

Fertignasszellen und Fertigschächte im Wohnbau - Modulbauweise und Vorfertigung als Antwort auf Facharbeitermangel und sinkenden Ausführungsqualitäten

Masterthese zur Erlangung des akademischen Grades
“Master of Science”

eingereicht bei
Prof. Arch. Dipl.-Ing. Michael Pech, MRICS, CSE

Dipl.-Ing. Lukas Trimmel, BSc

51805881

Eidesstattliche Erklärung

Ich, **DIPL.-ING. LUKAS TRIMMEL, BSC**, versichere hiermit

1. dass ich die vorliegende Masterthese, "FERTIGNASSZELLEN UND FERTIGSCHÄCHTE IM WOHNBAU - MODULBAUWEISE UND VORFERTIGUNG ALS ANTWORT AUF FACHARBEITERMANGEL UND SINKENDEN AUSFÜHRUNGSQUALITÄTEN", 80 Seiten, gebunden, selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfen bedient habe, und
2. dass ich das Thema dieser Arbeit oder Teile davon bisher weder im In- noch Ausland zur Begutachtung in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.

Wien, 10.11.2022

Unterschrift

Kurzfassung

Kostengünstiges, einfaches und schnelles Bauen in Verbindung mit einer hohen Ausführungsqualität ist heutzutage ein schwieriges Vorhaben und stellt somit Planende, Ausführende als auch die entsprechenden Auftraggeber vor immer größere Herausforderungen. Um Abwicklungsprozesse auf der Baustelle zu vereinfachen, wird vermehrt auf die sogenannte „Modulare Bauweise“ oder auch den „Systembau“ zurückgegriffen, bei dem einzelne Elemente oder auch ganze Gebäude nach einem detaillierten Planungsprozess vorgefertigt und anschließend auf der Baustelle zusammengebaut werden. Dies führt einerseits zu einer Kostenreduktion und andererseits auch zu einer schnelleren Abwicklung auf der Baustelle selbst. Auch im Bezug auf den immer häufiger erwähnte Facharbeitermangel sowie der abnehmenden Ausführungsqualitäten bietet die Vorfertigung einen wesentlichen Vorteil bei der Abwicklung von Bauvorhaben. Die vorliegende Arbeit befasst sich daher mit dem Thema „Modulbauweise und Vorfertigung“, bei dem vor allem auf die verschiedenen Ausführungsmöglichkeiten eingegangen wird. Dieser Teil der Arbeit stellt einen Einblick in das vorliegende Themengebiet dar und soll ein besseres Verständnis über die generelle Abwicklung von modularen Bauweisen darstellen. Daraus ableitend bildet den Fokus der Arbeit das Thema „Fertignasszellen und Fertigschächte“ im Zusammenhang mit dem Systembau bzw. der Vorfertigung im Wohnungsbau. Neben den verschiedenen Systemen und Konstruktionen, werden auch die entsprechenden Planungsanforderungen, sowie die Lieferung und Montage näher beleuchtet. Ergänzend dazu wird auch die Kostenkomponente für Fertignasszellen und Fertigschächte dargestellt. Abschließend befasst sich die Arbeit mit der Wiederverwendung, der Demontage, der Verwertung (Recycling) sowie einer möglichen Nachnutzung. Die Erkenntnisse dieser Arbeit sollen die verschiedenen Ausführungsmöglichkeiten, den Prozess von der Herstellung über die Lieferung, den Einbau bis hin zur Demontage und dem Recycling bzw. einer möglichen Nachnutzung darstellen und auf die jeweiligen Vor- und Nachteile sowie die entsprechende Kostenkomponente hinweisen.

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
BIM	Building Information Modelling
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
dB	Dezibel
DIN	Deutsches Institut für Normung
ELS	Entlüftungsschächte
ESG	Environment, Social, Governance
et.al.	et alia („und andere“)
Fa.	Firma
GFK	Glasfaserverstärkter Kunststoff
HKLS	Heizung-, Klima-, Lüftung-, Sanitäranlagen
ISO	International Organization for Standardization
kg	Kilogramm
KLS	Kompakt-Lichtschächte
lat.	lateinisch
LCM	Lean Construction Management
LKW	Lastkraftwagen
max.	maximal
MFC	Metal-Framework-Construction
OSB	oriented strand board
ÖNORM	Österreichische Norm
PE	Polyethylen
PS	Polystyrol
PVC	Polyvinylchlorid
SAS	Sonderanschraubschächte
SIP	structural insulated panels
TPS	Toyota Production System
USA	United States of America
usw.	und so weiter
WU	wasserundurchlässig
XPS	extrudiertes Polystyrol
z.B.	zum Beispiel

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG	1
1.1. Motivation	2
1.2. Wissenschaftliche Fragestellung.....	3
1.3. Methodische Vorgangsweise	4
1.4. Aufbau der Arbeit	4
2. MODULBAUWEISE IM WOHNBAU	6
2.1. Konstruktionstypen	7
2.1.1. Leichtskelettbau.....	8
2.1.2. Pfosten-Riegel-Konstruktion	10
2.1.3. Plattenbauweise	11
2.2. Vorfertigung.....	12
2.2.1. Idee und historischer Ursprung.....	13
2.2.2. Selbstbausätze	16
2.2.3. Modulares Bauen	17
2.2.4. Vorfertigung und Bauen vor Ort.....	21
3. FERTIGNASSZELLEN UND FERTIGSCHÄCHTE	24
3.1. Fertignasszellen	24
3.1.1. Konstruktionen und Systeme.....	25
3.1.2. Planungsanforderungen, Lieferung und Montage	37
3.1.3. Kosten	39
3.1.4. Demontage, Wiederverwendung und Recycling.....	43
3.2. Fertigschächte.....	44
3.2.1. Konstruktionen und Systeme.....	44
3.2.1.1. Aufzugsschächte	44
3.2.1.2. vorgefertigte Sanitärwände.....	51
3.2.1.3. Entlüftungsschächte	59
3.2.2. Planungsanforderungen, Lieferung und Montage	60
3.2.3. Kosten	63
3.2.4. Demontage, Wiederverwendung und Recycling.....	64
4. ZUSAMMENFASSUNG UND CONCLUSIO	66
LITERATURVERZEICHNIS	69
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	72
TABELLENVERZEICHNIS	75

1. EINLEITUNG

Aufgrund der sehr schnell wachsenden Städte und der Knappheit an Wohnraum steht die Bauindustrie vor einer großen Herausforderung. Wohnraum muss zum einen schnell und zum anderen kostengünstig gebaut werden. Zudem sollten die Ausführungsqualitäten nicht sinken und neue Anforderungen in den Bereichen Nachhaltigkeit und Digitalisierung berücksichtigt werden. Ein Vorhaben, dass in Zeiten von Facharbeitermangel und immer höheren Baukosten schwierig zu bewältigen ist. Aufgrund dieser Tatsachen ist es wichtig Planungs- und Produktionsprozesse zu optimieren und auf die aktuellen Gegebenheiten anzupassen. Gleichzeitig gilt es, hohe Qualitätsstandards und Kalkulationssicherheiten gegenüber dem Bauherrn bzw. den Auftraggebern zu gewährleisten. Neben alledem und anlässlich des bereits vorhandenen Ressourcenmangels wird eine nachhaltigere Bauweise immer wichtiger. Diese Thematik ist nicht nur in der Planungs- und Bauphase essentiell, sondern auch beim anschließenden Rückbau sowie einer möglichen Nachnutzung. Ein konventioneller Rückbau eines Gebäudes ist einerseits mit viel Abfall und andererseits mit einer erhöhten Lärm- und Staubbelastung verbunden. Auch hier gilt es, neue Lösungsansätze in bereits bestehende Strukturen einzubinden und diese bestmöglich im Sinne einer nachhaltigen Bauweise zu implementieren.

Aufgrund der Tatsache, dass der konventionelle Bau viele dieser Probleme nicht lösen kann, bietet sich die modulare Bauweise bzw. der Systembau als nachhaltige Alternative für die zukünftige Abwicklung von Bauvorhaben an. Neben einer präzisen Planung, in der verschiedene Raumszenarien entwickelt werden können, bietet diese Bauweise auch eine frühe Kalkulationsbasis für den Auftraggeber. Nach Fertigstellung wird die Planung im Rahmen eines Building-Information-Modelling (BIM)-Modells dargestellt, welches nicht nur für den anschließenden Bau, sondern auch für die Produktion der einzelnen Teile eine wichtige Rolle spielt.

Ein weiterer Vorteil dieser Bauweise erschließt sich aus der zeitgleichen Herstellung von Bauteilen bzw. ganzen Gebäudeabschnitten. So können zum

Beispiel Fundierungen, Kellergeschosse bzw. Tiefgaragen in konventioneller Bauweise errichtet werden, während der Modulbau gleichzeitig im Werk gefertigt wird. Nicht nur die Gebäude und Raumszenarien entstehen so in der Vorfertigung, sondern auch Bäder und Einrichtungen, wie z.B. Küchen, werden bereits so hergestellt. Die Bäder werden als komplette Fertignasszelle im Werk hergestellt und dann auf die Baustelle geliefert und in funktionsfähigem Zustand verbaut. Der Einsatz bzw. die Implementierung dieser Systeme und Ausführungsvarianten verfolgt unter anderem auch das Ziel die Baudauer zu optimieren. Auch im Sinne von sogenanntem „Lean Construction“ leistet das modulare Bauen seinen Beitrag zur Vermeidung bzw. Eliminierung von Verschwendung im kompletten Abwicklungsprozess, der von der Entwicklung, über die Planung und Ausführung, bis hin zur Verwertung und Nachnutzung reicht.

Obwohl heutzutage immer noch vermehrt Prototypen und die konventionelle Art zu bauen dominiert, ist es sinnvoll neue Perspektiven und Prozesse in die klassische Abwicklung zu integrieren. In vielen Fällen ist das Bauen mit Modulen möglich und soll die Schaffung von Wohnraum vereinfachen. Zudem schafft die Industrie 4.0 Abhilfe und kann individuelle Lösungen und eine effizientere Abwicklung mit sich bringen.

Trotz dieser Tatsachen und dem Ziel die Kosten sowie die Baudauer nachhaltig zu optimieren, gibt es bei der Umsetzung in der Praxis noch viel Verbesserungspotential.

1.1. Motivation

Im Rahmen der modularen Bauweise ist es wichtig nicht nur die Hülle sowie die einzelnen Module des Gebäudes seriell zu fertigen, sondern auch die Ausstattung wie z.B. Nasszellen oder andere Raumzellen miteinzubeziehen. Vor allem für die Installationszonen und den Einbau von sanitären Anlagen ist eine präzise Planung notwendig. Die Interpretation von modularem oder seriellem Wohnbau kann hierbei auf verschiedene Arten erfolgen. Zum einen

auf die reine Errichtung einer großen Anzahl an standardisierten Wohnungen und zum anderen auf eine Bauweise bei der einzelne Teile oder ganze Raumzellen industriell vorgefertigt werden, anschließend wieder abgebaut und an einer beliebigen anderen Stelle aufgebaut werden können. Im Sinne der Kreislaufwirtschaft und unter dem Ansatz „cradle to cradle“, also sinngemäß „vom Ursprung zum Ursprung“, soll die Vorfertigung auch eine hohe Flexibilität bei der Rückbaubarkeit und Nachnutzung bringen.

Die Motivation dieser Arbeit liegt darin, das Themenfeld des modularen Bauens im Zusammenhang mit vorgefertigten Bauteilen und Elementen, im Speziellen Fertignasszellen und Fertigschächte, näher zu beleuchten, um in Zeiten von Facharbeitermangel und sinkenden Ausführungsqualitäten, sowie im Hinblick auf das Themenfeld rund um ESG, also Environment, Social und Governance bzw. der kommenden EU-Taxonomie mögliche Vor- und Nachteile ableiten zu können.

1.2. Wissenschaftliche Fragestellung

Neben der Betrachtung der modularen Bauweise und der Vorfertigung im Wohnungsbau versucht die Arbeit gezielt auf die unterschiedlichen Ausführungsvarianten von Fertignasszellen und Fertigschächten einzugehen.

Das Ergebnis der Arbeit soll einen Überblick über die möglichen Konstruktionen bis hin zu den Planungsanforderungen, der Wiederverwendung, der Demontage und dem Recycling darstellen. Die Arbeit versucht zudem die Lieferung und Montage auf die Baustelle selbst näher zu beleuchten. Weiters wird auch auf die Kostenkomponente eingegangen.

Im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtung sollen daher alle Vor- und Nachteile bei der Verwendung und dem Einsatz von Fertignasszellen und Fertigschächten im Wohnungsbau dargestellt werden.

Die wissenschaftliche Fragestellung dieser Arbeit zielt genau auf diese Erkenntnisse ab und lautet wie folgt:

„Welche Vor- und Nachteile bringt die Implementierung von Fertignasszellen und Fertigschächten im Wohnungsbau mit sich?“

1.3. Methodische Vorgangsweise

Für die Erarbeitung der wissenschaftlichen Fragestellung wird die Arbeit in zwei Teilbereiche unterteilt. Die Betrachtung im weiteren Sinne im Hinblick auf die Modulbauweise im Wohnbau und die Betrachtung im engeren Sinn mit dem Fokus auf Fertignasszellen und Fertigschächte.

Im ersten Teilbereich wird ein grober Einblick über die modulare Bauweise und deren verschiedenen Konstruktionstypologien gegeben. Weiters wird das Thema Vorfertigung hinsichtlich der Idee und dem ursprünglichen Konzept, sowie der verschiedenen Ausführungsmöglichkeiten im Werk, als auch vor Ort dargestellt. Dieser Teil der Arbeit bildet die Grundlagenanalyse und wird durch eine reine Literatur- und Internetrecherche erarbeitet.

Im zweiten Teilbereich befasst sich die Arbeit ausschließlich mit dem Thema Fertignasszellen und Fertigschächte im Wohnbau. Auch hier versucht die Arbeit neben der Konstruktion und den verschiedenen Systemen auf die unterschiedlichen Hürden im Zusammenhang mit der Planung und der Umsetzung einzugehen. Die Erarbeitung dieser Erkenntnisse erfolgt auf theoretischer Grundlage.

Die daraus gewonnenen Erkenntnisse und Ergebnisse werden in einer Zusammenfassung dargestellt und mit einer Conclusio abgeschlossen.

1.4. Aufbau der Arbeit

Im ersten Kapitel dieser Arbeit wird das generelle Forschungsinteresse sowie die dahinterstehende Motivation näher beleuchtet. Weiters erfolgt die Beschreibung der methodischen Vorgangsweise und die Definition einer

wissenschaftlichen Fragestellung. Abschließend erfolgt die Darstellung über den Aufbau der Arbeit.

Das zweite Kapitel befasst sich mit der Modulbauweise im Wohnbau. Hierbei werden speziell die Konstruktionstypen, wie der Leichtskelettbau, die Pfosten-Riegel-Konstruktion, sowie die Plattenbauweise bearbeitet. Zudem soll das Thema Vorfertigung von der Idee bis hin zur Umsetzung dargestellt werden.

Das dritte Kapitel bildet den Fokus der Arbeit und zielt auf die Erarbeitung der wissenschaftlichen Fragestellung ab. Hierbei befasst sich die Arbeit vor allem mit der Implementierung von Fertignasszellen und Fertigschächten im Wohnbau. In diesem Zusammenhang werden die unterschiedlichen Konstruktionen und Ausführungsvarianten näher beleuchtet, sowie erfolgt die Darstellung von Möglichkeiten der Wiederverwendung, der Demontage, dem Recycling sowie einer eventuellen Nachnutzung.

Im vierten Kapitel erfolgt die Zusammenfassung der gewonnenen Erkenntnisse. Anschließend wird die wissenschaftliche Fragestellung beantwortet und eine abschließende Conclusio gebildet.

2. Modulbauweise im Wohnbau

Unter modularem Bauen versteht man das Bauen unter Verwendung von teilweise vorgefertigten Systemen oder Modulen, um einerseits den Bauprozess zu beschleunigen und andererseits die Kosten zu minimieren. Dies setzt voraus, dass gewisse Bauteile oder Produkte im Rahmen eines systematisierten Verfahrens hergestellt und mehrfach wiederverwendet werden können. Zudem sind maßliche Raster und hohe technische Standards essenziell für Planung und Umsetzung. Vorfertigung bzw. systematische Prozesse sind in der heutigen Zeit keine Seltenheit mehr, sondern entwickeln sich zunehmend zum Status quo. Die Baubranche bildet hierbei keine Ausnahme, kann jedoch als „Spätentwickler“ angesehen werden.¹

Aufgrund der hohen Komplexität ist es wichtig systematisierte Verfahren zu implementieren, um dadurch ein verbessertes wirtschaftliches Ergebnis zu erzielen. Dies bewirkt, dass vorwiegend Module (*lat.: modulus*, das Maß) zum Einsatz kommen. Schon in frühen Jahren wurde dieser Begriff durch Le Corbusier – *Der Modulor* geprägt, mit dem Ziel ein standardisiertes Maßsystem in der Architektur zu entwickeln. Heutzutage definiert sich der Begriff „Modul“ vielmehr als ein standardisiertes Einzelbauteil im Rahmen eines Gesamtsystems.

Die Verwendung bzw. der Einsatz von Bausystemen dient auch vielfach zur Vereinfachung von komplexen Planungs- und Konstruktionsprozessen. Da die Herstellung der Elemente und der Konstruktionen nicht auf der Baustelle per se, sondern in Fertigungshallen durchgeführt wird, wird der Begriff Systembau oftmals mit dem Begriff Vorfertigung gleichgesetzt.²

¹ Knaack, Ulrich/ Chung-Klatte, Sharon et al.: Systembau. Prinzipien der Konstruktion. Basel: Birkhäuser. 2012. S.7.

² Albus, Jutta/ Hollmann-Schröter, Kirsten et al.: Systematisierte Planungs- und Bauprozesse. Hintergründe, Strategien und Potenziale industrieller Vorfertigungstechnologien. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag. 2021. S. 11f.

Im Rahmen dieser Arbeit versteht sich der Begriff „Systembau“ als Bausystem mit industriell vorgefertigten Bauteilen, die im Rahmen von industriellen Montageverfahren im Werk selbst oder auf der Baustelle vor Ort zusammengesetzt werden.

Der Begriff „Vorfertigung“ kann als Subkategorie verstanden werden und bezieht sich demnach auf jegliche Bauteile die in diesem Zusammenhang nicht vor Ort, sondern in der Fertigungshalle hergestellt werden.

In der Architektur ist diese Bauweise meist weniger gern gesehen, da der kreative Spielraum des Architekten mehr oder weniger eingeschränkt wird. Ein Bauwerk gilt zunehmend als Unikat und spiegelt die Vision des Architekten wider. Einzelne Module hingegen eine serielle Produktion im Rahmen eines systematisierten Prozesses.

Betrachtet man nun die wirtschaftliche Seite verursachen diese Unikate aufgrund einer außergewöhnlichen Architektur enorme Kosten. Auch im Rahmen der Kreislaufwirtschaft sind diese Gebäude für verschiedene Nachnutzungen eher ungeeignet und werden daher nach Ablauf der wirtschaftlichen oder technischen Lebensdauer abgerissen.

Obwohl die Modulbauweise in Ihrer Architektur oftmals eingeschränkt ist, bietet sie viele Vorteile und sollte unter anderem auch kostengünstiges Bauen für den Errichter und andererseits auch leistbares Wohnen für den Abnehmer ermöglichen.

2.1. Konstruktionstypen

Im Zuge der letzten Jahrzehnte wurden zahlreiche Lösungen und Typologien für Bausysteme im Wohnungsbau hervorgebracht. Aufgrund der Tatsache, dass Wohnraum zu einem angemessenen Preis und teilweise auch sehr rasch verfügbar sein soll, gab es in diesem Zusammenhang die unterschiedlichsten Experimente und eine Vielzahl an Standardlösungen. Der

Konstruktionsansatz von Gebäuden wird hier grundsätzlich durch die Art und Weise, wie die einzelnen Elemente bzw. Gebäudeteile bereitgestellt werden, beeinflusst.³

Im Grunde haben sich drei Bausysteme durchgesetzt die im Rahmen dieser Arbeit näher betrachtet werden: der Leichtskelettbau, die Pfosten-Riegel-Konstruktion, sowie die Plattenbauweise.

2.1.1. Leichtskelettbau

Der Leichtskelettbau besteht durch die Verwendung von geradlinig tragenden Elementen die sowohl in der Horizontale (Träger, Unterzüge) als auch in der Vertikale (Stützen) die Gebäudelasten abfangen und punktuell ableiten. Das Gegenstück bildet hier der Wandbau, bei dem die Lasten über die Wandscheibe linear abgeleitet werden.⁴ Die tragenden Elemente bilden hierbei einen Rahmen und werden durch diagonale Elemente ausgesteift. Dies sorgt für die notwendige Stabilität. Zur Erhöhung der Scherfestigkeit werden die diagonalen Aussteifungselemente immer häufiger durch Sperrholzschalungen, Mineralfaserplatten oder Holzfaserplatten ersetzt. Dazwischen werden die Rahmen mit einem geeigneten Dämmmaterial ausgefüllt.⁵

Im Rahmen der Leichtskelettbauweise werden vor allem zwei verschiedene Systeme unterschieden: der sogenannte „Balloon-Frame“, also der geschossübergreifende Skelettbau und der sogenannte „Plattform-Frame“, welcher den geschossweisen Skelettbau beschreibt. Vor allem in den Ländern bei denen sehr viel Bauholz verwendet wird, also den Vereinigten Staaten, Kanada und den skandinavischen Ländern werden diese Systeme

³ Knaack, Ulrich/ Chung-Klatte, Sharon et al.: Systembau. Prinzipien der Konstruktion. Basel: Birkhäuser. 2012. S.37.

⁴ Hestermann, Ulf/ Rongen, Ludwig. Frick/Knöll. Baukonstruktionslehre 1. Wiesbaden: Springer Vieweg. 2015. S. 243.

⁵ Knaack, Ulrich/ Chung-Klatte, Sharon et al.: Systembau. Prinzipien der Konstruktion. Basel: Birkhäuser. 2012. S.38.

hauptsächlich verwendet, wobei der geschossweise Skelettbau bis heute vorherrschende Methode ist.

Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht die zwei Skelettbautypen anhand einfacher Diagramme.

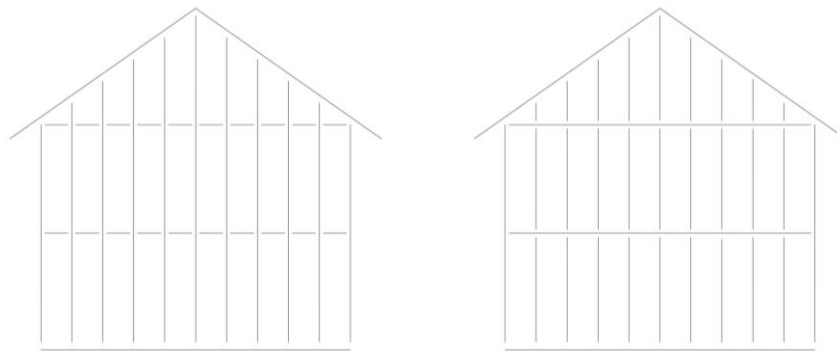


Abb. 1: Balloon- Frame und Plattform-Frame

(Quelle: Knaack, Ulrich/ Chung-Klatte, Sharon et al.: Systembau. Prinzipien der Konstruktion. Basel: Birkhäuser. 2012. S.38)

Hierbei ist ersichtlich, dass sowohl bei der „Balloon-Frame“ als auch bei der „Plattform-Frame“-Bauweise parallel verlaufende Holzständer ersichtlich sind. Die Unterscheidung liegt demnach bei der Länge der Holzständer. Während bei der „Ballon-Frame“-Bauweise die Holzständer von der Grundplatte bis zur Dachplatte reichen, verbinden bei der „Plattform-Frame“-Bauweise die Holzständer lediglich die Grundplatte mit der Deckenplatte. Diese werden daher nur geschossweise errichtet.

Die „Balloon-Frame“-Bauweise bietet dennoch einen einfachen Transport, da die Holzständer leicht und kompakt sind. Diese Methode kann daher auch meist mit ungelernten oder schlecht ausgebildeten Fachkräften durchgeführt werden. Trotzdem gibt es auch hier einige Nachteile, wie z.B. die Länge der Holzständer und das einhergehende Schwindverhalten der Bauteile. Der größte Schwachpunkt dieser Bauweise ist aber das Brandverhalten der einzelnen Holzständer. Da diese bei der „Balloon-Frame“-Bauweise von der

Grundplatte bis zur Deckplatte reichen, müssen hier zusätzliche Feuerschutzvorrichtungen installiert werden, um den Brandüberschlag auf das nächste Geschoss zu unterbinden. Seit den vierziger Jahren wurde diese Methode in den USA (United States of America) daher weitgehend verboten und von der „Plattform-Frame“-Bauweise abgelöst.⁶

Die Errichtung der beiden Skelettbautypen ähnelt sich dennoch in vielen Aspekten, so werden sowohl „Plattform-Frame“, als auch „Ballon-Frame“ auf einer Stahlbeton- bzw. Betonplatte oder auf Grundmauern errichtet und aufgebaut.

2.1.2. Pfosten-Riegel-Konstruktion

Die Pfosten-Riegel-Konstruktion bildet eine Kombination aus unterschiedlichen Baumethoden. Wie schon der Name ersichtlich macht, werden hier Pfosten (senkrecht Bauteil) und Riegel (horizontales Bauteil) miteinander verbunden. Die Lastabtragung erfolgt hierbei über den senkrechten Pfosten. Der Riegel dient zur Aussteifung, sowie zur Aufnahme der horizontalen Lasten.⁷ Die Grundkonstruktion wird durch einen großen Skelettrahmen (Pfosten und Riegel) gebildet, welcher vorwiegend aus Stahl, Aluminium, Holz oder Beton hergestellt wird. Zwischen der Pfosten-Riegel-Konstruktion werden meist Fassadenelemente bzw. Fassadenfelder eingesetzt, die von der Hauptkonstruktion statisch unabhängig sind. Da die Fassadenfelder lediglich ihr Eigengewicht tragen müssen hat der Architekt einen relativ großen Spielraum in der Planungsphase. Dies ermöglicht zudem den Einsatz von unterschiedlichen Materialien bzw. der Zusammensetzung einer Vielzahl von Modulen innerhalb dieser Bereiche.

Aufgrund der Tatsache, dass sich bei der Pfosten-Riegel-Konstruktion die tragenden Elemente immer wiederholen, ist die Umsetzung bei

⁶ Knaack, Ulrich/ Chung-Klatte, Sharon et al.: Systembau. Prinzipien der Konstruktion. Basel: Birkhäuser. 2012. S.38.

⁷ Pfosten-Riegel-Konstruktion. In URL: <https://dewiki.de/Lexikon/Pfosten-Riegel-Konstruktion> (letzter Zugriff: 17.07.2022)

Mehrfamilienhäusern bzw. größeren Bauten wesentlich kosteneffizienter als bei Einfamilienhäusern.⁸

Ein wesentlicher und häufiger Einsatz dieser Baumethode erfolgt auch im Zusammenhang mit großen Fassadenflächen. Die Glaselemente, Sandwich-Elemente oder auch andere Plattenarten werden hier an die Grundkonstruktion (Pfosten und Riegel) angebracht.⁹

2.1.3. Plattenbauweise

Bei der Plattenbauweise kommen ausschließlich flache Tragwerkselemente zum Einsatz. Hierbei werden tragende senkrechte Elemente (Wände) und tragende horizontale Elemente (Decken) zusammengebaut. Die senkrechten Lasten wie z.B. Boden-, Wand- und Dachlasten werden über die Wände in die entsprechenden Fundamente abgeleitet. Die Decken wiederum müssen vor allem ständige Lasten und veränderlichen Lasten aufnehmen können.

Im Rahmen der Plattenbauweise werden die Deckensysteme meist mit Betonhohldielen, welche bereits vorgefertigt auf die Baustelle geliefert werden, oder mittels Ortbetondecken, die auf der Baustelle gegossen werden, hergestellt. Je nach Art des Bauvorhabens und des jeweiligen Vorfertigungsgrades, kann grundsätzlich zwischen diesen beiden Typen unterschieden werden. Vor allem im Zusammenhang mit der Maßgenauigkeit und Statik dieser Elemente bietet die Vorfertigung von tragenden Elementen einen wesentlichen Vorteil. Durch die Vorspannung der Betonhohldielen bietet sich auch ein statischer Vorteil der zu größeren Spannweiten führt. Im Hinblick auf die Art des Baustoffes ist Beton ein optimales Material für die Plattenbauweise. Andere Baustoffe wie z.B. Holz oder Metall sind aufgrund

⁸ Knaack, Ulrich/ Chung-Klatte, Sharon et al.: Systembau. Prinzipien der Konstruktion. Basel: Birkhäuser. 2012. S.42.

⁹ Rüter, Ewald. Bauen mit Stahl. Kreative Lösungen praktisch umgesetzt. New York: Springer Verlag Berlin Heidelberg. 1997. S. 104f.

fehlender statischer Eigenschaften für den Plattenbau eher ungeeignet oder müssen durch andere Materialien verstärkt werden.¹⁰

Mit Hilfe von Verbundkonstruktionen, wie z.B. Sandwichkonstruktionen können die Eigenschaften von verschiedenen Baumaterialien zusammengeführt werden. So werden vor allem sogenannte SIP-Verbundpaneele (Structural Insulating Panel) eingesetzt, die sowohl thermische als auch konstruktive Eigenschaften verschiedener Baustoffe vereinen. Das SIP-Verbundpaneel bzw. die SIP-Platte besteht aus OSB-Platten (Oriented Strand Board) und einer dazwischenliegenden Hartschaumisolierung, die auf die OSB-Platten geklebt und an den Kanten luftdicht versiegelt werden.¹¹

Da auch hier ein relativ hoher Vorfertigungsgrad erzielt werden kann, kann dieses Bausystem, genauso wie Beton, im Rahmen der Plattenbauweise bzw. der Modulbauweise effizient und wirtschaftlich eingesetzt werden.

2.2. Vorfertigung

Das Thema Vorfertigung ist einer der wesentlichen Themen zur Reduzierung der Kosten, sowie zur Optimierung der Bauzeit. Hierbei werden einzelne Bauteile, ganze Einheiten oder beinahe komplett ausgebaute Wohnmodule in Fertigungshallen vorgefertigt. Sowohl im Holz- und Stahlbau, als auch im klassischen Betonbau kann die Vorfertigung einen wesentlichen Teil bei der Abwicklung eines Bauvorhabens beitragen. Die Rahmenbedingungen für die Umsetzung von vorkonfektionierten Bauteilen wurde in den letzten Jahren immer wieder optimiert und hat zur Folge, dass einerseits die Größenordnung und andererseits die Logistik selbst eine stetige Weiterentwicklung mit sich bringen muss. Dies bedarf wiederum einen reibungslosen Planungs- und Ablaufprozess im Rahmen der Vorfertigung, da ein Eingriff bzw. eine Korrektur

¹⁰ Knaack, Ulrich/ Chung-Klatte, Sharon et al.: Systembau. Prinzipien der Konstruktion. Basel: Birkhäuser. 2012. S.40f.

¹¹ SIP Europe. Verwendung des SIP-Bausystems. In URL: <https://www.sipeurope.eu/de/se-sip-bausystem/verwendung-des-sip-bausystems/> (letzter Zugriff: 17.07.2022)

in die Konstruktion und Gestaltung auf der Baustelle danach nur erschwert möglich ist.¹² Auch in Anbetracht der sinkenden Ausführungsqualitäten bzw. des Facharbeitermangels bietet ein hoher Vorfertigungsgrad Abhilfe, um diese Probleme zu kompensieren.

Die Vorfertigung spielt auch im Rahmen von BIM – Prozessen eine tragende Rolle, da hier alle Daten des Planungs-, Abwicklungs- und Betreiberprozesses digital unter dem Motto „build digitally first“ im Computer als Modell realisiert und dargestellt werden. Durch diesen Abwicklungsprozess wird primär versucht die Effizienz und Qualität in der Bauabwicklung um ein Wesentliches zu erhöhen.¹³

2.2.1. Idee und historischer Ursprung

Die Thematik rund um Vorfertigung und verbesserter Abwicklungsprozesse spielt nicht erst seit einigen Jahren eine wichtige Rolle, sondern findet ihren Ursprung mit Ende des 19. Jahrhunderts. Hier wurde von dem japanischen Tischler Sakichi Toyoda eine Technik entwickelt, um Webstühle nach dem Riss eines Kettfadens zum Anhalten zu bringen und den Ausschuss aufgrund mangelhafter Ware zu reduzieren. Das Resultat brachte einerseits einen Anstieg der Produktivität und machte andererseits das Unternehmen deutlich konkurrenzfähiger. Sein Sohn Kiichiro, ein Maschinenbauingenieur, fand ihm Rahmen einer Studie der Ford-Werke heraus, dass die Fließbandfertigung nur einen Nebeneffekt darstellt und die Wirtschaftlichkeit vor allem von der Modularität und Einfachheit der Bauteile abhängig war. Zudem konnte herausgefunden werden, dass vor allem bei Ford eine hohe Überproduktion im Rahmen des Fertigungsprozesses und daraus resultierend hohe Lagerbestände vorherrschten. Japan hatte nach den Kriegsjahren 1945 im Gegensatz zu den USA nur begrenzte Ressourcen zur Verfügung und konnte sich eine „Verschwendung“ von Produkten kaum leisten. Ein weiterer Punkt

¹² Schwerpunkt. Vorgefertigte Bauteile. In URL: <https://www.db-bauzeitung.de/schwerpunkt/vorgefertigte-bauteile/> (letzter Zugriff: 23.07.2022)

¹³ Building Information Modeling. Wien: Geschäftsstelle Bau WKÖ. 2016.

war der hohe Grad an Nacharbeiten innerhalb der Fertigung. Die Quote an Ausschuss und dem Wiedereinschleusen von nachgebesserten Teilen war zunehmend ineffizient und zeitraubend.¹⁴

Mit Hilfe dieser Kenntnisse wurde anschließend das unter dem heute noch bekannten Namen „TPS – Toyota Production System“ ins Leben gerufen. Die Schwerpunkte lagen hier vor allem auf der sogenannten „Jidoka“ (Symbiose zwischen Mensch und Maschine) und der „Just-in-Time-Fertigung“ (Vermeidung von hohen Lagerbeständen).

Die Lieferung „Just-in-Time“ ist auch im Rahmen der baulichen Vorfertigung ein wesentlicher Aspekt, da vor allem unnötige Lagerungsflächen für Schalungen, Bewehrung oder andere Materialien entfallen und so auch die Witterungsempfindlichkeit der Baustoffe keine Rolle spielt. Dies bringt auch ein geringeres Risiko im Hinblick auf die Arbeitssicherheit auf der Baustelle mit sich, da gewisse Gefahrenquellen kaum bzw. nur über einen kurzen Zeitraum vorhanden sind. Auch im Rahmen der heutigen Bauabwicklung werden diese Prozesse und Kenntnisse aus Japan immer häufiger implementiert. Unter dem Namen Lean Construction Management (LCM) wird vor allem versucht ganzheitliche Prozesse abzubilden und vor allem die Vermeidung von Verschwendung, den kontinuierlichen Verbesserungsprozess, sowie die Kundenzufriedenheit zu verbessern.¹⁵

Die Vorfertigung spielt im Rahmen dieser Verbesserungsprozesses eine wesentliche Rolle und hilft der Baubranche beim Umdenken vom Unikat-Denken zum Prozess-Denken, um Arbeitsprozesse einerseits zu beschleunigen und andererseits kosteneffizienter zu gestalten.

Die Prinzipien aus der Automobilindustrie versuchen Architekten, Techniker und Ingenieure auf die Präfabrikation von Wohnungen und Häusern

¹⁴ Stopfer. Martin. Ökonomische Optimierung von Bauvorhaben. Wien: FH Campus Wien. SS 2019. S. 93f.

¹⁵ vergl. Ebd., S. 157f.

umzulegen, um qualitativ hochwertige Teile und Systeme, die individuell an die Bedürfnisse der Kunden angepasst werden, zu errichten. Eine wichtige Komponente bilden hier nach wie vor die Kosten, die als feste Größe in die Planung der Baufinanzierung integriert werden müssen.¹⁶

Inwieweit die Herstellungskosten und die Qualität eines Gebäudes beeinflusst werden, ergibt sich vorwiegend aus der Planung und dem Produktionsprozess. Dieser lässt sich in vier Phasen unterteilen: die Planung, die Produktion oder Vorfertigung in der Fabrik, die Logistik der Anlieferung an die Baustelle und die Montage vor Ort. Innerhalb dieser Prozesse ist es essenziell, dass niedrige Produktionskosten, eine Kosten- und Kalkulationssicherheit, eine kluges Zeitmanagement und die Einhaltung der Qualitätsstandards gewährleistet werden.¹⁷

Die nachfolgende Abbildung zeigt die vier Phasen des Produktionsprozesses unter der Berücksichtigung der Faktoren Kosten, Zeit und Qualität.

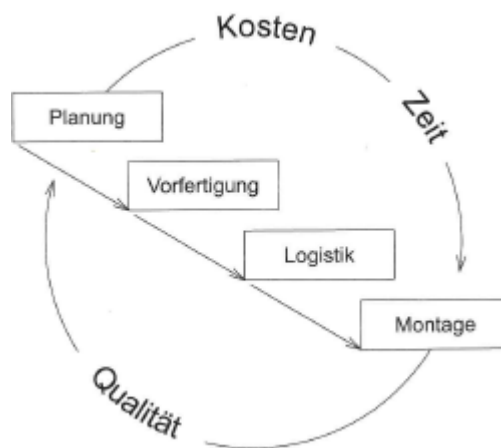


Abb. 2: Die vier Phasen des Produktionsprozesses unter den Faktoren Kosten, Zeit und Qualität
(Quelle: Knaack, Ulrich/ Chung-Klatte, Sharon et al.: Systembau. Prinzipien der Konstruktion. Basel: Birkhäuser. 2012. S.85)

¹⁶ Industrielle Vorfertigung / Präfabrikation. In URL: <https://www.de.weber/blog/praefabrikation> (letzter Zugriff: 23.07.2022)

¹⁷ Knaack, Ulrich/ Chung-Klatte, Sharon et al.: Systembau. Prinzipien der Konstruktion. Basel: Birkhäuser. 2012. S.85.

2.2.2. Selbstbausätze

Unter dem Themenfeld der Vorfertigung versteht sich auch das Bauen mit Selbstbausätzen. Also ein Haus als fertiges Produkt, welches als vorgefertigter Montagesatz auf die Baustelle zum Eigenbau geliefert wird. Diese Art ist zwar im Rahmen großvolumiger Bauvorhaben eher weniger relevant, betrifft aber vor allem den klassischen Haus- bzw. Eigenheimbau. Die sogenannten „Flat-Pack-Systeme“ bieten unterschiedliche Lösungen für die jeweiligen Bedürfnisse und haben vor allem den Vorteil, dass die Planungsphase weitgehend übersprungen wird und somit auch Kosten eingespart werden. Natürlich besteht auch hier die Möglichkeit einen Architekten zu engagieren und das Gebäude durch industriell vorgefertigte Bauteile errichten zu lassen.

Die Selbstmontage bietet aber vor allem für junge Menschen mit dem notwendigen technischen Know-how einen großen Vorteil, da diese Systeme, wie der Name „Flat-Pack“ bereits beschreibt, weitgehend geschnitten, flach und kompakt gestapelt auf die Baustelle geliefert werden. Die notwendigen Elemente werden in der Fabrik vorgefertigt und nach Auslieferung auf der Baustelle montiert.

Vor allem in den Ländern wie Japan und Schweden bieten Hersteller wie Muji und IKEA solche Konzepte an, die vorwiegend auf einem einfachen Design und Einrichtungsgegenständen beruhen. In Schweden wird dieses Konzept unter dem Namen IKEA-BoKlok-Haus vermarktet.¹⁸ Der Anteil von vorgefertigten Häusern beträgt sowohl in Schweden, als auch in Japan etwa 90% des gesamten Häuserbestandes. Das Design und die Gestaltung orientieren sich hier weitgehend an die Schlichtheit der traditionellen Häuser in der jeweiligen Region.¹⁹

¹⁸ Welcome to the BoKlok world! In URL: <https://www.boklok.com/global/> (letzter Zugriff: 30.07.2022)

¹⁹ Knaack, Ulrich/ Chung-Klatte, Sharon et al.: Systembau. Prinzipien der Konstruktion. Basel: Birkhäuser. 2012. S.47.

2.2.3. Modulares Bauen

Neben der reinen Präfabrikation von Gebäudeteilen, die sich weitgehend auf die Denkweise von standardisierten Verfahren und daraus resultierend auf Raster und Standardmaße bezieht, fokussiert sich modulares Bauen auf die Vorfertigung von ganzen Raummodulen bzw. Gebäudeeinheiten.

Der Fokus liegt hierbei auf der Errichtung von dreidimensionalen Einheiten, die entweder unabhängig oder im Verband mit anderen Modulen, durch Aufeinanderstapeln oder Aneinandergliedern, erweitert werden können. Das Modul selbst bildet die fortgeschrittenste Form der Vorfertigung, da der Vorfertigungsgrad bei ca. 95% liegt und die Module voll ausgestattet auf die Baustelle geliefert werden. Neben der Hülle werden die Einheiten auch gänzlich ausgestattet und bezugsfertig geliefert. Sowohl die Kücheneinrichtung, als auch die komplette Sanitärausstattung wird hier bereits in der Fabrik vorgefertigt. Werden die Module an Strom und Wasser angeschlossen, sind sie für den Nutzer bezugsfertig.

Im Vergleich zur Vorfertigung von einzelnen Bauteilen ist das modulare Bauen aus technischer und logistischer Sicht weitaus anspruchsvoller und ist daher auch die aufwendigste Methode, da ganze Raumeinheiten verpackt und zur Baustelle transportiert werden müssen. Neben dem Thema Gewicht bzw. der maximalen Ladekapazitäten der LKW, von Zügen oder von Hubschraubern spielt auch der Platzbedarf im öffentlichen Verkehr eine wesentliche Rolle. Die Straßenbreite liegt in den meisten Ländern bei ca. 2,55m (in Österreich bei 2,60m pro Fahrstreifen). Ist diese Breite für die Beförderung der Einheiten nicht ausreichend, muss eine Sondergenehmigung angesucht werden.²⁰

Ein weiterer ausschlaggebender Punkt bildet die Beanspruchung und die Einwirkung verschiedener Kräfte auf die Module, sowohl beim Transport auch bei der späteren Platzierung auf der Baustelle. Aufgrund der Tatsache, dass

²⁰ Knaack, Ulrich/ Chung-Klatte, Sharon et al.: Systembau. Prinzipien der Konstruktion. Basel: Birkhäuser. 2012. S.48f.

beim Heben bzw. Verladen der Module üblicherweise Kräne zum Einsatz kommen, müssen die Einheiten sowohl Biege- als auch Scherkräfte aufnehmen können. Daraus resultiert, dass meistens die Böden, Wände und Dächer konstruktiv verstärkt werden müssen, um den Beanspruchungen entgegenzuwirken. Dies bedarf wiederum einen erhöhten Materialeinsatz bzw. Materialmengen im Bereich dieser Angriffspunkte.

Über die Zeit hat sich vor allem die Größenordnung von Schiffscontainer als elementare Form des modularen Bauens durchgesetzt. Vor allem für temporäre Wohnstätten oder Einrichtungen bieten diese Einheiten eine optimale Lösung und werden voll ausgestattet mit geeigneter Dämmung und Haustechnik geliefert.²¹

Die nachfolgende Abbildung zeigt eine einfache grafische Darstellung im Rahmen der Erweiterung des Hotels Post in Bezau (Österreich) bei der das modulare Bauen viele Vorteile mit sich brachte.

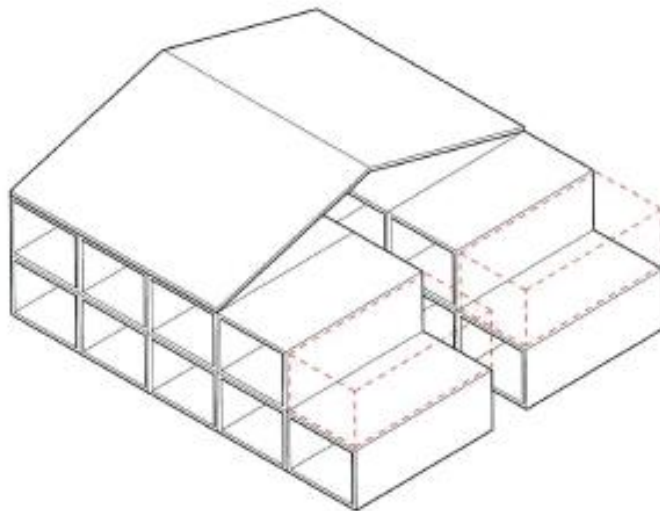


Abb. 3: Erweiterung Hotel Post, Bezau, Österreich

(Quelle: Knaack, Ulrich/ Chung-Klatte, Sharon et al.: Systembau. Prinzipien der Konstruktion. Basel: Birkhäuser. 2012. S.49)

²¹ Knaack, Ulrich/ Chung-Klatte, Sharon et al.: Systembau. Prinzipien der Konstruktion. Basel: Birkhäuser. 2012. S.49.

Aufgrund der kalten Jahreszeit und des alpinen Klimas war die Bauzeit relativ eingeschränkt und musste daher je nach Witterung angepasst werden. Durch den ganzjährigen Hotelbetrieb musste die Erweiterung auch auf ein Minimum beschränkt werden, um jeglichen Beeinträchtigungen des Betriebs zu verhindern bzw. so gering wie möglich zu halten. Aufgrund der Vorfertigung der Module in unmittelbarer Nähe der Baustelle konnten diese Anforderungen und Vorgaben durch die Errichtung und Erweiterung von Raummodulen optimal umgesetzt werden. Sowohl aus technischer, als auch aus qualitativer Sicht und unter Berücksichtigung der Ansprüche eines Luxushotels konnten diese Anforderungen zur Zufriedenheit aller mit dem Einsatz von Raummodulen durchgeführt werden.²²

Das Konzept des Raummodulbaus wird oftmals auch für temporäre Gebäude eingesetzt und ermöglicht somit eine flexible Standortauswahl. Grundsätzlich bestehen diese Bauten aus Stahlleichtbausystemen und werden in zwei Kategorien unterteilt. Man spricht hier entweder von Raumcontainersystemen, welche auf der Idee des ISO-Transportcontainers basieren oder von Raummodulsysteme.²³

Raumcontainersysteme werden hinsichtlich ihrer Konstruktion, Größe, Beschaffenheit und Gestaltung vom traditionellen Containerbau beeinflusst und können daher beliebig oft wiederverwendet werden.

Raummodulsysteme haben ähnliche Abmessungen und eine vergleichbare Konstruktion wie Raumcontainersysteme unterscheiden sich jedoch in dem Punkt, dass diese Systeme individuell gestaltet werden können. Sie werden daher auch meist für anspruchsvollere Nutzungen und längerfristig genutzt.

Die Abmessungen dieser Systeme werden in Fuß angegeben. Hierbei unterscheidet man anhand der internationalen Größen zwischen 16- und 30-

²² Knaack, Ulrich/ Chung-Klatte, Sharon et al.: Systembau. Prinzipien der Konstruktion. Basel: Birkhäuser. 2012. S.49.

²³ vergl. Ebd., S.65f.

Fuß-Container. Die gängigste Containergröße bildet der 20-Fuß-Container mit einer Dimension von 6,06m x 2,44m x 2,59m.²⁴

Die unten angeführten Abbildungen zeigen die Möglichkeiten der Aneinanderreihung von Container, wobei hierbei beliebig große Räume gebildet werden können.

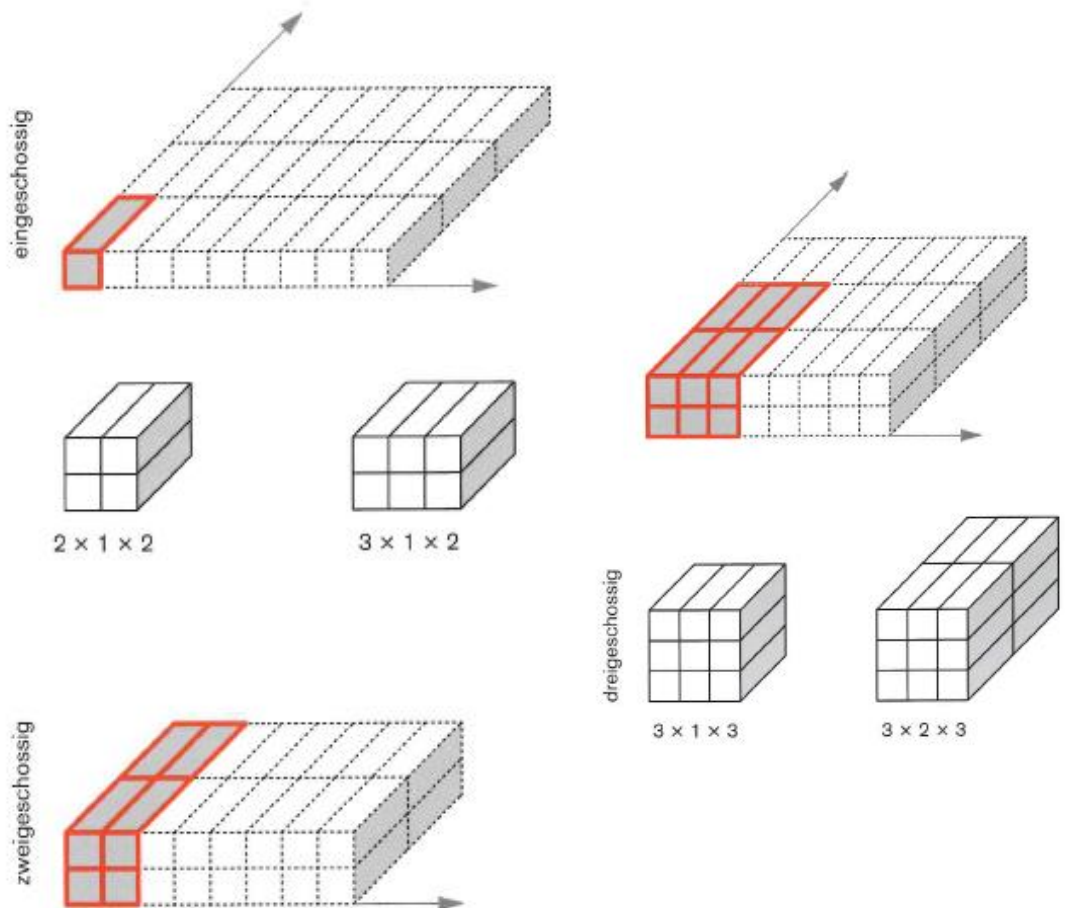


Abb. 4: Variationsmöglichkeiten bei Containermodulen und Geschossigkeit

(Quelle: Knaack, Ulrich/ Chung-Klatte, Sharon et al.: Systembau. Prinzipien der Konstruktion. Basel: Birkhäuser. 2012. S.67)

²⁴ Knaack, Ulrich/ Chung-Klatte, Sharon et al.: Systembau. Prinzipien der Konstruktion. Basel: Birkhäuser. 2012. S.67.

2.2.4. Vorfertigung und Bauen vor Ort

Unter Vorfertigung und Bauen vor Ort versteht man die Errichtung der Konstruktion eines Gebäudes am Standort des Gebäudes selbst, wobei die meisten Teile bereits vorgefertigt auf die Baustelle geliefert werden und dort lediglich zusammengebaut bzw. gegossen werden. Holzbalken werden daher z.B. bereits in ihrer richtigen Länge geliefert und vor Ort miteinander verbunden, Beton wird vor Ort eingeschalt und gegossen und Stahlelemente werden dementsprechend zusammengefügt und kraftschlüssig verschweißt. Im Gegensatz zur reinen Vorfertigung von Gebäuden kann diese Methode als ineffizienter angesehen werden, wobei in einigen Ländern wie z.B. den USA und Niederlanden die Arbeitsabläufe bereits soweit fortgeschritten und abgestimmt sind, dass die Abwicklung dieser Baumethode der Vorfertigung sehr nahekommt. Ein Vorteil dieser Bauweise liegt vor allem darin, dass für die Zusammensetzung der einzelnen Bauteile auch weniger geschultes Personal eingesetzt werden kann, da die Teile und Verbindungen lediglich zusammengefügt werden. In den USA werden von Simpson Strong-Tie, einer der führenden Anbieter von Verbindern für tragenden Holzkonstruktionen, genau solche Elemente hergestellt bei deren Verwendung nichts mehr ausgemessen werden muss. Das Fachwissen und die Expertise von Zimmerleuten wird hiermit überflüssig gemacht. Vor allem unnötige Fehlerquellen und das Risiko von menschlichem Versagen kann hier weitgehend minimiert werden. *„Vorgefertigte Balkenschuhe, Sparrenpfettenanker und andere Holzverbinder verbinden Elemente, verstärken Winkel, überdecken Toleranzen und eliminieren zuvor erforderliche Holzarbeiten wie Kerben und Nut-und-Feder-Verbindungen, die nur von ausgebildeten Zimmermannsleuten ausgeführt werden konnten.“²⁵*

Durch diese Bauweise soll, wie auch bei anderen Systembauten oder Arten der Vorfertigung, primär die Bauzeit verringert und somit eine kosteneffizientere Alternative zum konventionellen Bau ermöglicht werden.

²⁵ Knaack, Ulrich/ Chung-Klatte, Sharon et al.: Systembau. Prinzipien der Konstruktion. Basel: Birkhäuser. 2012. S.44f.

Um hier auch geographische Unterschiede der einzelnen Länder hervorzuheben und zu erörtern, kann überschlagsmäßig festgestellt werden, dass viele Wohnhäuser in Nordamerika in Leichtskelettbauweise vor Ort errichtet werden. Im Gegensatz dazu werden in den Niederlanden die Wohnhäuser hauptsächlich aus vorgefertigten Konstruktionen erbaut. Auch in Österreich zeichnet sich eine ähnliche Vorgehensweise wie in den Niederlanden ab. Die Gemeinsamkeiten bestehen vor allem darin, dass in beiden Ländern das systematische Bauen im Vordergrund steht. Es werden hier auch oft beide Methoden effizient miteinander kombiniert. Unterscheiden lassen sich diese Methoden anhand der eingesetzten Materialien. Während in den USA vorwiegend mit Holz gebaut wird, werden die meisten Wohnhäuser in den Niederlanden mit Beton hergestellt. Auch in Österreich überwiegt der Anteil des Betonbaus.²⁶

Die Methodik zur Errichtung der Wohnhäuser unterscheidet sich anhand dessen, dass in den USA hauptsächlich die sogenannte Stick-Built-Methode zur Anwendung kommt. Hierbei werden bereits fertig zugeschnittene Einzelteile auf die Baustelle geliefert und dort anschließend zusammengesetzt und verbaut. Die Tragkonstruktion, der Innenausbau und die unterschiedlichen Verkleidungen werden dann vor Ort hergestellt. Diese Tatsache zeigt auch den Unterschied zu Vorfertigung im Werk, wo komplett fertige Elemente, wie Wände, Decken, etc, auf die Baustelle geliefert werden.

In den Niederlanden wiederum wurde in den letzten Jahren der vorgefertigte Betonbau weitgehend technisch perfektioniert und standardisiert und kann demnach auch als vorherrschende Baumethode angesehen werden. Die Basis dieser Konstruktion bilden entweder Betonplatten oder große Betonblöcke.²⁷

²⁶ Knaack, Ulrich/ Chung-Klatte, Sharon et al.: Systembau. Prinzipien der Konstruktion. Basel: Birkhäuser. 2012. S.44f.

²⁷ Vorfertigung im internationalen Vergleich. In URL: <https://www.proholz.at/zuschnitt/06/vorfertigung-im-internationalen-vergleich> (letzter Zugriff: 20.08.2022)

Trotz alledem muss berücksichtigt werden, dass aufgrund der unterschiedlichen Baustandards in den USA und den Niederlanden andere Parameter vorherrschen und das Bauen hinsichtlich des Brandschutzes, der Energiestandards und der Statik im Gegensatz zu Deutschland oder Österreich wesentlich einfacher und günstiger machen.

3. Fertignasszellen und Fertigschächte

Die Implementierung von Fertignasszellen und Fertigschächte im Rahmen der Modulbauweise gewinnt, unter Berücksichtigung von sinkenden Ausführungsqualitäten und der Tatsache des vorliegenden Facharbeitermangels, immer mehr an Bedeutung und ist daher eine essenzielle Option bei der Herstellung von Wohnbauten.

In diesem Kapitel werden die Konstruktionen, Systeme und Ausführungsvarianten von Fertignasszellen und Fertigschächte behandelt. Weiteres werden die Planungsanforderungen sowie die Umsetzung, Lieferung und Montage näher beleuchtet. Um die wirtschaftliche Komponente abzubilden, wird auch versucht auf die Kostenkomponente von Fertignasszellen und Fertigschächte näher einzugehen. Im Sinne der Kreislaufwirtschaft befasst sich dieses Kapitel abschließend mit der Demontage und dem Recycling dieser Systeme.

3.1. Fertignasszellen

Unter Fertignasszellen versteht man im Allgemeinen industriell vorgefertigte, selbsttragende Sanitärraumeinheiten, welche aus Wänden, einer Decke und einem Fußboden bestehen. Die Einheiten werden bereits mit fertigen Böden- und Wandbelägen, sowie mit der kompletten sanitären Ausstattung, dem horizontalen Anschlussleitungen bis hin zum jeweiligen Schachtbereich geliefert und vor Ort montiert bzw. versetzt.²⁸

Einer der wichtigsten Merkmale dieser Raumzellen ist die zeit-, kosten und raumsparende Planung sowie dem, im Gegensatz zur konventionellen Errichtung, einfachen und schnellen Einbau. Fertignasszellen bieten sich vor allem für die Sanierung und Modernisierung von Bestandsbauten wie Hotels,

²⁸ Wieso ein Fertigbad von Sanika? In URL: <https://www.sanika.it/de> (letzter Zugriff: 27.08.2022)

Pensionen, Wohnungen, Industriebauten usw. an, werden aber auch immer häufiger für Neubauten eingesetzt.

Auch im Rahmen der Modulbauweise im Wohnbau finden sich diese Systeme immer wieder, da auch hier das Thema Vorfertigung eine wesentliche Rolle spielt.²⁹

3.1.1. Konstruktionen und Systeme

Die Herstellung und die Konstruktion von Fertignasszellen unterscheidet sich zwischen den verschiedenen Herstellern nur gering und kann daher im Allgemeinen als ähnlich angesehen werden. Für die Erarbeitung der wissenschaftlichen Erkenntnisse werden im Rahmen dieser Arbeit vor allem die Produkte der Hersteller Grumbach (Deutschland), der Firma KVS Sansystem (Österreich), Sanika (Italien) und Geberit Huter (Österreich) näher beleuchtet.

Fertignasszellen des Herstellers Grumbach

Die Konstruktion von Fertignasszellen des Herstellers Grumbach besteht im Allgemeinen aus einem Korpus mit selbsttragenden Elementen in Leichtbauweise. Dies führt zu einem geringen Gewicht und erleichtert somit den Einbau. Die Wände, Decken sowie die Eingangstüre bestehen aus einem hochwertigem Vollkunststoff aus Polystyrol (PS). Der Bodenbelag wird aus Polyvinylchlorid (PVC) gefertigt. Die Eingangstür wird wasserfest aus PS mit Belüftungsgitter, Türschloss mit Besetztanzeige und zwei Kleiderhaken hergestellt. Die Bodenplatte der Fertignasszelle besteht aus einer Sandwichkonstruktion mit beidseitiger, starker Deckschicht und extrudierten Polystyrol (XPS) – Hartschaumkern. Der Bodenteil selbst wird mit einem ca. 1,5cm hohen Rand versehen und bildet somit eine Art Wanne. Zur einfachen Ausrichtung wird dieser mit Stellfüßen ausgestattet, um eine Anpassung der Höhe zu gewährleisten. Die Bewässerungsleitungen werden bis zum

²⁹ Fertignasszellen Programm 2022. Wetzlar: Karl Grumbach GmbH & Co. KG. 2022. S. 70.

Montageschacht vorgerichtet und sind in Kunststoff ausgeführt. Auch die Entwässerungsleitungen aus Hochtemperatur – Rohren werden bereits im Vorhinein bis zum Montageschacht geführt. Die Beleuchtung erfolgt üblicherweise durch Deckenstrahler. Für die Entlüftung wird ein Anschluss mit einer Dimension von 100mm vorgerichtet. Im Lieferumfang des Herstellers Grumbach finden sich auch noch zwei flexible Anschlussschläuche mit einer Länge von 100cm für Kalt- und Warmwasseranschluss, sowie zwei Blenden aus Vollkunststoff für die Wandverkleidungen wieder.³⁰

Die nachfolgende Abbildung zeigt das Fertigbad Universal der Fa. Grumbach mit Viertelkreisduche, wandhängendem WC und Porzellanwaschtisch anhand dessen kurz auf die Ausstattung und Inneneinrichtung eingegangen wird.

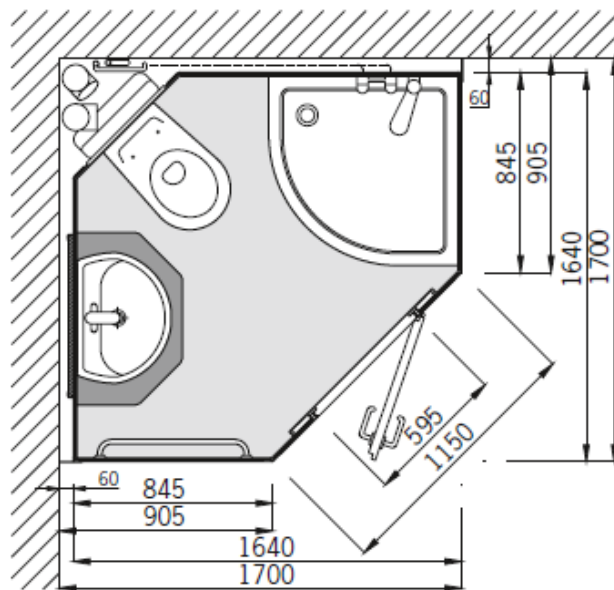


Abb. 5: Fertigbad Universal, Fa. Grumbach

(Quelle: Fertigbäder Programm 2022. Wetzlar: Karl Grumbach GmbH & Co. KG. 2022. S. 72.)

³⁰ Fertigbäder Programm 2022. Wetzlar: Karl Grumbach GmbH & Co. KG. 2022. S. 71.

Der WC-Bereich wird mit einem wandhängendem Keramik-WC, einem Toilettensitz mit Deckel, einem Unterputz-Spülkasten mit Betätigungsplatte und einem Toilettenpapierhalter ausgestattet.

Im Bereich des Waschtisches erfolgt die Ausführung mittels Porzellanwaschtisch (55cm x 43cm), einem Flaschensiphon, Eckventilen und Abläufen in Chrom, einer Ablage aus Vollkunststoff, einem Kristallspiegel mit einer Dimension von 120cm x 80cm, einer Feuchtraumelektrosteckdose, 2 Handtuchhaken und einer Handtuchstange, einem Waschtisch-Unterschrank und optional auch einen elektrischen Handtuchheizkörper.

Der Duschbereich wiederum besteht beim vorhin gezeigten Modell Universal aus einer Viertelkreisduschwanne 80cm x 80cm aus Acryl mit einer Einstiegshöhe von ca. 20cm, aus einer Brausegarnitur mit Seifenschale und hochwertigen Eloxal-Echtglas Schiebetüren.

Die Grundfläche bei dieser Ausführungsvariante beträgt lediglich 3m².

Fertignasszellen der Firma KVS Sansystem GmbH

Im Gegensatz zur Konstruktion des Herstellers Grumbach bietet die Firma KVS Sansystem drei unterschiedliche Ausführungsvarianten für die Herstellung von Fertignasszellen an, die jenen des Herstellers Grumbach vielfach nahekommen, jedoch nachfolgend im Detail erläutert werden.

Hierbei wird zum einen vom sogenannten MFC-Fertigbad gesprochen, also von „Metal-Framwork-Constructions“ – in Deutsch „Metall-Ständer-Konstruktionen“ und zum anderen vom glasfaserverstärktem Kunststoff (GKF)-Fertigbad, die vor allem bei sehr sensiblen Bereichen mit hohen Hygieneansprüchen zum Einsatz kommen. Zusätzlich gibt es die Ausführung der Fertignasszellen auch als Leichtbeton-Fertigbad, auf die anschließend noch näher eingegangen wird.³¹

Der Bodenteil des MFC-Fertigbad wird mittels stahlbewehrtem Leichtbeton hergestellt, welcher bereits verfließt ist, einem Wandaufbau aus

³¹ Flexible Fertigbad-Lösungen für Ihre Bedürfnisse. Kirchberg/Wagram: KVS Sansystem GmbH. 2017.

Omegaprofilen, welcher mit Knauf-Vidiwall-Platten und mit Wandfliesen belegt ist und einer Deckenkonstruktion mit beidseitig weiß beschichteten 3-Schichtplatten (V100). Die Abdichtung der umlaufenden Bodenfugen, sowie der Eckfugen erfolgt mittels Dichtungsband. Die Hydroisolation der Wände wird durch eine zusätzliche Abdichtung gewährleistet. Die Wandisolation erfolgt mittels Steinwollplatten.

Auch hier wird die ganze Zelle komplett ausgestattet und verrohrt geliefert und kann auf der Baustelle mit dem Kran versetzt werden.

Die Ausführung des Bodenteils des MFC-Fertigbad kann auch mittels GFK hergestellt werden und bietet dadurch den Vorteil, dass die einzelnen Elemente zerlegt und separat in das Gebäude gebracht werden können. Dies erfolgt bei jenen Baustellen, wo die Einbringung der ganzen Zelle nicht möglich ist. Die Montage erfolgt dann vor Ort.³²

Die unten angeführte Abbildung zeigt eine einfache Darstellung eines MFC-Fertigbad.

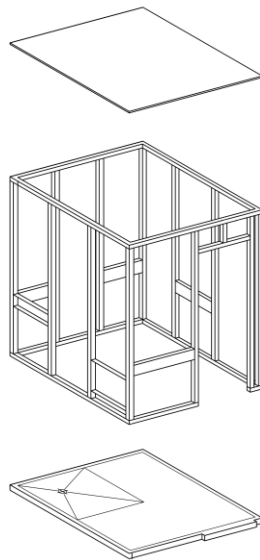


Abb. 6: MFC-Fertigbad der Firma KVS Sanystem GmbH

(Quelle: MFC-Leichtbau-Fertigbad elementiert. Kirchberg/Wagram: KVS Sansystem GmbH. 2017)

³² Flexible Fertigbad-Lösungen für Ihre Bedürfnisse. Kirchberg/Wagram: KVS Sansystem GmbH. 2017.

Die Einsatzbereiche von MFC-Bädern finden sich vor allem in Hotels, sowie Studenten- und Seniorenwohnheimen wieder.

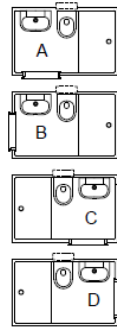
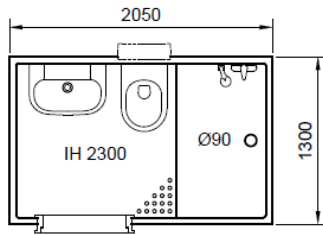
Als weitere Ausführungsvariante kann das sogenannte GFK-Fertigbad, welches aus glasfaserverstärktem Kunststoff mit Gelcoatoberfläche besteht, angesehen werden. Die Gelcoatoberfläche besteht aus einem Hartlack, der das Bauteil zum einen versiegelt und zum anderen gegen UV-Strahlung und Druckschäden schützt. Aufgrund dieser Tatsache ist diese Variante einerseits durch die fugenlose Ausführung und andererseits aufgrund der beständigen Oberfläche der Bauteile besonders für sensible Bereiche mit hohen Hygienestandards, wie Pflegeheime, Spitäler oder auch aufgrund der hohen Langlebigkeit und Widerstandsfähigkeit für Studenten- und Schülerwohnheime geeignet.³³

Der Bodenteil und die Wandelemente werden beim GFK-Fertigbad aus einem Stück gefertigt und ermöglichen somit eine fugenlose Ausführung. Optional besteht die Möglichkeit diverse Ablageelemente – je nach Kundenwunsch – in die Konstruktion zu integrieren. Einen weiteren Vorteil bietet die Vielzahl an möglichen Grundrissen, sowie das geringe Gewicht dieser Bauart.

Die nachfolgende Abbildung zeigt, neben vielen anderen Varianten, zwei unterschiedliche Ausführungen von GFK- Fertigbäder.

³³ Flexible Fertigbad-Lösungen für Ihre Bedürfnisse. Kirchberg/Wagram: KVS Sansystem GmbH. 2017.

Modell SV03



Modell SV04

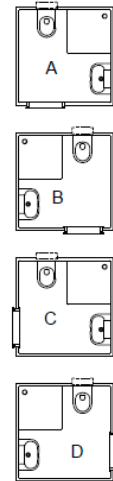
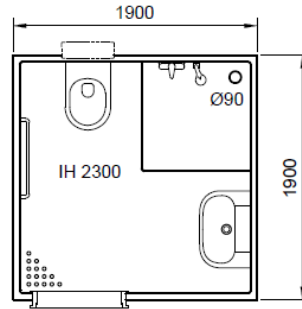


Abb. 7: Ausführungsvarianten GFK-Fertigbad der Firma KVS Sanystem GmbH
(Quelle: Typenübersicht mit Varianten. Kirchberg/Wagram: KVS Sansystem GmbH. 2017)

Zusätzlich zur Ausführungsvariante mittels MFC oder GFK gibt es auch die Möglichkeit der Ausführung in Leichtbetonweise. Die Herstellung dieser Zellen erfolgt mit einer individuell angepassten Stahlschalung mit Hilfe derer die Wand-, Decken- und Bodenelemente betoniert und anschließend zusammengefügt werden.

Der Bodenteil wird bei dieser Variante aus verdichtetem, bewehrtem Schwebeton mit einer Mindestdicke von 50mm hergestellt. Bei Ausführungen mit integriertem Gefälle beträgt die Dicke mindestens 70mm und mit Fußbodenheizung mindestens 90mm. Die Dicke der Wände beträgt je nach Erfordernis zwischen 50mm und 90mm. Im Schachtbereich bzw. bei erhöhten brandschutztechnischen Anforderungen, z.B. EI90, sogar bis zu 100mm. Die Deckenkonstruktion wiederum wird aus bewehrtem Leicht- oder Normalbeton mit einer Stärke von ca. 60mm hergestellt. Die Belastung durch etwaige HKLS-Installationen ist zulässig. Schwere und konzentrierte Punktlasten sollten in diesem Bereich jedoch vermieden werden. Etwaige Nachrüstungen von Haltegriffen, Stützgriffen, Gehhilfen, Klappsitzen oder dergleichen kann mit dieser Ausführungsvariante problemlos durchgeführt werden.³⁴

³⁴ Leichtbeton-Fertigbad. In URL: <https://www.kvs.co.at/beton> (letzter Zugriff: 17.09.2022)

Die nachfolgenden Abbildungen (Abb. 8 und Abb. 9) zeigen zum einen eine vereinfachte dreidimensionale Darstellung einer Fertignasszelle in Leichtbetonweise und zum anderen einen Schnitt, zur Veranschaulichung der technischen Ausführungsdetails.

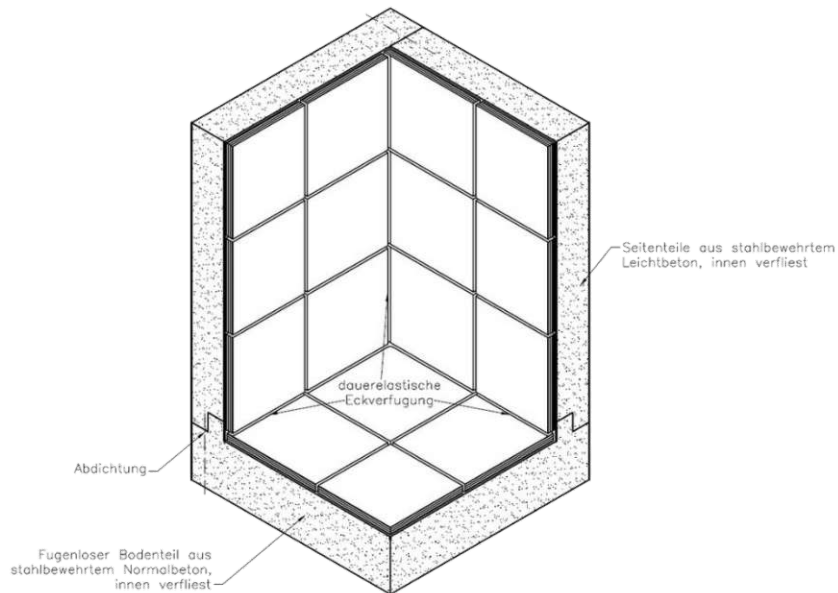


Abb. 8: Darstellung einer Fertignasszelle in Leichtbetonweise

(Quelle: Leichtbeton-Fertigbad. In URL: <https://www.kvs.co.at/beton> (letzter Zugriff: 17.09.2022))

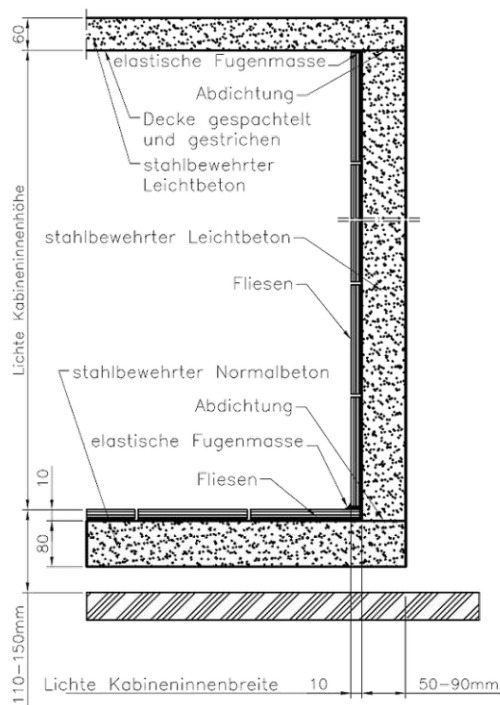


Abb. 9: Schnitt einer Fertignasszelle in Leichtbetonweise

(Quelle: Leichtbeton-Fertigbad. In URL: <https://www.kvs.co.at/beton> (letzter Zugriff: 17.09.2022))

Die Vorteile dieser Ausführungsvariante bestehen vor allem darin, dass hier eine absolute Sicherheit gegen Feuchtigkeitsschäden gewährleistet wird. Zudem weist diese Konstruktion gute Brand- und Schallschutzeigenschaften auf und ist sowohl in der Größe, als auch in der Form und Ausstattung variabel gestaltbar. Im Hinblick auf die Ausführung und Herstellung wird die Anzahl von bis zu 8-10 Gewerken bei einer konventionellen Errichtung auf lediglich ein Gewerk reduziert. Zusätzlich kann auch die Kostenkomponente, nach vorheriger Festlegung der genauen Ausführungs- und Lieferdetails, als fixe Größe in die Kalkulation aufgenommen werden.³⁵

Fertignasszellen des Herstellers Sanika

Wie bereits bei dem Hersteller Grumbach und der Firma KVS Sansystem GmbH bietet auch der Hersteller Sanika drei verschiedene Lösungen für die Herstellung von Fertignasszellen an. Hier wiederum wird vor allem zwischen den Produkten *Saniclass*, *Saniflex* und *Sanielement* unterschieden, wobei sich Saniclass vor allem auf die Herstellung von Fertignasszellen für Neubauten, Saniflex auf die Herstellung von Fertignasszellen in Kunststoff, also GFK, und Sanielement auf die Herstellung von Nasszellen in der Sanierung spezialisiert.

Aufgrund der Tatsache, dass alle drei Modelle den Konstruktionen und Aufbauten der Firma KVS Sansystem GmbH nahe kommen, wird auf die Bauweise der entsprechenden Modelle nur kurz eingegangen.

Die Modellvariante *Saniclass* für Neubauten besteht grundsätzlich aus einer Leichtbauweise, bei derer die selbsttragende Elemente in Trockenbauweise errichtet werden. Die Leitungsführung der Nasszelle kann so einfach zwischen den Metallständerprofilen geführt werden und bietet somit einerseits einen erhöhten Schutz und andererseits wird dadurch Platz eingespart. Die haustechnischen Komponenten werden an der Außenseite der Nasszelle montiert, wodurch die Schnittstellen zunehmend vereinfacht werden. Die

³⁵ Leichtbeton-Fertigbad. In URL: <https://www.kvs.co.at/beton> (letzter Zugriff: 17.09.2022)

Leichtbauweise dieser Modellvariante bietet auch einen statischen Vorteil, sowie flexible Einbringungsmöglichkeiten in das Gebäude.³⁶

Die Modellvariante *Saniflex* besteht ebenso aus einer Leichtbaukonstruktion, wobei die selbsttragenden Elemente aus Sandwichpaneelen in GFK errichtet werden. Die Herstellung dieser Variante erfolgt schichtweise und ermöglicht einen Verbund aus verschiedenen Werkstoffen. Die Stärke der Elemente beträgt bis zu 30mm. Die Vorteile die sich daraus ableiten lassen, sind vor allem von schallschutztechnischer und statischer Bedeutung. Zum einen werden gute schallschutztechnische Werte erreicht und zum anderen wird das Eigengewicht der Nasszelle auf ein Minimum reduziert. Der Anwendungsbereich dieser Modellvariante findet sich vor allem bei Bereichen mit hohen hygienischen Ansprüchen, Studenten- und Schülerwohnheimen, sowie Senioren- und Krankenpflegeeinrichtungen wieder.

Der Hersteller Sanika bietet für diese Ausführungsvariante zahlreiche unterschiedliche Modelle an, die für die verschiedenen Bedürfnisse und Platzansprüche verwendet werden können. Die unten angeführte Abbildung zeigt das Modell Arco und soll einen Überblick über die Aufteilung und die Größe dieser Modellvariante geben.

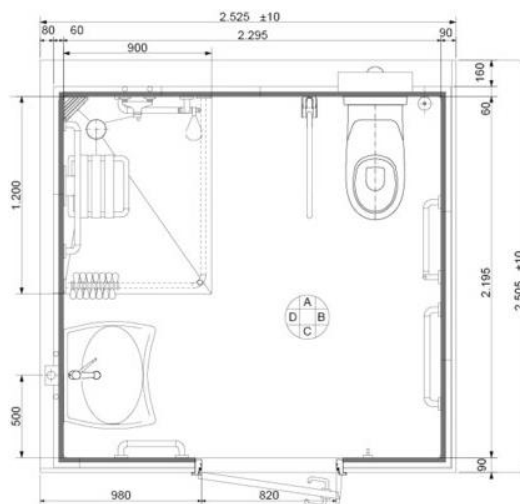


Abb. 10: Modellvariante Saniflex – Typ ARCO

(Quelle: Saniclass. In URL <https://www.sanika.it/de/produkte/saniflex> (letzter Zugriff: 18.09.2022)

³⁶ Saniclass. Das individuelle Fertigbad für höchste Ansprüche in Design und Ausführung. In URL: <https://www.sanika.it/de/produkte/saniclass> (letzter Zugriff: 18.09.2022)

Zur besseren Darstellung zeigt die nachfolgende Abbildung die verschiedenen Ansichten des Typs ARCO der Modellvariante *Saniflex*.

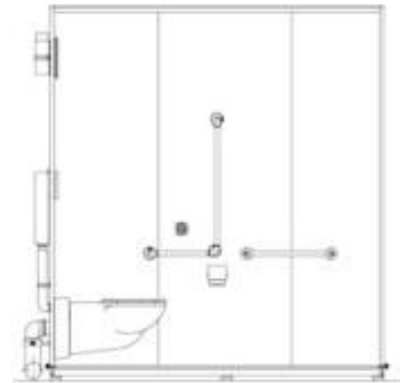
Ansicht
View
Vista

A



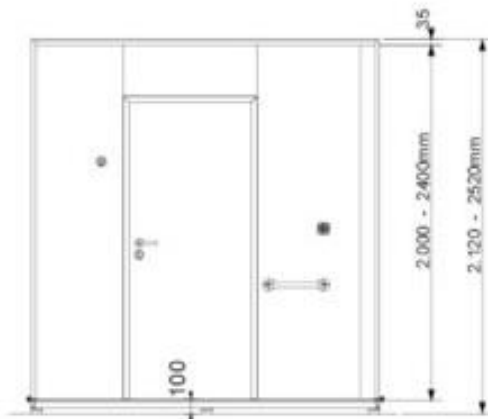
Ansicht
View
Vista

B



Ansicht
View
Vista

C



Ansicht
View
Vista

D

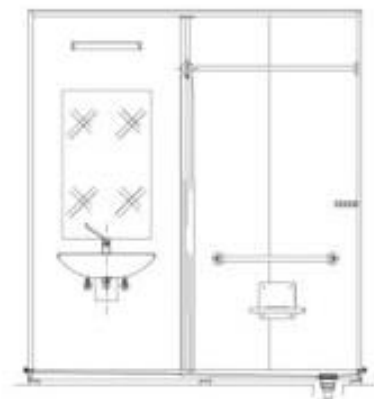


Abb. 11: Ansichten Modellvariante Saniflex – Typ ARCO

(Quelle: Sanicalss. In URL <https://www.sanika.it/de/produkte/saniflex> (letzter Zugriff: 18.09.2022))

Für die Sanierung und für den nachträglichen Einbau von Fertignasszellen bietet Sanika die Modellvariante *Sanielement* an. Diese Nasszelle besteht aus vormontierten Elemente, die auf die Baustelle geliefert und anschließend montiert werden. Die Boden- und Deckenkonstruktion besteht hier aus einem sehr flachen Wabenprofil aus Aluminium. Der Wandaufbau hingegen besteht aus einer Konstruktion aus Aluminiumprofilen, welche *mit einem innovativen Stecksystem verbunden und mit Sandwichpaneelen aus verzinktem Stahlblech ausgefacht werden*.³⁷

Als wesentliche Vorteile können auch hier eine verkürzte Bauzeit aufgrund der Vorfertigung der einzelnen Elemente, eine Reduzierung von Staub- und Lärmbelastung während der Bauzeit und der Tatsache, dass die gesamte Nasszelle aus einer Hand „Just-in-time“ auf die Baustelle geliefert wird, angesehen werden.

Fertignasszellen des Herstellers Geberit Huter

Auch die Fertigbäder der Firma Geberit Huter werden in Leichtbauweise errichtet. Je nach den spezifischen Anforderungen des Auftraggebers werden diese geplant, gefertigt, geliefert, montiert bzw. versetzt.

Für eine optimale Ausnutzung der Platzbedürfnisse können die Schachtinstallationen, d.h. von der Unter- bis Oberkante des Fertigbades, an die Zelle werkseitig vorgerrichtet werden. Auf der Baustelle selbst erfolgt dann die Herstellung der geschossweisen Verbindungen. Diese werden durch das Montagepersonal der Firma Geberit Huter durchgeführt und ist bereits im Lieferumfang der Fertignasszelle enthalten. Hinsichtlich brandschutztechnischer Maßnahmen werden auch alle Komponenten zur fachgerechten Brandabschottung durch die Firma Geberit Huter zur Verfügung gestellt, geliefert und montiert.³⁸

³⁷Sanielement. Das schnelle System in Elementen für Sanierungen im Bestand. In URL: <https://www.sanika.it/de/produkte/sanielement> (letzter Zugriff: 18.09.2022)

³⁸ Leitfaden Sanitäre Vorfertigung. Pottenbrunn: Geberit Huter Vertriebs GmbH & Co KG. 2020. S.36.

Die Konstruktion der Geberit Huter Feritgnasszellen unterscheiden sich geringfügig von den anderen Herstellern.

Der Bodenteil bzw. die Fußbodenkonstruktion wird aus verwindungsfreien Formrohren zu einer Konstruktion zusammengeschweißt, die anschließend lackiert wird. Auf diese Konstruktion werden im weiteren Schritt Trägerplatten montiert, die wiederum mit einer Flüssigfolienisolierung gegen Feuchtigkeit geschützt werden. Als Enbelag werden Fliesen im Dünnbett verlegt. Aus schallschutztechnischen Gründen wird die komplette Formrohrkonstruktion auf 4 bis 6 Auflagepunkten (12 x 12cm) aus Gummi gestellt.

Die Wandkonstruktion wird in Leichtbauweise aus vernieteten und verschraubten Metallständerwänden mit C- und U-Profilen mit einem Achsabstand von max. 40cm hergestellt. Zur einfachen Durchführung der Installations- und Elektroleitungen werden die Profile bereits im Werk vorgelocht. Ausgefüllt wird die Metallständerkonstruktion mit 50mm dicken Mineralfaserplatten.

Die Innenverkleidung erfolgt mittels 10mm starken Gipsfaserplatten. Zur Hydroisolierung werden die Wände im Wand- und Bodenbereich der Dusche bzw. der Bäder mit einer Flüssigfolienisolierung versehen. Zusätzlich zu diesen Bereichen erfolgt diese Maßnahme auch umlaufend des gesamten Bodens mit einem ca. 15cm hohen Hochzug. In den Ichnen und Wandecken wird ein hochelastisches Abdichtungsband eingelegt, sowie erfolgt die Rohdurchführung bei den Duscharmaturen mittels Dichtmanschetten.

Für die Kalt- und Warmwasserleitungen sieht der Hersteller Geberit Huter Verbundrohre mit einer Kautschukisolierung und einer Stärke von 9mm vor, die von der Wasserentnahmestelle bis zum Installationsschacht reichen.

Die Abflussleitungen werden mittels PE-Rohre zum Installationsschacht geführt. Diese werden schallentkoppelt ausgeführt und montiert.³⁹

³⁹ Leitfaden Sanitäre Vorfertigung. Pottenbrunn: Geberit Huter Vertriebs GmbH & Co KG. 2020. S.38.

Die nachfolgende Abbildung zeigt eine vereinfachte grafische Darstellung der Konstruktionsmerkmale einer Fertignasszelle des Herstellers Gerberit Huter.

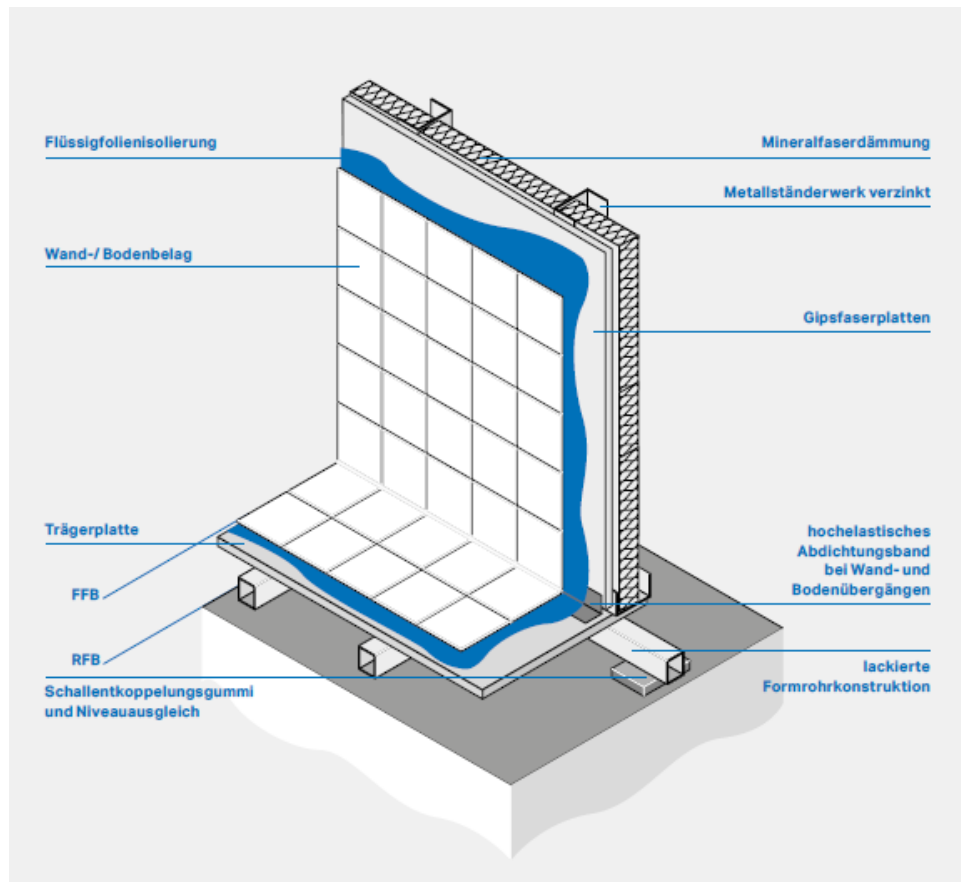


Abb. 12: Konstruktionsmerkmale Fertignasszelle – Geberit Huter

(Quelle: Leitfaden Sanitäre Vorfertigung. Pottenbrunn: Geberit Huter Vertriebs GmbH & Co KG. 2020. S.38.)

3.1.2. Planungsanforderungen, Lieferung und Montage

Ein wesentlicher Vorteil von Fertignasszellen ist zum einen der hohe Vorfertigungsgrad und andererseits auch die Lieferung „Just-in-time“ auf die Baustelle. Dies bedarf jedoch einer genauen Planung, sowie der logistischen Umsetzung von Lieferung und Montage auf der Baustelle selbst. Weiteres ergibt sich bei der Wahl von Fertignasszellen auch ein gewisser Nutzen für den Bauherrn und dem Planer. Da bei der Errichtung dieser Einheiten ca. 10 verschiedene Gewerke auf ein Einzelnes reduziert werden, bringt dies bei der

Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung eine wesentliche Vereinfachung mit sich. Zudem kann durch niedrige Montagezeiten und dem Vorfertigungsgrad eine wesentliche Kostenreduktion erzielt werden. Die Planung erfolgt zudem nach projektspezifischen Punkten und kann an die jeweiligen Bedürfnisse des Bauherrn angepasst werden. Die verschiedenen Hersteller bieten zudem eigene Planungs- und Beratungsleistungen an, um die Zellen und Einheiten optimal auf die Bedürfnisse des Kunden anzupassen.

Wesentliche Punkte die vor Planungsbeginn für die nachfolgende Herstellung essenziell sind, sind die umsetzbaren Zellenmaße, der Mindest-Fußbodenaufbau, relevante Information zur Einbringung der Zelle in das Gebäude (z.B. Größe der Einbringungsöffnungen, Verfahrenswege im Gebäude, etc.), die Anordnung der Schächte sowie die Position der Installationsstränge. Die Fertignasszellen werden anschließend unter Einhaltung der technischen Normen hergestellt.⁴⁰

Die darauffolgende Lieferung und Einbringung erfolgt mit Absprache der Baufirma vor Ort und wird nach Fertigstellung des Rohbaus mit einem Spezialkran seitlich in das Gebäude gehoben. Aufgrund des geringen Eigengewichts von ca. 330kg/m² lassen sich die Fertignasszellen innerhalb der Stockwerke verschieben und können somit richtig positioniert werden. Nach Positionierung erfolgt die Stockwerksverbindung und das Anschließen der Installationen (*von der Unterkante des untersten Fertigbades bis zur Oberkante des obersten Fertigbades*). Beim Hersteller Geberit Huter wird dies z.B. vom Eigenpersonal durchgeführt. Die Entlüftung über Dach erfolgt durch einen Installateur. Zum Schutz vor Beschädigungen werden alle Fertigbäder zusätzlich mit einem Türprovisorium ausgestattet. Nach Fertigstellung der Anschlüsse werden die Steigstränge geschossweise gemäß den Anforderungen der Feuerwiderstandsklasse nach den gültigen Normen und Richtlinien abgeschottet. Alternativ können die Durchbrüche auch mit einer

⁴⁰ Leitfaden Sanitäre Vorfertigung. Pottenbrunn: Geberit Huter Vertriebs GmbH & Co KG. 2020. S.40.

sogenannten „verlorenen Schalung“ durch die Baufirma bauseits ausbetoniert werden.⁴¹

Für die Herstellung von Fertignasszellen können nachfolgende Normen und Richtlinien herangezogen werden:

- ÖNORM H 5411 – Einrichtungsgegenstände in Sanitärräumen
- ÖNORM B 5411 - Montagehöhe von wandhängenden sanitären Einrichtungsgegenständen – Planungshinweise
- ÖNORM H 5412 – Auswahl und Anordnung von Armaturen in Kombination mit sanitären Einrichtungsgegenständen
- ÖNORM B 3415 – Gipsplatten und Gipsplattensysteme – Regeln für die Planung und Verarbeitung
- ÖNORM B 1600 – Barrierefreies Bauen – Planungsgrundlagen
- ÖNORM B 1601 – Barrierefreie Gesundheitseinrichtungen, assistive Wohn- und Arbeitsstätten – Planungsgrundlagen
- ÖNORM B 1602 – Barrierefreie Bildungseinrichtungen – Planungsgrundlagen
- ÖNORM B 1603 – Barrierefreie Tourismus- und Freizeiteinrichtungen – Planungsgrundlagen
- TRVB 110 B – Brandschutztechnische Anforderungen bei Leitungen und Durchführungen
- ÖNORM B 8115-2 – Schallschutz und Raumakustik im Hochbau

3.1.3. Kosten

Neben der Optimierung der Bauzeit sollten Fertignasszellen im Gegensatz zur konventionellen Herstellung von Bädern auch einen wirtschaftlichen Vorteil mit sich bringen. Aktuell kommt dieses Szenario in der Praxis jedoch eher weniger zum Vorschein. Grundsätzlich muss daher zunächst festgestellt werden, ab wann ein wirtschaftlicher Einsatz von Fertignasszellen für ein spezifisches

⁴¹ Leitfaden Sanitäre Vorfertigung. Pottenbrunn: Geberit Huter Vertriebs GmbH & Co KG. 2020. S.42f.

Projekt überhaupt sinnvoll ist. Die Kosten sollten durch den Einsatz von Fertignasszellen grundsätzlich verringert bzw. optimiert werden. In der Praxis ist diese Optimierung jedoch auch meist abhängig von den spezifischen Projektgrundlagen. Der Hersteller Geberit Huter gibt z.B. eine wirtschaftliche Fertigung ab einer Stückzahl von 20 Stück je Fertigungstyp an. Im Umkehrschluss kann dadurch abgeleitet werden, dass für kleinere Projekte unter 20 Einheiten bzw. Stück pro Bauvorhaben eine wirtschaftliche Fertigung eventuell kontraproduktiv sein könnte bzw. mit der konventionellen Herstellung gleichgesetzt werden kann. Eine preisliche Grundlage wird beim Hersteller Geberit Huter anschließend unter Vorlage der genauen Planungsunterlagen auftragsbezogen bekannt gegeben.

Beim Hersteller Grumbach wiederum variieren die Preise zwischen € 4.295,00 netto für die Modellvariante WC-Kabine mit WC und € 11.995,00 netto für die Modellvariante Fertigbad Individual Typ I mit Eckdusche, einem WC und einem integrierten Waschbecken. Bei der Fertigbadserie INDIVIDUAL ist bereits die Lieferung (z.B. innerhalb Deutschlands), sowie die Montage inbegriffen. Sämtliche Elektroanschlüsse sind jedoch bauseits herzustellen. Die in Kap. 3.1.1. dargestellte Modellvariante UNIVERSAL mit Dusche, WC und Waschtisch wird mit € 8.995,00 beziffert. Zusätzlich muss sämtliches Extrazubehör- bzw. -leistungen für Grumbach Fertigbäder gesondert beauftragt und bewertet werden.⁴²

Die unten angeführte Auflistung gibt einen groben Überblick über den Kostenaufwand von Extrazubehör- bzw. -leistungen:

5 Liter Elektrospeicher für die WT-Warmwasserversorgung	€ 360,00
25 Liter Warmwasserspeicher, Hochdruck, 2KW/230V	€ 675,00
Zerkleinerungspumpe I für Anschluss Stand-WC, HWB, Urinal und Dusche am Abflussrohr DN40 bzw. wenn der Abfluss zu hoch liegt, inkl. Vorrichtung	€ 1.445,00

⁴² Fertigbäder Programm 2022. Wetzlar: Karl Grumbach GmbH & Co. KG. 2022. S. 82ff.

Zerkleinerungspumpe II für Anschluss WC-Wand, Waschtisch, und Dusche am Abflussrohr DN40 bzw. wenn der Abfluss zu hoch liegt, inkl. Vorrichtung	€ 1.520,00
Schmutzwasser Hebeanlage I für Anschluss an Dusche, inkl. Vorrichtung	€ 960,00
Schmutzwasser Hebeanlage II für Anschluss Dusche und Waschtisch, inkl. Vorrichtung	€ 995,00
Lüfter DN100 mit Rückschlagklappe und Nachlaufrelais, Steuerung über Lichtschalter	€ 320,00
Lüfter mit Brandschutz mit Rückschlagklappe und Nachlaufrelais, mit zusätzlichem Brandschutzgehäuse, Steuerung über Lichtschalter	€ 670,00
Lüfter mit Kohlefilter und Nachlaufrelais (wenn keine Entlüftungsleitung existiert)	€ 630,00
Kohle-Nachfüllpackung für Filter (1x jährlich wechseln)	€ 96,00

Tab.1: Zubehör Preise 2022.I für Grumbach Fertigbäder

(Quelle: Fertigbäder Programm 2022. Wetzlar: Karl Grumbach GmbH & Co. KG. 2022. S. 88ff.)

Zusätzlich zu den Kosten für Extrazubehör- bzw. -leistungen werden bei sämtlichen Modellvarianten (ausgenommen INDIVIDUAL) Kosten für die Montage verrechnet. Diese Kosten beinhalten das Abladen, Transportieren und Aufbauen der Fertigbäder, inkl. Herstellung des Wasseranschlusses an die bauseits vorgerichteten Leitungen. Der Elektroanschluss ist in diesen Kosten nicht berücksichtigt und muss bauseits von einer Fachfirma hergestellt werden. Die Kosten richten sich nach der Anzahl der Liefermenge und gelten netto pro Fertigbad.⁴³

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Kosten der Montage je Einheit:

⁴³ Fertigbäder Programm 2022. Wetzlar: Karl Grumbach GmbH & Co. KG. 2022. S. 87.

für 1 Einheit	€ 1.700,00
für 2 Einheiten	€ 1.600,00
für 3 Einheiten	€ 1.500,00
für 4 Einheiten	€ 1.400,00
ab 5 Einheiten	€ 1.300,00

Tab.2: Montagekosten für Grumbach Fertigbäder 2022

(Quelle: Fertigbäder Programm 2022. Wetzlar: Karl Grumbach GmbH & Co. KG. 2022. S. 87.)

Neben den oben angeführten Kosten für die Montage wird vom Hersteller auch darauf hingewiesen, dass mit Hilfe der im Lieferumfang beigelegten Montageanleitung jeder sanitäre Fachbetrieb bzw. Installateur in der Lage ist, die Fertigbäder eigenständig aufzubauen und anzuschließen.

Die wirtschaftliche Planbarkeit von Fertignasszellen im Rahmen der Projektkalkulation bzw. bei der Ausschreibung stellt einerseits einen Vorteil dar, andererseits muss dennoch berücksichtigt werden, dass die Mindestanzahl an Fertignasszellen je Hersteller variiert. Der österreichische Hersteller Pagitsch bietet z.B. die sogenannte Badbox, ein modulares Fertigbadsystem im B2B-Bereich, erst ab einer Serienfertigung von 5 Bädern an. Die Kosten der Herstellung richten sich auch hier nach den Projektunterlagen und werden auftragsbezogen erstellt.⁴⁴

Ein allgemeiner Kostenüberblick über die Herstellung und Fertigung von Fertignasszellen kann daher nur grob ermittelt werden und sollte somit an das jeweilige Projekt angepasst werden. Demnach ist auch der wirtschaftliche Vergleich zur konventionellen Herstellung aufgrund verschiedener Kostenkomponenten, die in die Kalkulation einfließen, schwierig zu ermitteln.

⁴⁴ Das modulare Fertigbad von Pagitsch. In URL: <https://www.badbox.pagitsch.at/> (letzter Zugriff: 23.10.2022)

3.1.4. Demontage, Wiederverwendung und Recycling

Fertignasszellen bieten aufgrund des hohen Vorfertigungsgrades nicht nur eine deutliche Zeitersparnis und Kostenreduktion beim Einbau, sondern bringen auch bei der Demontage und der Wiederverwertung bzw. dem Recycling einen Vorteil mit sich. Je nach Art der Vorfertigung können die einzelnen Elemente oder auch die komplette Nasszelle nach ihrer Nutzungsdauer aus dem Gebäude ausgebaut, modernisiert und wiederverwendet werden. Dies führt einerseits zu einer Minimierung des Einsatzes der notwendigen Rohstoffe und stellt langfristig eine nachhaltige Alternative zum konventionellen Abbruch dar.

Bei der konventionellen Herstellung von Bädern erfolgt nach der regulären Nutzungsdauer meist ein Abbruch der kompletten Nasszelle. Die Wiederverwendung reduziert sich meist nur auf bewegliche Sanitärgegenstände, wie Waschbecken, WC's, Bäder und Duschkabinen. Sämtliche Installationsleitungen, Wand- und Bodenbeläge müssen daher mühsam abgebrochen und entsorgt werden. Die anschließende Neuherstellung verursacht einerseits einen hohen wirtschaftlichen Aufwand und zum anderen auch die Verschwendung von neuen Rohstoffen, da das angefallene Abbruchmaterial nicht wiederzuverwenden ist.

Hinsichtlich dieser Umstände und der Tatsache des immer stärker werdenden Facharbeitermangels sowie der sinkenden Ausführungsqualitäten wird der Ruf nach nachhaltigen Lösungen und Alternativen immer lauter. Die Verwendung und Implementierung von Fertignasszellen bringen hierbei Abhilfe, benötigen jedoch gewisse Parameter, um diese letztendlich in das Gebäude selbst integrieren zu können. Zudem ist man hinsichtlich der Gestaltbarkeit und der architektonischen Ansprüche der Planenden im Gegensatz zur konventionellen Errichtung oftmals sehr eingeschränkt.

3.2. Fertigschächte

Unter Fertigschächte versteht man z.B. vorgefertigte Segmente bzw. Bauteile für die Herstellung von Schächten die „Just-in-time“ zum entsprechenden Baufortschritt auf die Baustelle geliefert werden. Die Segmente werden bereits auf die entsprechende Tragkraft der auf der Baustelle vorhandenen Hebezeuge vordimensioniert.

Die Segmente und Bauteile kommen nicht nur im Rahmen des Aufzugbaus zur Anwendung, sondern finden sich auch bei der Errichtung von vorgefertigten Sanitärwänden und Entlüftungsschächten wieder. Die Elemente für den Aufzugbau werden z.B. in Sichtbetonqualität und einer Betongüte von C35/45 hergestellt. Durch die Vormontage der Teile kann auch hier eine Zeitersparnis auf der Baustelle erreicht werden. Zudem benötigen diese Systeme keinen unnötigen Schalungsaufwand auf der Baustelle und können aufgrund der hohen Betongüte relativ schlank ausgeführt werden.

3.2.1. Konstruktionen und Systeme

In nachfolgendem Kapitel wird vor allem auf die Konstruktionen und Systeme von Fertigschächten im Wohnungsbau, wie z.B. Aufzugsschächte, vorgefertigte Sanitärwände und Entlüftungsschächte eingegangen.

3.2.1.1. Aufzugsschächte

Fertigelemente für Aufzugsschächte werden entweder ein- oder zweischalig ausgeführt und werden im Rahmen der Vorfertigung mit einer hohen Maßgenauigkeit auf die Baustelle geliefert. Die einzelnen Elemente werden zudem vordimensioniert und an die entsprechende Krankapazität angepasst. Dies ermöglicht nach der Anlieferung eine rasche Montage auf der Baustelle.

Die einzelnen Ausstattungskomponenten werden wie z.B. beim Hersteller Jäger meist bauseits verbaut und montiert. Je nach Art der Umsetzung erfolgt

die Montage der Türen entweder vor oder nach dem Versetzen der U-förmigen Schachtbauteile. Die Herstellung des Schachtes erfolgt anschließend durch das Aufeinandersetzen der Segmente, die dann mit vertikal angebrachten Dornverbindungen verbunden werden. Bei erhöhter Gefahr von Erdbebenkräften bzw. bei der Umsetzung eines Bauvorhabens in einem erbebengefährdeten Gebiet werden die einzelnen Elemente zugfest miteinander verbunden. Die Segmente werden 2-lagig bewehrt, sowie werden die Dornverbindungen nach dem Versetzen mit einem Vergussmörtel kraftschlüssig vergossen. Die horizontalen Stufenfalz-Fugen werden mit Mörtel verschlossen.⁴⁵

Hinsichtlich bauphysikalischer Anforderungen werden die einzelnen Elemente mittels zweischaliger Konstruktion entweder von außen nach innen oder umgekehrt ausgeführt. Die Innenschale besteht hierbei aus vorgefertigten Elementen. Die Außenschale wird entweder bauseits hergestellt oder kann zur schnelleren Montage auch mittels Fertigteile ausgeführt werden. Die Trennung von Außen- und Innenschale erfolgt durch schalldämmende Mineralfaserplatten, welche bauseits eingelegt werden. Diese Ausführungsvariante erfüllt somit sämtliche Anforderungen hinsichtlich Luft- und Körperschall. Die Anforderungen für haustechnische Anlagen werden demnach in Deutschland in der DIN 4109:1989-11 geregelt und geben ein bewertetes Schalldämmmaß von mindestens $R'w < 57$ dB vor. In Österreich werden die entsprechenden Anforderungen in der ÖNORM B 8115-2 und B 8115-4 thematisiert. Da der Außenschacht den konstruktiven und statischen Anforderungen ausgesetzt ist und mittels Mineralfaserplatten vom Innenbauteil getrennt ist, erfolgt hier auch eine schalltechnische Entkoppelung und die Vermeidung der Übertragung von störendem Körperschall. Der Innenschacht kann daher als unabhängiges Bauteil angesehen werden.⁴⁶

⁴⁵ AFZ Aufzugschächte. Spezienschächte aus U-förmigen Betonteilen. In URL: <https://www.jaeger-beton.de/portfolio-item/aufzugschaechte/> (letzter Zugriff: 27.08.2022)

⁴⁶ Aufzugschächte. Bauphysik. In URL: <https://www.jaeger-beton.de/portfolio-item/aufzugschaechte/#tab-id-2> (letzter Zugriff: 02.10.2022)

Die nachfolgende Abbildung zeigt einerseits eine einschalige Ausführung, bei der nachträglich die zweite Schale bauseits hergestellt wird und andererseits eine zweisechalige Ausführung mittels Innen- und Außenschicht als Fertigteil.

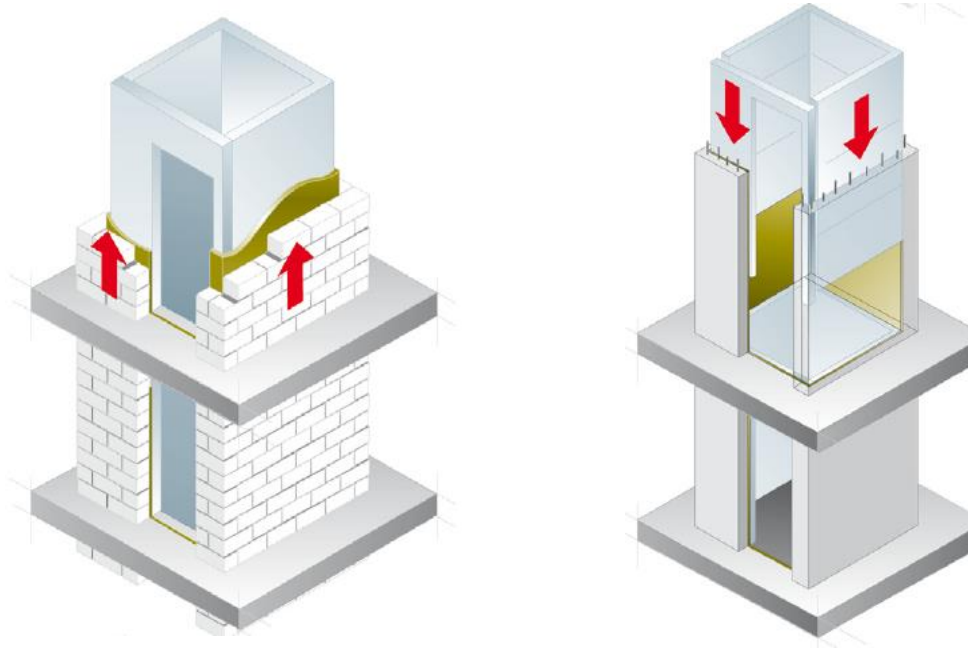


Abb. 13: Ein- und Zweisechalige Ausführung eines Fertigteilauzugschachtes

(Quelle: AFZ Aufzugschächte. Spezialschächte aus U-förmigen Betonteilen. In URL: <https://www.jaeger-beton.de/portfolio-item/aufzugschaechte/> (letzter Zugriff: 27.08.2022)

Die konstruktiven und planerischen Parameter lassen sich vor allem mit der Schachbreite, der Schachttiefe sowie der unterschiedlichen Wanddicken und Höhen abbilden. So können z.B. Schächte mit einer Breite zwischen 130 und 305cm ausgeführt werden. Die Schachttiefe für U-Elemente reicht bis ca. 220cm, bei mehrteiligen Elementen bis ca. 440cm. Aus statischer Hinsicht können Wanddicken zwischen 12 und 20cm hergestellt werden, wobei die Standardmaße bei 12, 15, 18 und 20cm liegen. Weiters können die Aufzugschächte bis zu einer Gesamthöhe von ca. 30m errichtet werden. Die Höhe und das Gewicht der einzelnen Segmente richtet sich nach der entsprechenden Krankapazität.⁴⁷

⁴⁷ AFZ Aufzugschächte. Spezialschächte aus U-förmigen Betonteilen. In URL: <https://www.jaeger-beton.de/portfolio-item/aufzugschaechte/> (letzter Zugriff: 02.10.2022)

Für die verschiedenen Konstruktionen unterscheidet der Hersteller Jäger zwischen 4 Konstruktionsprinzipien, auf die nachfolgend näher eingegangen wird.

Konstruktionsprinzip 1 besteht aus einer zweischaligen Ausführung bei der die U-förmigen Elemente (Innenschale) des Aufzugsschachtes hergestellt, geliefert und eingebaut werden. Die Aussparungen für die Aufzugstüren sind in der bauseits herzustellenden Außenschale vorgesehen.

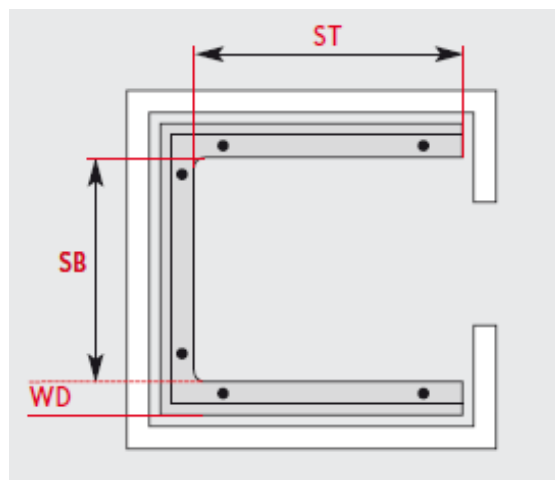


Abb. 14: Konstruktionsprinzip 1 – Aufzugsschacht

(Quelle: AFZ Aufzugschächte. Spezialschächte aus U-förmigen Betonteilen. In URL: <https://www.jaeger-beton.de/portfolio-item/aufzugschaechte/> (letzter Zugriff: 02.10.2022)

Konstruktionsprinzip 2 zeigt eine ein- oder zweischalige Ausführung bei der die U-Elemente sowie die Vorderwandplatte (= Portalseite) mit dem vom Planer angegebenen Türausschnitt hergestellt werden.

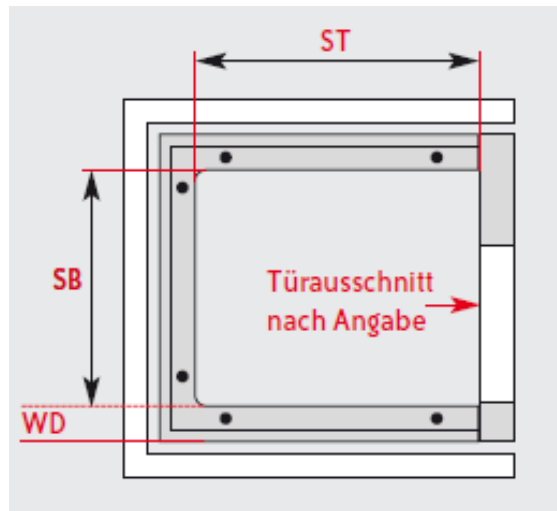


Abb. 15: Konstruktionsprinzip 2 – Aufzugsschacht

(Quelle: AFZ Aufzugsschächte. Spezialschächte aus U-förmigen Betonteilen. In URL: <https://www.jaegerbeton.de/portfolio-item/aufzugsschaechte/> (letzter Zugriff: 02.10.2022)

Konstruktionsprinzip 3 zeigt die Möglichkeit der Herstellung von Aufzugsschächten mit einer Tiefe ab 221cm. Auch hier kommen Fertigteile zum Einsatz, welche aus zwei U-Elementen bestehen, die bauseits ausbetoniert werden. Die notwendigen Vergusstaschen und Seilschlaufen werden werkseitig vorbereitet.

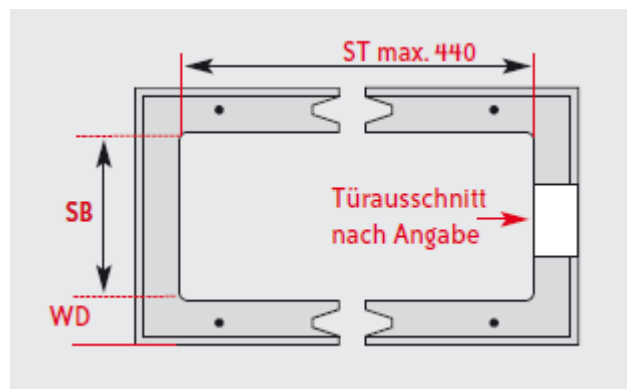


Abb. 16: Konstruktionsprinzip 3 – Aufzugsschacht

(Quelle: AFZ Aufzugsschächte. Spezialschächte aus U-förmigen Betonteilen. In URL: <https://www.jaegerbeton.de/portfolio-item/aufzugsschaechte/> (letzter Zugriff: 02.10.2022)

Das vierte Konstruktionsprinzip zeigt die Möglichkeit der Herstellung eines U-Elementes mit einer Seitenwandplatten, die nachträglich an das U-Element angeschraubt wird.

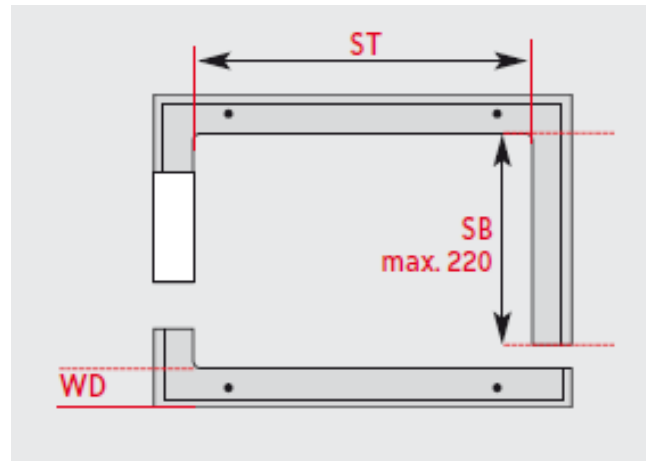


Abb. 17: Konstruktionsprinzip 4 – Aufzugsschacht

(Quelle: AFZ Aufzugschächte. Spezialschächte aus U-förmigen Betonteilen. In URL: <https://www.jaeger-beton.de/portfolio-item/aufzugsschaechte/> (letzter Zugriff: 02.10.2022)

Als weitere Option können auch Sonderkonstruktionen hergestellt werden, die an die jeweilige Situation angepasst werden. So können die einzelnen Elemente z.B. mit den notwendigen Anschlussbewehrungen, den entsprechenden Zugverankerungen und Tronsolen für Treppenaufleger ausgestattet werden. Die Anschlussbewehrung wird dabei im Werk in das Fertigteil eingearbeitet und auf der Baustelle mit den Geschosdecken oder Wänden vergossen. Auch hier erfolgt die Schalltrennung zwischen dem Fertigteil und den bauseitig vorhandenen Gebäudeteilen wie z.B. Treppenaufleger oder Decken mit im Werk eingebauten Schalldämmelementen.⁴⁸

⁴⁸ AFZ Aufzugschächte. Spezialschächte aus U-förmigen Betonteilen. In URL: <https://www.jaeger-beton.de/portfolio-item/aufzugsschaechte/> (letzter Zugriff: 02.10.2022)

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Möglichkeiten von Sonderkonstruktionen im Rahmen der Herstellung eines Aufzugschachtes mittels Fertigteile.

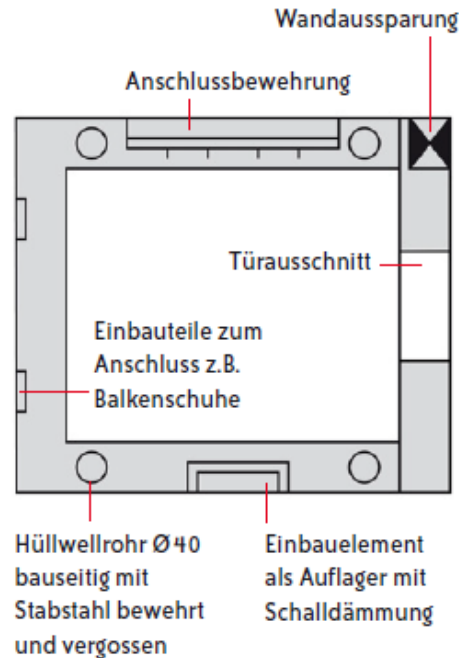


Abb. 18: Sonderkonstruktionen – Aufzugsschacht

(Quelle: AFZ Aufzugschächte. Spezialschächte aus U-förmigen Betonteilen. In URL: <https://www.jaeger-beton.de/portfolio-item/aufzugschaechte/> (letzter Zugriff: 02.10.2022)

Auch im Rahmen von Sanierungen können Fertigteile für Aufzugschächte eingesetzt werden. Vorteile die hier zu erwähnen sind, sind einerseits die exakte werkseitige Vordimensionierung an die entsprechende Bestandsituation, sowie der Entfall von bauseitigen Schalungen und andererseits der Einbau und die Montage jeglicher Ausstattungskomponenten durch den Hersteller selbst, sowie eine rasche Montage. Zudem erfolgt die Anlieferung aufgrund der werkseitigen Vorfertigung „Just-in-time“. Die Einbringung in das Gebäude erfolgt entweder über Deckenaussparungen bzw. ein bereits vorhandenes Treppenhaus. Zusätzlich besteht die Möglichkeit die Fertigteile an die Außenwand zu stellen und mit entsprechenden Winkelementen in einer Hausecke zu befestigen.⁴⁹

⁴⁹ AFZ Aufzugschächte. Spezialschächte aus U-förmigen Betonteilen. In URL: <https://www.jaeger-beton.de/portfolio-item/aufzugschaechte/> (letzter Zugriff: 02.10.2022)

3.2.1.2. Vorgefertigte Sanitärwände

Im Rahmen von ganzheitlichen Vorfertigungsprozessen gewinnen auch vorgefertigte Sanitärwände im Zusammenhang mit dem mehrgeschossigen Wohnbau immer mehr an Bedeutung. Die Vorfertigung dieser Wände erfolgt entweder in Leichtbeton oder als Vorwand vor einer Massiv- oder Trockenbauwand. Wie sowohl bei den Fertignasszellen, als auch bei den Aufzugschächten soll durch diese Ausführungsmethode einerseits Zeit und andererseits Kosten eingespart werden. Zudem ermöglicht die Vorfertigung im Werk eine Rohbau unabhängige Herstellung und kann somit anschließend „Just-in-time“ auf die Baustelle geliefert werden.

Im Zusammenhang mit dem Wohnbau werden nachfolgend einige Ausführungsmöglichkeiten der Fa. INSTA-BLOC (Österreich), der Fa. TECE (Deutschland) sowie der Fa. Geberit (Österreich) näher beleuchtet.

Vorgefertigte Sanitärwände der Fa. INSTA-BLOC

Der Hersteller INSTA-BLOC bietet vorgefertigte Sanitärwände aus Blähton-Poren-Leichtbeton an, die nach den jeweiligen projektspezifischen Vorgaben geplant und hergestellt werden. Die Sanitärwände werden geschosshoch errichtet und beinhalten sämtliche Steig- und Falleitungen, sowie die notwendigen Ver- und Entsorgungsleitungen. Sonstige Anschlüsse und Einbauteile können objektbezogen im Werk eingebaut werden. Vorgefertigte Sanitärwände werden vermehrt im mehrgeschossigen Wohnbau, Hotelbau, für Personal- und Seniorwohnhäusern, sowie auch für die Errichtung von Büro- und Verwaltungsgebäuden eingesetzt. Die Herstellung erfolgt hierbei nach den projektspezifischen Vorgaben und unter Einhaltung der geltenden Normen und Richtlinien.⁵⁰

⁵⁰ Sanitärwände. In URL: <https://www.instabloc.at/produkte/sanitaerwaende.html> (letzter Zugriff: 05.11.2022)

Auch im Rahmen des Wohnbaus lassen sich sämtliche Einbauten für Installationen für das Badezimmer wie WC-Anlagen, Waschtische, Duschen, Wärme- oder Lüftungsstationen in die Sanitärwand integrieren. Um etwaige Steigstränge für die Wasserversorgung, Heizung oder Kühlung nachträglich noch tauschen zu können, werden diese innerhalb eines Schutzrohres in die Sanitärwand eingebaut. Somit ist der nachträgliche Austausch im Falle eines Gebrechens gewährleistet.⁵¹

Die Ausführung der Sanitärwände erfolgt geschosshoch und selbsttragend. Die üblicherweise notwendige nachträgliche Abschottung der Deckendurchbrüche entfällt bei diesem System einerseits durch die Ummantelung mittels Leichtbeton und andererseits durch die geschlossene Deckenführung. Die Feuerwiderstandsklasse wird laut Hersteller INSTA-BLOC mit EI120 angegeben. Auch im Hinblick auf weitere bauphysikalische Kennwerte wie z.B. den Schallschutz liefern die Sanitärwände aus Blähton-Poren-Leichtbeton sehr gute Kennwerte. Ein wesentlicher Vorteil der mit der Implementierung dieser Systeme einhergeht, ist die Tatsache, dass herkömmliche Schachtwände überflüssig werden und der Einsatz von vorgefertigten Sanitärwänden wiederum zu einem Raum- und Nutzflächengewinn führt. Zusätzlich können die Sanitärwände nach dem Versetzen direkt beschichtet oder verfliesen werden. Die Bepankung mittels Trockenbau entfällt in diesem Fall.⁵²

Für die Herstellung von vorgefertigten Sanitärwänden bietet der Hersteller INSTA-BLOC drei verschiedene Ausführungsmöglichkeiten an. Die INSTA-BLOC-Sanitärwand „SWT“, die INSTA-BLOC-Sanitärwand „SWV“ und die INSTA-BLOC-Sanitärwand „SWS“. Im Folgenden wird kurz auf die unterschiedlichen Ausführungsmöglichkeiten eingegangen.

⁵¹ Sanitärwände. In URL: <https://www.instabloc.at/produkte/sanitaerwaende.html> (letzter Zugriff: 05.11.2022)

⁵² vergl. Ebd.

Die INSTA-BLOC-Sanitärwand „SWT“ wurde als komplette Wohnungs- bzw. Raumtrennwand konzipiert und wird freistehend verbaut. Die Bestückung kann anschließend ein- oder zweitseitig erfolgen. Die Feuerwiderstandsklasse dieser Trennwand wird mit EI120 angegeben und eignet sich daher optimal für die Verwendung im Wohnbau.⁵³

Die unten angeführte Abbildung zeigt die Ausführungsvariante „SWT“ mit beidseitiger Bestückung als Wohnungstrennwand.

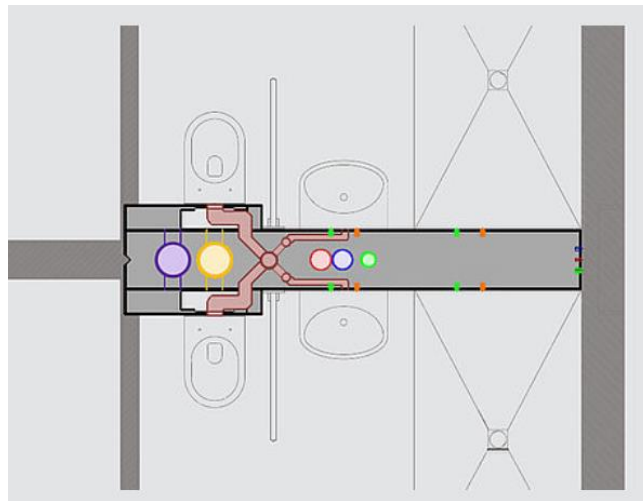


Abb. 19: INSTA-BLOC-Sanitärwand „SWT“

(Quelle: Sanitärwände. In URL: <https://www.instabloc.at/produkte/sanitaerwaende.html> (letzter Zugriff: 05.11.2022)

Die INSTA-BLOC-Sanitärwand „SWV“ wird aus faserarmierten Leca-Poren-Leichtbeton mit einem spezifischen Gewicht von ca. 800kg/m³ hergestellt und eignet sich vor allem für Grundrisse bei denen eher engere Platzverhältnisse vorherrschen. Die Sanitärwand „SWV“ wird somit als Vorwandssystem vor die bereits bauseitig hergestellte Wand gesetzt. Sämtliche Anschlüsse und notwendige Einbauten für WC-Spülkästen, Durcharmaturen oder dem

⁵³ Sanitärwände. In URL: <https://www.instabloc.at/produkte/sanitaerwaende.html> (letzter Zugriff: 05.11.2022)

Waschtisch sind bereits werkseitig in die Wand integriert worden. Aufgrund der geringen Wandstärke wird diese Ausführungsvariante vor allem bei kompakten Grundrissen verwendet und ermöglicht durch die bereits integrierten Anschlüsse einen Raum- und Nutzflächengewinn.⁵⁴

Die nachfolgende Abbildung zeigt den Einsatz einer INSTA-BLOC-Sanitärwand „SWV“ im Badzimmer mit bereits integrierten Anschlüssen und Einbauten für die WC-Anlage, die Dusche und die Waschtisch-Anlage.

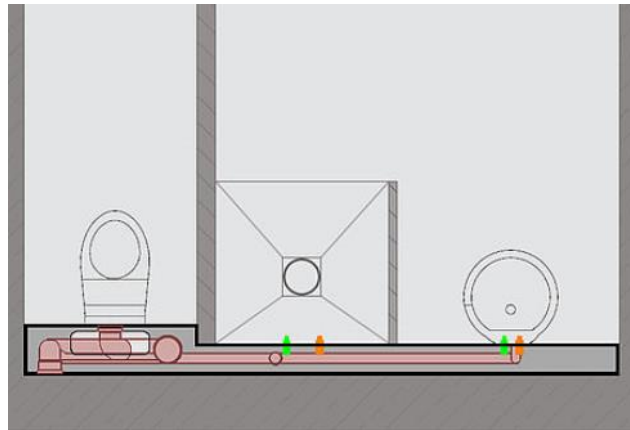


Abb. 20: INSTA-BLOC-Sanitärwand „SWV“

(Quelle: Sanitärwände. In URL: <https://www.instabloc.at/produkte/sanitaerwaende.html> (letzter Zugriff: 05.11.2022)

Als weitere Ausführungsvariante bietet der Hersteller INSTA-BLOC die INSTA-BLOC-Sanitärwand „SWS“ an, welche vorwiegend als Ersatz für einen herkömmlichen Installationsschacht konzipiert wurde. Auch diese Ausführungsmöglichkeit wird aus faserarmierten Leca-Poren-Leichtbeton hergestellt und erfüllt jegliche Anforderungen hinsichtlich des Brand- und Schallschutzes. Durch die kompakte Bauweise der vorgefertigten

⁵⁴ Sanitärwände. In URL: <https://www.instabloc.at/produkte/sanitaerwaende.html> (letzter Zugriff: 05.11.2022)

Schachtwand sind sämtliche Installationen und baulichen Abtrennung, wie auch bei der herkömmlichen Herstellung, bereits in der Wand integriert.⁵⁵

Die unten dargestellte Abbildung zeigt eine INSTA-BLOC-Sanitärwand „SWS“ im Bereich einer WC-Anlage mit bereits integrierten Ver- und Entsorgungsleitungen, sowie der notwendigen Steigstränge und Einbauten.

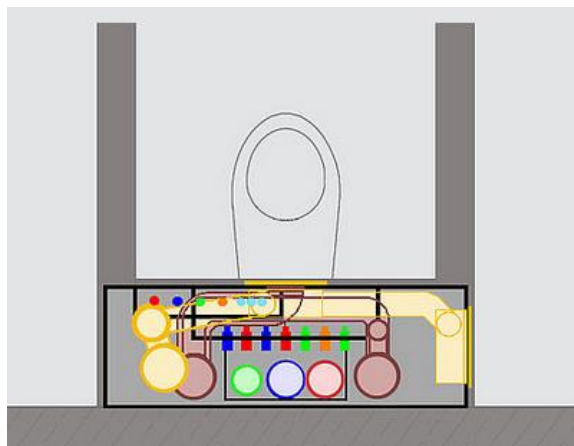


Abb. 21: INSTA-BLOC-Sanitärwand „SWS“

(Quelle: Sanitärwände. In URL: <https://www.instabloc.at/produkte/sanitaerwaende.html> (letzter Zugriff: 05.11.2022)

Vorgefertigte Sanitärwände der Fa. TECE

Beim Hersteller TECE werden die vorgefertigten Sanitärwände entweder halb- oder raumhoch als Vorwandssysteme vor einer Massiv- oder Trockenbauwand errichtet, geliefert und montiert. Vor allem die raumhohe Variante zeigt, dass bei zwei benachbarten Bädern z.B. im Wohnbau oder in Hotels wertvolle Nutzfläche eingespart werden kann. Die Wandstärke reduziert sich hier von

⁵⁵ Sanitärwände. In URL: <https://www.instabloc.at/produkte/sanitaerwaende.html> (letzter Zugriff: 05.11.2022)

ca. 55cm auf ca. 33-43cm. Zusätzlich besteht die Möglichkeit die Sanitärwand als Raumtrennwand in Trockenbauweise herzustellen.

Die Herstellung der Sanitärwände erfolgt hierbei mit einem sehr hohen Vorfertigungsgrad. So wird bereits die gesamte Verrohrung für alle Module und Anschlüsse, sämtliche Schallschutzelemente, die Schalung für die Deckenschotts, die Absperrorgane, die Wasserzähler sowie die Lüftungskästen im Werk montiert und geliefert. Neben der schnelleren Montage soll diese Art von kontrollierter industrieller Vorfertigung auch Fehlerquellen bei der herkömmlichen Montage vor Ort reduzieren.⁵⁶

Die nachfolgende Abbildung zeigt eine halbhohe Sanitärwand mit integrierten Anschlüssen für eine WC-Anlage, einen Waschtisch und einen Schacht mit Deckenaussparung.

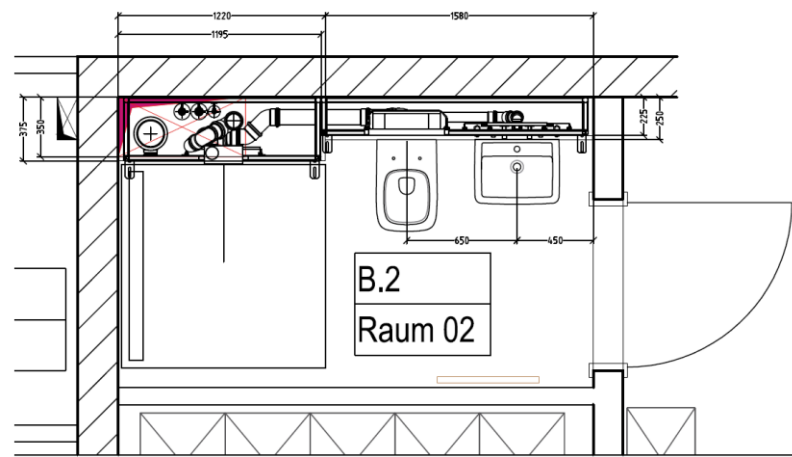


Abb. 22: TECESystem Sanitärwand halbhoch mit Schacht

(Quelle: TECESystem Sanitärwände und -schächte. Emsdetten: TECE GmbH. 2022. S. 34)

Ein hoher Vorfertigungsgrad und die auf den Baufortschritt abgestimmte „Just-in-time“-Lieferung gewährleistet zudem eine Planungssicherheit innerhalb des Abwicklungsprozesses. Auch für die Umsetzung in Bestandsgebäuden bieten

⁵⁶ TECESystem Sanitärwände und -schächte. Emsdetten: TECE GmbH. 2022. S. 10ff.

Vorwandssysteme einen wesentlichen Vorteil und verursachen bei der Montage weitaus weniger Staub- und Lärmbelästigung als bei einer konventionellen Umsetzung.

Die Ausführung eines Vorwandsystems vor einer Massivwand im Badezimmer unter der dahinterliegenden Küche zeigt die nachfolgende Abbildung.

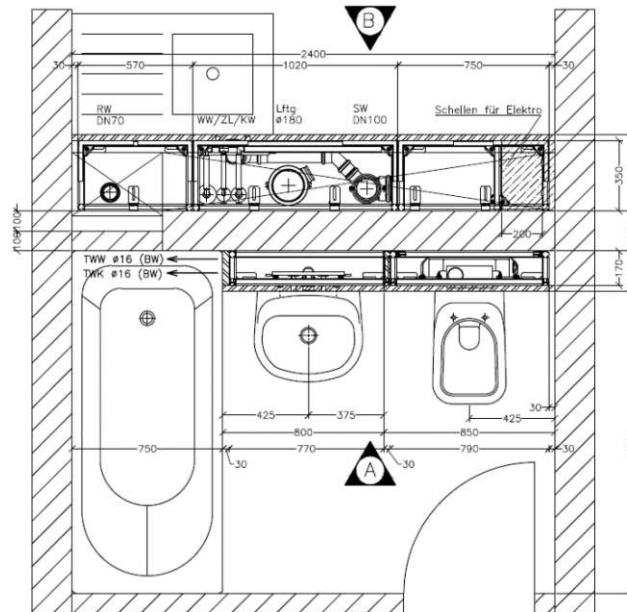


Abb. 23: TECEsystem Sanitärwände Bad und Küche
(Quelle: TECEsystem Sanitärwände und -schächte. Emsdetten: TECE GmbH. 2022. S. 35)

Hinsichtlich bauphysikalischer Anforderungen rundum Brandschutz und Schallschutz gibt es auch bei der Fa. TECE verschiedene Ausführungsmöglichkeiten, die den aktuellen Anforderungen, Normen und Richtlinien entsprechen müssen. Im Hinblick auf brandschutztechnische Lösungen bietet die Fa. TECE entweder *die klassifizierte TECEsystem-Brandschutzlösung im Deckenschottprinzip* oder *die Installationsschachtlösung in Verbindung mit einer maschinell eingebrachten Einblasdämmung aus nichtbrennbarem, mineralischen Dämmgranulat*, wobei

*die Sanitärwände nach der Beplankung von einem zertifizierten Unternehmen mit einer Einblasdämmung verfüllt werden.*⁵⁷

Welcher Art zur Ausführung kommt, richtet sich stark nach den projektspezifischen Gegebenheiten. Hierbei unterscheidet man grob zwischen Neubau oder dem Einsatz im Rahmen eines Bestandsgebäudes. Auch die Konstruktion des Gebäudes wie z.B. Decken- und Wandkonstruktionen und deren beliebige Stärke, die Größe und Anordnung von Versorgungsschächten und Deckendurchbrüchen, sowie die generelle Belegung von Installationen der technischen Gebäudeausstattung spielen eine wesentliche Rolle, um die brandschutzrelevanten Schutzziele gewährleisten zu können.

Wie für das Thema Brandschutz müssen auch die Anforderungen hinsichtlich der schallschutztechnischen Ziele erfüllt werden. Diese werden vor allem in der DIN 4109 sowie der VDI 4100 abgebildet. Im Sinne eines ganzheitlichen Planungsprozesses müssen alle diese Parameter für die spätere Umsetzung berücksichtigt werden.⁵⁸

Vorgefertigte Sanitärwände der Fa. Geberit

Wie auch beim Hersteller TECE bietet die Fa. Geberit das sogenannten GIS Installationssystem als halb- oder raumhohe Vorwand vor einer Massiv- oder Trockenbauwand an. Auch hier erfolgt die Herstellung mittels CW-Profilen und nachträglicher Beplankung mit Trockenbauplatten. Sämtliche Bestandteile für die Herstellung des Vorwand-Installationssystems wie z.B. Montageelemente für WC's, Waschtische, Bidets, Urinale, Duschen, Armaturen, etc. sind im Produktkatalog der Fa. Geberit enthalten. Die Montage kann laut Hersteller mit lediglich drei Systembestandteilen durchgeführt werden. Die Herstellung dieser Ausführungsvariante gewährleistet auch eine schallschutztechnische

⁵⁷ Modulares Bauen mit vorgefertigten Sanitärwänden und -schächten. In URL: https://www.dbz.de/artikel/modulares-bauen-mit-vorgefertigten-sanitaerwaenden-und-schaechten_3869351.html (letzter Zugriff: 05.11.2022)

⁵⁸ vergl. Ebd.

Entkoppelung und somit eine Vermeidung der Übertragung von Körperschall.⁵⁹

Da die Ausführungsvarianten jenen der Fa. TECE ähnlich kommen bzw. die Umsetzung nur geringfügig abweicht, wird auf die Herstellung der vorgefertigten Sanitärwand als Vorwandssystem der Fa. Geberit nicht mehr genauer eingegangen.

3.2.1.3. Entlüftungsschächte

Ein weiterer Anwendungsbereich bei dem Fertigschächte zur Ausführung kommen, sind Schächte für Entlüftungen, sowie Frischluft- und Lichtversorgungen für Tiefgaragen.

Beim Hersteller Jäger werden die Entlüftungsschächte (ELS) in Sichtbetonqualität und mit einer Betongüte C35/45 hergestellt. Jegliche Teile werden zu Einsparung der Montagezeit auf der Baustelle bereits im Werk vormontiert. Die lichte Breite von ELS variiert zwischen 85 und 355cm bei Wandstärken zwischen 10 und 15cm. Die Fertigung des ELS erfolgt durch drei Betonfertigteile. Diese werden bereits im Werk hergestellt und können demnach „Just-in-time“ auf die Baustelle geliefert werden. Optional besteht die Möglichkeit, dass die einzelnen Betonfertigteile auch bauseitig miteinander verbunden werden. Aufgebaut wird der ELS aus einer monolithischen Grundplatte, zwei Schenkel und einem Schachtrücken. Die verbleibende vierte Seite wird mit einer Vorderwandplatte verbaut. So kann eine einseitige Lüftungsöffnung konstruiert werden. Sämtliche Anschlussfugen z.B. vom Deckel oder den Bauteilstößen sind bauseits gegen mögliche Wassereintritte zu schützen und abzudichten. Alle Elemente sind bereits werkseitig eingelassen, vormontiert und verfugt. Die Montage im Werk kann bis zu einer Breite von 255cm durchgeführt werden. Darüber hinaus muss die komplette

⁵⁹ Geberit Installationssysteme. In URL: <https://www.geberit.at/produkte/installationssysteme/> (letzter Zugriff: 05.11.2022)

Montage direkt auf der Baustelle erfolgen. Zudem werden alle sichtbaren Elemente verspachtelt und geglättet.⁶⁰

Beim Hersteller Hieber erfolgt die Herstellung von Fertigteil-Lüftungsschächten in Sichtbetonqualität mittels WU-Beton und einer Güte von C30/37. Die Einhausung wird mit einem Grundelement und einer Abdeckung geliefert, wobei die Abmessungen und die Ausführung an die unterschiedlichen Ansprüche bzw. den Kundenwünschen angepasst werden. Sämtliche Bauteilstoßfugen werden als Schattenfugen ausgebildet. Notwendige Aussparungen sowie Auslässe für bauseitige Lüftungen sind individuell möglich.⁶¹

Ein wesentlicher Vorteil der sich auch hier ergibt, ist die Tatsache, dass keine aufwendigen und zeitintensiven Schalungsarbeiten auf der Baustelle selbst notwendig sind und die Elemente je nach Baufortschritt bereits vormontiert geliefert und anschließend versetzt und montiert werden können.

3.2.2. Planungsanforderungen, Lieferung und Montage

Fertigschächte können aufgrund der unterschiedlichen Ausführungsmöglichkeiten und Größen individuell an die vorhandenen Bedürfnisse und Ansprüche angepasst werden. Durch ein umfangreiches Angebot gibt dies auch den Planer im Rahmen der Ausschreibung eine gewisse Sicherheit, um dadurch eine zutreffende Aussage hinsichtlich der Kosten ableiten zu können.

Wie bereits im Kap. 3.1.2. darauf hingewiesen, zeichnet sich auch bei den Fertigschächten, aufgrund des hohen Vorfertigungsgrades bzw. der teilweise kompletten Herstellung des Schachtes im Werk eine Verkürzung der Bauzeit ab. Auch die Notwendigkeit von aufwendigen Schalungs- und Betonierarbeiten

⁶⁰ Schachtprogramm 2020. Mengen: Fa. Jäger Betonwerk GmbH & Co. KG. S. 36ff.

⁶¹ Lüftungsschacht nach Maß. In URL: <https://www.hieber-beton.com/lueftungseinhausung.html> (letzter Zugriff: 16.10.2022)

auf der Baustelle entfällt. Gerade diese Tatsache spielt in Zeiten von Fachkräftemangel und mangelnder Ausführungsqualitäten eine essenzielle Rolle, um nach wie vor ein hohes Maß an Qualität gegenüber dem Bauherrn und den Auftraggebern gewährleisten zu können.

Die Lieferung der Fertigschächte erfolgt „Just-in-time“ auf die Baustelle und wird vor Ort mit entsprechenden Kränen oder Hebewerkzeugen positioniert. Je nach Art der Ausführung müssen bauseits noch geringfügige Arbeiten wie z.B. Abdichtungen oder das Verschließen der Stoßfugen durchgeführt werden. Die Montage der Fertigteilschächte findet entweder komplett im Werk statt oder es besteht die Notwendigkeit von geringfügigen Anpassungen auf der Baustelle selbst.

Zudem ermöglicht der Einsatz von vorgefertigten Sanitärwänden eine Reduktion von Risiken in Bezug auf Baumängel, die aufgrund von ungeschultem Personal oder Fehlern bei der Montage häufig entstehen und nachträglich immer wieder zu Streitigkeiten führen. Auch im Hinblick auf Verzugsrisiken und der anfallenden Pönale bieten vorgefertigte Systeme einen wesentlichen Vorteil, da eine präzisere Planungssicherheit vorliegt. Hinsichtlich der Montage ist naheliegend, dass vorgefertigte System vor allem bei großvolumigen Bauvorhaben eine wesentliche Zeitersparnis mit sich bringen sollten.⁶²

Der Hersteller TECE hat in diesem Zusammenhang einen Vergleich zwischen einer industriell vorgefertigten Sanitärwand und einer konventionellen Errichtung im Rahmen eines kleinen Sanierungsprojektes angestellt.

Der Projektumfang des Sanierungsprojektes ergibt sich aus 48 Wohneinheiten, aufgeteilt auf 3 Wohnblöcke mit je 2 Steigsträngen und 4 Etagen mit je 4 Wohnungen. Verbaut wurde eine halboffene Vorwand mit Schacht, welche fliesenfertig mit Gipskartonplatten beplankt wurde. Zudem wurden 2 halboffene

⁶² TECEsystem Sanitärwände und -schächte. Emsdetten: TECE GmbH. 2022. S. 13.

Varianten für WC und Waschtisch, sowie 4 Schachtvarianten mit Steigleitungen für Heizung, Trink- und Schmutzwasser, Leitungen für Zu- und Abluft, sowie brandschutzrelevante Maßnahmen ausgeführt.

Die nachfolgende Abbildung zeigt den Vergleich zwischen der konventionellen Herstellung mit den Gewerken Sanitär und Trockenbau, sowie die Herstellung mittels vorgefertigter Sanitärwand TECESystem.

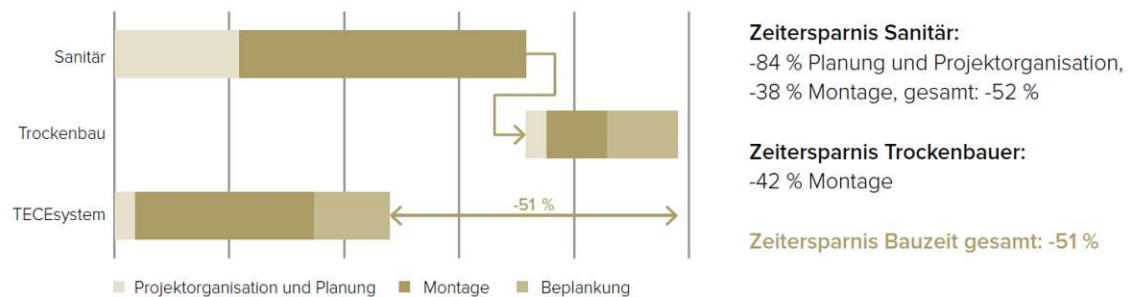


Abb. 24: Systemvergleich TECESystem versus konventionelle Herstellung

(Quelle: TECESystem Sanitärwände und -schächte. Emsdetten: TECE GmbH. 2022. S. 13)

Die Darstellung zeigt, dass mit der Implementierung von vorgefertigten Sanitärwänden z.B. TECESystem, eine gesamte Zeitersparnis von -51% gegenüber einer konventionellen Herstellung erreicht werden kann.

Im Hinblick auf die Planungsanforderungen erfolgt anschließend ein Auszug von einigen wesentlichen Normen und Richtlinien bei der Planung und Herstellung von Fertigschächten:

- ÖNORM EN 13369 – Allgemeine Regeln für Betonfertigteile
- ÖNORM B 2473 – Brandschutztechnische Maßnahmen bei Schachtzugängen von Aufzügen
- ÖNORM B 1600 – Barrierefreies Bauen – Planungsgrundlagen
- Letztgültige Fassung der OIB- Richtlinien

- Letztgültige Fassung Bauordnung Wien bzw. der länderspezifischen Verordnungen
- ÖNORM B 8115-1-4 – Schallschutz und Raumakustik im Hochbau
- ÖNORM B 3692 – Planung und Ausführung von Bauwerksabdichtungen
- DIN 18533 – Abdichtung von erdberührten Bauteilen

3.2.3. Kosten

Die Kosten für Fertigschächte richten sich in den meisten Fällen nach den jeweiligen Projektvorgaben. Es wird somit objektbezogen kalkuliert. Vor allem bei den Sonderprodukten wie z.B. Aufzugschächte, vorgefertigte Sanitärwände oder spezielle Entlüftungsschächte werden Preise nach den entsprechenden projektspezifischen Angaben ermittelt.

Zusätzlich zu den oben angeführten Produkten sind noch zusätzliche Kosten für diverse Befestigungsmaterialien, Aufsatzrahmen und Gitterroste einzukalkulieren.

Im Zusammenhang mit der Herstellung von vorgefertigten Sanitärwänden können die Kosten in der Kalkulations- bzw. Angebotsphase gegenüber einer konventionellen Herstellung geringfügig teurer, aber auch günstiger sein. In welche Richtung die Kosten gehen, richtet sich nach projektspezifischen Faktoren. Zum einen ist die Größe des Bauvorhabens ein wesentlicher Indikator. Dabei gilt, je ähnlicher die Ausführung der Sanitärwände, desto besser ist die industrielle Fertigung. Die Komplexität und das Ausstattungsniveau spielen demnach auch eine wesentliche Rolle, da bei einer Vielzahl an Komponenten und Technik vorgefertigte Systeme wesentlich besser abschneiden als die konventionelle Errichtung vor Ort. Zudem spielt auch die Weitläufigkeit der Baustelle eine tragende Rolle, da bei vorgefertigten Systemen viel Wegzeit auf der Baustelle z.B. von Bad zu Bad entfällt oder eingespart werden kann. Aufgrund dieser Tatsachen ist es möglich, dass

vorgefertigte Systeme vor allem in der Angebotsphase mal geringfügig teuer oder günstiger sind.⁶³

Im Zusammenhang mit dem vorher dargestellten Sanierungsprojekt in Kap. 3.2.2., bei dem vor allem auf die Zeitersparnis hingewiesen wurde, kann auch ein grober Kostenvergleich angestellt werden.

Die nachfolgende Abbildung zeigt den Kostvergleich zwischen der Herstellung einer vorgefertigten Schachtwand (TECESystem) und der herkömmlichen Herstellung.

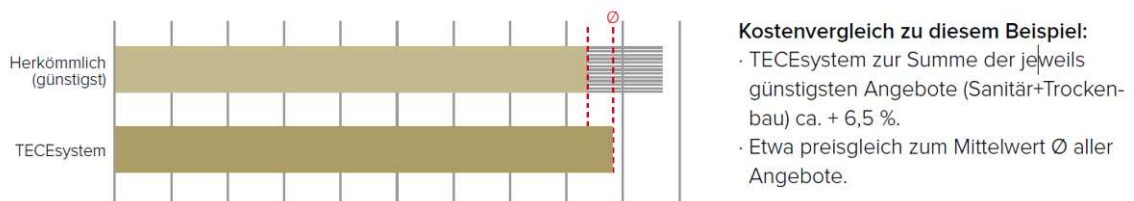


Abb. 25: Kostenvergleich TECEsystem versus konventionelle Herstellung

(Quelle: TECEsystem Sanitärwände und -schächte. Emsdetten: TECE GmbH. 2022. S. 13)

Hierbei ist ersichtlich, dass die Herstellung der vorgefertigten Schachtwand zur Summe der jeweils günstigen Angebote um ca. 6,5% teurer, jedoch im Mittel ca. preisgleich ist. Diese Tatsache zeigt, dass die Kostensituation von den jeweiligen Projektvorgaben abhängt und auch dementsprechend zu bewerten ist.

3.2.4. Demontage, Wiederverwendung und Recycling

Aufgrund der Vorfertigung der einzelnen Bauteile und Elemente gibt es auch bei Fertigschächten eine Notwendigkeit und Interesse an der Demontage, Wiederverwendung und dem Recycling kompletter Bauteile oder einzelner

⁶³ TECEsystem Sanitärwände und -schächte. Emsdetten: TECE GmbH. 2022. S. 13.

Elemente. Da zum Beispiel Fertigteil-Aufzugschächte nach dem Versetzen, aufgrund von statischen Einwirkungen wie beispielweise Erdbebenkräfte kraftschlüssig verbunden werden müssen, ist eine Demontage in vielen Fällen nicht einfach durchzuführen. Da die Elemente auch meistens im Rahmen der Rohbauarbeiten eingesetzt und montiert werden, ist die Zugänglichkeit auch nur im Rahmen eines Totalabbruches zu gewährleisten.

Eine Vielzahl an Fertigschächten wie die lediglich aufeinandergesetzt und mittels Dornverbindungen verbunden werden, ist eine Demontage und Wiederverwendung grundsätzlich sinnvoll und anzustreben. Da bei der Demontage meist Vorsicht geboten ist, um diese Elemente und Bauteile nicht zu beschädigen, ist meist der Abbruch und das Recycling bzw. im Anschluss die Neuanschaffung die kostengünstigere Variante.

Ein positiver Aspekt der in dieser Hinsicht jedoch angemerkt werden kann, ist die Tatsache, dass die Betonfertigteile recycelt und vielfach z.B. bei der Betonherstellung beigemischt oder als Festbetonrecycling im Straßen- und Wegebau eingesetzt werden können.

4. Zusammenfassung und Conclusio

Nachfolgend werden die Erkenntnisse aus den vorherigen Kapiteln erläutert, sowie erfolgt daraus die Beantwortung der wissenschaftlichen Fragestellung. Abschließend wird eine Conclusio gebildet.

Die in Kapitel 3 erarbeiteten Erkenntnisse zeigen, dass die Verwendung von Fertignasszellen und Fertigschächte im Wohnbau sowohl Vorteile, als auch Nachteile mit sich bringen. Hierbei ist ersichtlich, dass der Einsatz einerseits eine zeit-, kosten- und raumsparende Planung ermöglicht und andererseits auch eine gewisse Kostensicherheit im Rahmen der Ausschreibung mit sich bringt. Aufgrund des hohen Vorfertigungsgrades ist es möglich einzelne Bauteile oder ganze Raumzellen im Werk zu fertigen und diese anschließend „Just-in-time“ auf die Baustelle zu liefern. Dieser Aspekt ermöglicht auch eine Verkürzung der Bauzeit, da sowohl auf der Baustelle, als auch im Werk parallel gearbeitet werden kann. Daraus ergibt sich, dass aufgrund der Vorfertigung eine bessere Planbarkeit innerhalb des Abwicklungsprozesses gewährleistet werden kann.

Ein wesentlicher Vorteil bei der Implementierung von Fertignasszellen ist auch die Reduktion einer Vielzahl von Gewerken und die Tatsache, dass diese Systeme sowohl für den Neubau, als auch für Instandsetzungen und Modernisierungen verwendet werden können. Eine darauf abgestimmte Planung ist dennoch essenziell für die Umsetzung. Im Sinne der Kreislaufwirtschaft gibt es auch bei Fertignasszellen die Möglichkeit der Wiederverwendbarkeit. Die Nasszellen können hierfür wieder ausgebaut, modernisiert und an einem anderen Ort neu verbaut werden.

Die Vorteile im Bereich der Kostenreduktion, Planbarkeit und „Just-in-time“-Lieferung auf die Baustelle gelten auch für die Verwendung von Fertigschächte. Speziell hierfür kann erwähnt werden, dass vor allem die Schalungs- und Betonarbeiten auf der Baustelle selbst entfallen. Mit der Integration dieser Bauteile werden daher Arbeiten und Leistungen überflüssig,

die sonst zum Teil aufwendig auf der Baustelle selbst hergestellt werden müssen.

Die Nachteile die sich aus der Verwendung von Fertignasszellen ableiten lassen, finden sich vor allem in der eingeschränkten Architektur wieder. Aufgrund der seriellen Produktion werden sowohl Fertignasszellen und Fertigschächte nach gewissen Parametern, meist auf das Projekt bezogen, gefertigt und montiert. In den meisten Fällen ist eine wirtschaftliche Umsetzung auch erst ab einer gewissen Stückzahl möglich. Vor allem bei Fertignasszellen weisen einige Hersteller darauf hin, dass die Produktion einerseits auftrags- und projektbezogen erfolgt und andererseits auch erst ab einer Stückzahl von ca. 20 Stück seriell produziert wird. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass der Einsatz bei kleineren Projekten wirtschaftlich womöglich keinen Vorteil mit sich bringt und die Herstellung trotzdem konventionell erfolgen muss. Zusätzlich müssen die Abläufe auf der Baustelle wie z.B. das Einbringen von ganzen Raumzellen, sowie die anschließende Positionierung im Geschoss selbst logistisch genau geplant werden.

Vorgefertigte Systeme haben natürlich auch das Ziel die Kosten zu reduzieren, um auch aus wirtschaftlicher Sicht zu punkten. Wie beim Beispiel in Kap. 3.2.3 ersichtlich, trifft diese Kostenreduktion im Vergleich zu einer herkömmlichen Herstellung jedoch nicht immer zu und muss daher von Projekt zu Projekt gesondert bewertet werden, da eine Vielzahl von Projektfaktoren die Kostenkomponenten maßgeblich beeinflussen.

Trotz all dem wird die Implementierung von Fertignasszellen und Fertigschächten im Wohnbau als Antwort auf Facharbeitermangel und sinkenden Ausführungsqualitäten eine Thematik bleiben, die nicht nur heute aktuell ist, sondern die auch in den kommenden Monaten und Jahren bleiben wird. Im Sinne des Nachhaltigkeitsgedankens, dem Themengebiet rundum ESG und der EU-Taxonomie, sowie einer funktionierenden Kreislaufwirtschaft gewinnt vor allem die Modulbauweise und die Wiederverwendbarkeit einzelner oder ganzer Bauteile an immer stärkere Bedeutung. Gebäude als reines

Unikat zu errichten, spiegelt zwar die Vision des Architekten wider, ist aber für die Nachnutzung bzw. die Drittverwendbarkeit meistens weniger gut geeignet. Auch der Abriss und die anschließende Neuerrichtung führt zu hohen Kosten und zu einer Belastung der Umwelt. In diesem Hinblick ist es erforderlich Produktions- und Ablaufprozesse zu optimieren und Gebäude langfristig nachhaltig zu errichten. Dass dies keine leichte Aufgabe darstellt und Ingenieure, als auch Architekten vor große Herausforderungen stellen wird, ist gewiss. Dennoch wird es erforderlich sein ganzheitlich zu Denken und Gebäude unter Berücksichtigung einer funktionierenden Kreislaufwirtschaft nachhaltig zu errichten.

Im Hinblick auf eine zukunftsorientierte Entwicklung wird es daher erforderlich sein, alle diese Parameter zu vereinen, um zum einen leistbaren und zum anderen auch nachhaltigen Wohnraum schaffen zu können.

Literaturverzeichnis

Monographien, Sammelwerke

Albus, Jutta/ Hollmann-Schröter, Kirsten et al.: Systematisierte Planungs- und Bauprozesse. Hintergründe, Strategien und Potenziale industrieller Vorfertigungstechnologien. Stuttgart: Frauenhofer IRB Verlag. 2021.

Hestermann, Ulf/ Rongen, Ludwig. Frick/Knöll. Baukonstruktionslehre 1. Wiesbaden: Springer Vieweg. 2015.

Knaack, Ulrich/ Chung-Klatte, Sharon et al.: Systembau. Prinzipien der Konstruktion. Basel: Birkhäuser. 2012.

Rüter, Ewald. Bauen mit Stahl. Kreative Lösungen praktisch umgesetzt. New York: Springer Verlag Berlin Heidelberg. 1997.

Stopfer, Martin. Ökonomische Optimierung von Bauvorhaben. Wien: FH Campus Wien. SS 2019.

Aufsätze aus Sammelwerken, Zeitungen, Broschüren und Berichten

Building Information Modeling. Wien: Geschäftsstelle Bau WKÖ. 2016.

Fertigbäder Programm 2022. Wetzlar: Karl Grumbach GmbH & Co. KG. 2022

Flexible Fertigbad-Lösungen für Ihre Bedürfnisse. Kirchberg/Wagram: KVS Sansystem GmbH. 2017.

Leitfaden Sanitäre Vorfertigung. Pottenbrunn: Geberit Huter Vertriebs GmbH & Co KG. 2020. S.36.

MFC-Leichtbau-Fertigbad elementiert. Kirchberg/Wagram: KVS Sansystem GmbH. 2017

Schachtprogramm 2020. Mengen: Fa. Jäger Betonwerk GmbH & Co. KG.

TECESystem Sanitärwände und -schächte. Emsdetten: TECE GmbH. 2022.

Typenübersicht mit Varianten. Kirchberg/Wagram: KVS Sansystem GmbH. 2017

Internet

AFZ Aufzugschächte. Spezienschächte aus U-förmigen Betonteilen. In URL: <https://www.jaeger-beton.de/portfolio-item/aufzugschaechte/> (letzter Zugriff: 27.08.2022)

Aufzugschächte. Bauphysik. In URL: <https://www.jaeger-beton.de/portfolio-item/aufzugschaechte/#tab-id-2> (letzter Zugriff: 02.10.2022)

Das modulare Fertigbad von Pagitsch. In URL: <https://www.badbox.pagitsch.at/> (letzter Zugriff: 23.10.2022)

Geberit Installationssysteme. In URL: <https://www.geberit.at/produkte/installationssysteme/> (letzter Zugriff: 05.11.2022)

Leichtbeton-Fertigbad. In URL: <https://www.kvs.co.at/beton> (letzter Zugriff: 17.09.2022)

Modulares Bauen mit vorgefertigten Sanitärwänden und -schächten. In URL: https://www.dbz.de/artikel/modulares-bauen-mit-vorgefertigten-sanitaerwaenden-und-schaechten_3869351.html (letzter Zugriff: 05.11.2022)

Pfosten-Riegel-Konstruktion. In URL: <https://dewiki.de/Lexikon/Pfosten-Riegel-Konstruktion> (letzter Zugriff: 17.07.2022)

Saniclass. Das individuelle Fertigbad für höchste Ansprüche in Design und Ausführung. In URL: <https://www.sanika.it/de/produkte/saniclass> (letzter Zugriff: 18.09.2022)

Sanielement. Das schnelle System in Elementen für Sanierungen im Bestand. In URL: <https://www.sanika.it/de/produkte/sanielement> (letzter Zugriff: 18.09.2022)

Sanitärwände. In URL: <https://www.instabloc.at/produkte/sanitaerwaende.html> (letzter Zugriff: 05.11.2022)

Schwerpunkt. Vorgefertigte Bauteile. In URL: <https://www.db-bauzeitung.de/schwerpunkt/vorgefertigte-bauteile/> (letzter Zugriff: 23.07.2022)

SIP Europe. Verwendung des SIP-Bausystems. In URL: <https://www.sipeurope.eu/de/se-sip-bausystem/verwendung-des-sip-bausystems/> (letzter Zugriff: 17.07.2022)

Vorfertigung im internationalen Vergleich. In URL: <https://www.proholz.at/zuschnitt/06/vorfertigung-im-internationalen-vergleich> (letzter Zugriff: 20.08.2022)

Wieso ein Fertigbad von Sanika? In URL: <https://www.sanika.it/de> (letzter Zugriff: 27.08.2022)

Welcome to the BoKlok world! In URL: <https://www.boklok.com/global/> (letzter Zugriff: 30.07.2022)

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Balloon- Frame und Plattform-Frame.....	9
(Quelle: Knaack, Ulrich/ Chung-Klatte, Sharon et al.: Systembau. Prinzipien der Konstruktion. Basel: Birkhäuser. 2012. S.38)	
Abb. 2: Die vier Phasen des Produktionsprozesses unter den Faktoren Kosten, Zeit und Qualität.....	15
(Quelle: Knaack, Ulrich/ Chung-Klatte, Sharon et al.: Systembau. Prinzipien der Konstruktion. Basel: Birkhäuser. 2012. S.85)	
Abb. 3: Erweiterung Hotel Post, Bezau, Österreich.....	18
(Quelle: Knaack, Ulrich/ Chung-Klatte, Sharon et al.: Systembau. Prinzipien der Konstruktion. Basel: Birkhäuser. 2012. S.49)	
Abb. 4: Variationsmöglichkeiten bei Containermodulen und Geschossigkeit.....	20
(Quelle: Knaack, Ulrich/ Chung-Klatte, Sharon et al.: Systembau. Prinzipien der Konstruktion. Basel: Birkhäuser. 2012. S.67)	
Abb. 5: Fertigbad Universal, Fa. Grumbach.....	26
(Quelle: Fertigbäder Programm 2022. Wetzlar: Karl Grumbach GmbH & Co. KG. 2022. S. 72.)	
Abb. 6: MFC-Fertigbad der Firma KVS Sanyssystem GmbH.....	28
(Quelle: MFC-Leichtbau-Fertigbad elementiert. Kirchberg/Wagram: KVS Sanyssystem GmbH. 2017)	
Abb. 7: Ausführungsvarianten GFK-Fertigbad der Firma KVS Sanyssystem GmbH....	30
(Quelle: Typenübersicht mit Varianten. Kirchberg/Wagram: KVS Sanyssystem GmbH. 2017)	
Abb. 8: Darstellung einer Fertignasszelle in Leichtbetonweise.....	31
(Quelle: Leichtbeton-Fertigbad. In URL: https://www.kvs.co.at/beton (letzter Zugriff: 17.09.2022)	
Abb. 9: Schnitt einer Fertignasszelle in Leichtbetonweise.....	31
(Quelle: Leichtbeton-Fertigbad. In URL: https://www.kvs.co.at/beton (letzter Zugriff: 17.09.2022)	
Abb. 10: Modellvariante Saniflex – Typ ARCO.....	33
(Quelle: Sanicalss. In URL https://www.sanika.it/de/produkte/saniflex (letzter Zugriff: 18.09.2022)	
Abb. 11: Ansichten Modellvariante Saniflex – Typ ARCO.....	34
(Quelle: Sanicalss. In URL https://www.sanika.it/de/produkte/saniflex (letzter Zugriff: 18.09.2022)	

Abb. 12: Konstruktionsmerkmale Fertignasszelle – Geberit Huter.....	37
(Quelle: Leitfaden Sanitäre Vorfertigung. Pottenbrunn: Geberit Huter Vertriebs GmbH & Co KG. 2020. S.38.)	
Abb. 13: Ein- und Zweischalige Ausführung eines Fertigteilauzugschachtes.....	46
(Quelle: AFZ Aufzugschächte. Spezialschächte aus U-förmigen Betonteilen. In URL: https://www.jaeger-beton.de/portfolio-item/aufzugschaechte/ (letzter Zugriff: 27.08.2022)	
Abb. 14: Konstruktionsprinzip 1 – Aufzugsschacht.....	47
(Quelle: AFZ Aufzugschächte. Spezialschächte aus U-förmigen Betonteilen. In URL: https://www.jaeger-beton.de/portfolio-item/aufzugschaechte/ (letzter Zugriff: 02.10.2022)	
Abb. 15: Konstruktionsprinzip 2 – Aufzugsschacht.....	48
(Quelle: AFZ Aufzugschächte. Spezialschächte aus U-förmigen Betonteilen. In URL: https://www.jaeger-beton.de/portfolio-item/aufzugschaechte/ (letzter Zugriff: 02.10.2022)	
Abb. 16: Konstruktionsprinzip 3 – Aufzugsschacht.....	48
(Quelle: AFZ Aufzugschächte. Spezialschächte aus U-förmigen Betonteilen. In URL: https://www.jaeger-beton.de/portfolio-item/aufzugschaechte/ (letzter Zugriff: 02.10.2022)	
Abb. 17: Konstruktionsprinzip 4 – Aufzugsschacht.....	49
(Quelle: AFZ Aufzugschächte. Spezialschächte aus U-förmigen Betonteilen. In URL: https://www.jaeger-beton.de/portfolio-item/aufzugschaechte/ (letzter Zugriff: 02.10.2022)	
Abb. 18: Sonderkonstruktionen – Aufzugsschacht.....	50
(Quelle: AFZ Aufzugschächte. Spezialschächte aus U-förmigen Betonteilen. In URL: https://www.jaeger-beton.de/portfolio-item/aufzugschaechte/ (letzter Zugriff: 02.10.2022)	
Abb. 19: INSTA-BLOC-Sanitärwand „SWT“.....	53
(Quelle: Sanitärwände. In URL: https://www.instabloc.at/produkte/sanitaerwaende.html (letzter Zugriff: 05.11.2022)	
Abb. 20: INSTA-BLOC-Sanitärwand „SWV“.....	54
(Quelle: Sanitärwände. In URL: https://www.instabloc.at/produkte/sanitaerwaende.html (letzter Zugriff: 05.11.2022)	
Abb. 21: INSTA-BLOC-Sanitärwand „SWS“.....	55
(Quelle: Sanitärwände. In URL: https://www.instabloc.at/produkte/sanitaerwaende.html (letzter Zugriff: 05.11.2022)	
Abb. 22: TECESystem Sanitärwand halbhoch mit Schacht.....	56
(Quelle: TECESystem Sanitärwände und -schächte. Emsdetten: TECE GmbH. 2022. S. 34)	

Abb. 23: TECEsystem Sanitärwände Bad und Küche..... 57
(Quelle: TECEsystem Sanitärwände und -schächte. Emsdetten: TECE GmbH. 2022. S. 35)

Abb. 24: Systemvergleich TECEsystem versus konventionelle Herstellung..... 62
(Quelle: TECEsystem Sanitärwände und -schächte. Emsdetten: TECE GmbH. 2022. S. 13)

Abb. 25: Kostenvergleich TECEsystem versus konventionelle Herstellung..... 64
(Quelle: TECEsystem Sanitärwände und -schächte. Emsdetten: TECE GmbH. 2022. S. 13)

Tabellenverzeichnis

Tab.1: Zubehör Preise 2022.I für Grumbach Fertigbäder.....	41
--	----

(Quelle: Fertigbäder Programm 2022. Wetzlar: Karl Grumbach GmbH & Co. KG. 2022. S. 88ff..)

Tab.2: Montagekosten für Grumbach Fertigbäder 2022.....	42
---	----

(Quelle: Fertigbäder Programm 2022. Wetzlar: Karl Grumbach GmbH & Co. KG. 2022. S. 87.)