schubfest verbunden werden.

Die Herstellung einer schubfesten Verbindung der einzelnen Wandtafeln in den vertikalen Raumfugen ist bei Gebäuden mit niedriger Höhe und dementsprechend geringen Horizontalkräften nicht

erforderlich. So werden auch die Zugspannungen aus der Windlast in den horizontalen Fugen durch die Eigengewichtsspannungen überdrückt.

Mit zunehmender Gebäudehöhe wachsen gleichermaßen die Druck- und Zugspannungen, die aus der Horizontalkraft hervorgehen an und übersteigen die Eigengewichtsspannungen.

Gemäß HALÁSZ und TANTOW (1964) [28] : „...könnten auf der einen Seite der Wand so hohe Druckspannungen entstehen, daß eine statische, vertikale Bewehrung erforderlich wäre, während auf der anderen Seite Zugspannungen ein zu weites Aufklaffen der Horizontalfuge und eine Verminderung der Standsicherheit hervorrufen könnten. Man wird dann dazu übergehen, hintereinander in einer Ebene stehende Wände zu einer gemeinsamen Scheibe zusammenzufassen, um so das Trägheitsmoment zu vergrößern. Dann allerdings muß man die unter dieser Voraussetzung in der verbindenden Fuge entstehenden Schubkräfte infolge aller Belastungen berechnen und ihre Aufnahme nachweisen.“

Die Schubkräfte in den Raumkanten kann man bei ausreichender Gebäudehöhe nach den Formeln (4-2) und (4-3) berechnen, wobei die einzelnen Querschnitte als ein am Boden eingespannter Träger betrachtet werden können.

Lastfall Wind:

$$T = \frac{Q(z) \cdot S}{I} \cdot h \quad (4-2)$$

Lastfall Eigengewicht und Verkehr:

$$T = \frac{M \cdot S}{I} \quad (4-3)$$

Mit:

T.....Schubkraft je Geschosshöhe

Q(z).....Querkraft aus Wind an der betrachteten Höhe z

S.....Statisches Moment

I.....Trägheitsmoment des Wandquerschnitts

h.....Geschosshöhe in m

M.....Moment aus Eigengewicht und Verkehr je Geschosshöhe, bezogen auf die Schwerachse des tragenden Querschnitts

Wie eingangs dieses Abschnittes bereits festgehalten wurde, treten in den Fugen, in Abhängigkeit ihrer Lage innerhalb der Scheibenebene sowie der vorhandenen Lagerungsbedingungen der Scheibe selbst, verschiedene Spannungszustände auf. Demzufolge ist nach MEHLHORN und SCHWING [43] das Verhältnis von Normal-zu Schubbeanspruchung der Fuge ortsabhängig. In **Abb. 4.25** werden charakteristische Spannungszustände in den Fugen einer Deckenscheibe dargestellt. Die durch die horizontale Gleichlast beanspruchte Scheibe, wird im Modell vereinfacht als ein „Träger auf zwei Stützen“ betrachtet. Treten Zugspannungen normal zur Fuge auf, so müssen diese durch eine Bewehrung aufgenommen werden.

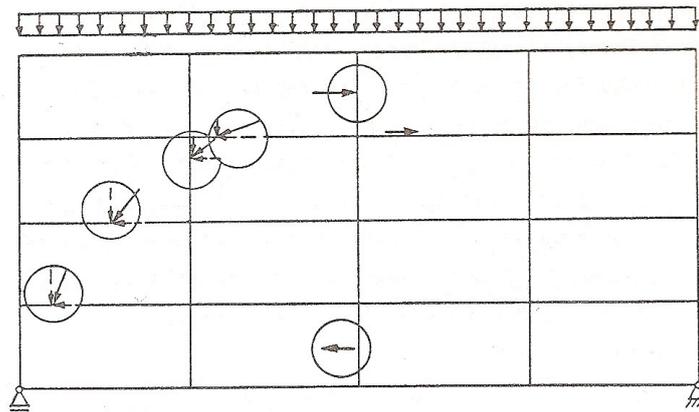


Abb. 4.25: Typische Spannungszustände in den Fugen einer Deckenscheibe, MEHLHORN und SCHWING [43]

4.4.3.1 Ausbildung der Vertikalfugen

Kraftschlüssige Verbindungen der einzelnen Wandtafeln lassen sich nach HAMPE [27] allgemein durch Schrauben, Schweißen oder Betonverguß mit oder ohne Bewehrung herstellen.

Wie bereits erwähnt wurde, können je nach Belastung und statischem System die einzelnen Wandtafeln zu einer Scheibe zusammengefasst werden. Gemäß HALÁSZ und TANTOW [7], [28] müssen die Schubkräfte zwischen den Einzelfaßen durch Verbindungen in den Vertikalfugen mit ausreichender Sicherheit übertragen werden. Die Schubkraft zwischen dem Ortbeton des Fugenraumes und der Wandtafel lässt sich in eine Druckkomponente D und eine Zugkomponente Z zerlegen (Abb. 4.26).

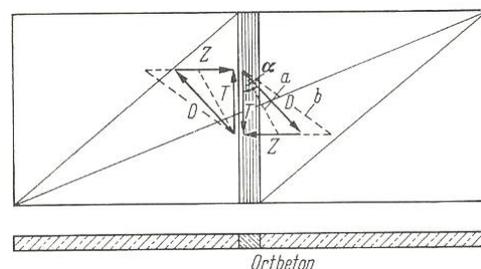


Abb. 4.26: Zerlegung der Schubkraft beim Zusammenschluss von zwei Einzelwänden laut HALÁSZ und TANTOW [7]:

Linie a: Kleine Zugkomponente mit geringer Neigung der Druckkomponenten gegenüber der Vertikalfuge, Linie b: Große Zugkomponente mit stärkerer Neigung der Druckkomponenten gegenüber der Vertikalfuge

Man nimmt vorerst an, dass nur die Neigung der Zugkraft Z bekannt ist. Sie weist die Richtung der herausragenden Bewehrung aus der Wandtafel auf und ist im Allgemeinen waagrecht. Die Neigung der Druckkraft kann man zunächst frei wählen. Legt man die Richtung der Druckkraftkomponente D nach der Linie a fest, so ergibt sich zwar eine kleine Zugkraft Z , jedoch auch eine unter spitzem Winkel geneigte Druckkraft, deren Aufnahme konstruktiv schwierig ist. Wählt man hingegen die Linie b als Neigung der Druckkraft aus, so ist die Zugkraft klein, aber die Druckkraft unter einem steilen Winkel zur Fuge geneigt.

Folglich hat sich die Wahl eines Winkels mit $\alpha \geq 45^\circ$ als sinnvoll erwiesen, so dass Zugkraft und Schubkraft in etwa die gleiche Größe aufweisen.

In **Abb. 4.27** werden die zwei wesentlichen Möglichkeiten zur Aufnahme der Zugkraft dargestellt:

- 1) Aus den Wandtafeln ragen längs der Geschosshöhe Bewehrungsstäbe (Schlaufenbewehrung) heraus, die die Zugkomponente der Schubkraft kontinuierlich aufnehmen.
- 2) Die Zugkraft wird jeweils geschoßweise, punktweise zusammengefasst und z.B. in den horizontalen Ortbetonfugen konzentriert aufgenommen.

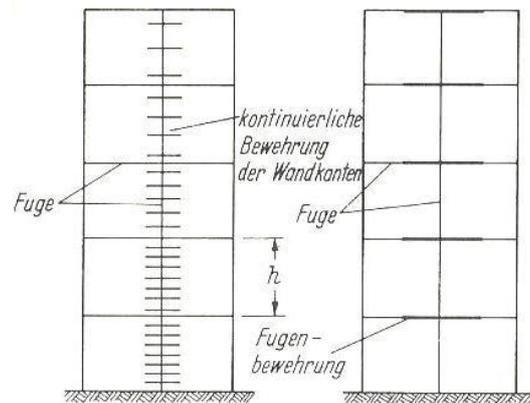


Abb. 4.27: Verbindung einzelner Wandtafeln zu zusammenwirkenden Scheiben, aus HALÁSZ und TANTOW [7]:

a) Kontinuierliche Aufnahme der Zugkomponente der Schubkraft, b) Geschossweise zusammengefasste Aufnahme der Zugkomponente der Schubkraft

Bezüglich der Aufnahme der Druckkomponenten der Schubkraft hält HAMPE [27] fest, dass bei geringen Schubspannungen unter $0,02 \text{ kN/cm}^2$ kein besonderer Nachweis erfolgen muss. Die Aufnahme der schräg gerichteten Druckkomponente kann durch Reibung zwischen Ortbeton und Wandtafel erfolgen. Überschreiten die Schubspannungen eine Grenze von $0,02 \text{ kN/cm}^2$, so muss die Aufnahme der Druckkomponente zusätzlich durch konstruktive Maßnahmen gewährleistet werden. Üblicherweise wird eine Verzahnung zwischen Wand- und Ortbeton hergestellt. Die Wandkanten werden mit einer geeigneten Profilierung ausgebildet, die aufgrund wechselnder Windverhältnisse einen Winkel von unter 45° aufweist und Druckkräfte durch Flächenpressung überträgt.

4.4.3.2 Ausbildung der Horizontalfugen

Die Horizontalfugen zwischen den einzelnen Wandelementen dienen zur Lastabtragung von Horizontal- und Vertikalkräften. Laut MEHLHORN und SCHWING [43] werden die Fugen hauptsächlich auf Druck beansprucht, während die Schubübertragung unbedenklich ist und durch Reibung gewährleistet wird.

Zudem wird der Spannungsverlauf in den Horizontalfugen durch das Verformungsverhalten der Vertikalfugen beeinflusst. In **Abb. 4.28** ist ersichtlich, dass der Normalspannungsverlauf der Horizontalfuge von der Schubübertragung der Vertikalfuge abhängt.

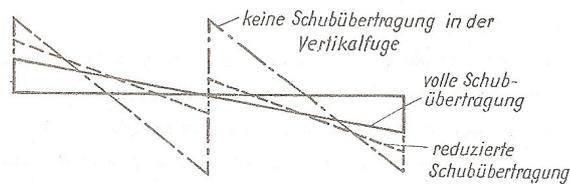


Abb. 4.28: Normalspannungsverlauf in Horizontalfugen von Wandscheiben, aus MEHLHORN und SCHWING [43]

Laut HERHOLDT [3] wurden kraftschlüssige Verbindungen zwischen den einzelnen Wandelementen durch Schweißverbindungen oder monolithische Verbindungen erzielt. Schweißverbindungen ermöglichen selbst in den Wintermonaten eine kontinuierliche Montage, da eine schnelle Standfestigkeit des Gebäudes auch ohne den Einsatz von Absteifungen erzielt werden kann. Die vorwiegend in der DDR und UDSSR eingesetzte Verbindungsmöglichkeit ist charakterisiert durch an den oberen Enden der Kanten frei liegende Flachstäbe, auf die Rundstäbe aufgelegt und verschweißt wurden.

Monolithische Plattenverbindungen stellen die zweite Verbindungsmöglichkeit dar. Dabei werden durch die aus den Decken- und Wandplatten herausstehenden Rundstahlschlaufen Rundstäbe hindurchgesteckt und anschließend durch Ortbeton miteinander verbunden. Nach dem Erhärten des Betons ergibt sich durch die eingelegten Schlaufen und Rundstäbe in den Horizontal- und Vertikalfugen ein leichtes Stahlbetonskelett.

Auch SEBESTYÉN [10] beschreibt im Wesentlichen drei Haupttypen an Verbindungen, deren dritte Ausführung eine Kombination darstellt. Unter einer nassen Verbindung versteht man die Auffüllung der Fugen mittels Mörtel oder Beton. Die trockene Verbindung ist charakterisiert durch das Zusammenschweißen oder Verschrauben der Bewehrungsstäbe und kann in weiterer Folge auch durch das Füllen der Fuge mit Mörtel oder Beton zu einer gemischten Fuge ausgebildet werden. Die vollkommene Verbindung erfolgt durch die Ausbildung von Stahlbetonfugen, die durch Einlegen und Zusammenbinden bzw. Verschweißen der Bewehrung mit anschließendem Betonverguss hergestellt wurde.

Nach HALÁSZ und TANTOW [7] erfolgt die Ableitung der Vertikalkräfte prinzipiell von Wandtafel zu Wandtafel durch den Ortbeton im Fugenraum. Um die Decken möglichst wenig durch die Wandlasten zu beanspruchen, werden diese häufig nur punktweise, konsolartig auf den tragenden Wänden aufgelagert. Um Rissbildungen zufolge ungewollter Einspannung in den Wänden zu vermeiden, kann eine konstruktive Einspannbewehrung vorgesehen werden, die von den Deckentafeln in den Ortbeton ragt. Die Wände werden zumeist auf Hilfspunkten aufgesetzt und schließlich mit Feinbeton unterstopft. Dabei entstehen etwa 1,5 bis 3 cm dicke Ortbetonfugen für die Übertragung der Vertikallasten.

Aufgrund der heterogenen Zusammensetzung der Horizontalfuge aus Fertigteilen sowie der Ver- guß- und Mörtelfugen aus Ortbeton ist die nach MEHLHORN und SCHWING [43] die Traglast der Fuge gegenüber Ortbetonwänden reduziert. Diese Heterogenität ergibt sich aus den unterschiedlichen Verformungsmoduln von Fertigteile und Ortbeton. Ihre Kontaktflächen stellen ferner potentielle Rissflächen dar. Bereits im Bauzustand können Risse infolge Temperatur- und Zwangsbeanspruchungen der Decke auftreten, die sich in den Wänden fortpflanzen. Ein derartiges Rissbild ist in **Abb. 4.29** ersichtlich.

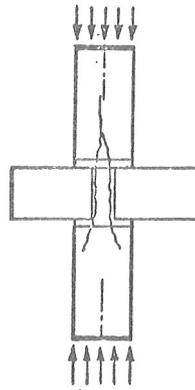


Abb. 4.29: Typisches Rissbild, aus MEHLHORN und SCHWING [43]

In der Regel kommt es bei Knoten mit vertikalen Deckenden zu einem Bruch durch Querzugversagen der Wandenden, wenn diese nicht oder nur ungenügend bewehrt sind. Innerhalb der Deckenhöhen treten bei kraftschlüssigen Kontaktflächen Querzugspannungen durch Spannungsumlenkungen auf. Sind in den Kontaktflächen bereits Risse vorhanden, so kommt es in weiterer Folge zu einer Umlenkung in den Wandenden. Zugspannungsspitzen führen dabei zum Spalten der Wand.

4.4.4 Deckenplattenfugen und Ringanker

HAMPE [27] gibt an, dass sich unabhängig von der Größe der Deckenplatten die Fugen zwischen den Deckenelementen in zwei Gruppen unterteilen lassen. Die erste Fugengruppe überträgt nur Druckkräfte zwischen den benachbarten Deckentafeln, die andere Gruppe hingegen Druck- und Zugkräfte sowie gegebenenfalls auch Momente.

Bei der ersten Gruppe wird die Fuge lediglich durch eine Mörtelfüllung oder einen Betonverguß gebildet. Darüber hinaus werden die Plattenkanten häufig mit einer Längsprofilierung versehen, die eine schnelle und vollständige Füllung des Fugenraumes ermöglichen und ein Ausfließen der Fugenfüllung verhindern.

Die zweite Gruppe an Fugen findet man vor allem bei Deckentafeln, die zu einem Scheibensystem zusammengeschlossen und von Ringankern umgeben werden.

Gemäß HALÁSZ und TANTOW [7] müssen die einzelnen Deckentafeln, die an der Windableitung beteiligt sind, zu einer geschlossenen Deckenscheibe zusammengefügt werden. Da die Beanspruchungen aus der Scheibentragwirkung in den Fugen zwischen den Deckenelementen lediglich durch die Windbelastung verursacht werden, sind die auftretenden Zugkräfte innerhalb der Scheibe nur sehr klein und können demnach unabhängig vom tatsächlichen Spannungsverlauf den Ringankern zugewiesen werden. Daher ist es nicht notwendig einen rechnerischen Nachweis durchzuführen. Es ist jedoch erforderlich, dass bei raumgroßen Deckentafeln nachfolgende Bedingungen eingehalten werden.

- Die Fugen zwischen den Deckentafeln müssen mit Ortbeton vergossen werden
- Die Deckenscheiben müssen von einem Ringanker umschlossen werden, der für eine Zugkraft von mindestens 30 kN zu bemessen ist
- Das Seitenverhältnis eines von Ringanker umschlossenen Abschnitts darf höchstens 1,5 :1 betragen.

Führt man dennoch eine rechnerische Untersuchung, so lässt sich die Windscheibe als wandartiger Träger betrachten, der spezielle Lagerungsbedingungen auf den Wandtafeln aufweist. Die Zugspannungen treten dabei nicht nur am Rand bei den Ringankern, sondern auch im inneren Bereich der Scheibe auf.

Eine kontinuierliche Verbindung der einzelnen Deckentafeln kann man erreichen indem man längs der Deckenkante einen Teil der Bewehrung, z.B. in Form von Matten, Zulagestählen oder Schlaufen, in den Fugenraum ragen lässt.

Eine weitere häufig ausgeführte Maßnahme stellt die Verzahnung der Deckenkante dar. Die hervorstehenden Profile ermöglichen die Aufnahme der Schubspannungen zwischen den einzelnen Deckentafeln, die zu einer horizontalen Scheibe zusammengefasst werden können.

Auch sehr schmale Deckenelemente können zu einer starren Deckenscheibe zusammengefügt werden, wenn eine ausreichende Verzahnung und orthogonale Bewehrung im Ortbeton vorhanden ist.

Laut HAMPE [27] benötigt man für eine bewehrte Deckenplattenfuge in Abhängigkeit vom Fugenquerschnitt etwa $0,01 - 0,05 \text{ m}^3$ Vergussbeton je m.

4.4.5 Decken und Wandaufleger

In **Abb. 4.30** werden nach MEHLHORN und SCHWING [43] gängige Formen der Deckenenden angegeben. Die Lagerfugen wurden mit unterschiedlichen Dicken ausgeführt.

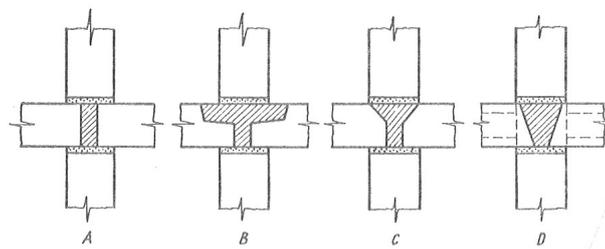


Abb. 4.30: Typisches Rissbild, aus MEHLHORN und SCHWING [43]

HAMPE [27] und MEHLHORN, SCHWING [43] führen an, dass die Auflager der Wandtafeln meist als unbewehrte Mörtelfuge oder als ein „trockenes“ Auflager ausgeführt wurden. Durch diese Verbindung werden Druckkräfte orthogonal zur Fugenfläche als auch parallel zur Fugenfläche angreifende Querkkräfte übertragen.

Bei flächenhafter Auflagerung ist die Ausführung von trockenen Auflagern gegenüber unbewehrten Mörtelfugen möglich, um vor allem die vorhandenen Druckkräfte abzuleiten. Zur Vermeidung von hohen Spannungskonzentrationen ist es erforderlich ebene Auflagerflächen auszubilden. Darüber hinaus muss der Reibungswiderstand in der „trockenen Fuge“ so groß sein, dass unter der Einwirkung der Querkraft ein Gleiten verhindert wird. Bei trockenen Auflagern werden für den Auflageausgleich Neoprenscheiben oder verformbare Stoffe unter die Deckenplatten gelegt.

Durch Wandaufleger ist es zudem möglich Höhenabweichungen zufolge von Maß- oder Montagegenauigkeiten auszugleichen. Zur Erzielung der geforderten Auflagerhöhen wurden „Aufsatzpunkte“, in Form von Hartholz, Keramik- oder Stahlplättchen, höhenverstellbaren Gewindebolzen oder Schraubenhülsen, verwendet. Für die Erzielung einer vollflächigen Auflagerung der Wandelemente bieten sich unterschiedliche Verfahren an.

Werden Aufsatzpunkte aus aufgestapelten oder aufgemörtelten Plättchen, Keilen oder Klötzen gebildet, so bringt man vor dem Versetzen des Wandelements eine Mörtelfuge auf, die folglich bis zur entsprechenden Höhe der Aufsatzpunkte zusammengedrückt wird.

Verwendet man hingegen Gewindebolzen mit Verstellmutter oder Gewindehülsen mit Verstell- schrauben und entsprechenden Widerlagern in den Wandtafeln, so lässt sich ein vollflächiges Auflager nachträglich durch Unterstopfen der Wandtafel erzielen.

Die Lagerfuge kann auch so ausgebildet werden, dass der Fugenraum zwischen den Deckenplatten nicht bis zur Höhe der Deckenoberkante verfüllt wird. Die Wandtafeln können dann nach entsprechendem einnivellieren mit Hilfe von Aufsatzpunkten versetzt werden. Durch nochmaliges Verfüllen des restlichen Fugenraumes wird gleichzeitig eine schubfeste Einspannung der Wandtafel in die Deckenplattenfuge ermöglicht.

4.5 Großtafelbauweise Camus

Die Großtafelbauweise „Camus“ war nicht nur ein in Frankreich erfolgreich eingesetztes Montagesystem, sondern wurde auch in Europa von zahlreichen Ländern in Lizenz übernommen. Hier zu Lande kam es bei der Montagebau Wien GmbH zur Anwendung, auf die in Abschnitt 3.2.3.1 explizit eingegangen wurde. Darüber hinaus zählten zu den Lizenznehmern laut BERNDT [24] beispielsweise die Montagebau Thiele GmbH & Co., Hamburg und die Strabag Bau AG, Berlin mit etwa 6000 bzw. 1800 fertiggestellten Wohnungseinheiten. Dieses System wurde vorrangig für die Errichtung von bis zu 16-geschossigen Gebäuden angewendet. Zudem kam es beim Bau von eingeschossigen und zweigeschossigen Einfamilienhäusern sowie bei Doppel- oder Reihenhäusern zur Anwendung. Infolgedessen werden die wesentlichen Konstruktionselemente bzw. die Verbindungen der einzelnen Elemente anhand dieses Systems näher beschrieben.

HUEMER, MAYER [5] und BERNDT [24] halten fest, dass sich die Errichtung von Gebäuden nach dem Montagesystem „Camus“ ausschließlich auf die Platten- bzw. Großtafelbauweise beschränkte.

Die Fertigung der Elemente erfolgte in stationären Werken, bei der raumgroße Elemente erzeugt wurden. Hergestellt wurden Elemente mit folgenden maximalen Abmessungen: Deckenelemente 4,0×6,0 m, Innenwände 2,6×5,0 m, Fassaden 2,8×6,5 m.

Beim System Camus werden zur Abtragung der Lasten grundsätzlich sowohl die Außen- als auch die Innenwände herangezogen. Die Außenwandplatten nach dem System Camus wurden, wie üblicherweise bei der Plattenbauweise, als dreischichtige Wandelemente ausgeführt. Diese bestehen gemäß HALÁSZ und TANTOW [7] aus zwei Betonschalen mit einer dazwischenliegenden Wärmedämmung. Während die innere Schale ausschließlich der Lastabtragung dient, hat die äußere Betonschicht im Zusammenhang mit der Wärmedämmschicht bauphysikalische Aufgaben zu erfüllen. So speichert die Außenwandtafel laut HALASZ und TANTOW [28] etwa die Wärme aus der Sonneneinstrahlung und schützt die Innenschale vor Temperaturschwankungen. Bewegungen aus den Temperaturunterschieden können folglich durch die ringsum angeordnete Fuge aufgenommen werden.

Wie man in **Abb. 4.31** erkennt, wurde die Außenschale entsprechend HALÁSZ und TANTOW [7] mit der Innenschale über zwei die Tafelhöhe durchgehende Betonrippen verbunden, in denen eine leiterförmige Bewehrung liegt.

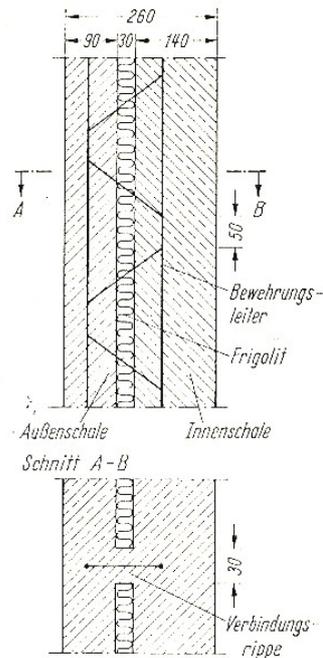


Abb. 4.31: System Camus-Dietsch: Außenwandaufbau, aus HALASZ und TANTOW [7]

Die Wärmedämmschicht besteht in der Regel aus Styroporplatten (Frigolit), die auf einer Polystyrolbasis gebildet werden. Charakteristisch für diesen Stoff ist die hervorragende Alterungsbeständigkeit, die aufgrund der chemischen Zusammensetzung gegeben ist. Da es sich um einen gesättigten Kohlenwasserstoff ohne Doppelbindung handelt, führt Luftsauerstoff zu keinen Alterungserscheinungen.

Die Gesamtdicke der Wand bzw. der tragenden Innenschale ist abhängig von den statischen Erfordernissen. Bei Bedarf kann eine zusätzliche statische Wandbewehrung angeordnet werden. Gewöhnlich wurde für die lastabtragende Schicht, wie zuvor in Abschnitt 4.1.2.2 Dreischichtige Außenwände beschrieben, Normalbeton verwendet. Ergebnisse der Literaturrecherche ergaben ferner, dass das bei der Firma Montagebau Wien GmbH in Lizenz eingesetzte System Camus auch mit lastabtragenden Wänden aus Schwerbeton gefertigt wurde. Dabei wurde gemäß HUEMER und MAYER [5] die aus Schwerbeton bestehende Schicht mit einer Dicke von 14 cm ausgeführt. Zum Erreichen der in der Bauordnung festgesetzten Wärmedämmwerte wurde die Polystyrolschicht ab dem Jahre 1969 mit einer Dicke von 5 cm ausgeführt.

Die Innenwände bestehen in der Regel aus etwa 14-18 cm dicken Beton- oder Stahlbetontafeln, an deren Kanten Schlaufen herausragen, die zu Verbindung der einzelnen Elemente dienen. In **Abb. 4.32** wird solch eine Innenwandtafel mit darunter abgebildeten Schnitt dargestellt. Die vertikalen Begrenzungsflächen der Wandelemente werden größtenteils glatt ausgeführt. Sind jedoch die zu übertragenden Schubkräfte sehr groß, so kann die schräggerichtete Druckkomponente über Verzahnungen aufgenommen werden, während die Zugkomponente den Schlaufen zugewiesen werden kann.

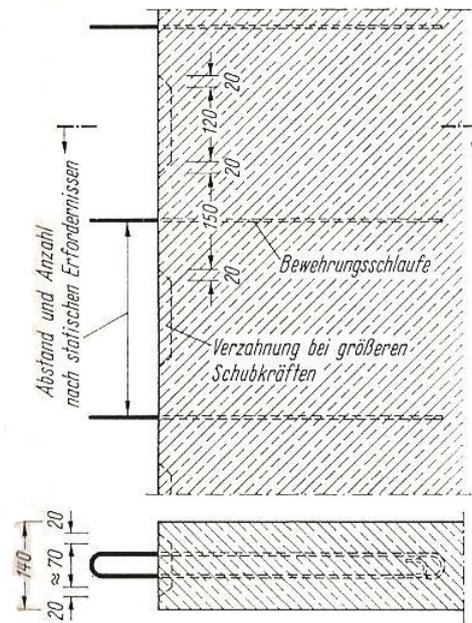


Abb. 4.32: Innenwandelement, HALÁSZ und TANTOW [7]

Die Deckentafeln wurden dabei zumeist aus 15 cm dicken Stahlbetontafeln mit an den Rändern herausstehenden Stahlbetonschlaufen hergestellt. In HALÁSZ und TANTOW [28] wird eine Deckentafel aus Vollbeton nach dem System Camus abgebildet (Abb. 4.33). Das Element wurde durch Matten kreuzweise bewehrt und deren Deckenkanten wurden abgeschrägt, um das Einbringen des Betons zu erleichtern. Eine Schubprofilierung der Deckenkanten war in der Regel nicht erforderlich, da, wie bereits erwähnt, die längs der Deckenkante in den Fugenraum ragenden Schlaufen (3 \varnothing 5 mm oder 1 \varnothing 8 mm je m) mit Längsstählen verbunden wurden. Zusätzlich zur Feldbewehrung wurden Matten 3/3/100/150 in den Ecken an der Tafeloberseite eingebracht.

Für die Montage wurden in den Tafellecken Aussparungen im Beton vorgesehen, durch die ein Aufhängestab \varnothing 12 mm mit einer Schlaufe geführt wurde.

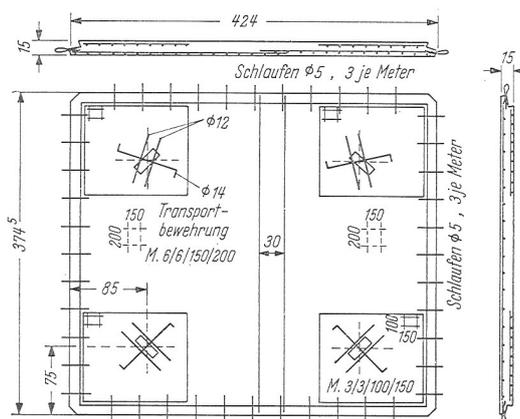


Abb. 4.33: Deckenelement Camus-Dietsch, nach HALÁSZ [7]

Fugenausbildung- Außenwandfuge

Wie vorab in Abschnitt 4.4 Konstruktive Ausbildung der Fugen beschrieben, sind dreischichtige Außenwandelemente mit zumeist zweistufig gedichteten Fugen ausgeführt worden, da man erkannte, dass die Wirksamkeit der Fugendichtstoffe alleine nicht ausreichend ist, um die Fuge vor Feuchtigkeitseintritt zu schützen.

Derartige Entwicklungsstufen sind auch bei dieser Montagebauweise zu erkennen. Die französische Ausgangslösung „Typ Lorraine No. 2“ aus dem Jahr 1956 wird in **Abb. 4.34** dargestellt und weist eine horizontale obere Tafelbegrenzung mit einem Einschnitt im tragenden Bereich zur Auflagerung der Deckenelemente auf. Um eine Durchfeuchtung in der Horizontalfuge durch die obere Wandscheibe zu vermeiden, wurde in der Fuge ein wasserdichter Überzug aufgebracht. Das Eindringen des Regens in das Rauminnere sollte nur durch eine Mörtelschicht und eine 3 cm hohe Schwelle verhindert werden.

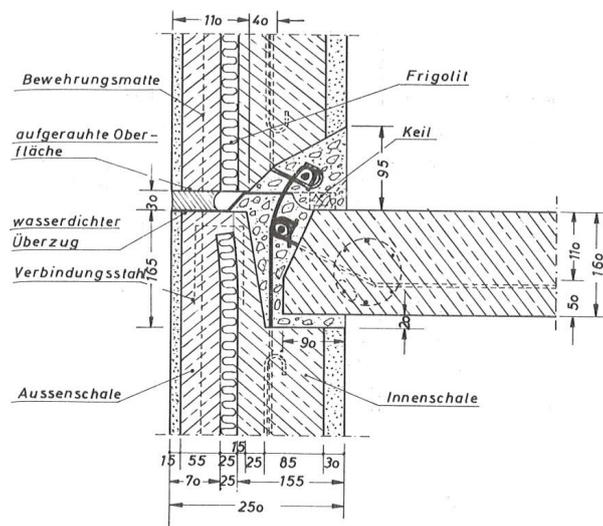


Abb. 4.34: Deckenaufleger Außenwandtyp: Typ Lorraine No.2 1956, nach HALÁSZ und TANTOW (1964) [28]

Bei der neueren Lösung aus dem Jahre 1963, die in **Abb. 4.35** dargestellt ist, versuchte man die Dichtigkeit der Fuge allein durch die Formgebung zu erreichen und die Dichtungstoffe lediglich als zusätzliche Sicherheit heranzuziehen. Die Fuge ist geknickt ausgebildet mit einer Höhendifferenz von 10,5 cm, wobei sie im mittleren Teil besonders steil ansteigt.

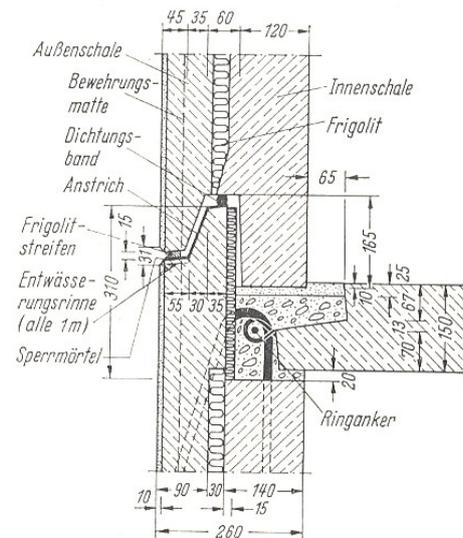


Abb. 4.35: Horizontale Außenwandfuge (1963): System Camus-Dietsch, aus HALÁSZ und TANTOW [7]

Die Vorsatzschale wurde gegenüber dem tragenden Kern an der Fuge stark nach oben gezogen und auf einen Frigolit-Streifen abgesetzt. Für die Entwässerung wurden jeweils im Abstand von einem Meter Entwässerungsöffnungen angeordnet. Die Decke liegt dabei auf dem statischen Kernquerschnitt auf.

Die **Abb. 4.36** zeigt einen horizontalen Schnitt durch eine vertikale Außenwandfuge. Vor die Ortbetonsäule wurde ein Frigolit-Streifen gesteckt, um Wärmebrücken zu verhindern.

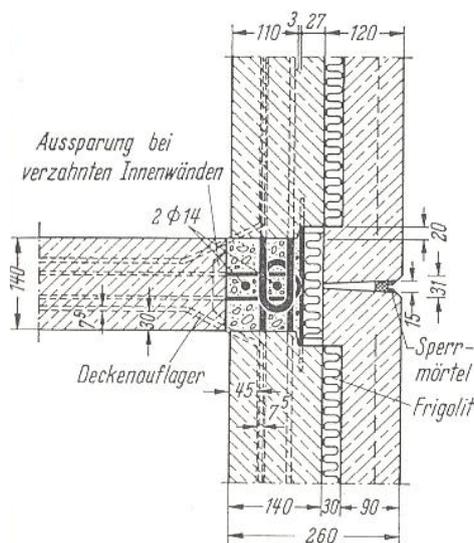


Abb. 4.36: Vertikale Außenwandfuge (1963): System Camus-Dietsch, aus HALÁSZ und TANTOW [7]

Die Montage der Außenwandfuge wurde nach folgender Reihenfolge durchgeführt:

- a) Zuerst wird die Deckenplatte auf etwa 20 mm dicke Keile auf dem tragenden Kernquerschnitt (Innenschale) abgesetzt.
- b) Durch die aus den Decken- und Wandplatten herausstehenden Schlaufen werden horizontale Ringanker (z.B. 2 \varnothing 14 mm) gesteckt, die eine Verbindung der einzelnen Deckenplatten zu einer geschlossenen Scheibe herstellen.

- c) Auskleiden des Anschlusses mit Frigolit-Streifen
- d) Einbringen des Ortbetons bis zu einer Höhe von etwa 25 mm unter der Deckenoberkante und Verdichten des Betons mit einem Flaschenrüttler. Um das Auslaufen des Betons zwischen den Keilen zu verhindern, werden Gummirohre zur Abdichtung während des Fugenvergusses verwendet. Diese können etwa nach zwei Stunden entfernt und die Innenwandfuge anschließend geglättet werden.
- e) Auf dem Ortbeton werden schließlich Keile einnivelliert, auf jene dann die nächste aufgehende Wand aufgestellt wird.
- f) Seitlich von den Keilen wird eine Unterstopfung mit weichem Beton vorgenommen sowie eine Glättung bis zur Oberkante der Decke.

Fugenausbildung- Innenwandfuge

In **Abb. 4.37** wird die Auflagerung von zwei Deckenplatten auf eine 14 cm dicke Innenwand dargestellt. Die Deckenplatten sind an den oberen Kanten durch abgeschrägte Aussparungen versehen, die ein leichteres Einbringen des Ortbetons ermöglichen. Die Auflagertiefe beträgt beiderseits 30 mm, wobei die Abschrägungen an der Deckenunterseite eine beidseitige Vergrößerung der Auflagerfläche von jeweils 7,5 mm bewirken. Zudem ist durch die Verbundwirkung der herausragenden Schlaufen mit dem Ortbeton eine größere Auflagerfläche gegeben. Dadurch kann im Endzustand der Montage auch der mittlere, nicht direkt durch die Decke belastete Bereich, zur Aufnahme der Drückkräfte herangezogen werden.

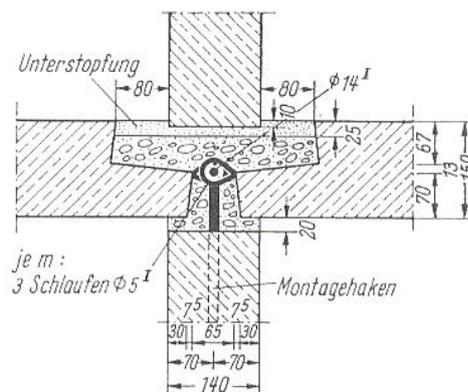
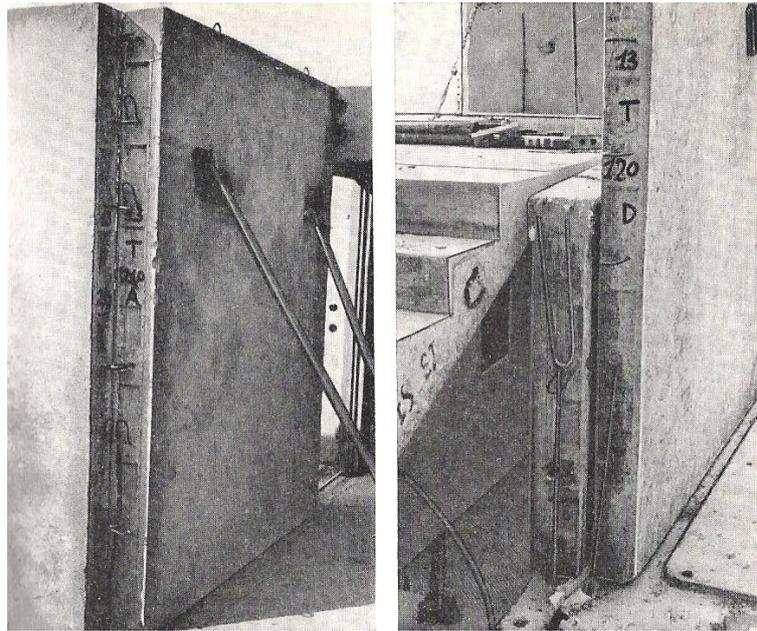


Abb. 4.37: Horizontale Innenwandfuge: System Camus-Dietsch, aus HALÁSZ und TANTOW [7]

Die vertikalen Innenwandfugen wurden, wie zuvor schon beschrieben, bei kleinen zu übertragenden Schubkräften glatt und bei größeren Schubkräften mit verzahnten Wandkanten ausgeführt. In **Abb. 4.38 a)** ist links beispielsweise der Zusammenstoß von zwei Innenwänden mit profilierten Wandkanten und herausragenden Schlaufen dargestellt. Die **Abb. 4.38 b)** zeigt hingegen eine 3 cm breite Dehnungsfuge zwischen dem Treppenhaus und einem Wohnabschnitt.



a)

b)

Abb. 4.38: a) Innenwände mit Schlaufen und profilierten Kanten; b) Dehnungsfuge zwischen Treppenhaus und Wohnblock, HALÁSZ und TANTOW[7]

4.6 Räumliche Steifigkeit und Stabilität

Das Zusammenwirken von Wand- und Deckenscheiben stellt eine komplexe räumliche Aufgabe dar, die gemäß MEHLHORN und SCHWING [43] nur durch eine dreidimensionale Analyse eindeutig erfasst werden kann. Bei in Plattenbauweise errichteten Bauwerken ist besonders auf die räumliche Steifigkeit und Stabilität zu achten, da der Ausfall oder das Versagen eines Bauteils zum Einsturz einer Reihe weiterer Bauteile führen kann.

Außergewöhnliche Beanspruchungen, wie Bauwerkssetzungen, starke Erschütterungen oder auch Brände, müssen sicher abgeleitet werden, um einen fortschreitenden Zusammenbruch des Gebäudes zu vermeiden. Internationale Bedeutung wurde dieser Problematik nach dem Einsturz eines Teils eines Großtafelbaus in Ronan Point zufolge einer Gasexplosion beigemessen. Anhand des Beispiels Ronan Point ist in **Abb. 4.39** das Problem des örtlichen Versagens dem fortschreitenden Zusammenbruch gegenübergestellt.

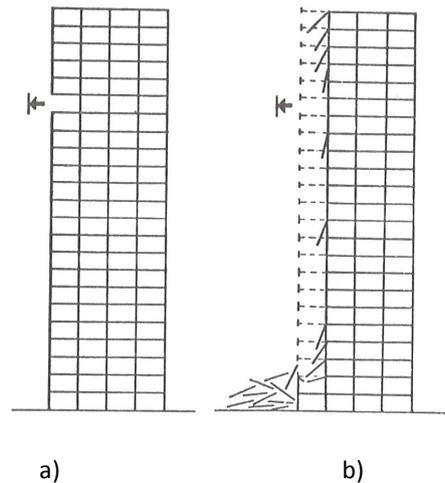


Abb. 4.39: Teilweiser Einsturz eines Hochhauses in Großtafelbauweise in Ronan Point: a) örtliches Versagen; b) fortschreitender Zusammenbruch; laut MEHLHORN und SCHWING [43]

Um das Risiko eines derartigen Zusammenbruchs zu beschränken, ist es notwendig bestimmte Grundsätze einzuhalten:

- Tragende und aussteifende Wände sollten nur aus geschosshohen Fertigteilen zusammengesetzt werden
- Bei Hochhäusern sind alle tragenden und aussteifenden Außenwandtafeln mit den anschließenden Deckenscheiben durch Bewehrung oder andere Stahlteile zu verbinden. Jede Verbindung muss in der Lage sein eine rechtwinklig zu Wandebene wirkende Zugkraft von 7 kN je Laufmeter aufzunehmen.
- Bei allen anderen Gebäuden ist eine Verbindung der tragenden und aussteifenden Außenwandtafeln mit den anschließenden Deckenscheiben nur am oberen Rand notwendig.
- Deckentafeln müssen mindestens so breit sein, dass in einem durch tragende Wände begrenzten Raum höchstens zwei Fugen auftreten und eine Mindestbreite der Deckentafel 2,0 m nicht unterschreitet.

Vergleicht man Fertigteilbauwerke mit Ortbetonbauten, so lässt sich nach MEHLHORN, SCHWING [43] und HASSE [44] festhalten, dass Ortbetonbauten im Allgemeinen hochgradig statisch unbestimmte Systeme darstellen, während dies auf Fertigteilbauten oft nicht zutrifft. Aus diesem Grund ist bei Ausfall eines Baugliedes ein Ortbetonbau besser in der Lage die Standsicherheit über ein alternatives statisches System infolge der Umlagerungsmöglichkeiten zu gewährleisten. Durch die Möglichkeit bei Ortbetonkonstruktionen eine Rahmenwirkung zu erzielen, können die bewehrten Wände aufgrund geringerer Knickgefährdung schlanker ausgeführt werden.

Um auch bei Fertigteilbauten ein gewisses Sicherheitsniveau zu erzielen, sind konstruktive Maßnahmen zu treffen, durch die alternative Tragsysteme ausgebildet werden können.

Für die Ausbildung eines alternativen Tragsystems sind die tragenden Bauteile und ihre Verbindungen entsprechend zu dimensionieren, um eine Lastumlagerung entsprechend dem neuen System zu ermöglichen. Dabei spielt die Scheibenwirkung von Wänden sowie die Membranwirkung der Decken eine Rolle.

Scheibenwirkung von Wänden

In Abhängigkeit der Lage des örtlichen Versagens der Wände können sich laut MEHLHORN und SCHWING [43] wie in **Abb. 4.40** folgende alternative Tragsysteme ausbilden.

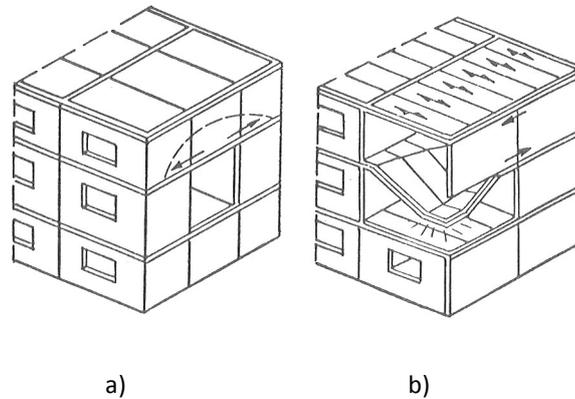


Abb. 4.40: Tragwirkung von Wänden bei örtlichem Versagen; laut MEHLHORN und SCHWING [43]

In **Abb. 4.40 a)** kann als statisches System ein Bogen-Zugbandmodell herangezogen werden unter dem Ausgangspunkt, das die Zugkräfte durch die vorhandene Bewehrung aufgenommen und abgeleitet werden können.

Kommt es zum Versagen eines Bauteils an den Gebäudeecken, so ist das statische System eine Kragenscheibe. Die Sicherstellung des alternativen Systems ist aufgrund der lokalen Gegebenheiten kritischer zu betrachten (**Abb. 4.40 b)**). Entsprechend der Ausbildung der Details, also der Verbindungsmöglichkeiten, sind die in **Abb. 4.41** dargestellten Modelle der Lastabtragung möglich.

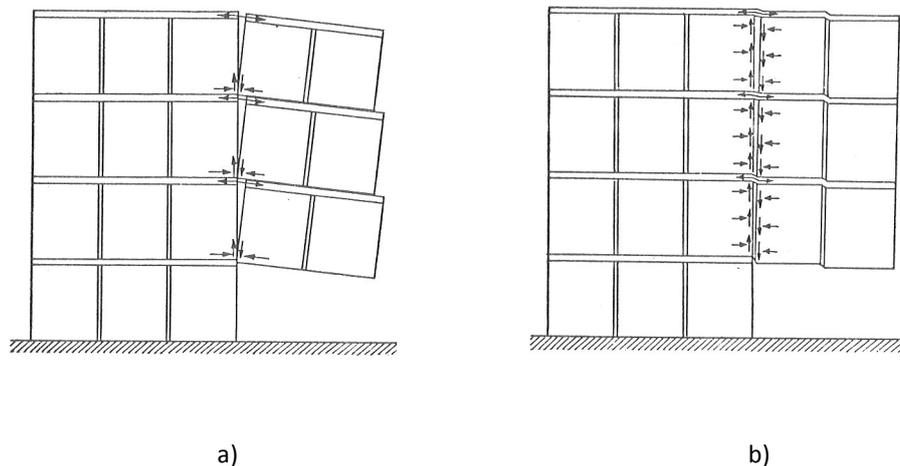


Abb. 4.41: Modelle der Lastabtragung; laut MEHLHORN und SCHWING [43]

Der in **Abb. 4.41 a)** dargestellte Fall stellt sich ein, wenn die Schubtragfähigkeit und Zähigkeit der Horizontal- und Vertikalfugen gering ist. Es bilden sich unabhängig voneinander wirkende Kragarme aus, wenn die Horizontalbewehrung in der Lage ist die auftretenden Kräfte aufzunehmen und weiterzuleiten.

Dem in **Abb. 4.41 b)** dargestellten Modell liegt hingegen eine kontinuierliche Lastabtragung zugrunde. Dabei ist zu beachten, dass vor allem im unteren Bereich der Vertikalfugen kritische Schubspannungen auftreten können.

Membranwirkung der Decken

Kommt es zufolge einer außergewöhnlichen Belastung zum Ausfall einer Unterstützung der Deckentafeln, so sollte die restliche Konstruktion im Stande sein die zusätzlichen Kräfte aufzunehmen. Verfügt die Decke über dem ausgefallenen Lager keine Aufhänge- oder Kontinuitätsbewehrung, so fällt die Decke herunter und kann eine „kettenförmige“ Reaktion durch den Aufprall auf die darunterliegende Decke auslösen. Zweiachsige gespannte Decken sind im Allgemeinen noch in der Lage derartige Lasten aufzunehmen.

Fällt bei einer einachsigen gespannten Decke das mittlere Lager aus, so können sich, wie in **Abb. 4.42** ersichtlich, folgende Tragsysteme einstellen. Treten Verformungen auf, so kann die eingelegte Kontinuitätsbewehrung als Biegebewehrung wirken. Werden die Auflager seitlich gehalten, so kann sich eine Membranwirkung einstellen.

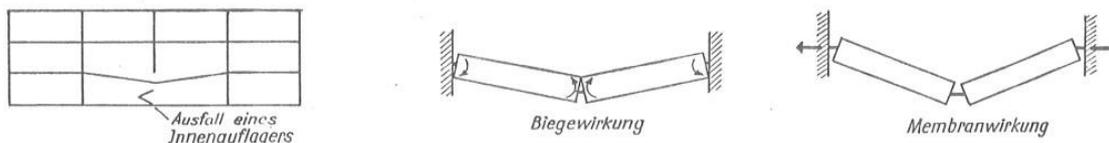


Abb. 4.42: Tragsysteme; laut MEHLHORN und SCHWING [43]

5 Typische Schadensbilder und deren Ursachen

5.1 Bautechnische Schäden

Die bautechnischen Schäden sind im Wesentlichen abhängig vom Konstruktionstyp und bezüglich der Außenwandkonstruktion vom Schichtenaufbau (Dreischicht-, Zweischicht-, Einschichtplatten). Jene Schäden resultieren dabei aus Planungs- und Ausführungsfehlern sowie unzureichenden Instandhaltungsmaßnahmen [18]. BAUER et al. [14] hält fest, dass sich die Ausführung von Außenwänden beim Block- und Streifenbau auf einschichtige Fassadenplatten beschränkte, während Wände der Plattenbauweise bis zu dreischichtig ausgeführt wurden. So umfassen etwa die Außenwandelemente der Typenserie P2 (Plattenbauweise) ein breites Spektrum an verwendeten Elementarten und folglich auch eine Vielzahl an Schäden. Selbst wenn die Elemente der unterschiedlichen Baureihen das gleiche Material aufweisen, so treten z.B. an einschichtigen Leichtbetonplatten der Typenserie P2 Schäden in anderer Form und unterschiedlicher Ausprägung auf als an einschichtigen Leichtbetonelementen des Block und Streifenbaues.

Die Schadensbilder führen nur vereinzelt zu einer Standsicherheitsgefährdung der einzelnen Bauteile und sind wie erwähnt bei jeder Plattenart verschiedenartig [18].

Die Schadensbilder beinhalten nach BAUER et al. [14] (**Abb. 5.1**):

- Abplatzungen und Gefügezerstörungen sowohl im Feldbereich als auch an den Kanten der Platte
- Rissbildungen im Plattenfeld und am Rand
- Formänderungen
- Korrosion
- Fugenschäden wie Risse, Abplatzungen, Undichtigkeiten
- Schäden an Fensteranschlüssen



a)



b)

Abb. 5.1: Schäden: a) Putzschaden, b) Fliesen und Plattenschaden mit freiliegender HWL-Platte beim Sockel, aus [16]

Die Schadensursachen liegen:

- im Projekt
- in der Vorfertigung
- im Transport und in der Lagerung
- in der Montage
- in der Nutzung

Unter den zahlreichen Schadensbildern stellen Risse und Betonabplatzungen, ausgehend von der Betrachtung der einschichtigen Außenwände bis hin zu den dreischichtigen Außenwänden, ein häufig auftretendes Problem dar.

Auswirkungen von Rissen und Abplatzungen sind im Allgemeinen das Eindringen von Feuchtigkeit in die Konstruktion, die Ausbildung von Hohllagen in der Verbundebene, erhöhte Karbonatisierung des Betons und Korrosion der Bewehrung.

So können sich bei einschichtigen Außenwänden durch unterschiedliches Materialverhalten (Schwindverhalten, thermische Längsausdehnung), unvollständiges Schließen der Fugen mit Mörtel, geringe Qualität der Oberflächenbeschichtung und zufolge von Verformungen, wie z.B. durch durchgehende Wandpeiler und Brüstungen, Risse und Putzabplatzungen ausbilden.

Risse auf der geputzten Oberfläche von Leichtbetonelementen treten laut KOHL, KOLLOSCHKE [16] primär bei Wohnbauten der Blockbauweise auf. Sie verlaufen in erster Linie entlang der Stoßfugen und können sich über die gesamte Gebäudehöhe erstrecken bzw. gehen jeweils, wie in **Abb. 5.2** ersichtlich, von den Fensterecken aus.



Abb. 5.2: Rissbild in einem Außenwandelement, aus BAUER et al. [14]

Abplatzungen bei einschichtigen Außenwänden treten vor allem in der Verbundebene zwischen der Deckschicht, bestehend aus gefügedichtem Beton, und den haufwerksporigen Leichtbetonelementen auf. In **Abb. 5.3** wird beispielsweise eine schadhafte Längsaußenwand dargestellt, die durch eine Vielzahl von Abplatzungen charakterisiert ist. Es können partielle Hohllagen entstehen mit der Gefahr, dass die Deckschichten abstürzen. In Abschnitt 5.1.1 Typische Schäden an einschichtigen Außenwänden wird auf das unterschiedliche Materialverhalten und die in Konsequenz entstehende Verbundschädigung näher betrachtet.

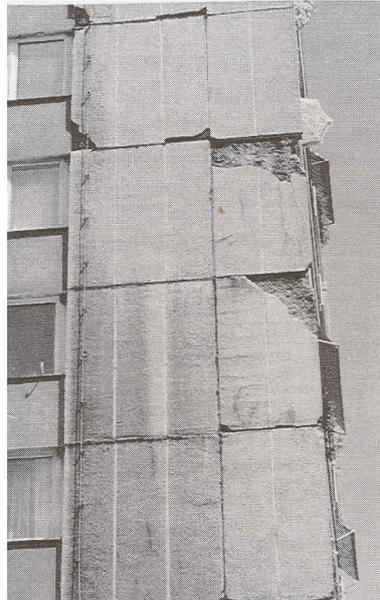


Abb. 5.3: Schadhafte Außenwandplatten, aus BAUER et al. [14]

Risse bei einschichtigen Wandelementen können bis in die Bewehrungsebene des Wandquerschnittes hineinreichen und verlaufen entlang der Bewehrung mit Rissbreiten von 0,1 mm-0,2 mm. Durch die starre Befestigung der Außenwand an der Tragkonstruktion (Decken, Innenwände) sind die Riss­häufigkeit und Rissbildung größer.

Anfänglich besteht keine Gefährdung der Standsicherheit und Dauerhaftigkeit, da die durch die gerissene Oberfläche eindringende Niederschlagsfeuchte nur bis zum oberflächennahen Bereich reicht. Selbst vereinzelte durchgehende Risse führen zu keiner Durchfeuchtung der Innenseite und auch zu keinen Schäden durch Korrosion. Auf lange Sicht betrachtet können Betonabplatzungen und vermehrte Rissbildung durch Frost –Tau-Einwirkungen auftreten.

BAUER et al. [14] stellt fest, dass das Schadensbild bei zweischichtigen Außenwänden im Hinblick auf die Abplatzungen und Gefügezerstörungen den Schäden der einschichtigen Außenwandplatten sehr ähnlich ist.

Die Ausbildung der Schadens wird dabei maßgeblich durch die Lage der Wärmedämmung beeinflusst. Bei Gebäuden mit innenliegender Wärmedämmung können Risse mit einer Breite von etwa 1,5 mm auftreten und durch die Tragschicht der Platte hindurchgehen. Zwischen der Längsaußenwand und der Innenwand bzw. der Decke kommt es zu Rissen, die in den oberen Geschossen vermehrt vorliegen. Aufgrund der innenliegenden Wärmedämmung ist die Längsaußenwand äußeren Einflüssen ausgesetzt. Da die Innenbauteile nur geringe Temperaturschwankungen erfahren, kommt es zu Dehnungsunterschieden zwischen der Außenwand und der Innenkonstruktion. Die thermischen Verformungen nehmen mit der Gebäudehöhe zu und so auch die Risserscheinungen. Das Eindringen von Feuchtigkeit sowie Korrosionserscheinungen können mögliche Folgeerscheinungen sein.

Auch bei Bauwerken mit außenliegender Wärmedämmung kommt es oftmals zur Ausbildung von Hohlräumen zwischen Dämmschicht und Putz. Risse, die zunächst zwischen den Dämmstoffen verlaufen, können allmählich zu Farbabplatzungen führen. Auswirkungen sind hier ebenso wie bei der innenliegenden Wärmedämmung das Eindringen von Feuchtigkeit. Zudem kann die exponierte Lage zu einer Verrotung des Dämmstoffes führen und eine Minderung der Wärmedämmung bewirken.

Die Wetterschutzschichten von dreischichtigen Außenwänden sind alle durch starke Risse und Betonabplatzungen geprägt. Laut KOHL und KOLLOSCH [16] können dabei die Schäden zu unterschied-

lichen Zeitpunkten entstanden sein: bei der Fertigung im Werk, beim Transport oder der Montage, während der Standzeit durch Umwelteinflüsse. Risse treten vorwiegend an den Fensterecken, im Sturz, im Kantenbereich, bei Wandelementen ohne Fenster im Bereich der Dämmstoffstöße und als NetZRisse auf Oberflächen und Stirnseiten auf.

Ist die Entstehung des Schadens auf den Zeitpunkt der Fertigung oder Montage zurückzuführen, so können unter anderem folgende Ursachen ausschlaggebend sein:

- die Bedampfung der Elemente wurde mit zu hoher Temperatur durchgeführt
- das Ausschalen erfolgte verfrüht
- die Sieblinien der Zuschlagstoffe und der Anteil der Zementmenge je m³ Beton entsprachen nicht den Erfordernissen der Betonfestigkeitsklassen
- der Wasser/Zement-Wert war größer als 0,5
- die Nachbehandlung war ungenügend

Ursachen durch Umwelteinflüsse:

- Temperatur- und Feuchtigkeitseinwirkungen auf die Wetterschutzschicht
- Zwangs- und Eigenspannungen erweitern die vorhandenen Risse
- zu geringe Betondeckung
- zu geringe Dicke der Wetterschutzschicht

5.1.1 Typische Schäden an einschichtigen Außenwänden

Umfangreiche, bauwerksdiagnostische Untersuchungen haben nach NEUMANN et al. [35] gezeigt, dass bei Gebäuden mit Außenwandkonstruktionen aus Leichtbeton aufgrund von Schäden, wie beispielweise großflächige Makrorissstrukturen, nicht erreichte Materialfestigkeiten bei der Fertigung, Undichtigkeiten im Fugen- und Fensterbereich sowie unzureichender Wärmeschutz, die kurz- bzw. mittelfristige Dauerhaftigkeit der Einzelbauteile bzw. des gesamten Gebäudes in Frage gestellt werden muss.

Nachstehend werden unterschiedliche, charakteristische Schäden an Gebäuden mit Außenwänden aus Leicht- bzw. Porenbeton angeführt.

Die Verwendung von oberflächenfertigem, haufwerksporigem Beton und die auftretenden Schäden beschränken sich gemäß KOHL, KOLLOSCHE [16] vorwiegend auf die Streifen- und Plattenbauweise. Zu den klassischen Schadensbildern zählen die Rissbildung in der keramischen Außenwandbekleidung, die Außenwandverwölbung sowie Betonabplatzungen.

Rissbildung in der keramischen Außenwandbekleidung

Dabei treten vor allem an der Wetterseite netzartige Risse auf der Keramikoberfläche auf. Einzelne stärkere Risse, die von der Feinbetonschicht bis in den Leichtbeton reichen, kommen am Fenstersturz unter der Fensterbank und an den Elementrändern vor.

Ursachen:

- Glasrisse in der keramischen Bekleidung entstehen bei der Herstellung, wenn der thermische Ausdehnungskoeffizient der Glasur und des Scherbens unterschiedlich ist und es in Folge von einem Temperaturwechsel zu Rissen in der Glasurschicht kommt. Die Risse verringern jedoch den Gebrauchswert der Fliesen nicht.
- thermisch-hygrische Zwangsspannungen

Risse und Betonabplatzungen

Wie hier mehrmals angeführt, stellt das unterschiedliche Materialverhalten des Leichtbetonelements und der Betondeckschicht die Ursache zahlreicher Schäden dar.

In NEUMANN et al. [35] wird erläutert, dass an zahlreichen Gebäuden Schädigungen des Verbunds zwischen der äußeren gefügedichten Betondeckschicht und der Schicht aus haufwerksporigem Leichtbeton existieren.

Diese beiden Schichten können starke Festigkeitsunterschiede aufweisen. Aufgrund des vorhandenen abweichenden Verformungsverhaltens dieser Schichten, treten in der Grenzfläche Schubbeanspruchungen auf. Ausschlaggebend für diese Verformungsprozesse ist etwa der Temperaturexpansionskoeffizient des Betons, der wesentlich vom Anteil des Zementsteins und der Art der Zuschlagstoffe abhängt. Auch die unterschiedlichen Temperaturdifferenzen, die die gefügedichte Betondeckschicht aufzunehmen hat, und die allseitige Lagerung des Leichtbetonelements spielen eine entscheidende Rolle.

Laut NEUMANN et al.: „Geht man von einem Verformungsnullpunkt in der Mitte der Verbundfläche aus, so wird die Beanspruchung in der Grenzfläche zwischen der äußeren gefügedichten Betondeckschicht und der Schicht aus haufwerksporigem Leichtbeton zu den Plattenrändern zunehmen, was in diesen Bereichen zu einer Schädigung des Verbundes führen kann.“

Die erste Stufe der Verbundschädigung bildet aufgrund der daraus resultierenden Rißbildung an den Stirnflächen des Außenwandelementes die Grundlage für eine Durchfeuchtung infolge des eindringenden Niederschlagswassers.

Die darauffolgenden Frost-Tauwechsel-Prozesse können als zweite Stufe der Verbundschädigung angesehen werden und führen zwangsläufig zu einer weiteren Zerstörung der Konstruktion.

Eine Schädigung des Verbunds zwischen der äußeren gefügedichten Betondeckschicht und der Schicht aus haufwerksporigem Leichtbeton führt dazu, daß in der Grenzfläche zwischen diesen beiden Schichten keine oder nur eine eingeschränkte Beanspruchungsübertragung möglich ist.“

Die Verformbarkeit der äußeren gefügedichten Betondeckschicht infolge Temperaturbeanspruchung ist zudem von der Ausbildung der Horizontalfuge abhängig. Offene Horizontalfugen neigen im Vergleich zu geschlossenen Horizontalfugen zu stärkeren Verformungen, was eine mögliche größere Verbundschädigung zur Folge hat. In **Abb. 5.4** werden die beiden Systeme gegenübergestellt.

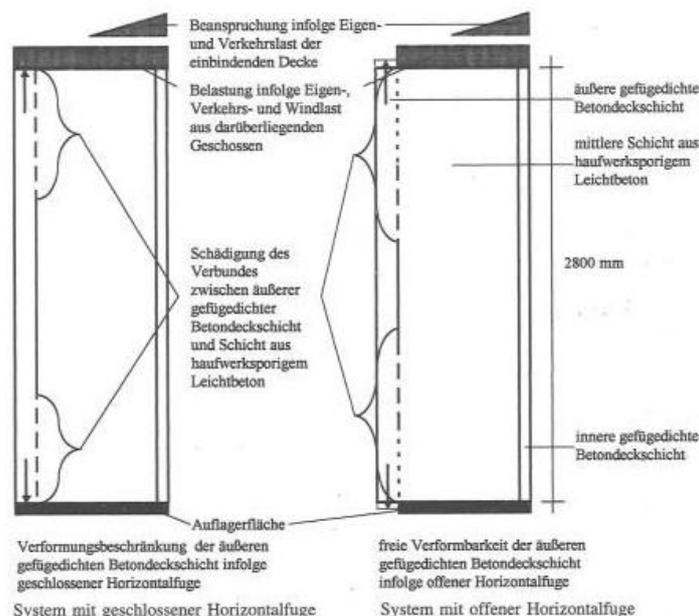


Abb. 5.4: Mögliche Schädigung des Verbundes infolge Temperaturbeanspruchung, aus NEUMANN et al. [35]

Bei Systemen mit geschlossener Horizontalfuge kann bis zu einer bestimmten Größe der Verbundschädigung die Beanspruchung direkt in die äußere Betondeckschicht eingeleitet werden. Liegt eine größere Schädigung des Verbundes vor, so ergibt sich aufgrund der Schlankheit der Betondeckschicht ein Stabilitätsproblem, das folglich zu einem vollständigen Versagen und zum Herabfallen der Schicht führen würde.

Für Systeme mit offener Horizontalfuge stellen sich zwei für das Gesamttragverhalten gegenläufige Effekte ein. Da in der Grenzfläche zwischen den beiden Schichten keine Beanspruchungen übertragen werden können, kommt es zu einer Verminderung der Lasteinleitungsproblematik im Kopf- und Fußbereich der Konstruktion. Daraus resultiert eine Erhöhung der Beanspruchbarkeit.

Des Weiteren können bei einem geschädigten Verbund keine Beanspruchungen auf die Betondeckschicht übertragen werden, was zu einer Schwächung des statisch wirksamen Querschnittes führt und somit zu einer Verringerung der Beanspruchbarkeit.

Bei Bauten der Streifen,- und Plattenbauweise, bei der die tragende Struktur aus Porenbeton besteht und die Oberfläche aus Kunstharzputz gebildet wird, treten laut KOHL und KOLLOSCH [16] folgende charakteristische Schadensbilder auf:

Ablösen des Kunstharzputzes

Das Ablösen des Kunstharzputzes tritt vorwiegend am Drempele und an den oberen Geschossdecken auf. Die Ablösung erfolgt flächenartig und betrifft die Wetterseiten.

Ursachen:

- Verminderung der Haftspannung
- Frost-Tau-Wechsel
- Versprödung des Kunstharzputzes und damit einhergehende sinkende Beanspruchung
- steigende Beanspruchung durch hygrisches Verformungsbestreben

Auswirkungen:

An den Wetterseiten sind starke optische Beeinträchtigungen sichtbar, jedoch kommt es sonst zu keinen nennenswerten Schäden, wie etwa Korrosionserscheinungen oder Durchfeuchtung der Wand.

5.1.2 Typische Schäden an zweischichtigen Außenwänden

Farbabplatzungen

Besonders in den oberen Geschossen wittert der Anstrich der Elemente nach KOHL und KOLLOSCH [16] stark ab.

Ursachen:

- absandender oder poröser Betonuntergrund aufgrund ungenügender Verdichtungen
- Alterung
- Risse im Bauteil
- minderwertige Qualität der Farbe

Auswirkungen:

Die Schutzwirkung des Betons ist aufgehoben und daher weniger widerstandsfähig gegen Karbonatisierung und Bewehrungskorrosion.

5.1.3 Typische Schäden an dreischichtigen Außenwänden

Verwölbungen der Wetterschutzschichten

Es kommt zu Verwölbungen von bis zu ca. 6,0 cm und betrifft vor allem Platten mit belegter Keramikoberfläche.

Ursachen:

- chemische Umwandlungsprozesse aufgrund von schädlichen Alkali-Kieselsäure-Reaktionen oder sekundärer Ettringit-Bildung
- vermehrtes Eindringen von Feuchtigkeit
- unterschiedliches Temperatur und Feuchteverhalten der Schichten Beton und Keramik

Auswirkungen:

- Abplatzungen und Rissbildung, die als feine, netzartig verteilte Haarrisse auftreten und bis zur Bewehrung reichen oder als Spaltrisse zu Betonabplatzungen führen können.
- Volumendehnungen und Deformationen, die bis zum völligen Verlust der Tragfähigkeit führen können.

Wärmebrücken im Wandquerschnitt

Wärmebrücken treten häufig am Fensteranschlag oder in den Verbindungsstellen mit den Außenwänden auf.

Ursachen: Eine unzureichende Dämmung der gefährdeten Bauteile kann auf Fehler in der Ausführung (nicht auf Stoß verlegte Dämmplatten, Unterschreitung der Schichtdicke) oder in der Konstruktion (nicht ausreichende Überlappung der Dämmung in den Details) zurückgeführt werden.

Auswirkungen: zu hoher Heizenergieverbrauch und Schimmelpilzbildung aufgrund von zu geringen Innenoberflächentemperaturen

5.1.4 Fugen

Durchfeuchtung von einstufig gedichteten Mörtelfugen

Das Schadensbild ist nach KOHL und KOLLOSCH [16] durch gerissene Mörtelfugen gekennzeichnet. Die Risse sind bei den verputzten Außenwänden (Blockbauweise) bis auf die Oberfläche des Putzes sichtbar. In den sichtbaren Mörtelfugen, die vor allem im Kellerbereich vorhanden sind, kommt es zu Abplatzungen des Mörtels.

Ursachen:

- nicht vollständiges Schließen der Fugen mit Mörtel vor dem Verputzen
- unterschiedliches Verhalten von Putz und Leichtbeton (Schwindverhalten, thermische Längsausdehnung)
- Lastkonzentration durch Balkonkragplatten bei Gebäuden in Längsbauweise

Auswirkungen:

- Durchfeuchtung der Außenwand und als Folge ein verminderter Wärmeschutz
- Putzabplatzungen
- bei ungeputzten Wänden kommt es zum Herausplatzen des Mörtels
- Durchfeuchtung von einstufig mit Fugendichtstoff und Hinterfüllmaterial abgedichteten Fugen

Es kommt zum Reißen des Fugendichtstoffes (meistens Morinol) an den Fugenflanken oder in sich.

Ursachen:

- unterdimensionierte Fugenbreiten
- Fehlen oder falsche Wahl des Hinterfüllmaterials
- da Morinol nicht elastisch, ist kann es auf Dauer keine Fugenbewegungen aufnehmen

Auswirkungen:

Zu große Beanspruchungen im Flankenbereich führen zu Betonausbrüchen, da Morinol während des Aushärtens Zwangskräfte auf die Fugenflanken übertragen kann. Des Weiteren kommt es oft zu Feuchteerscheinungen in Wohnungen.

Zudem zählt Morinol laut LEYDOLPH [33] zu den asbesthaltigen Fugendichtstoffen. Seit 1993 besteht ein Herstellungs- und Verwendungsverbot für Asbest in Deutschland, das schließlich 2005 europaweit erlassen wurde.

In der Bausubstanz vorhandene Asbestprodukte stellen ein ernsthaftes Gefährdungspotential dar. Besondere Bedeutung kommen dem asbesthaltigen polymergebundenen Fugendichtstoff Morinol zu, da jener sowohl im Außenbereich als auch im Innenbereich der Wohngebäude verwendet wurde um Fugen zwischen Betonfertigteilen sowie Fensterabdichtungen herzustellen (**Abb. 5.5**). Von der Gefahrstoffbelastung sind vor allem Wohngebäude der P2-Serien betroffen. So weist eine Standardwohnblock mit 40 Wohneinheiten (4 Eingänge, 5 Geschosse) 1,24 km Fugendichtstoff auf.



Abb. 5.5: Fugendichtstoff Morinol nach LEYDOLPH [33]

Durchfeuchtung von zweistufig gedichteten Fugen

Zweistufig gedichtete Betonfugen, auch oft als „offene Fugen“ bezeichnet, weisen vor allem am Giebel und in den oberen Geschossen Undichtheiten auf. Nähere Betrachtungen haben ergeben, dass beim der Ausführung vom Fugenbild zahlreiche Abweichungen von den Planungsgrundlagen vorhanden sind, wie etwa nicht korrekt hergestellte Fugenbreiten, Fugenraster und Plattenversätze. Die Elemente sind gegenüber der Fassadenebene herausstehend oder stehen keilförmig zueinander.

Ursachen: Über- oder Unterschreitung der Montage und Elementtoleranzen

5.1.5 Typische Schäden an Kelleraußenwänden

Charakteristische Schäden an Kelleraußenwänden sind gemäß KOHL, KOLLOSCHE [16] Putzrisse und Putzabplatzungen bei Putz auf Mauerwerk sowie Risse und Betonabplatzungen.

Putzrisse und Putzabplatzungen bei Putz auf Mauerwerk

Ursachen:

- Durchfeuchtung im Spritzwasserbereich
- Versagen der vertikalen Dichtung
- undichte Regenfallrohre

Soweit die Keller trocken sind gibt es jedoch keine Auswirkungen.

Risse und Betonabplatzungen

Viele Risse treten an den Ecken der Kellerfenster auf oder in den vermörtelten Fugen zwischen den Elementen und sind teilweise durchgehend. Diese Schäden lassen sich auf Eigenspannungen im Wandelement und fehlende Diagonalbewehrung sowie auf eine ungenaue Montage zurückführen, wie etwa die Herstellung keiner waagrechten Ebene des Fundamentes.

Im Allgemeinen gibt es keine Auswirkungen. Ist der Grund des Schadens eine AKR (Alkali-Kieselsäure-Reaktion) oder eine SEB (Sekundäre-Ettringit-Bildung) so kann es zu einer Gefügezerstö-

ung kommen. Schäden, deren Ursache auf eine stoffliche Veränderung zurückzuführen ist, werden in Kapitel 5.3 behandelt.

5.1.6 Balkone und Loggien

Balkone und Loggien sind aufgrund ihrer exponierten Lage vermehrt schädigenden Einflüssen ausgesetzt. Jene äußeren Einflüsse, wie etwa Wärme, Kälte, Feuchtigkeit, CO_2 und SO_2 führen in Interaktion mit intensiver Nutzung, unterlassener Instandhaltung und Fehler bei der Herstellung zu beachtlichen Schäden. Zudem können Montageungenauigkeiten bei der Ausführung die Standsicherheit gefährden.

Bei der Bewertung des Bauzustandes sind die Schäden und Mängel des jeweiligen Objektes zu erfassen. Mängel sind vor allem auf die Herstellung zurückzuführen, wobei Schäden aufgrund der Nutzung im Laufe der Zeit auftreten und sich aus bestehenden Mängeln entwickeln können.

Die wesentlichen Mängel bezogen auf die Konstruktion, Ausführung und Montage sind:

Konstruktion

Betonbrüstung:

Die Betonbrüstungen, vor allem jene Ausführungen mit aufstehender Brüstungsplatte und Brüstungsplatte mit Konsolen, sind den Temperaturbeanspruchungen nicht gewachsen. Diese führen zur Entstehung von Zwangsspannungen und folglich kommt es zu Verwölbungen der Platten, die mit Rissen einhergehen und die Verankerungen der Loggiawände schädigen können.

Verankerung der leichten Brüstung:

Die sowohl bei Balkonen als auch bei Loggien vorkommenden leichten Brüstungen werden von oben oder direkt an der Stirnseite verankert und sind somit direkt den äußeren Einflüssen ausgesetzt. Durch die Lage in der wasserführenden Ebene kommt es mit großer Wahrscheinlichkeit zur Korrosion der nicht ausreichend geschützten Stahlkonstruktion.

Entwässerung über die Vorderkante der Deckenplatten:

Die Entwässerung mit Hilfe einer Betonwassernase führt zu einer verstärkten Durchfeuchtung des Plattenrandes. Dies hat zur Folge, dass Bereiche mit nicht ausreichender Betondeckung anfälliger für Stahl- und Betonkorrosion sind.

Vorfertigung

Betondeckung:

Die Betondeckung der Bewehrung erreicht selten den damals vorgeschriebenen Wert von 15-20 mm und liegt damit oft unter dem heute geforderten Mindestwert. Dieser Mangel stellt somit einen Ausgangspunkt für gravierende Korrosionsschäden dar.

Betonqualität:

Grundsätzlich wurde ein Beton mit der Güte B 300 geplant, die jedoch nicht immer erreicht wurde. Sie stellt derzeit jedoch keine Gefährdung der Tragfähigkeit und Standsicherheit dar. Die geringere Betonfestigkeit und der damit einhergehende vergrößerte Festporengehalt führen zu einer größeren Carbonatisierungsgeschwindigkeit. Die Carbonatisierung stellt weder einen Mangel noch einen Schaden dar, sondern ist lediglich ein normaler Prozess, der erst bei Erreichen der Bewehrung zu einer Depassivierung des Stahls führt und damit eine gute Grundlage für Korrosionsschäden wird. Des Wei-

teren wird durch den erhöhten Porengehalt ein besserer Zutritt von Wasser und Sauerstoff möglich, die ebenso die Entstehung von Korrosion begünstigen

Betonoberfläche:

Die Bauteiloberflächen weisen oft Lunker in einer Größe von bis zu 15 mm auf, die durch Lufteinschlüsse zwischen Schalung und Beton aufgrund unzureichender Verdichtung entstehen. An diesen Stellen ist die Betondeckung zusätzlich verringert und die vergrößerte Oberfläche den Umwelteinwirkungen noch stärker ausgesetzt.

Montage

Auflagertiefe:

Durch Montageungenauigkeiten, vor allem durch Schiefstellung und Versatz der Wände, wird die geplante Auflagertiefe der Decken, der Wände sowie der Brüstungen nicht erreicht. Dieser stellenweise auftretende Mangel kann die Gefährdung der Standsicherheit einer ganzen Loggiawand bewirken.

Gefälle:

Deckenplatten, bei denen das Gefälle durch geneigte Auflager hergestellt wurden, besitzen oftmals eine falsche (Kontergefälle) oder zu geringe Neigung was zu Durchfeuchtungen in den Fugenbereichen und Korrosionserscheinungen an den Ankern und Anschlüssen führen kann.

Die wesentlichen Schäden sind nachfolgend angeführt:

Bauteile

- Betonabplatzungen und teilweise freiliegender korrodierter Stahl treten, wie in **Abb. 5.6** zu sehen ist, an jenen Stellen auf:
 - * an der Vorderkante der Deckenplatten vor allem im Bereich der Entwässerung über die Wassernase
 - * an der Unterseite der Deckenplatten vor allem bei unzureichender Sickerwasserdichtung
 - * an der Außenfläche der Betonbrüstungsplatten als Folge von Verwölbungen, Rissbildung und Durchfeuchtung
 - * an Konsolenauflagern der Brüstungen und Decken infolge zu geringer Betondeckung und z.T. mechanischer Beschädigung
 - * im Bereich ungenügend geschützter Anschlussnähte zwischen Brüstung und Loggiawand an den Einbindepunkten der leichten Stahlbrüstung in die Deckenplatte

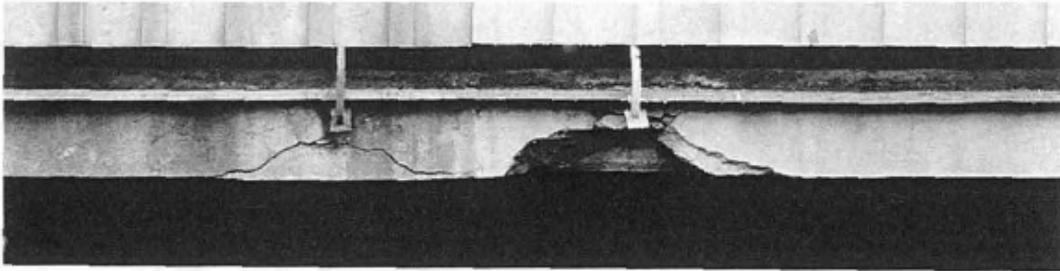


Abb. 5.6: Schaden : Betonabplatzung Betondecke, aus HEINRICH [31]

- Treiberscheinungen durch Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR) und dadurch verursachte und auftretende Rissbildung vor allem im Spritzwasserbereich von Loggiawänden und Decken
- Risse in Konsolenauflägern der Decken und Brüstungen bei zu geringer Auflagertiefe oder fehlender Bewehrung im Auflagerbereich (**Abb. 5.7**)

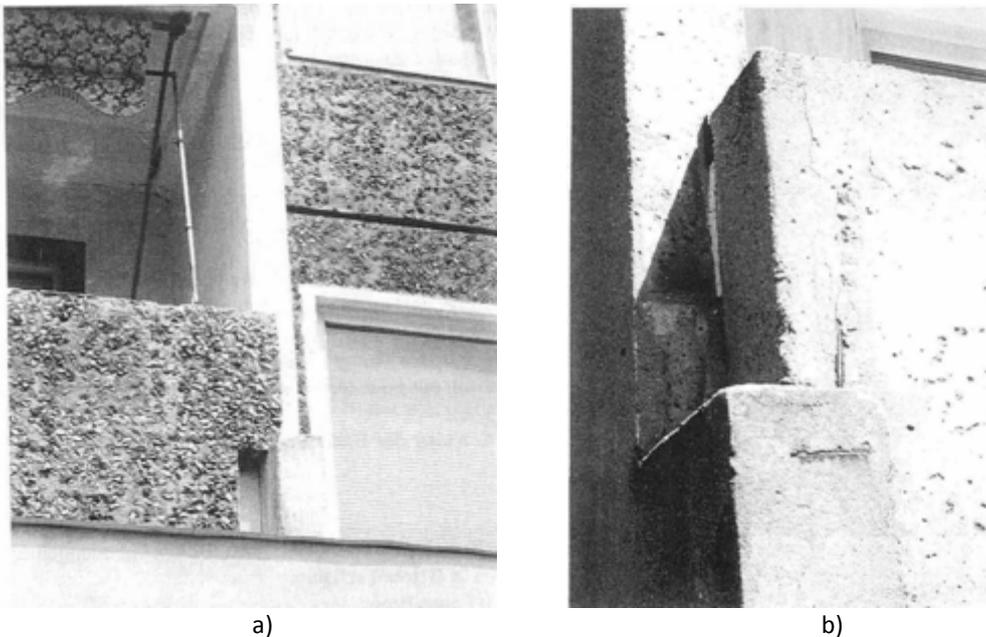


Abb. 5.7: Schäden am Konsolauflager nach HEINRICH [31]

a) Unzureichende Auflagertiefe eines Konsolauflagers, b) Schadhafte Konsolauflager

Fugen

- Ein versprödeter und abgerissener Fugendichtstoff zwischen der Decke und der Außenwand wie auch zwischen der Loggiawand und der Außenwand kann zu Durchfeuchtungen im Gebäudeinneren und möglicher Korrosion der Anker (Ausführungen ohne Edelstahl) führen.
- In der Lagerfuge zwischen den Loggiawänden sowie in der Fuge zwischen Deckenplatte und aufstehender Brüstungsplatte kommt es zu Auswaschungen und Zerstörungen des Mörtels

5.2 Schimmelpilzbildung

Einer der häufigsten Schäden im Wohnungsbau ist die Schimmelpilzbildung auf der Innenoberfläche der Außenkonstruktion. Nach KOHL und KOLLOSCHE [16] können mögliche Ursachen für die Bildung von Schimmel sein:

- das Vorhandensein von Tauwasser an der Innenseite der Außenwand bzw. hohe relative Luftfeuchtigkeit in der Nähe der Innenseite bei mangelhafter Wärmedämmung, vor allem im Bereich von Wärmebrücken
- der Anfall von Tauwasser an der inneren Außenwandoberfläche durch das Entstehen von hoher relativer Luftfeuchtigkeit aufgrund falschen Nutzungsverhaltens wie beispielsweise unzureichende Lüftung und/ oder mangelnde Beheizung der Räume.
- Einwirkung von Feuchte von außen (Schlagregen)

Laut RICCABONA, BEDNAR [41] und KOHL, KOLLOSCHE [16] enthält die Luft in der Regel nicht den maximal möglichen Wasserdampfgehalt, sondern nur einen Anteil. Das Verhältnis des vorhandenen Wasserdampfgehaltes zum Höchstmöglichen wird als relative Luftfeuchtigkeit bezeichnet und lässt sich nach Formel (5-1) ermitteln.

$$\varphi = \frac{(\text{vorhandener Wasserdampfgehalt}) \cdot 100}{\text{max. möglicher Wasserdampfgehalt}} \% \quad (5-1)$$

Luft kann demnach nur eine begrenzte Menge an Wasserdampf aufnehmen. Je höher die Lufttemperatur, desto mehr Wassermoleküle können aufgenommen werden. Sind zu viele Wassermoleküle vorhanden, ist also im Extremfall eine relative Luftfeuchtigkeit von 100 % erreicht, so kondensiert Wasserdampf zu Flüssigkeitströpfchen und es bildet sich an Oberflächen Tauwasser.

Ist nun die Oberflächentemperatur an der Innenseite der Außenwand niedriger als die Taupunkttemperatur, so kommt es zur Tauwasserbildung auf der Bauwerksoberfläche, die in Abhängigkeit der Tauwassermenge und der Aufnahmefähigkeit der Oberfläche nicht immer gleich sichtbar sein muss. Erst durch Ablagerungen von Staub oder Dreck werden feuchte Stellen an Wärmebrücken sichtbar und bilden eine gute Grundlage für die Bildung von Schimmelpilz.

Es wurde auch beobachtet, dass für das Auftreten von Schimmelpilz nicht immer zwingend Tauwasser anfallen muss. In Abhängigkeit des Oberflächenmaterials kann auch bei Feuchten von über 75 % und entsprechender Oberflächentemperatur Schimmelpilz entstehen.

Schimmelpilzsporen benötigen für ihr Wachstum Sauerstoff, Feuchtigkeit, einige Mineralien sowie Proteine, die sie aus organischen Kohlenwasserstoffen oder Stickstoff gewinnen können. Die Bauteiloberfläche selbst hat einen wesentlichen Einfluss auf die Bildung von Schimmelpilz. So wirken sich ungestrichene Betone, die keine Staubansammlungen in den Poren aufweisen, ungünstig auf das Wachstum von Pilzsporen aus, hingegen Dispersionsfarbanstriche, Textil-, Rohfaser- und Papiertapeten eine günstige Nahrungsquelle darstellen. Auf Glasoberflächen, keramischen Fliesen und Vinyl-Schaumstofftapeten bildet sich Schimmelpilz nur in Ausnahmefällen, wie zum Beispiel bei starker Verschmutzung der Oberfläche [16].

5.3 Schäden durch stoffliche Veränderungen

5.3.1 Alkali- Kieseläure-Reaktion und sekundäre Ettringit- Bildung

Gefügestörungen und ernsthafte Schäden in Betonbauwerken können laut KOHL, KOLLOSCHKE [16] durch treibende Kräfte entstehen, die sich häufig aufgrund einer Volumenzunahme von mineralischen Neubildungen der Zuschläge entwickeln. Aufgrund der Volumenzunahme kommt es im spröden Festbeton zu Lockerung des Haftverbundes zwischen den Zuschlägen und dem Zementstein oder im Zementstein selbst. Dieser Prozess wird durch Feuchtebeanspruchungen gefördert.

Zu den Gefügezerstörungen zählen:

- Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR)
- Sekundäre Ettringit-Bildung

Als Alkali-Kieselsäure-Reaktion wird eine chemische Reaktion im Beton bezeichnet, bei der Kieselsäure (SiO_2) aus alkali-empfindlichen Zuschlägen mit Alkalihydroxiden (NaOH , KOH) reagiert. Dabei kann es zu einer Verminderung der Gebrauchseigenschaften oder zur vollständigen Zerstörung kommen.

Alkalihydroxid kann in der Porenlösung des erhärteten Betons enthalten sein. Die Entstehung kann auf unterschiedliche Ursachen zurückgeführt werden. Meistens wird es durch die Hydratation des Zements aus Natrium- oder Kaliumverbindungen gebildet. Auch durch das Eindringen von Alkaliverbindungen (z.B. Salzlösungen) kann es im Beton zur Bildung von Alkalihydroxiden kommen.

Schadensmerkmale:

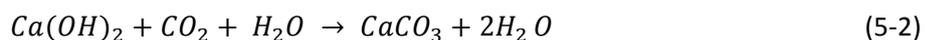
- gallertartige Ausscheidungen an der Betonoberfläche, die sich zu weißen, punktförmigen Ausblühungen weiterentwickeln.
- Auswaschungen und Abplatzungen
- Netzrisssbildungen

Unter der Ettringitbildung versteht man die Reaktion der aluminatischen Komponente des Zements mit den Sulfat-Ionen des Abbindeglers (Gips, Anhydrit). In der ersten Stufe bildet sich während der Wärmebehandlung eine besser beständige Vorstufe des Ettringits. Während der Nutzungsphase des erhärteten Betons kommt es schließlich zu einer sekundären Ettringit-Bildung, die durch eine Zementsteindehnung charakterisiert ist und sich durch ein „Abheben“ des Zementsteins gegenüber den Zuschlagskörnern bemerkbar macht.

Die Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR) und die sekundäre Ettringit-Bildung (SEB) laufen unter bestimmter stofflicher Zusammensetzung gleichzeitig ab. Besonders häufig treten AKR bei Außenwänden mit Keramikbekleidungen auf, wo Feuchtigkeit meist durch undichte Fugen eintreten kann und sich langsam sammelt. Liegen die Außenwandelemente eng zusammen (vermörtelte Fugen), so können große Auswölbungen infolge Zwang entstehen.

5.3.2 Karbonatisierung und Korrosion

LAUT METTKE et al. [6] und KOHL, KOLLOSCHKE [16] ist die Karbonatisierung eine chemische Reaktion zwischen dem Calciumhydroxid $\text{Ca}(\text{OH})_2$ des Zementsteins und dem Kohlendioxid der Luft. Die Reaktionsgleichung wird durch die Formel (5-2) beschrieben:



Da die basischen Eigenschaften des Betons im Laufe der Zeit abnehmen, kommt es ab einem pH-Wert von 9,5 zu einem Verlust der Passivierung der Stahloberfläche. Durch die Karbonatisierung verringert sich einerseits das Porenvolumen, andererseits erhöht sich gleichzeitig die Festigkeit. Die Geschwindigkeit der Karbonatisierungsreaktion nimmt mit der Standzeit ab, da durch die zunehmende Gefügeverdichtung der Diffusionswiderstand für das Kohlendioxid der Luft zunimmt. Solche Vorgänge treten jedoch nur bei begrenzten Rissbreiten bis 0,3 mm auf. Grundsätzlich hängt die Karbonatisierungsgeschwindigkeit von der Porosität und Feuchtigkeit des Betons, der Betongüte und der Dicke des Betons ab.

Für das Auftreten von Korrosion müssen gleichzeitig drei Bedingungen erfüllt sein [16]:

- Verlust der Passivität der Stahloberfläche, die durch Karbonatisierung des Betons oder durch schädliche Salze aufgehoben wird
- Sauerstoff muss an den Stahl hinzukommen können
- Ein Elektrolyt muss vorhanden sein, das bedeutet dass der Beton ausreichend feucht sein muss

Solange der Bewehrungsstahl von einer ausreichend dicken und gut verdichteten Betondeckung umgeben ist kommt es aufgrund des alkalischen Milieus zu keiner Korrosion. Erst mit dem Verlust der Schutzwirkung des Betons beginnt der ungeschützte Stahl unter der Einwirkung von Wasser und Sauerstoff zu korrodieren. Da die entstehenden Korrosionsprodukte ein größeres Volumen als Stahl aufweisen kommt es zu Spannungen im Beton, die über Risse und Abplatzungen abgebaut werden. Die Verbundwirkung zwischen Stahl und Beton wird in diesen Bereichen zur Gänze aufgehoben.

6 Sanierungsmaßnahmen und Instandsetzung

Die heutige Zeit erfordert einen nachhaltigen Umgang mit Energie und Ressourcen. Umso mehr stellt der Gegenstand Sanierung eine wesentliche Maßnahme für ein ökonomisches Zusammenleben dar.

Laut KERSCHBERGER [29] weisen Plattenbauten, unabhängig von ihrem Konstruktionstyp, allgemein hohe Energieverbräuche und entsprechende Schadstoffemissionen auf. Diese sind auf den schlechten Wärmeschutz, Baumängel wie undichte Fugen, durchfeuchtete Dächer und Außenwände, verkommene Fenster sowie schlecht regelbare, ineffiziente Heizungssysteme zurückzuführen. Da mit der Energie in den Zeiten der Errichtung verschwenderisch umgegangen wurde und die Steuerung schlecht funktionierte, wurde zur Schaffung eines behaglichen Wohnraumklimas primitiv die Heizung durch „Fensteröffnen“ geregelt. Abgesehen von der Energieverschwendung wurde aufgrund von Wärmebrücken entstandenes Tauwasser oder eine auf Undichtheiten zurückzuführende Durchfeuchtung weggeheizt und weggelüftet. Mit der Einführung von verbrauchsabhängigen Heizungsabrechnungen und der damit verbundenen Einsparung an Energie, sind auch die Bauschäden bedingt durch konstruktive, wärme- oder lufttechnische Mängel verstärkt worden.

6.1 Bauliche Sanierung

Der Instandsetzungsaufwand von Schäden an Plattenbauten hängt im Wesentlichen vom Schädigungsgrad und dem Konstruktionstyp ab.

KOHL und KOLLOSCHE [16] stellen fest, dass vor allem ältere Gebäude mit ein- und zweischichtigem Außenwandaufbau mit einer zusätzlichen Wärmedämmung zu versehen sind, die zugleich eine Instandhaltungsmaßnahme darstellt und die Fassade vor äußeren Einflüssen schützt.

6.1.1 Außenwände

Zu den grundsätzlichen Instandsetzungsmaßnahmen zählen laut METTKE et al [6] und KOHL, KOLLOSCHE [16] :

- Betoninstandsetzung
- Oberflächenschutzsysteme
- Rissbeseitigung
- Fugeninstandsetzung

6.1.1.1 *Betoninstandsetzung*

Die Instandsetzungsmaßnahmen für Bauteile aus Beton oder Stahlbeton umfassen nach KOHL, KOLLOSCHE [16] folgende Schritte:

- Freilegen der sichtbaren Fehlstellen
- Vorbehandlung des Betonuntergrundes
- gegebenenfalls Wiederherstellung des dauerhaften Korrosionsschutzes bereits korrodierter Bewehrung
- Aufbringen einer Haftbrücke, die für hydraulisch abbindende Betone vorzugsweise aus Zementschlämmen herzustellen ist.

- Erneuerung des Betons (Reprofilierung) im oberflächennahen Bereich, wenn Schäden zufolge Korrosion oder äußeren Einflüssen vorliegen.
- Füllen von Rissen
- Beschichtung von Oberflächen

Diese Instandsetzungsmaßnahme ist prinzipiell als kritisch zu betrachten, da sie eine einwandfreie Ausführung der einzelnen, oben angeführten, Arbeitsschritte bedingt.

Korrosionsschutz

Laut METTKE et al [6] und KOHL, KOLLOSCHKE [16] bieten sich verschiedene Möglichkeiten zur Herstellung bzw. Wiederherstellung eines dauerhaften Korrosionsschutzes an:

- Korrosionsschutz durch Wiederherstellung des alkalischen Milieus
Durch das Auftragen zementgebundener Stoffe auf die Stahloberfläche bildet sich erneut eine Passivschicht bzw. ein alkalisches Milieus aus. Dafür eignen sich am besten hydraulisch erhärteter Mörtel oder Beton.
- Korrosionsschutz durch Begrenzung des Wassergehaltes im Beton
Durch das Begrenzen des Wassergehaltes im Beton wird die elektrolytische Leitfähigkeit stark reduziert bzw. unterbrochen, so dass die Korrosionsgeschwindigkeit vernachlässigbar klein wird.
- Korrosionsschutz durch Beschichtung der Bewehrung
Durch die Beschichtung der Bewehrung wird die anodische Eisenauflösung verhindert. Als Beton- Ersatzsystem eignet sich ein Reaktionsharzsystem oder ein Zementmörtel mit Kunststoffzusatz.
- Kathodischer Korrosionsschutz
Durch das Beaufschlagen eines Fremdstromes wird eine kathodische Wirkung der Bewehrung hervorgerufen, die eine Korrosion der Bewehrung verhindert.

Betonersatzsysteme (Reprofilierung)

Nach KOHL und KOLLOSCHKE [16] werden für die Reprofilierung folgende Baustoffe verwendet:

- Betone mit hohem Widerstand gegen Frost-Tauwechsel (CC)
- Spritzbetone (SCC)
- Spritzmörtel/- beton mit Kunststoffzusatz (SPCC)
- Zementmörtel/- beton mit Kunststoffzusatz (PCC)
- Reaktionsharzmörtel/ Reaktionsharzbeton (PC)

Der Einsatz dieser Baustoffe dient vor allem der Erhöhung der Betondeckung, zur Verfüllung örtlicher Betonfehlstellen sowie der Verstärkung der Bauteilquerschnitte.

6.1.1.2 Oberflächenschutzsysteme

Laut METTKE et al. [6] und KOHL, KOLLOSCHKE [16] dient das Aufbringen von Oberflächenschutzsystemen nicht nur dem vorbeugenden Schutz und der Dauerhaftigkeit, sondern stellt auch eine abschließende Maßnahme bei der Instandsetzung von Betonbauteilen dar.

Zu den Oberflächenschutzsystemen von Außenwänden zählen:

Hydrophobierung

Bei der Hydrophobierung handelt es sich gemäß METTKE et al. [6] um eine „[...] Schutzbehandlung, die eine Baustoffoberfläche dadurch wasserabweisend macht, dass deren Saugfähigkeit durch ungleichmäßige Auskleidung der Porenwandungen herabgesetzt wird. Als Hydrophobierungsmittel kommen pigment- und füllstofffreie Produktgruppen (vorwiegend Silikane, Siloxane und Silicone) zur Anwendung, die nicht filmbildend wirken.“

Entsprechend der vorhandenen Betongüte dringen Hydrophobierungsstoffe bis zu 5 mm in den Betongrund ein und bilden einen Schutz gegen beton- und stahlangreifende Stoffe. Aufgrund der nicht-filmbildenden Eigenschaft ist optisch kein wesentlicher Unterschied gegenüber unbehandelten Flächen erkennbar. Der im Laufe der Zeit abschwächende Abperleffekt stellt kein Anzeichen für ein Nachlassen der Schutzwirkung dar, die etwa auf einen Zeitraum von 5 bis 10 Jahren begrenzt ist. Durch die Hydrophobierung können Verschmutzungen der Oberfläche sowie der Befall durch Algen, Moose und Pilze vermindert werden.

Die hydrophobierende Imprägnierung dient laut KOHL und KOLLOSCHKE [16] vor allem als Feuchteschutz bei vertikalen und geneigten Flächen, frei bewitterten Betonflächen.

Versiegelung

Die Versiegelung ist die Vorstufe der Beschichtung. Durch Bildung eines zusammenhängenden Films werden oberflächennahe Kapillarporen des Betonuntergrundes geschlossen und vermindern die Wasseraufnahme, die Aufnahme von gelösten Schadstoffen und die CO_2 - Diffusion [6].

Der Aufbau der Versiegelung beinhaltet gemäß KOHL und KOLLOSCHKE [16]:

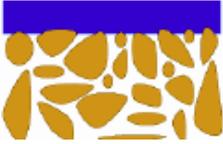
- hydrophobierende Imprägnierung
- gegebenenfalls nicht pigmentierte, farblose Grundierung um die Saugfähigkeit zu verringern und eine Verfestigung des Untergrundes zu bewirken
- zumindest zwei farblose, lasierende oder pigmentierte Deckschichten

Beschichtung

Durch die Beschichtung wird das Eindringen von Wasser und von in Wasser gelösten Schadstoffen unterbunden. Die Modifikation der Bindemittelgruppe und Schichtdicke hat wesentlichen Einfluss auf die Eigenschaften, wie z.B. Diffusionswiderstand, Rissüberbrückung, Verschleißfestigkeit und Chemikalienbeständigkeit. Als Werkstoffe für die Beschichtung eignen sich gelöste Acrylate, Epoxidharze, Polymerdispersionen und Zementschlämme [6].

In der **Tab. 6.1** werden die einzelnen Oberflächenschutzsysteme unter Betrachtung ihrer Vor- und Nachteile gegenübergestellt.

Tab. 6.1: Vor- und Nachteile der einzelnen Oberflächenschutzsysteme, aus METTKE et al. [6]

Oberflächenschutzsystem	Hydrophobierung	Versiegelnde Imprägnierung	Beschichtung
			
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • leichte Verarbeitung • guter Schutz • Verbesserung des Frost-Tausalz- Widerstandes • die Aufnahme von Schadstoffen wird behindert • begrenzte Reduzierung der kapillaren Wasseraufnahme bei eigenständiger Maßnahme 	<ul style="list-style-type: none"> • keine Adäsionsprobleme • keiner mechanischen Belastung ausgesetzt • hohe Verschleißfestigkeit • Druckwasserdicht • geeignet für rückseitige Durchfeuchtung 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzierung des Eindringens von Wasser und wassergelösten Stoffen • Beeinflussung des Diffusionswiderstandes • Rissüberbrückungsfähigkeit • Verbesserung der Verschleißfestigkeit • Verbesserung der Chemikalienbeständigkeit
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • keine Verfestigung der Betonoberfläche • keine Abdichtung gegen drückendes Wasser 	<ul style="list-style-type: none"> • kein Rauigkeitsausgleich möglich 	<ul style="list-style-type: none"> • Adhäsionsprobleme • mechanischer Belastung ausgesetzt • hohe Materialmengen erforderlich

6.1.1.3 Rissbeseitigung

Ist das Beseitigen der Risse mit den zuvor beschriebenen Oberflächenschutzsystemen nicht mehr durchführbar, so sind gemäß KOHL und KOLLOSCHKE [16] andere Maßnahmen heranzuziehen. Das Verschließen der Risse kann durch Tränkungen (ohne Druck) mit Epoxidharz oder durch Injektionen (unter Druck) mit Hilfe von Epoxidharz, Polyurethan oder Zementleim erfolgen.

Die Füllstoffe müssen eine ausreichend niedrige Viskosität, gute Verarbeitbarkeit, geringen Volumenschwund, hohe Alterungsbeständigkeit und eine gute Haftzugfestigkeit an den Rissufer aufweisen.

Das Schließen der Risse verhindert das Eindringen von Wasser und korrosionsfördernden Stoffen. Auf ein kraftschlüssiges Verpressen der Risse kann jedoch verzichtet werden. Das Einbringen des Injektionsgutes durch Packer hat sich als nachteilig herausgestellt, da bei zu hohem Druck das Material aus dem Riss in die Wandkonstruktion abfließen kann.

Auch die Tränkung von Rissen gestaltet sich oft schwierig. Alternativ hat sich das Aufschneiden und Verfüllen der Risse mit PCC bewährt.

6.1.1.4 Fugeninstandsetzung

Laut KOHL und KOLLOSCHE [16] gibt es verschiedene Möglichkeiten zur Instandsetzung schadhafter Fugenabdichtungen:

- Abdichten von Außenwandfugen mit Elastomere-Fugenbändern unter Verwendung von Klebstoffen
- Abdichten mit Fugendichtstoffen
- Abdichten der Fugen mit vorkomprimierten Fugendichtungsbändern

Instandsetzung mit aufgeklebten Fugenbändern

KOHL, KOLLOSCHE [16] empfiehlt bei abweichender und ungenauer Fugengeometrie die Verwendung von aufgeklebten elastischen Fugenbändern, die aus Polysulfid, Silikon oder Polyurethan erzeugt werden. Als Kleber werden Materialien auf der Basis des Fugenbandes verwendet (**Abb. 6.1**).

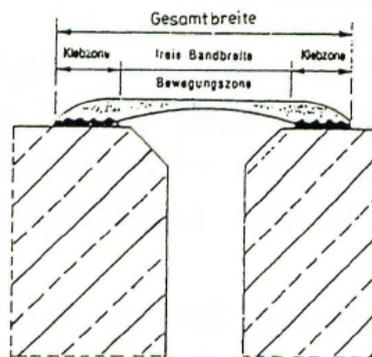


Abb. 6.1: Abdichtungsprinzip mit Fugenband, aus KOHL, KOLLOSCHE [16]

Bei unterdimensionierten Fugen wird aufgrund der frei verfügbaren Bandbreite eine entsprechende Dehnungszone hergestellt. Allenfalls muss jedoch eine Fugenbreite von mindestens 5 mm zur Vermeidung von Zwangsspannungen eingehalten werden.

Bei Aufbringen eines Oberflächenschutzes ist dieser an den Fugendichtstoff bzw. den Fugenbändern anzuarbeiten und soll prinzipiell nicht überstrichen werden.

Instandsetzung mit vorkomprimierten Fugendichtungsbändern

Das vorkomprimierte Fugendichtungsband wird zumeist aus Polyurethan-Schaumstoff hergestellt und mit einem Paraffin-Neoprengemisch imprägniert. Dabei wird das Fugenband auf ca. 15-20 % seiner Ausgangsdicke vorkomprimiert und mit einer einseitigen Klebeschicht versehen. Aufgrund der hohen Temperaturbeständigkeit (-40 Grad bis +90 Grad) des Materials ist eine Verarbeitung bei nahezu jeder Temperatur möglich.

Bei Fugen mit unterschiedlichen Fugenbreiten sowie bei keilförmig verlaufenden Fugenflanken ist diese Art der Fugeninstandsetzung nicht ausführbar. Darüber hinaus ist die Funktionsfähigkeit nur dann gegeben, wenn das Fugenband auf seiner ganzen Länge auf mindestens 20% seiner Ausgangsdicke komprimiert werden kann.

In nachfolgender **Tab. 6.2** sind Instandhaltungsmaßnahmen für die typischen Schäden an Plattenbauten zusammengestellt.

Tab. 6.2: Instandsetzungsmaßnahmen bei typischen Schäden im Plattenbau, METTKE et al. [6], KOHL, KOLLOSCHKE [16]

Schäden	Instandsetzungsmaßnahmen
örtliche Betonabplatzungen, Kantenabplatzungen an den Fugenrändern	Betonuntergrund mit einer Haftbrücke versehen, Ausbruchstellen mit Instandsetzungsmörtel verfüllen. Die Materialbasis der beiden Stoffe ist zumeist identisch. Das Aufbringen des Reparaturmörtels hat noch vor dem völligen Austrocknen der Haftbrücke zu erfolgen (Verarbeitung „frisch in frisch“). Als Reparaturmörtel bietet sich an: <ul style="list-style-type: none"> • Zementmörtel • Kunststoffmodifizierter Zementmörtel • Reaktionsharzsysteme
Flächige Betonabplatzungen mit freiliegender Bewehrung	Reprofilierung durch: <ul style="list-style-type: none"> • Spritzbeton • Spritzmörtel/-beton mit Kunststoffzusatz
Risse und Abplatzungen an keramischen Oberflächen	Die Instandsetzung der Außenwandoberfläche stellt eine schwierige Maßnahme dar. Es empfiehlt sich das Aufbringen von wärmedämmenden Schichten.
Risse im Beton bis 0,3 mm	Aufbringen einer Oberflächenbeschichtung mit CO ₂ bremsenden, wasserabweisenden und rißüberbrückenden Eigenschaften
Risse im Beton über 0,3 mm	Aufschneiden der Risse und Verfüllung mit Reparaturmörtel
Korrodierte Bewehrung	<ul style="list-style-type: none"> • Entfernen des karbonatisierten Betons sowie loser Teile und Staub vom Betongrund • Korrodierte Betonstähle metallisch blank entrostet • Aufbringen von Korrosionsschutz durch zweimaliges Beschichten der Bewehrung • Auftragen einer Haftbrücke • Auffüllen der Schadstelle mit Reparaturmörtel • Oberflächenschutzbeschichtung
Poröse Betonoberflächen	Aufbringen einer Oberflächenbeschichtung mit CO ₂ -bremsenden, wasserabweisenden und rißüberbrückenden Eigenschaften als abschließende und vorbeugende Maßnahme
Undichte Fugen	<ul style="list-style-type: none"> • Bei geschlossenen Fugen: Entfernen der alten Fugenabdichtung (Morinol) • Vorbereiten der Klebeflächen für Fugenbänder • Anbringen der Fugenbänder

Entfernen des Fugendichtstoffes Morinol

Das Vorhandensein von Gefahrenstoffen in der Bausubstanz stellt eine kritische Angelegenheit bei der Instandhaltung und Modernisierung von industriell errichteten Wohngebäuden dar. LEYDOLPH [33] hält fest, dass asbesthaltige Materialien, wie z.B. Morinol, bei verschiedenen Gebäudetypen im Wohnungsinneren als auch im Außenwandbereich eingesetzt wurden. Das asbesthaltige Material muss unter Berücksichtigung des Arbeits-, Gesundheits-, und Umweltschutzes beseitigt und entsprechend den gültigen Verordnungen für Gefahrenstoffe entsorgt werden. Diese Leistungen sind Voraussetzung für jede weitere bauliche Maßnahme.

Fugenuntersuchungen von Leydolph zeigen, dass nach einer Nutzungsdauer von 20 bis 43 Jahren, entsprechend dem Baujahr des Gebäudes, starke Alterungserscheinungen zum Vorschein kommen, die zu einer Versprödung bzw. Aushärtung der oberen Schicht führen. Asbestfasern können folglich, wie in **Abb. 6.2** dargestellt, herausragen, leicht gelöst und freigesetzt werden.



Abb. 6.2: Randbereich mit herausragenden Asbestfasern, aus LEYDOLPH [33]

Der Gefahrstoffausbau erfolgt durch kostenintensive und technisch unzureichende Verfahren. Das Herausbrechen der Fugenabdichtung, die mehrere Kilometer umfassen kann, ist eine schwere körperliche Arbeit.

Auch im Rahmen einer Demontage bzw. einem Gebäudeabbruch ist die Trennung von Gefahrstoff und Baustoff erforderlich, da sonst das gesamte Abbruchmaterial als Gefahrstoff zu behandeln wäre. Die Demontageskosten liegen etwa 2-2,5 mal höher als bei einem üblichen Abbruch mit der Abbruchzange.

Besondere Schwierigkeiten beim Ausbau bereiten Fugen mit einer geringen Breite, Fugen mit konischem Fugenverlauf, Fugen mit tief hineinreichenden Dichtstoffmassen, Kreuzungsbereiche und Eckbereiche. Zur Entfernung des Fugendichtstoffes muss der Beton hier an den Fugenflanken großflächig abgestemmt werden. Während die Fugen im Ausgangszustand 2 cm betragen, ist die Fugenöffnung nach dem Ausstemmen etwa 15 cm groß (**Abb. 6.3**). Dies stellt für die weitere Verarbeitung große Probleme dar.



Abb. 6.3: Fugenöffnung nach dem Ausstemmen, aus LEYDOLPH [33]

Technisch gute Lösungen für den Ausbau bzw. die weiteren Verfahrensschritte nach dem Ausbau befinden sich gegenwärtig erst in der Entwicklungsphase.

6.1.1.5 Tragfähigkeitserhöhung von Leichtbetonelementen

Durch Zementleiminjektionen kann gemäß NODOUSHANI [18] die Tragfähigkeit von Leichtbeton mit Haufwerksporigkeit erhöht werden. In 4.1.1 Einschichtige Außenwandtafeln werden die unterschiedlichen Arten an Leichtbetonen erläutert. Haufwerksporen sind Hohlräume zwischen den Zuschlagskörnern, die auf einen gewollten Mangel an Feinmörtel oder auf eine unvollständige Verdichtung zurückzuführen sind.

Laut NEUMANN, REUSCHEL, STAHLMANN [35] und NODOUSHANI [18] besteht die Grundidee der Zementleiminjektage darin, die Haufwerksporen durch einen Zementleim mit hoher Eigenfestigkeit zu verfüllen und ein Verbundmaterial zu erzeugen mit einem geschlossenen Zementmatrixgefüge und einem porigen Leichtzuschlag zu erzeugen.

Die Sanierungsabläufe sind folgende [18]:

- Anbohren der Fassadenplatten: Bei einer Wandstärke von etwa 30 cm werden die Borlochabstände etwa alle 30 cm gesetzt.
- Im Anschluss an die durchgeführten Bohrungen werden diese mit Hochdruckpackern versehen und mit Zementleim, bei 2 bar bis 5 bar Druck, verpresst. Die Verpressung erfolgt dabei von unten.

Der Zementleimverbrauch liegt etwa bei 45 l bis 50 l pro m² Fassadenplatte. Nicht immer ist es möglich bei der ersten Verpressung alle Haufwerksporen zu füllen. Um die gewünschte Betondruckfestigkeit zu erreichen, ist häufig eine Nachverpressung erforderlich.

Gemäß NEUMANN et al. [35] kann bei der Zementleiminjektage die Sanierung an der Außenseite des Elementes erfolgen, was im Gegensatz dazu bei anderen Methoden nicht möglich ist und zudem ein unbewohnter Zustand des Gebäudes Voraussetzung ist.

Derartige Sanierungsverfahren betreffen zum einen statisch-konstruktive Lösungen, wie etwa die Unterstützung der Geschossdecken durch Stützen oder durch Unterzüge zur Reduzierung der auf die Außenwandelemente wirkenden Eigen- und Verkehrslasten. Eine weitere statisch-konstruktive Maßnahme stellt das Auswechseln der nichttragfähigen Außenwandelemente dar. Im Hinblick auf den Sanierungsaufwand sowie die Tatsache, dass sich die Gebäude in der Regel in einem bewohnten Zustand befinden, sollten die genannten statisch-konstruktiven Sanierungsverfahren nur im Ausnahmefall herangezogen werden.

Auch das Verstärken der Außenwandelemente durch Stahlbeton oder Epoxidharzbeton stellt eine gegenüber der Zementleiminjektage schlechtere Sanierungsvariante dar. Die Anordnung der Schicht, vor allem bei Gebäuden mit offener Horizontalfuge, ist an der Elementinnenseite sinnvoller, was wiederum einen Leerstand des Gebäudes während der Durchführung der Arbeiten erfordert und den Sanierungsaufwand steigert.

Aus diesem Grund eignet sich für die Tragfähigkeitserhöhung die Zementleiminjektage. Vorab muss jedoch eine Alkali- Kiesel säure-Reaktion ausgeschlossen werden, die etwa durch eine Injektage ausgelöst werden kann.

Ein großer Nachteil der Zementleiminjektage liegt in der Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit, bei ohnehin schlechten Parametern und die daraus resultierende Unterschreitung des Mindestwärmeschutzes. Um den Anforderungen des Wärmeschutzes gerecht zu werden, sind die Außenwandelemente mit einer Dämmung zu versehen. Dies kann wie in Kapitel 6.2 beschrieben durch ein Wärmedämmverbundsystem oder eine vorgehängte hinterlüftete Außenwandbekleidung erfolgen. Die Dammstoffdicke sollte in der Regel mindestens 80 mm betragen.

6.1.2 Flachdach

Laut HEINRICH et al. [32] umfasst die Sanierung von belüfteten Flachdächern im Allgemeinen die Erneuerung der Dachabdichtung und Anschlüsse sowie die Verbesserung des Wärmeschutzes. Die Umwandlung eines belüfteten Daches in ein unbelüftetes stellt zudem auch eine Sanierungsmaßnahme dar.

Erneuerung der Dachabdichtung

Ist die Nutzungsfähigkeit des Daches durch Reparaturmaßnahmen nicht mehr herzustellen, so ist gemäß HEINRICH et al. [32] eine umfassende Instandsetzung des Daches durch Erneuerung der Dachabdichtung und der An- und Abschlüsse unumgänglich.

Zur Herstellung der Abdichtung kommen vorzugsweise Plastomere-/ Elastomerebahnen, aber auch Bitumenbahnen zum Einsatz. Die mechanischen Eigenschaften, wie die Reißfestigkeit und Dehnung, werden wesentlich durch die Verwendung von Trägereinlagen beeinflusst. Dafür werden unter anderem Polyestervlies, Polyester gewebe, Glasvlies und Glas gewebe verwendet, wobei Trägereinlagen aus Polyestervlies sich für die aus thermischen und mechanischen Belastungen induzierten Beanspruchungen am besten bewährt haben.

Im Zuge der Erneuerung ist die vorhandene beschädigte Dachabdichtung möglichst zu belassen, da eine Entfernung aufwendig und unzweckmäßig ist. Durch Aufschneiden von Blasen mit nachfolgender Verklebung oder Verschweißung von Teilen, Überkleben von Rissen und Ausgleich von Vertiefungen ist der Untergrund vorzubereiten. Werden Bitumenbahnen verwendet ist darüber hinaus ein Bitumenvoranstrich aufzubringen.

Die Schichtenfolge der erneuerten Dachabdichtung ist entsprechend **Abb. 6.4** auszuführen.

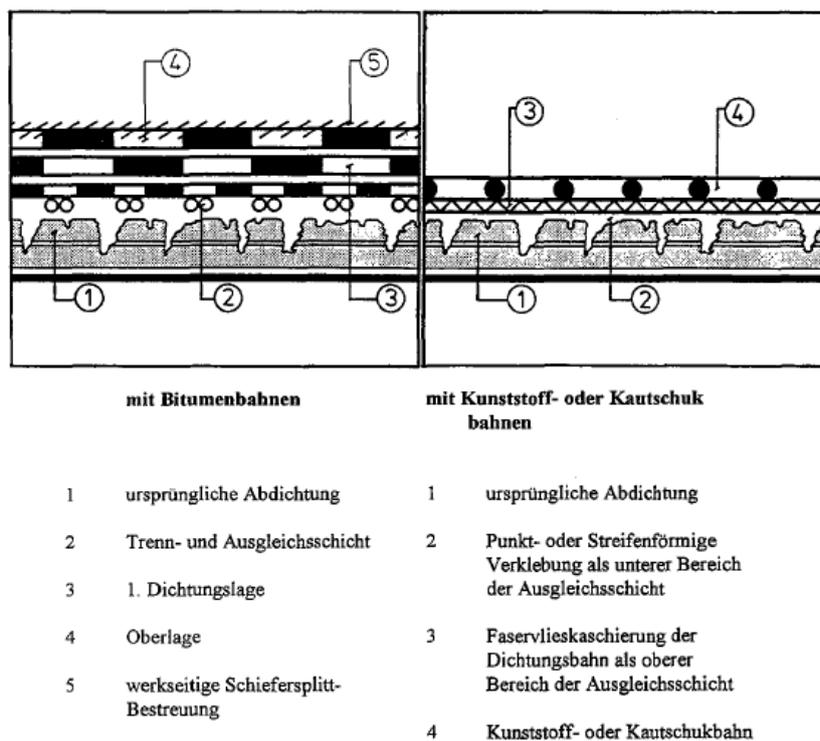


Abb. 6.4: Erneuerung der Dachabdichtung- Schichtenfolge, aus HEINRICH et al. [32]

Anstelle der Kunststoff- oder Kautschukbahn ist auch eine Flüssigkeitsbeschichtung mit Trägereinlage möglich. Kommen Kunststoffbahnen aus PVC zum Einsatz ist gegebenenfalls die Bitumenverträglichkeit zu prüfen.

Die Lagersicherung der Dachabdichtung ist prinzipiell durch Verklebung oder Verschweißung herzustellen. Eine mechanische Befestigung ist nur bei Dachdecken aus Vollbetonplatten und Hohldielen empfehlenswert.

Zusätzliche Wärmedämmung

Die Umwandlung eines belüfteten Daches in ein unbelüftetes Dach stellt eine gut durchführbare Option dar. Der wesentliche Vorteil liegt in der thermischen Entlastung der Dachkonstruktion, da die Wärmebrücke im Anschlussbereich der obersten Geschossdecke an die Außenwand unterbunden wird. Im Zuge der Sanierung ist es zweckmäßig die bereits vorhandenen Schichten auf dem Dach zu belassen und durch zusätzliche zu ergänzen. Bei unbelüfteten Dächern ist vorab der Dämmschichtaufbau zu prüfen, um bei vorhandener Feuchtigkeit der Dämmung einer Trockenlegung nachzuführen. Diese kann durch den Einbau von Dachlüftern oder gegebenenfalls durch gegenwärtige intakte Lüfter getrocknet werden.

Da die Tragfähigkeit der Dachkonstruktion zum Großteil ausgeschöpft ist, sind auch die Sanierungsmöglichkeiten begrenzt. Das bedeutet, dass Lösungen mit höheren zusätzlichen Lasten nicht durchführbar sind.

Nicht ausführbare Lösungen sind:

- Dächer mit Auflast
- Gründächer
- Alle Formen von genutzten Dächern

6.1.3 Balkone und Loggien

Je nach Schädigungsart sind an Balkonen und Loggien gemäß HEINRICH et al. [31] unterschiedliche Instandhaltungsmaßnahmen durchzuführen:

- Betoninstandsetzung

Wie auch im Abschnitt 6.1.1.1 umfasst die Betoninstandsetzung unter anderem die Herstellung des dauerhaften Korrosionsschutzes, die Erneuerung von geschädigtem Beton im oberflächennahen Bereich sowie das Füllen von Rissen. Die Betoninstandsetzung unterscheidet sich im Wesentlichen nicht von der in 6.1.1.1 erläuterten Vorgehensweise.

- Oberflächenschutz nicht begehrbarer Flächen

Das Aufbringen eines Oberflächenschutzes ist zum Schutz vor Wasser und als CO₂-Sperrschicht erforderlich.

- Abdichtung begehrbarer Flächen

Die Abdichtung begehrbarer Flächen kann durch Natursteinbeläge, Keramikbeläge oder Kunststoffbeschichtungen (Polyesterharz, Polyurethan) vorgenommen werden. Natursteinbeläge und Keramikbeläge sind mit einer Abdichtung im Dünnbett aufzubringen und sind aus Gründen der Tragfähigkeit nur beschränkt verwendbar. Die am häufigsten ausgeführte Variante ist demnach die Kunststoffbeschichtung. Um eine einwandfreie Ausführung zu erreichen sind die Beschichtungen im Randbereich aufzukanten. Erfolgt die Entwässerung über die Vorderkante, so muss die Ausbildung der Abdichtung so vorzunehmen, dass eine Durchfeuchtung des Betons im Stirnbereich der Balkon-/ Loggiaplatte verhindert wird.

- Fugenabdichtung

Den Problembereich stellt die Abdichtung der „beweglichen“ Fugen zwischen Balkon und Loggia und dem Gebäude dar. Während durch die vorgestellte Konstruktion in den Vertikalfugen Scherbeanspruchungen auftreten, kommt es in den Horizontalfugen zu einer Art „Walkbelastung“. Die Abdichtung kann wie in Abschnitt Fugeninstandsetzung durch Elastomerefugenbänder, elastische Dichtstoffe oder vorkomprimierte Dichtbänder erfolgen. Andere Fugenabdichtungen sind durch Hochziehen der Flächenabdichtungen über die Fuge möglich. Der vorhandene Fugendichtstoff sollte im Zuge der Sanierung vorzugsweise im Fugenbereich verbleiben.

- Wärmedämmung

Wird eine wärmetechnische Sanierung des Gebäudes veranlasst, sollten in diesem Zuge zumindest die Seitenwände der Loggien durch ein Wärmedämmsystem mit reduzierter Dämmschichtdicke thermisch saniert werden. Dadurch entfällt zugleich die Betoninstandsetzung und Fugenabdichtung in den jeweiligen Bereichen.

Im Zusammenhang mit der Instandsetzung der Tragkonstruktion stellt die Erneuerung der Brüstung eine wichtige Angelegenheit dar.

Die Befestigung der Brüstung sollte prinzipiell von unten nach oben erfolgen. Die Flächenabdichtung der Decke soll dabei nicht durchstoßen werden und eine Befestigung an den Stirn- und Seitenflächen ist wegen der geringen Dicke der Decken nicht möglich. Diese sollte folglich an den Loggiawänden angebracht werden. Liegen Spannbetondeckenelemente vor, so muss eine Befestigung an der Unterseite der Decke ausgeschlossen werden.

6.2 Thermisch-Energetische Sanierung der Gebäudehülle

Unter der thermisch-energetischen Sanierung eines Gebäudes versteht man alle Sanierungsarbeiten an der Gebäudehülle und den haustechnischen Anlagen.

Vergleicht man, z.B. bei Außenwänden, die konventionelle Sanierung mit der thermisch-energetischen Sanierung, so lässt sich festhalten, dass die herkömmliche bautechnische Sanierung nicht nur aufwendig und teuer ist, sondern auch dauerhafte Sanierungserfolge nicht garantiert werden können. Laut KERSCHBERGER [29] kann in einigen Fällen durch die Wiederherstellung eines schadenfreien Zustandes keine technische oder gestalterisch befriedigende Lösung erreicht werden (z.B. bei der Abdichtung gerissener Keramikbekleidungen von Leichtbetonaußenwänden).

Die energiegerechte Bauschadensanierung bringt folgende Vorteile [29]:

- Gute technische und gestalterisch ansprechende Instandsetzung
- Nachhaltiges Einsparen im Energieverbrauch
- Wegfall von Arbeitsschritten der konventionellen Instandsetzung und folglich eine hohe Gesamtwirtschaftlichkeit

Wie bereits mehrfach erwähnt stellt das Aufbringen einer wärmedämmenden Außenwandbekleidung eine wirksame Methode bei der Sanierung dar, um komplexe Beschädigungen der Außenwand zu beseitigen und Korrosionsfortschritte zu unterbinden.

Durch die energetische Sanierung können Einsparmöglichkeiten erzielt werden [29], [18]:

- Einsparpotentiale bei der Betoninstandsetzung
Da die Oberfläche durch das Wärmedämmsystem gebildet wird, entfallen alle Arbeitsschritte zur optischen Wiederherstellung der Außenwände. Die Instandsetzung von Betonschäden mit Bewehrungskorrosion reduziert sich auf das Reinigen, Prüfen der Oberfläche und grobes Auffüllen mit Reparaturmörtel.
- Einsparpotential bei der Fugeninstandsetzung
Die äußere Abdichtung der Fuge entfällt. Nach innen müssen die Fugen nachträglich mit einem Isoliermaterial, wie z.B. mit Glaswolle und Montageschaum abgedichtet werden. Dadurch werden auch Elementrandbereiche wärmetechnisch behandelt und eine Konvektion im Fugenbereich verhindert
- Einsparpotentiale bei nachträglicher Verankerung der Wetterschale
Das nachträgliche optische Angleichen der Verankerungspunkte einer Vorsatzchalensicherung ist aufwendig und teuer. Durch das Anwenden eines Wärmedämmsystems kann auf das Angleichen verzichtet werden

Die zusätzliche wärmedämmende Maßnahme kann nach KOHL, KOLLOSCHE [16] ausgeführt werden als:

- Wärmedämmverbundsystem (WDVS)
- Vorgehängte, hinterlüftete Außenwandbekleidung

6.2.1 Wärmedämmverbundsystem

Laut KOHL und KOLLOSCHE [16] richtet sich die Anbringung der Wärmedämmschicht nach der Gebäudehöhe und den Eigenlasten des Wärmedämmverbundsystems und kann mit dem Untergrund verklebt und/ oder verankert werden.

Kunstharzbeschichtete Wärmedämmverbundsysteme erhalten für die Gewährleistung eines ausreichenden Wärmeschutzes an der Außenseite einen mit Fasergewebe bewehrten Kunstharzmörtel oder modifizierten Kunstharzmörtel. Dabei muss das Wärmedämmverbundsystem mit dem Untergrund, selbst wenn dieser durchfeuchtet ist, eine Mindestzugfestigkeit von 0,1 N/mm² aufweisen.

Kommen Wärmedämmverbundsysteme mit Mineralfaserdämmstoffen und mineralischem Putz zur Anwendung, so muss ab einer Gebäudehöhe von 20 m mehr als 40 % der Grundfläche der Wärmedämmplatten mit dem Untergrund verklebt und mit Dübeln befestigt werden.

Vor allem Giebelwände weisen laut NODOUSHANI [18] aufgrund ihrer topographischen Lage oftmals eine unzureichende Wärmedämmung auf. Wärmedämmsysteme mit Aufbauten von mindestens 60 mm sind hierbei oft erforderlich.

Werden Wärmedämmverbundsysteme nachträglich aufgebracht, wie beispielsweise auf Dreischichtplatten, so haben Messungen gezeigt, dass sich die Wetterschutzschichten zufolge von Temperaturänderungen verformen können [16].

Dreischichtige Außenwände

Bei Dreischichtplatten wird die Wetterschutzschicht laut KALLEJA und FLÄMIG [34] mit Windsognageln und Edelstahlankern mit der Tragschicht durch die Wärmedämmung hindurch verbunden. Die Aufnahme der Vertikallasten sowie der Beanspruchungen aus Temperaturbelastung erfolgt durch Traganker. Untersuchungen haben gezeigt, dass planmäßig vorgesehene Edelstahlanker auch tatsächlich ausgeführt wurden und die Sollwerte der Stahlgüte teilweise sogar darüber lagen. Auffallend waren die Abweichungen der Ankerabstände (zum Teil bis zum dreifachen Sollwert), was zu einer Vergrößerung der thermischen Beanspruchungen führt.

Wird ein nachträgliches Wärmedämmverbundsystem aufgebracht, so kommt es durch die zusätzlichen Vertikallasten zu einer Zunahme der Ankerbeanspruchung. Zuzufolge der Reduzierung der Temperatur kommt es insgesamt jedoch zu einer Entlastung des Ankers.

Das Anbringen des Wärmedämmverbundsystems führt zu einer Austrocknung der Wetterschutzschicht. Das damit verbundene hygrische Schwinden sowie Längenänderungen stellen keine Gefährdung des Putzes des Wärmedämmverbundsystems dar.

Einschichtige Außenwände aus haufwerksporigem Leichtbeton

Laut NEUMANN et al. [35] ist bei der Anwendung eines Wärmedämmverbundsystems die Außenwandkonstruktion zu untersuchen. Es muss einerseits ein tragfähiger Untergrund für die Verklebung gegeben sein und andererseits ein ausreichender Verankerungsgrund bei der Verwendung von Ankern. Wird eine Verklebung vorgenommen, so ist an der unmittelbaren Oberfläche der Außenwand eine Haftzugfestigkeit von 0,1 N/mm² zu garantieren.

Aufgrund der streuenden Baustoffeigenschaften bei haufwerksporigen Leichtbeton eignen sich zum Verankern am besten Kunststoffdübel [34].

6.2.2 Vorgehängte, hinterlüftete Außenwandbekleidung

Für die Befestigung der vorgehängten, hinterlüfteten Außenwandbekleidung ist der Standsicherheitsnachweis für die Außenwandbekleidung, Unterkonstruktion und Befestigungsmittel zu erbringen.

Spröde Außenwandbekleidungen (Faserzement, Betonwerkstein, Keramik) müssen nach der Elastizitätstheorie berechnet werden, während duktile Bekleidungen (z.B. Metall) auch unter Beachtung der plastischen Reserven nachgewiesen werden können. Das statische System, das der Berechnung zugrunde zu legen ist, ergibt sich aus der Art der Befestigung: Punkt- oder lochrandgestützte Platte bzw. starre oder nachgiebige Linienlagerung. Um Zwangsspannungen und daraus resultierende Schäden zu vermeiden, ist prinzipiell auf eine zwängungsfreie Befestigung der Außenwandbekleidung auf der Unterkonstruktion zu achten.

Die Biegesteifigkeit der Unterkonstruktion selbst hat wiederum wesentlichen Einfluss auf die Befestigungskräfte und die Schnittgrößen der Außenwandbekleidung. Die Träger der Unterkonstruktion sollten jedoch nicht über die Fugen der Außenwände hinweg geführt werden. Die Unterkonstruktion wird entweder direkt an der Außenwand verankert oder durch spezielle Abstandshalter befestigt, die einen Toleranzausgleich ermöglichen.

Unter Beachtung der klimatischen Bedingungen sind Unterkonstruktionen aus Stahl mit einem geeigneten Korrosionsschutz zu versehen. Befestigungsmittel sind mit nichtrostendem Stahl auszuführen, wobei ein Korrosionsschutz durch Verzinkung in aller Regel nicht ausreichend ist. Dieser Umstand betrifft auch die Verankerungen.

Voruntersuchungen

Der für die Verankerung vorliegende Untergrund muss vorab untersucht werden. Wesentlich ist dabei die Bestimmung der Dicke und Druckfestigkeit. Besplittungs- und Bekiesungsschichten, Putze, Fliesen und ähnliche Bekleidungen dürfen nicht in die Verankerungstiefe mit einberechnet werden.

7 Zusammenfassung

Diese Diplomarbeit befasst sich mit der Evaluierung der in Fertigteilbauweise errichteten Plattenbauten, um die Grundlagen für die Aufbereitung bzw. Sanierung der bestehenden Plattenbausiedlungen zu schaffen. Eine Sanierung der bestehenden Plattenbauten kann nur dann effizient erfolgen, wenn die verwendeten Systeme und Materialien sowie die Art und Weise der Zusammensetzung der einzelnen Bauteile bekannt sind. Nur unter diesen Umständen ist es möglich, systematische Fehler mit entsprechenden Maßnahmen zu beheben.

Die Plattenbauten entstanden aus politisch, geschichtlicher Motivation heraus und stellen einen wichtigen Bestandteil der europäischen Wohnkultur der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts dar, wenngleich die Wurzeln der Vorfertigung bis in die Römerzeit zurückreichen. Die Industrialisierung und die damit im Zusammenhang stehende Materialrevolution im Laufe des 19. Jahrhunderts bewirkten einen entscheidenden Umschwung. Durch das Zusammenführen der beiden Baumaterialien Eisen und Beton zu Eisenbeton, dem Vorreiter des heutigen Stahlbetons, wurden den Architekten und Ingenieuren neue Möglichkeiten eröffnet.

Der Gedanke Wohnbauten aus großformatigen Platten in Montagebauweise zu errichten wurde wesentlich durch den aufkeimenden Fortschrittsglauben nach dem Ersten Weltkrieg und die Einführung der Fließbandfertigung durch Henry Ford beeinflusst, der im Jahre 1913 in seiner Automobilfabrik in Detroit Automobile am Fließband zu fertigen begann. Die Errichtung von mehrgeschossigen Bauten in Montagekonstruktion wurde jedoch in größerem Umfang erst wieder nach dem Zweiten Weltkrieg betrieben, um die Wohnungsnot zu beseitigen.

Während in den ostdeutschen Bundesländern 2,18 Millionen Wohnungen in Fertigteilbauweise errichtet wurden, ist die Geschichte des sozialen Wohnbaues in Wien auf einen Zeitraum von 20 Jahren begrenzt. Die Problematik der Plattenbautechnik in unseren Nachbarländern wurde zum Teil schon sehr intensiv bearbeitet und erforscht, wohingegen die Literatur über die Thematik des Bauens mit vorgefertigten Betonplattenelementen im Großraum Wiens beschränkt ist. Wenn auch der Bestand an Plattenbauten in Wien nur etwa 4,2 % ausmacht, so ist der Wiener Plattenbau dennoch auf eine kurze, aber umso intensivere Periode begrenzt.

Durch die Auseinandersetzung mit den Charakteristiken der Plattenbauten konnten wesentliche Zusammenhänge sowie Unterschiede der einzelnen Bautypen in Abhängigkeit ihrer geographischen Lage erfasst werden. Im Allgemeinen lässt sich der Montagebau in die Blockbauweise, Streifenbauweise, Großtafel- oder Plattenbauweise sowie die Skelettbauweise einteilen. Die Bauelemente der Blockbauweise waren etwa 2 m² groß und wegen des geringeren Gewichtes leicht handzuhaben. Die Streifenbauweise kann als Zwischenstufe in der Entwicklung des Montagebaues von der Blockbauweise zur Plattenbauweise interpretiert werden und ist durch 5 m² große Bauelemente gekennzeichnet. Die Fertigteile der Plattenbauweise umfassen großformatige Wand-, Decken-, und Treppenfertigteile. Unter großformatig sind geschosshohe und raumbreite Wandelemente sowie zumeist raumbreite Deckenelemente zu verstehen, deren Bauelemente etwa 12m² groß sind. Der Großteil der in der Literatur vorzufindenden Bautypen wurden in der Plattenbauweise ausgeführt, wobei die Errichtung von Wohnbauten in der benannten Bauweise in erster Linie durch die Verbesserung der Transport und Hebetekniken ermöglicht wurde.

Mit dem Aufkommen der rationellen Bauweise entwickelten sich in Europa zahlreiche Betonbauarten für den Fertigteilbau, wobei es aus wirtschaftlichen Gründen oft nicht zweckmäßig war eigene Bausysteme zu entwickeln, so dass diese teils in Lizenz aus anderen Ländern eingeführt und adaptiert

wurden. So fand etwa das französische Bausystem „Camus“ vielfache Anwendung in Deutschland und Österreich. Während Österreich politisch vom Westen beeinflusst wurde und demzufolge äquivalente Bautypen, wie die damalige BRD aufweist, spiegelt sich im ehemaligen Ostdeutschland der sowjetische Einfluss stark im Bausektor wieder.

Die fabrikmäßige Vorfertigung war ein wesentlicher Bestandteil, um einen hohen Industrialisierungsgrad bei der Fertigung von Bauwerken in Montagekonstruktion zu erreichen. Bei der Herstellung der Bauelemente differenzierte man grundsätzlich zwischen den Feldfabriken, bei der die Produktion der Bauteile in ortsveränderlichen Betonwerken mit teilmechanisierten Fertigungsplätzen erfolgte, und den stationären Fabriken, die auf hochmechanisierten Fertigungsstraßen unter dem Aspekt eines hohen Fertigungsgrades qualitative Elemente herstellten. Die Fertigung der Elemente wurde unter anderem nach dem Standverfahren, Bandverfahren, Aggregatverfahren, Gleitverfahren oder Walz- und Rüttelwalzverfahren durchgeführt. Zudem konnte ein gut geregelter Montagebetrieb nur dann gewährleistet werden, wenn auch der Transport und die Baustellenarbeiten einwandfrei abliefen.

Das eigentliche Charakteristikum des Plattenbaues ist die Montagefuge, die den Plattenbau von außen betrachtet als solchen erkennbar macht und von allen anderen Bauweisen unterscheidet. Als montagetechnische Notwendigkeit verbindet die Fuge die großformatigen Wand-, Decken- und Treppenfertigteile, die ein räumliches Tragwerk ohne Skelett bilden. Betrachtet man die konstruktive Ausbildung der Außenwandtafeln, so ist eine Entwicklung der Elemente, ausgehend von den einschichtigen Leichtbetonelementen bis hin zu den Dreischichtplatten, zu erkennen, die bei einem Großteil der industriell errichteten Wohnbauten ausgeführt wurden. Dreischichtige Außenwände bestehen aus einem tragenden Element aus Normalbeton mit einer Wärmedämmschicht und einer außenliegenden Wetterschutzschicht. Der Einsatz von Dreischichtplatten erlaubte es, die Außenwandtafel den statischen und bauphysikalischen Gegebenheiten durch entsprechende Schichtdicken anzupassen.

Im Allgemeinen werden die Fugen nach ihrer Lage innerhalb des Baukörpers in horizontale und vertikale Außenwandfugen sowie Innenwand- und Deckenfugen unterschieden. Vom konstruktiven Standpunkt aus betrachtet, stellen die Innenwandfugen kein wesentliches Problem dar. In Abhängigkeit des jeweiligen Plattenbautypus und seiner Außenwandkonstruktion ist zwischen geschlossenen und offenen als auch zwischen einstufig und zweistufig gedichteten Fugen zu differenzieren. Die Fugen zwischen den Außenelementen des Gebäudes haben verschiedene bauphysikalische und statische Anforderungen zu erfüllen. Sie müssen in der Lage sein, den Eintritt von Kälte und Feuchtigkeit in das Gebäudeinnere zu verhindern und Formänderungen und Bewegungen der umgebenden Elemente aufzunehmen. Der Vorteil der „offenen“ Fuge gegenüber der „geschlossenen“ liegt in der Verringerung der Durchfeuchtung der Außenwand in den Fugenbereichen. Das Eindringen von Luft und Wasser kann dennoch durch andere Faktoren, wie etwa durch die Formgebung der Fuge, verhindert werden. Zweistufig gedichtete Fugen haben im Gegensatz zu einstufig gedichteten Fugen einen besseren Schutz. Für die Abdichtung der horizontalen wie auch vertikalen Fugen wurden dauerelastische und dauerplastische Kitte sowie Kunststoffprofile verwendet. Bei geschlossenen Fugen, die vollkommen mit einem Dichtungsmittel aufgefüllt wurden, besteht die Gefahr, dass durch Spalten oder Ritzen zwischen Beton und Dichtungsmittel Feuchtigkeit kapillar nach innen gezogen wird. Dieser Situation konnte durch die Anordnung eines Hohlraumes hinter der äußeren Dichtung entgegengewirkt werden. Die Recherche im Hinblick auf die verwendeten Fugendichtungsmittel ergab, dass zu Herstellung von geschlossenen, einschichtigen Fugen häufig der Fugendichtstoff Morinol verwendet wurde. Aufgrund seines Asbestgehaltes gilt er heutzutage als stark krebserregend und

muss als Problemstoff behandelt werden. Asbestfasern in der Luft sind für das menschliche Auge nicht sichtbar, resistent gegen die Abwehrmechanismen des menschlichen Körpers und zudem nicht abbaubar. In der Regel weist Morinol einen Asbestgehalt zwischen 10 % und 40 % auf.

Großtafelbauten werden, wie auch andere Gebäudearten, durch Eigengewicht, Verkehrslasten, horizontale Windkräfte und allenfalls durch ungleiche Setzungen beansprucht. Zuzufolge von Exzentrizitäten kommt es zu einer ungleichmäßigen Verteilung der Normalspannungen in den tragenden Wänden. Bezüglich der Schwerachse der tragenden Wände bildet sich ein Moment, das Schubspannungen in vertikaler sowie horizontaler Richtung hervorruft. Diese Spannungen werden mit jenen Spannungen aus der Horizontalbelastung überlagert. Man kann annehmen, dass die Windlasten von den Fassadenwänden in die Deckentafeln eingeleitet werden und diese zu einer gemeinsamen Scheibe zusammengefasst werden können, wobei die Deckenscheibe gegenüber den Windlasten als unendlich steif angesehen werden können. Dafür ist es erforderlich, dass die Decken mit den Wänden schubfest verbunden werden. Mit zunehmender Gebäudehöhe wachsen in den Wandtafeln die Druck- und Zugspannungen, die aus der Horizontalkraft hervorgehen an und übersteigen die Eigengewichtsspannungen. Durch das Zusammenfassen von hintereinander in einer Ebene stehenden Wänden zu einer gemeinsamen Scheibe kann das Trägheitsmoment vergrößert und die Standsicherheit verbessert werden. Die Verbindung der jeweiligen Tafeln erfolgte für gewöhnlich durch Schrauben, Schweißen oder Betonverguß mit oder ohne Bewehrung

Anhand der Großtafelbauweise „Camus“, die hier zu Lande bei der Montagebau Wien GmbH zur Anwendung kam, werden in dieser Diplomarbeit die wesentlichen Konstruktionselemente bzw. die Verbindungen der einzelnen Elemente näher beschrieben. Die fachgerechte Ausführung derartiger Verbindungen spielt eine große Rolle, um etwa, wie am Beispiel Ronan Point, einen fortschreitenden Zusammenbruch infolge äußerer Beanspruchungen zu verhindern. Das Risiko eines solchen Zusammenbruchs kann unter Einhaltung bestimmter Grundsätze minimiert werden. Die räumliche Steifigkeit und Stabilität kann durch die Verwendung von geschosshohen Fertigteilen sowie Deckentafeln, die mindestens so breit sind, dass in einem durch tragende Wände begrenzten Raum höchstens zwei Fugen auftreten und eine Mindestbreite der Deckentafel 2,0 m nicht unterschreitet, deutlich verbessert werden.

Die bei Plattenbauten auftretenden Schäden sind demzufolge stark von der konstruktiven Ausbildung des Bauwerks bzw. dem verwendeten Konstruktionstyp abhängig. Entsprechend dem Schichtenaufbau der Außenwandkonstruktion (Dreischicht-, Zweischicht-, Einschichtplatten) können die Schadensbilder spezifiziert werden. Zu den häufig auftretenden Schäden, resultierend aus Planungs- und Ausführungsfehlern sowie unzureichenden Instandhaltungsmaßnahmen, zählen unter anderem Abplatzungen und Gefügezerstörungen, Rissbildungen im Plattenfeld und am Rand, Formänderungen, Korrosion und Fugenschäden. Schäden an Fugen können, wie vorab schon erwähnt, zu Durchfeuchtungen in der Außenwand, Putzabplatzungen oder Reißen des Fugendichtstoffes führen. Der dabei größtenteils verwendete Baustoff Morinol stellt aufgrund seines Asbestgehaltes ein ernsthaftes Gefährdungspotential dar.

Die heutige Zeit erfordert einen nachhaltigen Umgang mit Energie und Ressourcen. Umso mehr stellt der Gegenstand Sanierung eine wesentliche Maßnahme für ein ökonomisches Zusammenleben dar. Plattenbauten weisen allgemein, unabhängig vom Konstruktionstyp, hohe Energieverbräuche und entsprechende Schadstoffemissionen auf. Die heute zur Sanierung anstehenden Plattenbauten sind für ein energetisch optimiertes Bauen gut geeignet, da vor allem in der energetischen Sanierung hohe Einsparpotenziale zu finden sind und die sehr kompakte Bauweise beste Voraussetzungen dafür bietet. Der Instandsetzungsaufwand von Schäden an Plattenbauten hängt im Wesentlichen vom

Schädigungsgrad und Konstruktionstyp ab. Die Betoninstandsetzung, Oberflächenschutzsysteme, Rissbeseitigung und die Fugeninstandsetzung zählen zu den grundsätzlichen Instandsetzungsmaßnahmen. Vor allem das Vorhandensein von Gefahrenstoffen in der Bausubstanz stellt eine kritische Angelegenheit der Instandhaltung und Modernisierung von industriell errichteten Wohngebäuden dar. Asbesthaltige Materialien müssen entsprechend den gültigen Verordnungen für Gefahrenstoffe entsorgt werden und stellen die Voraussetzung für jede weitere bauliche Maßnahme dar. Technisch gute Lösungen für den Ausbau bzw. die weiteren Verfahrensschritte nach dem Ausbau befinden sich gegenwärtig noch in der Entwicklungsphase und stellt meiner Meinung nach einen wichtigen Ansatzpunkt weiterer Forschungsarbeiten dar.

Literaturverzeichnis

- [1] K. Kaufmann (2014): „Die Platte im Wandel, Vitalisierung und Neuorganisation am Beispiel der Wohnungsbauserie 70“, Unveröffentlichte Diplomarbeit, Technische Universität Graz
- [2] V. Kapeller, J. Huemer, C. Gollner, A. Bacová, B. Puskár & H. Moravčíková et al. (2009): „Plattenbausiedlungen, Erneuerung des baukulturellen Erbes in Wien und Bratislava“ In Kapeller (Hrsg.) Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag
- [3] G. Herholdt (1963): „Plattenbauweise, Industrieller Wohnungsbau“, Band 2, Berlin 1963: Verlag für Bauwesen
- [4] H. Achenbach (1961): „Der Montagebau“, Berlin 1961: Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin
- [5] H. Huemer & V. Mayer (2007): „Bautechnik des Wiener Plattenbaus“, PWB- Endbericht Band 4, Wien: Institut für Stadt- und Regionalforschung der österreichischen Akademie der Wissenschaften
- [6] A. Mettke, S. Heyn, S. Asmus & E. Ivanov (2008): „ Wiederverwendung von Plattenbauten in Osteuropa, Endbericht- Bearbeitungsphase 1“, Cottbus: Fakultät für Umweltwissenschaften und Verfahrenstechnik
- [7] R. Halász & G. Tantow: „Großtafelbauten, Konstruktion und Berechnung“, Heft 55, Berlin 1966: Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn
- [8] L. Komoli (1974): „Richtlinien für Montagebauweise“, Schriftenreihe der Forschungsgesellschaft für Wohnen, Bauen und Planen, Heft 51, 1030 Wien : In Selbstverlag
- [9] L. Mók & E. Lóke (1973): „Montagebau in Stahlbeton“, Band 1; Gemeinschaftsausgabe: Berlin: VEB Verlag für Bauwesen, Budapest: Verlag der ungarischen Akademie der Wissenschaften
- [10] G. Sebestyén (1969): „ Die Großtafelbauweise im Wohnungsbau“, 1. Auflage, Düsseldorf: Werner-Verlag
- [11] E. Heimstädter (1995): „Heizung und Trinkwassererwärmung, Sanierungsgrundlagen Plattenbau“, Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken, Stuttgart: Fraunhofer- Informationszentrum Raum und Bau (IRB) Verlag
- [12] B. Kaßner (1995): „Elektroanlagen, Sanierungsgrundlagen Plattenbau“, Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken, Stuttgart: Fraunhofer- Informationszentrum Raum und Bau (IRB) Verlag
- [13] D. Schulze (1996): „ Wohnbauten in Fertigteilbauweise (Baujahre 1958-1990)-Übersicht“; Sanierungsgrundlagen Plattetenbau; Insitut für Erhaltung und Modernisierung, 2. Auflage, IRB Verlag
- [14] P. Bauer, B. Loeser, H. Schwarzig, T. Spengler (1995): „ Zusätzliche Wärmedämmsysteme bei Fertigteilbauten: Typenserie P2“, Bauforschung für die Praxis, Band 12, Stuttgart: IRB Verlag
- [15] Dr. Klein & Co. Aktiengesellschaft (n.d.): „Plattenbauarten“, Zugriff am 03.03.2015, Verfügbar unter <http://www.wowi.de/plattenbauarten.html>
- [16] I. Kohl & I. Kollosche (1993): „Katalog Instandsetzung und Modernisierung von vorgefertigten Außenwänden, Sanierungshandbuch Plattenbau“ Stuttgart: IRB Verlag
- [17] Synergie-Aktivierende-Module (n.d.): „Plattenbauarten“, Zugriff am 10.06.2015, Verfügbar unter <http://www.rev-sam.at/pdf/sam02-1s.pdf>
- [18] M. Nodoushani, H. Graeve, A. Nodoushani, W. Reichel, S. Röbert (1996): „ Handbuch Instandsetzung und Sicherung von Bauwerken: Verfahren, Baustoffe, Qualitätssicherung und rechtliche Aspekte“, Renningen-Malmsheim: expert verlag

- [19] K.-A. Fuchs, O. Ledderboge & H. Becker (1964): „ Bericht über Fragen des Entwurfes und der Montage vorgefertigter Bauten in der Deutschen Bundesrepublik“; IVBH Kongressbericht,7, 12-32
- [20] K. Junghanns (1994): „ Das Haus für alle, Zur Geschichte der Vorfertigung in Deutschland“, Berlin: Ernst & Sohn
- [21] R. Kozlai (2007): „ Zwischen den Platten-Revitalisierung einer Plattenbausiedlung in Presov, Slowakei“ Unveröffentlichte Diplomarbeit, Technische Universität Graz 2007
- [22] R. Enke & U. Giersch (2013): „ Plattenbauten in Berlin“, 1. Auflage, Berlin: Verlag Bien & Giersch
- [23] M. Puchalski (2015): „Kalte Platte- Revitalisierung des polnischen Platten-Wohnbaus“ Unveröffentlichte Diplomarbeit, Technische Universität Wien
- [24] K. Berndt (1969): „Die Montagebauarten des Wohnungsbaues in Beton“, Wiesbaden und Berlin: Bauverlag GmbH
- [25] H. Voss (1958): „ Tafelbauweise, Bauen mit Grossplatten“, In K. Nischk (Hrsg.), Stuttgart: Berliner Union GmbH
- [26] „Tragverhalten von Außenwandelementen aus haufwerksporigem Leichtbeton nach TGL“
- [27] K.-H. Hampe & K.-H. Gajewski (1975): „Konstruktion und baubetriebliche Ausführung der Fugen und Verbindungen für Wand und Deckenelemente im Montagebau- Berichte aus der Bauforschung“ Institut für Bauforschung; Heft 96, Berlin: Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn
- [28] R. Halasz, G. Tantow (1964): „ Ausbildung der Fugen im Großtafelbau“; Berichte aus der Bauforschung; Heft 39, Berlin: Verlag Wilhelm Ernst & Sohn
- [29] A. Kerschberger (1998): „Modellhafte Sanierung von Typenbauten: ein Informationspaket“, Fachinformationszentrum Karlsruhe, KÖLN: TÜV Verlag
- [30] S. Joldzo (2011): „Adaptierung und Generalsanierung von Plattenbauten“, Unveröffentlichte Diplomarbeit, Technische Universität Wien
- [31] H. Heinrich, B. Maier & D. Hofmann (1996): „Balkone, Loggien“, Sanierungsgrundlagen Plattenbau, Institut für Erhaltung und Modernisierung, Stuttgart: IRB Verlag
- [32] H. Heinrich, G. Allisat, M. Baumert & B. Mann (1995): „ Flachdächer“, Sanierungsgrundlagen Plattenbau, Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken, Stuttgart: IRB Verlag
- [33] B. Leydolph (2007): „Ausbau von asbesthaltigen Fugendichtstoffen im Rahmen von Gebäuderückbau und Sanierung“ Unveröffentlichte Dissertation, Bauhaus-Universität Weimar
- [34] H. Kalleja & D. Flämig (1999): „Plattenbausanierung: Instandsetzung, städtebauliche Entwicklung und Finanzierung“, 1. Auflage, Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York
- [35] M. Neumann, M. Reuschel & H. Stahlmann (1998): „Plattenbauten aus haufwerksporigem Leichtbeton“, 1.Auflage, Düsseldorf: Werner Verlag GmbH & Co. KG
- [36] B. Rämmler (2011): „Mobile Bauten für die medizinische Versorgung“, Unveröffentlichte Dissertation, Technische Universität Berlin
- [37] M. Lindner, H. Gerth & M. Buhtz (2004): „Leerstandsmanagement in Plattenbauten; finanzielle, technische und soziale Aspekte“, Bonn: Institut für Stadtplanung und Sozialforschung
- [38] F. Prochiner (2006): „Homes 24- Zukunftsorientierte Fertigungs- und Montagekonzepte im industriellen Wohnungsbau“, Unveröffentlichte Dissertation, Fakultät für Architektur, Technische Universität München

-
- [39] F. Maderthaler (1976): „Geometrische Ordnungen für den Fertigteilbau“, Unveröffentlichte Dissertation, Technische Universität Wien
 - [40] H. Hillemeier, H. Heinrich, M. Baumert & B. Mann (1995): „Steildächer“, Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken, Stuttgart: IRB- Verlag
 - [41] C. Riccabona & T. Bednar (2010): „Baukonstruktionslehre 4, Bauphysik“, 8. Auflage, Wien: Manz Verlag Schulbuch GmbH
 - [42] C. Gollner & V. Mayer (2007): „Demographische und sozioökonomische Strukturen im Wiener Plattenbau“, Band 5, Institut für Stadt- und Regionalforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften
 - [43] G. Mehlhorn & H. Schwing (1977): „Tragverhalten von aus Fertigteilen zusammengesetzten Scheiben“, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Heft 288, Berlin: Verlag Wilhelm Ernst & Sohn
 - [44] E. Hasse (1982): „Zum Tragfähigkeitsnachweis für Wand-Decken-Knoten im Großtafelbau“, Heft 328, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Berlin: Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn
 - [45] F. Binder (1980): „Dilatationsfugen“, Institut für Hochbau und Technologie, Dissertation, Technische Universität Wien
 - [46] H. Moravcilkova (2011): „Concentrated responses tot he issue of prefabricated mass housing: Bratislava, 1950-1995“, postwar mass housing, doco momo international, 23-29

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1: „Manning Cottage“, aus KAUFMANN [1].....	3
Abb. 2.2: Betonbautafel mit Stahlrahmen, aus KAUFMANN [1]	4
Abb. 2.3: Der Bau von Petržalka , Jahr 1975, aus MORAVČÍKOVÁ [46].....	6
Abb. 2.4: Übersichtskarte der Plattenbausiedlungen in Wien mit mehr als 400 Wohnungen, aus KAPELLER et al. [2].....	9
Abb. 2.5: Bevölkerungsentwicklung 1971 bis 2001, aus GOLLNER und MAYER [42]	10
Abb. 3.1: Übersicht der Bauweisen nach Mettke [6]	12
Abb. 3.2: Plattenbauweise P1, aus SCHULZE [13]	16
Abb. 3.3: P2 Wohngebäude, aus SCHULZE [13]	17
Abb. 3.4: Räumliche Darstellung eines P2- Segments, aus Mettke [6]	17
Abb. 3.5: Grundriss eines Normalgeschosses – Segment der Bauserie P2, Mettke [6]	18
Abb. 3.6: fünfgeschossiges Wohngebäude WBS 70, Standort Zwickau, aus SCHULZE [13]	18
Abb. 3.7: elfgeschossiges Wohngebäude WBS 70, Standort Berlin, aus SCHULZE [13]	19
Abb. 3.8: Räumliche Prinzipdarstellung der WBS-70 Montagebauweise, Mettke [6]	19
Abb. 3.9: a) Bebauungsform der Siedlung Siebenbürgerstraße (Wien 22), b) Grundriss der Haustypen B und C [2].....	25
Abb. 3.10: Scheibenwohnhaus Bauteil 1 und Bebauungsstruktur, Per-Albin-Hansson-Siedlung Ost [2]	25
Abb. 3.11: Luftbildaufnahme und Bebauung, Siedlung und Rennbahnweg, aus [2].....	26
Abb. 3.12: Wohnhausanlage Wiener-Flur, aus [2]	27
Abb. 3.13: Bebauung, Siedlung Heinz-Nittel-Hof (Wien 21.), aus [2].....	27
Abb. 3.14: Standverfahren: Fertigungsfläche mit Einzelformen, aus [19]	29
Abb. 3.15: Heizschlangen für die Wärmezufuhr [4]	30
Abb. 3.16: Arbeitsprozesse bei der Herstellung von Platten, ACHENBACH [4].....	31
Abb. 3.17: Gleistransport, aus HERHOLDT [3].....	32
Abb. 3.18: Spezialfahrzeug, aus HUEMER [5].....	33
Abb. 3.19: System der steigenden Einführung höherer Industrialisierungsstufen für Küche-Bad, aus HERHOLDT [3].....	35
Abb. 3.20: Montage einer Sanitärzelle, aus HERHOLDT [3]	36
Abb. 3.21: Heizungssysteme im industriellen Wohnungsbau [11]:	37
Abb. 3.22: Verschiedene Arten von in Tafeln einbetonierten Heizungsrohren, aus SEBESTYEN [10]:	38
Abb. 4.1: Montagebausystem mit raumgroßen tragenden Querwänden, aus [7]	39

Abb. 4.2: a) Montagebausystem mit raumgroßen tragenden Längswänden, b) Montagebausystem mit raumgroßen tragenden Quer- und Längswänden, [7]	40
Abb. 4.3: Deformation einer einschichtigen Außenwand bei $t_a < t_i$, aus HALASZ [7].....	42
Abb. 4.4: Einschichtige Wandaufbauten, aus KOHL und KOLLOSCHE [16]	43
Abb. 4.5: Zweischichtige Wandaufbauten, aus KOHL und KOLLOSCHE [16].....	45
Abb. 4.6: Dreischichtige Wandaufbauten, aus KOHL und KOLLOSCHE [16].....	46
Abb. 4.7: Innenwandplatte mit Randverstärkung (System Lagutenko, UdSSR) laut HERHOLDT [3]	47
Abb. 4.8: Querschnitt einer großformatigen Porengipswand: 1 Purgipsbeplankung, 2 Glasfaservlies, 3 Porengips nach HERHOLDT [3]	48
Abb. 4.9: Wabenkernplatte: 1 Beplankung: Aluminium, Sperrholz oder Gips, 2 Papierwabe, nach HERHOLDT [3].....	48
Abb. 4.10: Rohdeckenquerschnitte, HERHOLDT [3].....	50
Abb. 4.11: Kraftverlauf im oberen Bereich einer ausmittig belasteten Wandtafel, aus HALASZ und TANTOW [7]	51
Abb. 4.12: Kassettenplattendach, aus HEINRICH [32].....	54
Abb. 4.13: nach außen geneigtes Dach, aus HEINRICH [32]	55
Abb. 4.14: nach innen geneigtes Dach, aus HEINRICH [32]	55
Abb. 4.15: nach innen geneigtes Hamad-Dach, aus HEINRICH [32].....	56
Abb. 4.16: Wellbetondachelement, Betongüte B300, Spannstahl St 150, aus HERHOLDT [3]	56
Abb. 4.17: einstufig gedichtete Fuge, aus BAUER et al. [14].....	58
Abb. 4.18: Feuchtigkeitsspiegel in horizontalen Außenwandfugen, aus HALASZ und TANTOW [7]:	58
Abb. 4.19: Vertikale Außenwandfugen nach HALASZ und TANTOW [7]:.....	59
Abb. 4.20: offene Vertikalfuge, aus LEYDOLPH [33]:	59
Abb. 4.21: Feuchtigkeitsspiegel in horizontalen Außenwandfugen, aus HALASZ und TANTOW [7]:	60
Abb. 4.22: Abdichtung einer Außenwandfuge laut HALASZ [7]	62
Abb. 4.23: Abdichtung einer Fuge mit einem Vakuumschlauch, aus HALASZ [7]	62
Abb. 4.24: Einstufig gedichtete, geschlossene Fuge, LEYDOLPH [33]	63
Abb. 4.25: Typische Spannungszustände in den Fugen einer Deckenscheibe, MEHLHORN und SCHWING [43]	65
Abb. 4.26: Zerlegung der Schubkraft beim Zusammenschluss von zwei Einzelwänden laut HALASZ und TANTOW [7]:	65
Abb. 4.27: Verbindung einzelner Wandtafeln zu zusammenwirkenden Scheiben, aus HALASZ und TANTOW [7]:	66

Abb. 4.28: Normalspannungsverlauf in Horizontalfugen von Wandscheiben, aus MEHLHORN und SCHWING [43]	67
Abb. 4.29: Typisches Rissbild, aus MEHLHORN und SCHWING [43]	68
Abb. 4.30: Typisches Rissbild, aus MEHLHORN und SCHWING [43]	69
Abb. 4.31: System Camus-Dietsch: Außenwandaufbau, aus HALASZ und TANTOW [7]	71
Abb. 4.32: Innenwandelement, HALASZ und TANTOW [7]	72
Abb. 4.33: Deckenelement Camus-Dietsch, nach HALASZ [7]	72
Abb. 4.34: Deckenaufleger Außenwandtyp: Typ Lorraine No.2 1956, nach HALASZ und TANTOW (1964) [28]	73
Abb. 4.35: Horizontale Außenwandfuge (1963): System Camus-Dietsch, aus HALASZ und TANTOW [7]	74
Abb. 4.36: Vertikale Außenwandfuge (1963): System Camus-Dietsch, aus HALASZ und TANTOW [7]	74
Abb. 4.37: Horizontale Innenwandfuge: System Camus-Dietsch, aus HALASZ und TANTOW [7]....	75
Abb. 4.38: a) Innenwände mit Schlaufen und profilierten Kanten; b) Dehnungsfuge zwischen Treppenhaus und Wohnblock, HALASZ und TANTOW[7]	76
Abb. 4.39: Teilweiser Einsturz eines Hochhauses in Großtafelbauweise in Ronan Point: a) örtliches Versagen; b) fortschreitender Zusammenbruch; laut MEHLHORN und SCHWING [43]	77
Abb. 4.40: Tragwirkung von Wänden bei örtlichem Versagen; laut MEHLHORN und SCHWING [43]	78
Abb. 4.41: Modelle der Lastabtragung; laut MEHLHORN und SCHWING [43]	78
Abb. 4.42: Tragsysteme; laut MEHLHORN und SCHWING [43]	79
Abb. 5.1: Schäden: a) Putzschaden, b) Fliesen und Plattenschaden mit freiliegender HWL-Platte beim Sockel, aus [16].....	80
Abb. 5.2: Rissbild in einem Außenwandelement, aus BAUER et al. [14].....	81
Abb. 5.3: Schadhafte Außenwandplatten, aus BAUER et al. [14]	82
Abb. 5.4: Mögliche Schädigung des Verbundes infolge Temperaturbeanspruchung, aus NEUMANN et al. [35]	85
Abb. 5.5: Fugendichtstoff Morinol nach LEYDOLPH [33]	88
Abb. 5.6: Schaden : Betonabplatzung Betondecke, aus HEINRICH [31].....	91
Abb. 5.7: Schäden am Konsolaufleger nach HEINRICH [31]	91
Abb. 6.1: Abdichtungsprinzip mit Fugenband, aus KOHL, KOLLOSCH [16]	99
Abb. 6.2: Randbereich mit herausragenden Asbestfasern, aus LEYDOLPH [33]	101
Abb. 6.3: Fugenöffnung nach dem Ausstemmen, aus LEYDOLPH [33]	102
Abb. 6.4: Erneuerung der Dachabdichtung- Schichtenfolge, aus HEINRICH et al. [32].....	104

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1: Übersicht der Wiener Plattenbausiedlungen mit mehr als 400 Wohnungen, KAPELLER et al. [2]	9
Tab. 3.1: Bautypen in der DDR, SCHULZE [13]	14
Tab. 3.2: Bautypbeschreibung, aus ENKE, GIERSCH [22].....	14
Tab. 4.1: Dachformen bei Wohngebäuden in Fertigteilbauweise (DDR), HEINRICH [32]	52
Tab. 4.2: Flachdachtypen, HEINRICH [32]	52
Tab. 6.1: Vor- und Nachteile der einzelnen Oberflächenschutzsysteme, aus METTKE et al. [6]	98
Tab. 6.2: Instandsetzungsmaßnahmen bei typischen Schäden im Plattenbau, METTKE et al. [6], KOHL, KOLLOSCH [16].....	100

