

DIPLOMARBEIT

ÖKOLOGISCHES BAUEN IM STADTERWEITERUNGSGEBIET

Vorgefertigte Passivhäuser in verdichteter Bauweise

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades
eines Diplom-Ingenieurs / Diplom-Ingenieurin
unter der Leitung von

Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Karin Stieldorf

e253.4 Institut für Architektur und Entwerfen
Abteilung Hochbau und Entwerfen

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Architektur und Raumplanung
von

HAKIMA HARIRI

0125892

Viktor-Adler-Gasse 9

2542 Kottlingbrunn

Wien, am

INHALTSVERZEICHNIS

1 DAS PASSIVHAUS	9
1.1 Definition	9
1.2 Konstruktionsmerkmale	14
1.2.1 Wärmeschutz	14
1.2.2 Wärmebrückenfreiheit.....	15
1.2.3 Luftdichtheit.....	17
1.2.4 Kompaktheit.....	21
1.2.5 Orientierung.....	21
1.3 Vorteile eines Passivhauses	23
1.4 Bauphysik	27
1.4.1 Wichtige Kennwerte.....	27
1.4.2 Passivhauskriterien	33
1.5 Haustechnik	34
1.5.1 Be- und Entlüftung	34
1.5.1.1 Qualitätsanforderungen.....	37
1.5.1.2 Luft-Vorerwärmung für den Frostschutz.....	38
1.5.1.2.1 Erdreichwärmetauscher.....	39
1.5.1.2.1.1 Frischluftkanäle.....	41
1.5.1.2.1.2 Soleleitungen	41
1.5.1.2.2 Luft-Vorerwärmung ohne Erdreichwärmetauscher	43
1.5.2 Raumheizung und Warmwasserbereitung.....	44
1.5.2.1 Techniken zur Wärmeerzeugung.....	47
1.5.2.1.1 Wärmepumpen	47
1.5.2.1.2 Thermische Solaranlagen.....	52
1.5.2.1.2.1 Solarkreislauf	52

1.5.2.1.2.2	Solarkollektoren.....	53
1.5.2.1.2.3	Solarspeicher	56
1.5.3	Kompaktanlagen für Lüftung und Heizung.....	58
1.6	Smart Cities	59
2	DAS FERTIGHAUS	67
2.1	Definition	68
2.2	Geschichte des Fertighausbaus	75
2.2.1	Das Fertighaus als mobiles Haus	75
2.2.2	Die Fertigbauweise als Weiterentwicklung des Fachwerkbaus.....	77
2.2.3	Das Haus als Massenprodukt	79
2.2.4	Die Anfänge des Fertighausbaus.....	85
2.2.5	Entstehung der Fertighausindustrie.....	87
2.2.6	Das Fertighaus heute	102
2.3	Wie entsteht ein Fertighaus?	105
2.4	Bauweisen	108
2.4.1	Holzrahmenbauweise.....	108
2.4.2	Leichtbetonbauweise.....	109
2.4.3	Ziegelbauweise.....	110
2.4.4	Holzmassivbauweise	110
2.5	Vor- und Nachteile der Fertigbauweise gegenüber konventionellem Bau	111
2.5.1	Vorteile	111
2.5.2	Nachteile	113
3	DAS REIHENHAUS	115
3.1	Definition	116
3.2	Vorteile des Reihenhauses	117
3.3	Geschichte des Reihenhauses	119
3.4	Reihenhaus-Typologie	129
3.4.1	Ohne Treppe	129

3.4.2	Treppe längs.....	129
3.4.3	Treppe quer.....	131
3.4.4	Punktförmige Treppe	133
3.4.5	Split-Level längs.....	135
3.4.6	Split-Level quer	135
3.4.7	Unterschiedliche Treppenläufe	137
3.4.8	Back-to-back	137
3.4.9	Back-to-back „crossover“	139
3.5	Qualitätskriterien.....	140
3.5.1	Variabilität.....	140
3.5.2	Flexibilität.....	140
3.5.3	Wegführung	141
3.5.4	Raumgefüge	141
3.5.5	Privatheit der Freibereiche	142
3.6	Siedlungsstruktur.....	143
3.6.1	Gemeinschaftseinrichtungen	146
3.6.2	Parken	147
3.7	Beispiele	149
3.7.1	Siedlung Halen	149
3.7.2	Siedlung Mühlgrundweg	153
3.7.3	Siedlung Kronwiesen.....	157
4	PROJEKT	161
4.1	Entwurfswettbewerb für verdichtete Bauweise bei Fertighäusern	161
4.1.1	Aufgabenstellung	161
4.1.2	Grundstück.....	162
4.1.3	Beurteilungskriterien	162
4.1.4	Mein Beitrag zum Entwurfswettbewerb.....	163
4.2	Wahl eines neuen Bauplatzes	169
4.3	Siedlungskonzept.....	171

4.4 Freiraumgestaltung	173
4.4.1 Bodenbeläge	173
4.4.2 Pflanzen.....	175
4.4.2.1 Spitz-Ahorn (Acer platanoides)	175
4.4.2.2 Rot-Buche (Fagus sylvatica).....	176
4.4.2.3 Sommer-Linde (Tilia platyphyllos).....	177
4.5 Haustypen	179
4.5.1 Typ A	180
4.5.2 Typ B.....	182
4.5.3 Typ C.....	184
4.5.4 Schnitte	186
4.5.5 Kombination der Typen.....	188
4.5.6 Ansichten	189
4.6 Haustechnikkonzept	191
4.7 Bauteile	194
4.7.1 Außenwand.....	195
4.7.2 Außenwand Windfang	196
4.7.3 Innenwand	197
4.7.4 Trennwand zwischen zwei Wohneinheiten.....	198
4.7.5 Erdberührender Fußboden	199
4.7.6 Flachdach	200
4.7.7 Geschoßdecke.....	201
4.7.8 Bauteilanschlüsse.....	202
4.8 Gebäudesimulation	204
4.8.1 Untersuchungen zum Windfang	204
4.8.2 Heizwärmebedarf	206
4.8.3 Sommertauglichkeit.....	206
4.9 Visualisierungen	208



Abb. 1.1 | Lehm-Stroh Passivhaus, Tattendorf, Arch.Reinberg



Abb. 1.2 | Sol4, Mödling

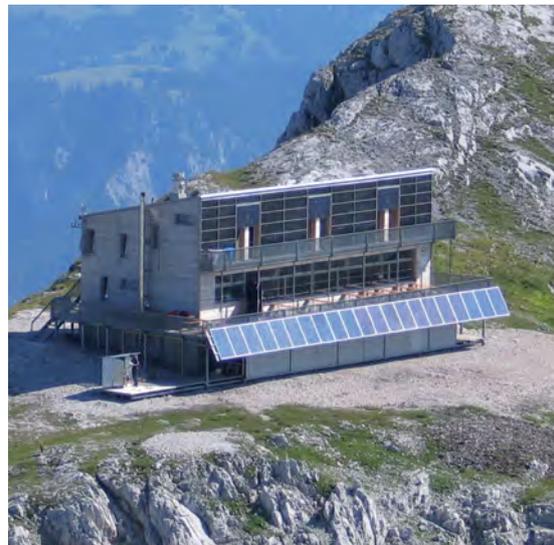


Abb. 1.3 | Schiestlhaus, Hochschwab

1 DAS PASSIVHAUS

1.1 DEFINITION

„Ein Passivhaus ist ein Gebäude, das hohen Wohnkomfort und Behaglichkeit mit extrem niedrigen Energiekosten und einem sorgsamem Umgang mit unserer Umwelt verbindet. Dieses Ziel wird erreicht, indem in Planung und Ausführung auf ein besonders hohes Qualitätsniveau wertgelegt wird. Das heißt, bei einem Passivhaus gelten dieselben technischen und physikalischen Grundgesetze wie für jedes andere Gebäude auch – die Lösungen werden aber wesentlich hochwertiger ausgeführt.“¹

Ein Gebäude wird als „Passivhaus“ bezeichnet, wenn es einem bestimmten Baustandard, dem sogenannten Passivhaus-Standard, entspricht. Die Bauweise spielt dabei keine Rolle. Der Passivhaus-Standard zielt durch Reduzierung der Wärmeverluste auf eine Senkung des Energiebedarfs ab und bietet dennoch eine hohe Wohnqualität.

Ein Passivhaus ist ein Gebäude, das weitgehend „passiv“ von der Sonne (große Südverglasung) und inneren Wärmequellen (Wärmabgabe von Personen, Haushaltsgeräte, Beleuchtung, etc.) erwärmt werden kann. Es benötigt kein aktives Heiz- bzw. Klimatisierungssystem um ein behagliches Raumklima im Winter wie auch im Sommer zu erreichen.

Dafür werden besondere Anforderungen an die Gebäudehülle gestellt. Der Dämmwert der Außenbauteile muss über einem bestimmten Wärmedurchgangskoeffizient (auch U-Wert genannt) liegen. Zusätzlich zum erhöhten Wärmeschutz muss die Gebäudehülle absolute Luftdichtheit aufweisen damit keine warme Luft aus dem Gebäude hinaus und keine kalte Luft hinein kommen kann. Um den Anforderung für Frischluft trotz

¹ WWW-IG

luftdichter Hülle nachzukommen, wird eine Lüftungsanlage eingesetzt. Die Lüftungsanlage verfügt über einen Wärmetauscher, der die Frischluft mit Hilfe der Abluft erwärmt bevor sie den Räumen zugeführt wird. Da hier natürlich kein 100%iger Wirkungsgrad erreicht werden kann, muss der Luft noch zusätzlich Wärme zugeführt werden. Allerdings wäre wegen der geringen Heizlast ein herkömmliches Heizsystem überdimensioniert.²

Abb. 1.4 zeigt das Grundprinzip der optimierten Energieeffizienz anhand einer Thermoskanne und einer Kaffeemaschine. Beide halten den Kaffee warm. Die Kaffeemaschine über die Heizplatte, die Thermoskanne energiesparend durch Vermeidung von Wärmeverlusten. So kann auf eine Heizplatte verzichtet werden.

Es gibt viele Möglichkeiten die Energieeffizienz eines Gebäudes zu verbessern. Durch den Einsatz von Passivhausfenstern können im Vergleich zu herkömmlicher Isolierverglasung 70% der Wärmeverluste vermieden werden. Zusätzliche Dämmung der Außenwand kann Wärmeverluste um bis zu 90% reduzieren. Durch den Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung können die Lüftungswärmeverluste um 75 bis 90% gesenkt werden.³

Neben der optimalen Energieeffizienz zeichnet sich ein Passivhaus durch hohen Wohnkomfort und besonders gute Bauqualität aus, was zu einer Wertsteigerung führt.

Der Passivhaus-Standard lässt sich für nahezu jeden Gebäudetyp (Einfamilienhaus, Reihenhaushaus, Geschoßwohnungsbau, Bürogebäude, Kindergarten, etc.) verwirklichen. Er ist an keinen bestimmten Architekturstil gebunden. Ein Passivhaus kann in unterschiedlichen Bauweisen (Massiv-, Leicht- oder Mischbauweise), Materialien (Holz, Lehm, Ziegel, Beton, Glas, Stahl, etc.) und Formen realisiert werden.

Die Qualitätsanforderungen sind jedoch klar definiert:

- Der Heizwärmebedarf (HWB) darf 10 kWh/m²a berechnet nach PHPP (Passivhaus Projektierungs- Paket) nicht überschreiten.
- Soll eine Beheizbarkeit rein über die Komfortlüftung gewährleisten werden, ist die Heizlast auf 10 W/m² begrenzt.

2 SIEG, 2007, S.6

3 SOM, 2011, S.20

- Die Gebäudehülle muss wärmebrückenfrei sowie luft- und winddicht ausgeführt sein. Die Luftdichtigkeit darf den n_{50} -Wert von 0,60/h nicht überschreiten.
- Um eine umweltfreundliche Abdeckung des Energieverbrauches (inkl. Haushaltsstrom der alleine die Hälfte des Gesamtbedarfs verursacht) sicherzustellen ist der maximale Primärenergieverbrauch auf 120 kWh/m²a festgesetzt.⁴

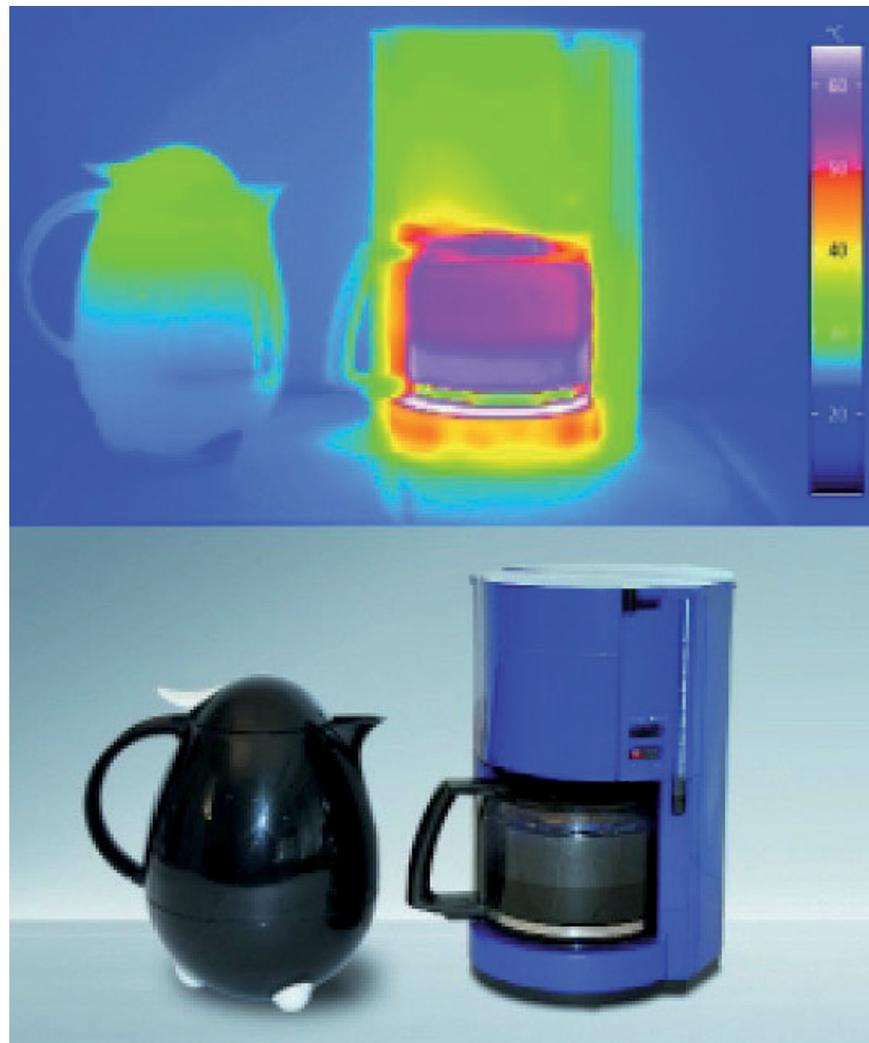


Abb. 1.4 | Thermoskanne – optimierte Energieeffizienz

4 WWW-IG

Die wichtigsten Passivhaus-Merkmale im Überblick:

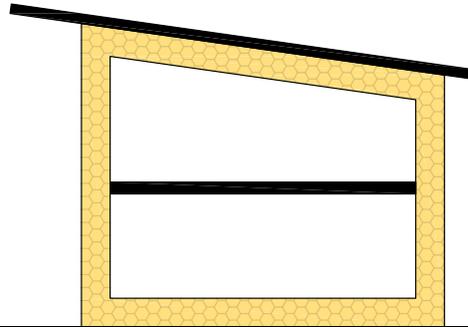


Abb. 1.5 | umlaufend gedämmte Gebäudehülle mit Vermeidung von Wärmebrücken

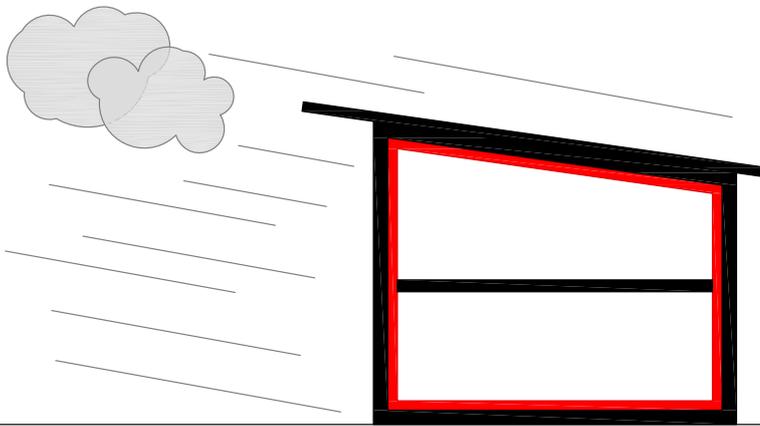


Abb. 1.6 | vollkommen luftdichte Gebäudehülle

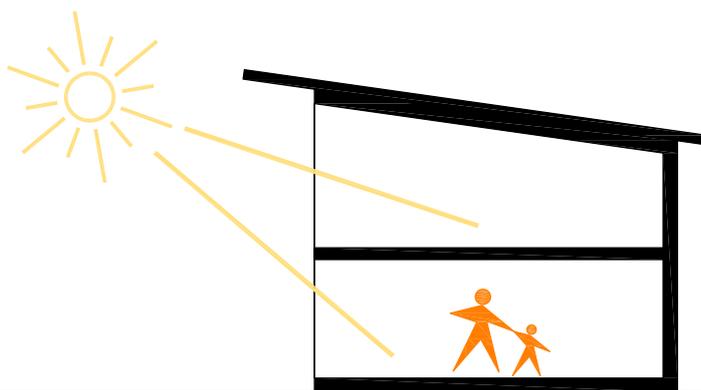


Abb. 1.7 | Südorientierung des möglichst kompakten Baukörpers

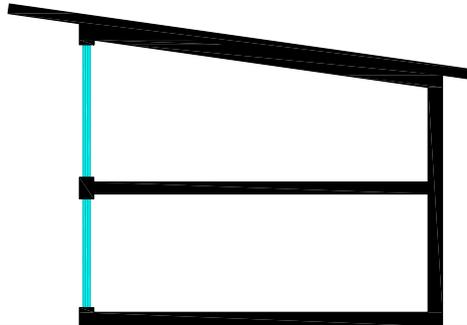


Abb. 1.8 | Passivhausfenster mit dreifach Wärmeschutzverglasung und wärmegeädämmtem Rahmen

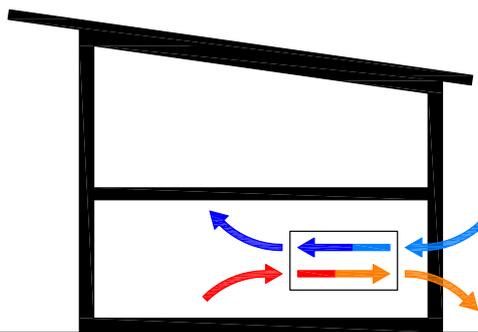


Abb. 1.9 | kontrollierte Wohnraumlüftung mit hoher WRG, die ein konventionelles Heizsystem überflüssig macht

1.2 KONSTRUKTIONSMERKMALE

Um die Prinzipien eines Passivhauses optimal einzuhalten, sind einige konstruktive Kriterien zu erfüllen.

1.2.1 WÄRMESCHUTZ

Das Passivhaus erfordert einen erhöhten Wärmeschutz um die Transmissionswärmeverluste so klein wie möglich halten. Das bedeutet, dass große Dämmstoffdicken an den Außenbauteilen notwendig sind bzw. ein entsprechend niedriger U-Wert. Der U-Wert oder Wärmedurchgangskoeffizient mit der Einheit W/m^2K gibt an, wie viel Wärme durch $1 m^2$ eines Bauteils durch Wärmeleitung hindurchgeht, wenn der Temperaturunterschied zwischen den beiderseits angrenzenden Luftschichten 1 Kelvin (K) bzw. 1 Grad Celsius beträgt.

In Zahlen bedeutet erhöhter Wärmeschutz:

- Für sämtliche lichtundurchlässige Gebäudeaußenteile (z.B. Wände, Decken) $< 0,10 W/m^2K$
- Für Fenster und Außentüren $< 0,80 W/m^2K$
- Verglasungen mit thermisch getrenntem Randverbund $< 0,70 W/m^2K$

Um diese niedrigen U-Werte zu erreichen werden an der Gebäudehülle bis zu 40cm Dämmung benötigt. Bei Fenstern und Verglasungen werden diese niedrigen Werte durch spezielle Passivhausfenster erreicht. Bei diesen sind wärmedämmte Rahmen und thermisch ausgefeilte Randverbunde bereits integriert.

Die Dämmung verhindert nicht nur, dass im Winter keine Wärme aus dem Gebäude entweicht, sie verhindert auch das Eindringen von Hitze im Sommer. Dank der niedrigen U-Werte der Außenbauteile liegt die Innenoderflächentemperatur im Bereich der Lufttemperatur, was für hohe Behaglichkeit der Wohnräume sorgt und luftfeuchtebedingte Bauschäden vermeidet.

1.2.2 WÄRMEBRÜCKENFREIHEIT

Eine Wärmebrücke ist ein Bereich eines Bauteils, durch den Wärme schneller nach außen transportiert wird als durch einen ungestörten Teil des Bauteils. Dieser Bereich ist eine Schwachstelle in der Konstruktion, da durch Wärmebrücken höhere Wärmeverluste entstehen. Ist der Wärmeschutz eines Gebäudes sehr hoch, kann der Einfluss von Wärmebrücken erheblich sein. Beim Passivhaus können solche Konstruktionsfehler rasch zur Überschreitung des Jahresheizwärmebedarfs von 10 kWh/m²a führen. Um den nötigen Energieeinsatz zu minimieren, ist daher besonders auf eine wärmebrückenfreie Ausführung zu achten.⁵

Die Vermeidung von Wärmebrücken ist nicht nur wegen des erhöhten Energieverbrauchs wichtig, sie hilft auch Bauschäden vorzubeugen. Im Bereich von Wärmebrücken sinkt bei kalten Außentemperaturen die raumseitige Oberflächentemperatur von Bauteilen stärker ab als in den „Normalbereichen“. So kann es zu Tauwasseranfall und in weiterer Folge zu Schimmelpilzbildung kommen.

Wärmebrücken entstehen oft an Anschlüssen zwischen Bauteilen, Durchdringungen, Auskragungen, Kanten und Ecken. Man unterscheidet geometrische, materialbedingte und konstruktive Wärmebrücken.

- Geometrische Wärmebrücken ergeben sich an Ecken in einem ansonsten homogenen Bauteil. Hier steht der Innenfläche eine größere Außenfläche, durch die die Wärme abfließt, gegenüber. In der Kante fließt daher mehr Wärme ab als in einem ungestörten Bereich der Wandfläche. Als weitere Folge ist dadurch die innere Oberflächentemperatur der Kante deutlich niedriger als die der übrigen Wandoberfläche. (Abb. 1.10, S. 16)
z.B. Hausaußenecke, Erker
- Materialbedingte Wärmebrücken liegen dann vor, wenn Materialien mit höherer Wärmeleitfähigkeit im Bauteil vorkommen. (Abb. 1.11, S. 16)
z.B. eingelassene Stahlträger, Betonsturz in Klinkerwand
- Konstruktive Wärmebrücken entstehen wenn Materialien mit hoher Wärmeleitfähigkeit konstruktionsbedingt ein Außenbauteil mit besserem Wärmeschutz durchstoßen. (Abb. 1.12, S. 16)
z.B. auskragende Balkonplatte

⁵ SCHU, 2007, S.16

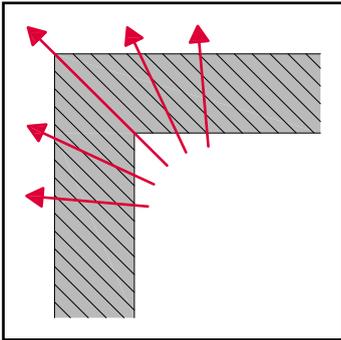


Abb. 1.10 | geometrische Wärmebrücke

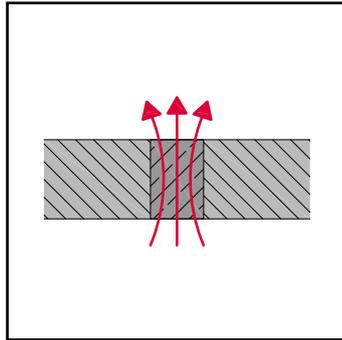


Abb. 1.11 | materialbedingte Wärmebrücke

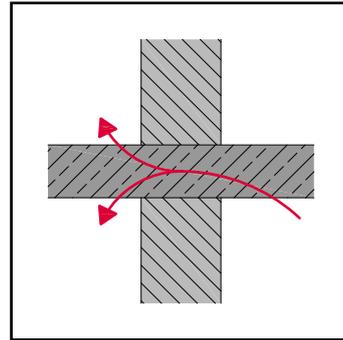


Abb. 1.12 | konstruktive Wärmebrücke

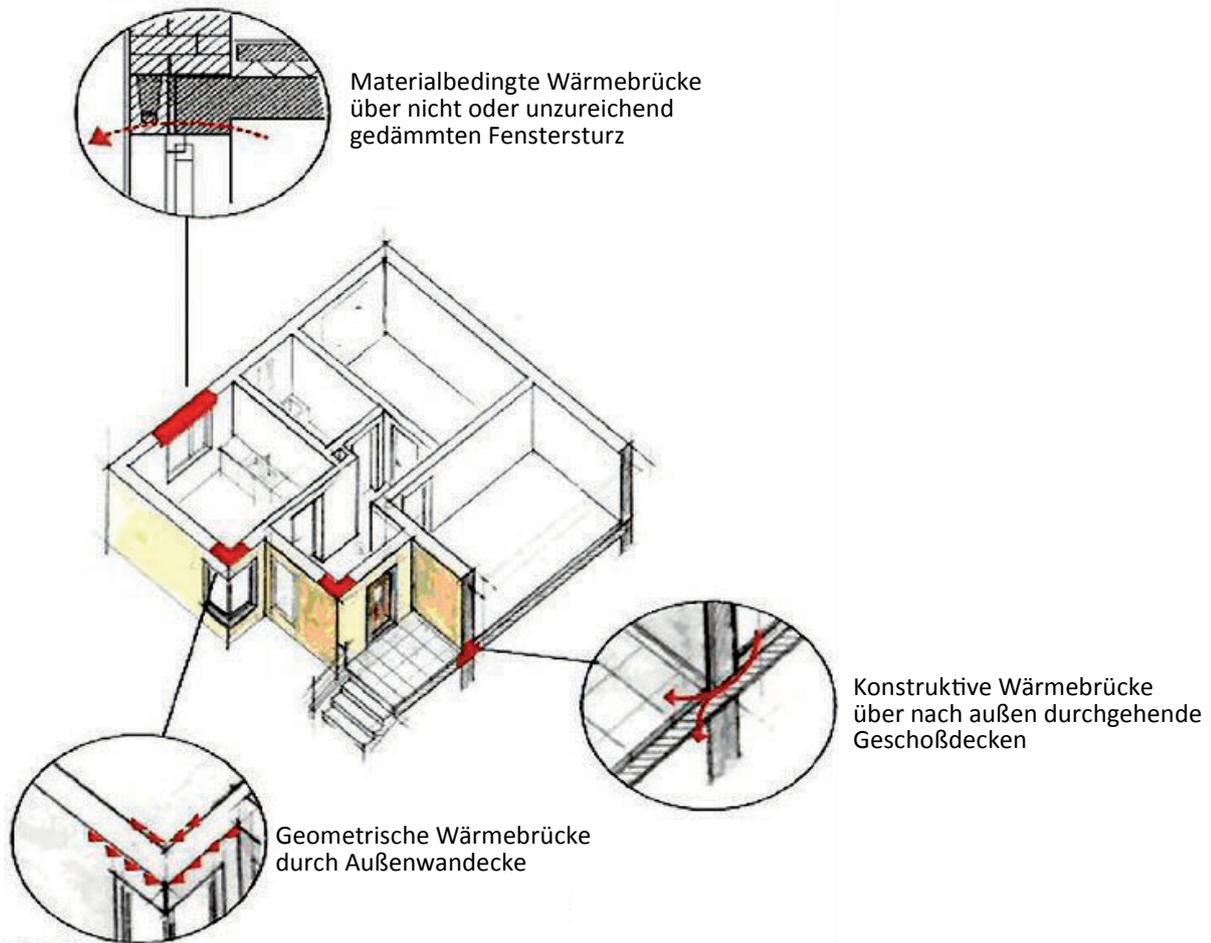


Abb. 1.13 | Typische Wärmebrücken im Haus

Rein geometrische Wärmebrücken lassen sich selbst beim Passivhaus nicht vermeiden. Sie bilden allerdings wegen der ohnehin hohen Innenoberflächentemperaturen keine Gefahr für Bauschäden und wirken sich auch in der Wärmebilanz nicht negativ aus.

1.2.3 LUFTDICHTHEIT

Die Luftdichtheit ist ein wichtiges Kriterium beim Passivhaus. Um Lüftungswärmeverluste so gering wie möglich zu halten muss die Außenhülle eines Passivhauses möglichst wind- und luftdicht ausgeführt sein. Durch die Luftdichtheit werden zudem Bauschäden vermieden, die durch im Luftzug mitgeführten Wasserdampf entstehen können.

Zur Messung der Luftdichtheit wurde der BlowerDoor-Test entwickelt. Dabei wird in eine Tür- oder Fensteröffnung ein von einer luftundurchlässigen Plane umgebener Ventilator eingebaut (siehe Abb. 1.14 und Abb. 1.15, S. 18), der im Gebäude einen Über- bzw. Unterdruck erzeugt.

Der BlowerDoor-Test gliedert sich in drei Phasen:

- In der ersten Phase wird ein konstanter Unterdruck von 50 Pa oder etwas höher erzeugt und aufrechterhalten. Während dieser Phase wird die Gebäudehülle nach undichten Stellen abgesucht, an denen Luft unerwünscht hereinströmt. Mit Hilfe einer Infrarotkamera können Fehlerstellen sehr exakt und anschaulich wiedergegeben werden.
- In der zweiten Phase wird ein Unterdruck aufgebaut, wobei man mit 10-30 Pa beginnt und schrittweise auf etwa 60-100 Pa erhöht. Bei jedem Schritt wird der jeweilige Luftvolumenstrom in Abhängigkeit von dem Gebäudedruck gemessen und protokolliert.
- In der dritten Phase wird ein Überdruck erzeugt und die Messung wird analog zu Phase 2 wiederholt.

Aus den gesamten Ergebnissen des Über- und Unterdruckes wird die mittlere Luftwechselrate (n_{50} -Wert) errechnet. Diese gibt an, wie oft sich die Luft im Gebäude durch Luftleckagen bei einem Referenzdruck von 50 Pa erneuert. Der erhaltene n_{50} -Wert sollte 0,6/h nicht übersteigen. Je kleiner dieser Wert ist, desto dichter - und damit besser - ist die Gebäudehülle.⁶

6 WWW-WIK-BD



Abb. 1.14 | BlowerDoor-Test



Abb. 1.15 | BlowerDoor-Test

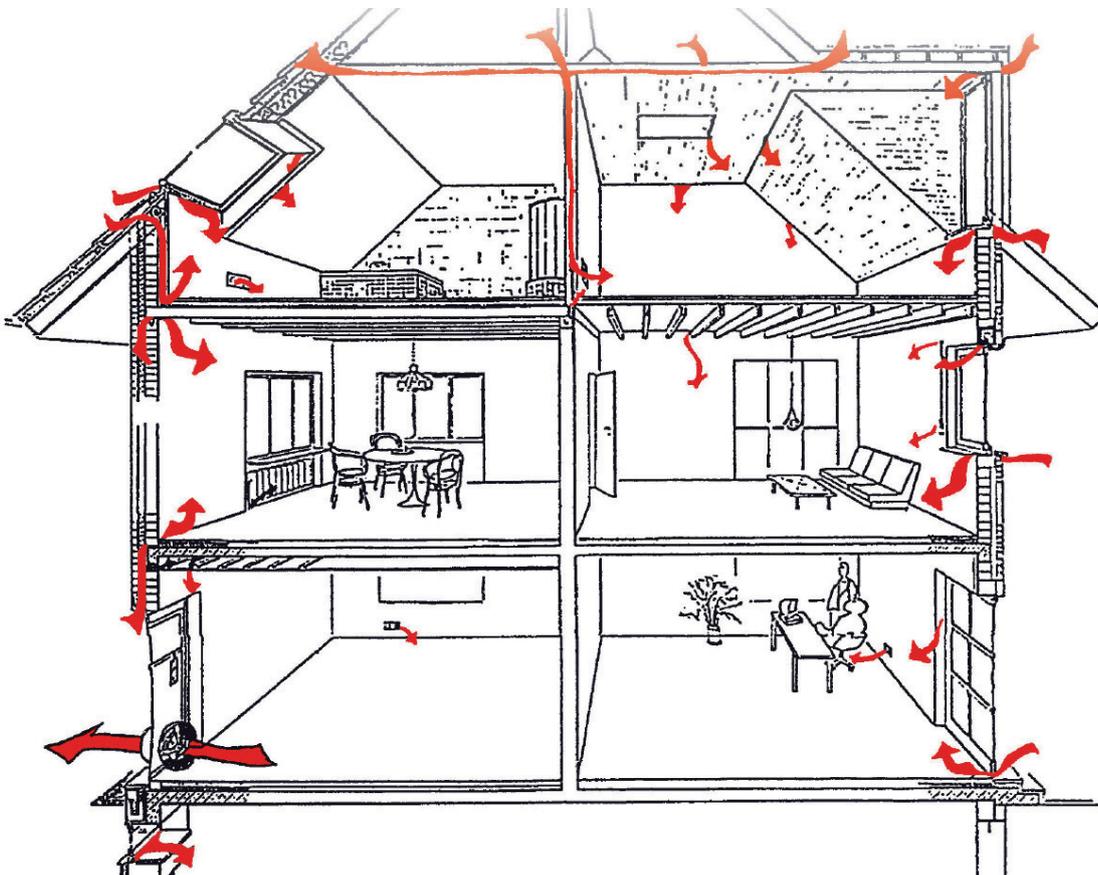


Abb. 1.16 | BlowerDoor-Test – typische Undichtigkeiten

Die genaue Vorgangsweise für die Durchführung ist in ÖNORM EN 13829 festgelegt.⁷

Um Undichtigkeiten zu vermeiden sollte in der Planungsphase ein Luftdichtheitskonzept erarbeitet werden. Dabei sollten alle Bauteilanschlüsse und Durchdringungen der Gebäudehülle mit einbezogen werden.

„Eine detaillierte Planung sollte für folgende Punkte vorliegen:

- *Luftdichtheitsschicht*
- *Werkstoffe, die die Luftdichtheit bilden*
- *Übergänge für die Luftdichtheitsebene bei unterschiedlichen Baustoffen, z.B. der Anschluss des Sparrendachs an die Massivwand*
- *Durchdringungen der Luftdichtheitsebene, z.B. an Lüftungsrohren, Elektro- und Sanitärinstallationen*
- *Übergänge an Dach und Wand*
- *Einfügung bei Dachflächenfenstern*
- *Einsetzung einer Bodenluke bei unbeheizten Dachgeschossen*
- *Fenster- und Außentürenanschlüsse*⁸

Die Luftdichtheit ist auch für den effizienten Betrieb der Lüftungsanlage ausschlaggebend.

7 WWW-ENSP-BD

8 SOM, 2011, S.23f

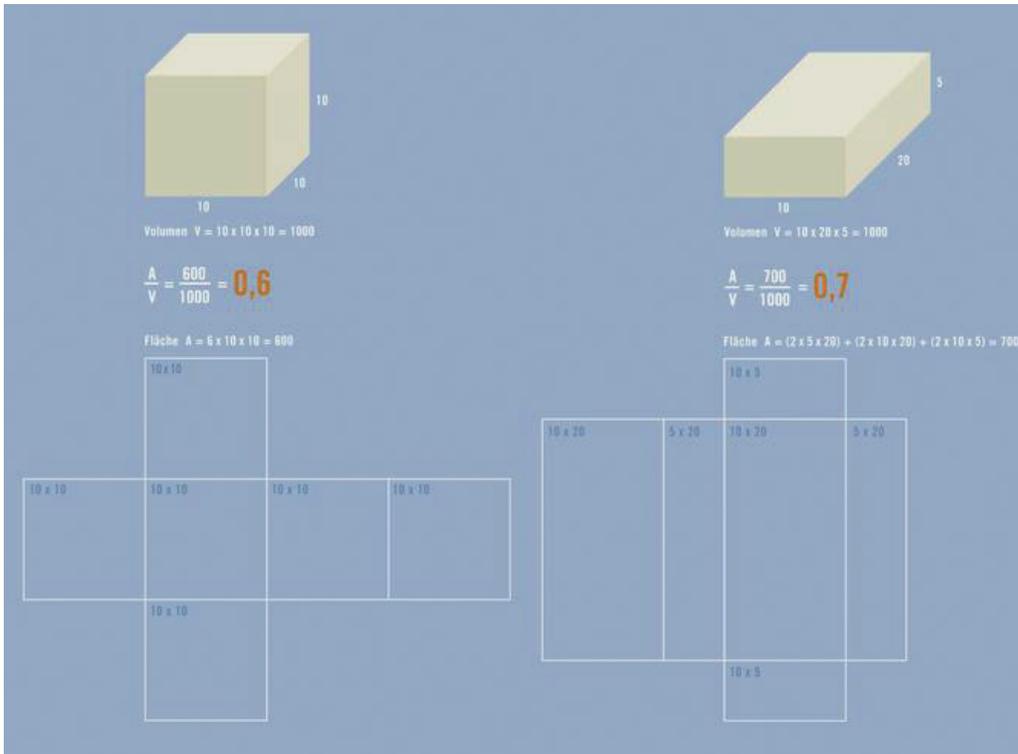


Abb. 1.17 | A/V-Verhältnis

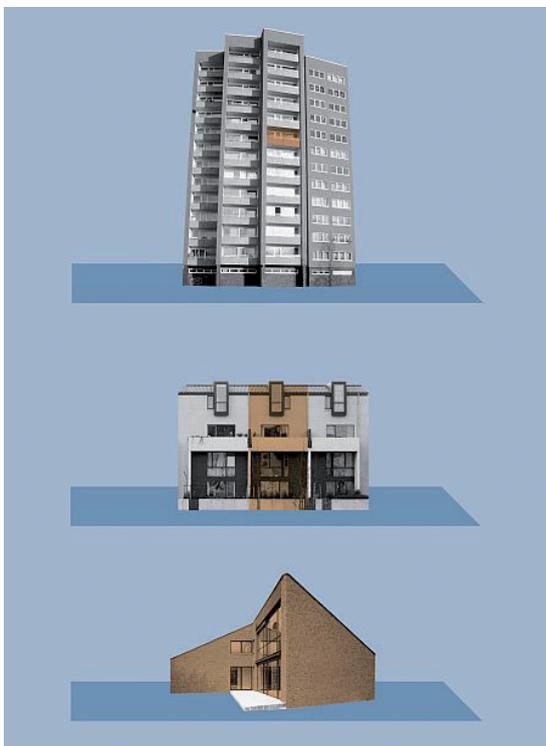


Abb. 1.18 | Größere Kompaktheit durch Koppelung der Wohneinheiten

1.2.4 KOMPAKTHEIT

Die Kompaktheit bezeichnet das Verhältnis von Oberfläche (A) zu Volumen (V). Je kleiner das A/V-Verhältnis, desto kompakter ist das Gebäude (Abb. 1.17). Dabei geht es vor allem darum, die Oberfläche des Gebäudes auf ein Minimum zu reduzieren. Das bedeutet, jene Fläche zu verkleinern, an der Wärmeenergie abgegeben wird und dadurch die Wärmeverluste zu verringern.

Bei einer Reihenanlage wird durch die Koppelung der Wohneinheiten die Kompaktheit weiter verbessert, da statt Außenwänden Wohnungstrennwände vorhanden sind (Abb. 1.18). Die Transmissionswärmeverluste sind an diesen Flächen stark reduziert oder fallen sogar ganz weg.⁹

1.2.5 ORIENTIERUNG

Für viele Experten stellt die Orientierung den wichtigsten Punkt bei der Planung eines Passivhauses dar. Das klassische Passivhaus ist nach Süden orientiert. Eine Südorientierung hat natürlich viele Vorteile. Sie ist ideal geeignet um die „passive“ Sonnenenergie zum entscheidenden Wärmelieferanten zumachen. Durch großflächige Verglasungen nach Süden können hier hohe solare Wärmegewinne erzielt werden. Die Sonne, die durch die Fenster scheint, heizt den Wohnraum und damit auch die Abluft auf. So können im Wärmetauscher der Lüftungsanlage höhere Wirkungsgrade erzielt werden. Dadurch wird auch das Nachheizen der Zuluft durch eine Zusatzheizung weiter minimiert.

Im Sommer sollte allerdings für eine natürliche Verschattung der großen Fensterflächen in der Südfassade gesorgt sein um ungewolltes Aufheizen der Räume zu vermeiden. Besonders geeignet sind dafür Laubbäume, die im Sommer den nötigen Schatten spenden und im Winter die Sonnenstrahlen nahezu ungehindert auf die Fassade treffen lassen.¹⁰

⁹ SIEG, 2007, S.9

¹⁰ SIEG, 2007, S.9

Für das südorientierte Passivhaus ist die passive Solarenergienutzung ist ein wichtiger Faktor. Es ist also besonders günstig, wenn ein Großteil der Fensterflächen nach Süden weist und nur ein möglichst kleiner nach Norden. Entsprechend sollte auch der Grundriss des Gebäudes zониert werden. Aufenthaltsräume wie Wohn-, Kinder- und Esszimmer werden nach Süden orientiert. An der Nordseite werden Räume mit untergeordneter Funktion angeordnet wie z.B. WC, Abstell- und Technikräume.¹¹

Nicht jeder Baugrund ist für ein Haus mit Südorientierung geeignet. Vor allem in städtischer Lage macht eine andere Ausrichtung oft mehr Sinn. Sei es wegen der Ausrichtung des Grundstücks zur Straße, auf Grund ungünstiger Verschattungverhältnisse oder zu Gunsten einer besonderen Aussicht. Im Geschosswohnungsbau und bei anderen kompakten Gebäudeformen kann der Passivhaus-Standard auch ohne Südorientierung erreicht werden. Geringere Verglasungsmöglichkeiten an der Südseite und die daraus resultierenden niedrigeren Wärmegewinne lassen sich durch größere Verglasungen Richtung Westen und Osten kompensieren.

Es wurden bereits viele funktionierende Passivhäuser mit Nordorientierung realisiert. Um im Winter die fehlenden solaren Wärmegewinne auszugleichen verfügen sie oft über einen Kachel- oder Einsatzofen, der der Luft zusätzlich Wärme zuführt. Auch sind in den meisten Fällen größere Dämmstoffstärken bei den Außenbauteilen erforderlich um die Wärmeverluste noch weiter zu verringern.

¹¹ WWW-PHP

1.3 VORTEILE EINES PASSIVHAUSES

Ein Passivhaus überzeugt mit vielen Vorteilen. Die wohl bekanntesten Vorteile sind die **niedrigen Heizkosten** und die Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern. Wärmegewinne werden kostenlos und nachhaltig durch die Sonneneinstrahlung und die Wärmeabgabe von Personen und Haushaltsgeräten erzielt. Die gut gedämmte Gebäudehülle sorgt dafür, dass die Wärme im Haus bleibt und verhindert gleichzeitig – bei korrekter Verschattung der Glasflächen – die Überhitzung der Wohnräume im Sommer. Da ein Passivhaus nur sehr langsam auskühlt, wird die Temperatur im Innenraum selbst bei Totalausfall der Heizung über einen Monat und tagelangem Nebel nicht unter 13 bis 15°C fallen. *„Jede kleinste Notheizung sorgt für ausreichend Wärme, so reichen beispielsweise für die Beheizung eines 15 m² großen Kinderzimmers während kalter und sonnenloser Tage 150 Watt Heizleistung. Zum Vergleich: Die Heizleistung eines Teelichtes beträgt 30 Watt. Die Wärme von nur 5 Teelichtern reicht also für die Beheizung eines Kinderzimmers aus!“¹²*

Ausgeglichene Temperaturen sorgen für **hohen Wohnkomfort**. Durch die gute Dämmung sind alle Oberflächen der umschließenden Bauteile gleichmäßig warm (keine Strahlungsasymmetrie). Die Außenwände und Fußböden zum Keller sind nur um 0,5 bis 1°C kühler als die Raumlufttemperatur. Selbst die Fenster sind im Winter kaum (etwa 2 bis 3 °C) kälter als die Raumluft, so dass es auch nicht zu Kondenswasserbildung an den Scheiben kommt. Die hohe Qualität der Fenster wirkt außerdem der Lärmbelästigung entgegen. Durch die geringe Temperaturdifferenz zwischen Raumluft und den Oberflächen der umschließenden Bauteile wird die Behaglichkeit des Raumes und somit auch der Wohnkomfort gesteigert.

Ein wesentlicher Teil des Komforts hängt von der thermischen Behaglichkeit ab. Behaglichkeit ist eine subjektive Empfindung des Körpers. Dabei spielen die Raumlufttemperatur, die Oberflächentemperatur der umgebenden Bauteile (Strahlungstemperatur), die Luftgeschwindigkeit sowie die relative Luftfeuchtigkeit eine Rolle. Die Differenz zwischen Lufttemperatur und

¹² WWW-NOE

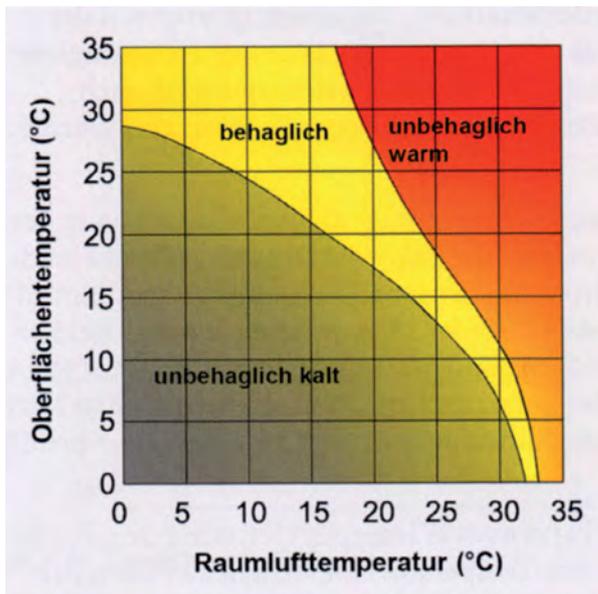


Abb. 1.19 | Empfundene Behaglichkeit in Abhängigkeit von der Oberflächentemperatur

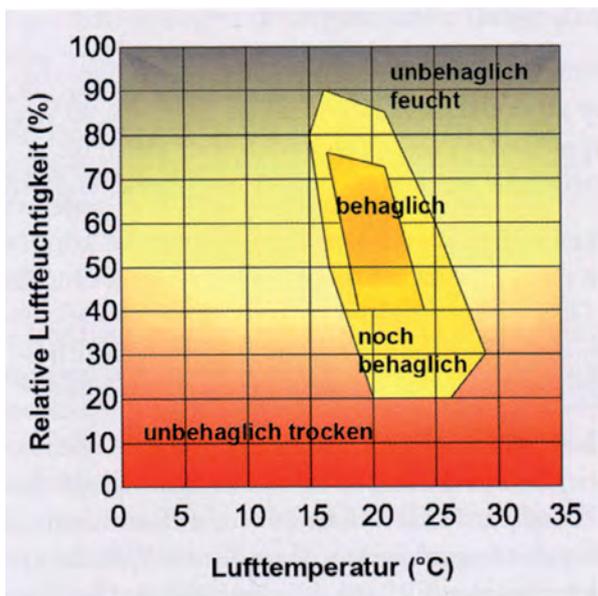


Abb. 1.20 | Empfundene Behaglichkeit in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchtigkeit

Strahlungstemperatur sowie der Strahlungstemperaturen untereinander sollte möglichst gering sein. *„Optimale thermische Behaglichkeit stellt sich ein, wenn die Wärmeabgabe des menschlichen Körpers im Gleichgewicht mit seiner Wärmeproduktion ist.“*¹³

Die Raumluft- und die Bauteiloberflächentemperatur eines Raumes ergänzen sich gegenseitig. Je niedriger die Oberflächentemperatur, desto höher muss die Raumlufttemperatur sein um Behaglichkeit zu gewährleisten (Abb. 1.19). Liegt die Oberflächentemperatur der umgebenden Bauteile bei 10°C, kann auch bei hoher Raumlufttemperatur kein behagliches Raumklima erzielt werden, weil dann dem menschlichen Körper, vor allem in Wandnähe, zu viel Wärme entzogen wird. Bei einer Oberflächentemperatur von 20°C wird das Raumklima selbst bei 16°C Lufttemperatur als angenehm empfunden.

Bei der Luftfeuchtigkeit gilt: je niedriger die Temperatur, desto höher kann die relative Luftfeuchtigkeit sein (Abb. 1.20).

Die kontrollierte **Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung** (oft auch Komfortlüftung genannt) sorgt kontinuierlich für frische Luft, ohne dass Zugerscheinungen auftreten und ohne dass die Bewohner sich aktiv um die Lüftung kümmern müssen. Für ausreichend frische Luft ist also stets gesorgt – auch bei längerer Abwesenheit und nachts. Dadurch wird die Konzentrationsfähigkeit gesteigert und die Regenerationsfähigkeit während des Schlafs erhöht. Durch den Einsatz von speziellen Luftfiltern ist die Luft zudem noch pollenfrei und staubarm – ideal für Allergiker und Asthmatiker. CO₂- und Feuchtesteuern sind ebenfalls möglich. Es gibt keine überhöhte Luftfeuchtigkeit und daher auch keinen Schimmelbefall was Bauschäden entgegenwirkt. Auch Schadstoffkonzentrationen und Gerüche in den Innenräumen werden durch die Komfortlüftung vermieden. Im Vergleich zur Außenluft ist die Luftqualität der Raumluft im Passivhaus also deutlich höher. Die automatische Frischluftzufuhr ermöglicht außerdem eine einfache und preiswerte Wärmerückgewinnung aus der Abluft, die bei der üblichen Fensterlüftung unwiederbringlich verloren geht.

Eine **luftdichte Hülle** umgibt das gesamte Gebäude. Die Anschlüsse zwischen den Bauteilen werden sehr sorgfältig abgedichtet. Dadurch vermeidet man nicht nur Zugluft und ungewollte Luftströmungen, sondern verringert vor allem die Gefahr von Bauschäden durch eindringende Feuchte und in der Folge

13 WWW-PP-TBH

kondensierende Innenraumluft. „Je nach Bauweise werden unterschiedliche Dichtheitskonzepte umgesetzt. Im Massivbau stellt hauptsächlich die Putzschicht die luftdichte Ebene dar, im Holzleichtbau werden Plattenwerkstoffe oder Dampfbremsen miteinander verklebt. Besonderes Augenmerk ist auf den Einbau der Fenster und auf die Elektroverrohrung zu legen, um hier die geforderte Gebäudedichtheit zu erreichen.“¹⁴

Durch die **hochwertige Bauqualität** ist der Wohnwert sowie der Gebäudewert eines Passivhauses deutlich höher als jener konventioneller Häuser. Niedrigste Betriebskosten (100 bis 150 Euro Heiz- und Warmwasserkosten im Jahr), sowie ein attraktives Fördersystem machen Passivhausqualität auch finanziell interessant. Da man auf ein konventionelles Heizsystem verzichten kann, finanzieren diese Einsparungen einen großen Teil der Mehrkosten für die hocheffiziente Lüftungsanlage, die besseren Fenster und die erhöhte Wärmedämmung. Der Mehraufwand für die Errichtung wird durch die niedrigen Betriebskosten über die Lebensdauer des Gebäudes mehr als ausgeglichen. Die Unsicherheit über die künftigen Betriebskosten – aufgrund der Energiepreisentwicklung – entfällt. Zusätzlich führt der Komfortgewinn zu einem ausgezeichneten Kosten/Nutzenverhältnis. Wegen der geringen Umweltbelastungen durch die sparsame Beheizung über ihre gesamte Lebensdauer sind Passivhäuser außerdem ein wirkungsvoller Beitrag zum Umweltschutz.

Auch im **Sommer** bieten Passivhäuser einen Vorteil gegenüber konventionellen Häusern. Die gut gedämmte Gebäudehülle verhindert, dass die Wärme von außen ins Gebäude dringt. Durch die Ausstattung mit energieeffizienter Haustechnik und stromsparenden Geräten wird weniger Abwärme im Gebäudeinneren frei. Zusätzlich wird durch die Lüftungsanlage über den Erdreichwärmetauscher ein sanfter Kühleffekt erreicht.¹⁵

14 WWW-NOE

15 SIEG, 2007, S.10 / WWW-IG / WWW-NOE

1.4 BAUPHYSIK

Als Maß für den Energieverbrauch wird der Energiekennwert in kWh/m²a verwendet. Der Kennwert beschreibt die gesamte Energie, die in einem Jahr verbraucht wird. Dabei wird der Verbrauch auf einen Quadratmeter Wohnfläche bezogen um unterschiedliche Häuser und Wohnungen vergleichen zu können. Zusätzlich kommt es bei der Bezugsgröße zur Unterscheidung einzelner Teilbereiche wie etwa der Energie zur Erzeugung des warmen Brauchwassers, der Energie zum Heizen und des Stromes, der für den Betrieb der technischen Anlagen und des Haushalts benötigt wird.¹⁶

1.4.1 WICHTIGE KENNWERTE

Als **Primärenergie** werden alle Energien bezeichnet, die aus nicht erneuerbaren Energieträgern (z.B. Öl, Gas, Kohle) gewonnen werden, wobei auch der normale Haushaltsstrom durch Verbrennen von Primärenergie erzeugt wird.¹⁷ Der **Jahres-Primärenergiebedarf** ist die Energiemenge, die zur Deckung des Jahresheizenergiebedarfs und des Trinkwasserwärmebedarfs einschließlich jener Energiemenge, die durch vorgelagerte Prozessketten außerhalb der Systemgrenze bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung des Energieträgers benötigt wird. Beim Primärenergiebedarf werden außer den Verlusten der Anlagentechnik auch noch die Prozessketten außerhalb der Systemgrenze „Gebäude“ berücksichtigt.¹⁸

Der **Jahresheizwärmebedarf** ist die maßgebliche Kenngröße des jährlichen Wärmebedarfs. Er beschreibt die Wärmemenge, die während der Heizperiode aufgebracht werden muss, um bei gewöhnlichen äußeren Klimabedingungen eine angenehme Innenraumtemperatur zu erhalten. Gemessen wird der Jahresheizwärmebedarf in Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr (kWh/m²a). Er resultiert aus der Summe der Transmissions- und

¹⁶ SOM, 2011, S.38

¹⁷ SOM, 2011, S.38

¹⁸ WWW-EN-PR

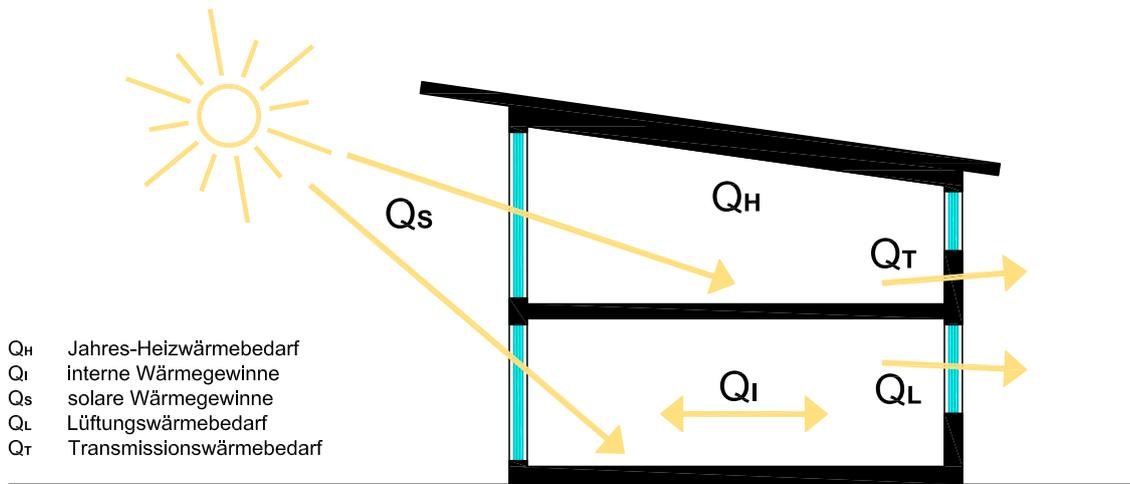


Abb. 1.21 | Energieflüsse bei Gebäuden

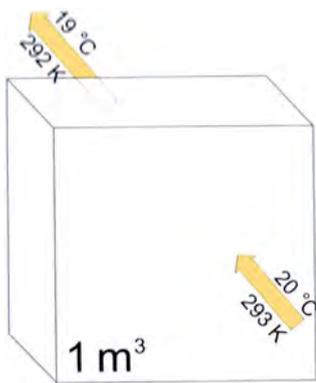


Abb. 1.22 | Darstellung der Wärmeleitfähigkeit

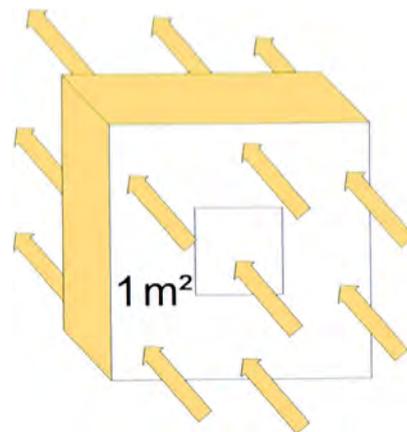


Abb. 1.23 | Darstellung des U-Wertes

Lüftungswärmeverluste, die um die internen und solaren Wärmegewinne reduziert wird. Der Jahresheizwärmebedarf ist also die in einem normal kalten Jahr bei normaler Nutzung benötigte Menge an Heizenergie, die dem Haus über die Heizungsanlage zugeführt werden muss.

Abb. 1.21 zeigt die Energieflüsse im Gebäude, die für die Ermittlung des Jahresheizwärmebedarfs maßgeblich sind. Wärmeverluste können auf unterschiedliche Weise erfolgen. Transmissionswärmeverluste entstehen dadurch, dass Wärme durch Bauteile, wie Boden, Wand, Dach und Fenster, nach außen dringt. Diese Verluste können durch Dämmung der Bauteile reguliert werden. Weiters können durch die Lüftung erhebliche Wärmeverluste entstehen, wenn im Winter die Fenster geöffnet werden. Lüftungswärmeverluste können durch eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung begrenzt werden. Um eine behagliche Raumtemperatur zu erhalten müssen diese Verluste durch Beheizen ausgeglichen werden. Es gibt aber auch Wärmegewinne durch Sonneneinstrahlung und interne Wärmequellen, wie etwa die Abwärme von Menschen oder Haushaltsgeräten, die ebenfalls berücksichtigt werden müssen. Im Energiebilanzverfahren werden zunächst die Werte der Transmissions- und Lüftungswärmeverluste ermittelt. Anschließend werden die aus Solarstrahlung und internen Wärmequellen zu erwartenden Wärmegewinne vom zuvor errechneten Wert abgezogen. Bei einem Passivhaus darf der Jahresheizwärmebedarf bei maximal $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ liegen, was in etwa $1,5 \text{ l Heizöl}$ pro Quadratmeter entspricht.¹⁹

Die **maximale Heizlast** ist jene Menge an Wärmeleistung, die dem Haus am kältesten Tag des Jahres zugeführt werden muss um eine angenehme Raumtemperatur zu erreichen bzw. aufrecht zu erhalten. Sie ist für die Wahl der Heizungsanlage maßgebend.

Die **Wärmeleitfähigkeit** in $\text{W}/(\text{mK})$ gibt an, welche Wärmemenge pro Sekunde und Quadratmeter durch eine einen Meter dicke homogene Baustoffschicht hindurchgeht, wenn die Temperaturdifferenz zwischen den beiden Seiten 1 Kelvin ($= 1 \text{ }^\circ\text{C}$) beträgt (Abb. 1.22). Ein kleiner Wert steht für geringe Wärmeleitung und damit auch für eine gute Wärmedämmung.

¹⁹ SOM, 2011, S.40

Der **Wärmedurchgangskoeffizient** (U-Wert) gibt die Wärmemenge pro Sekunde und Quadratmeter an, die durch einen Bauteil strömt, wenn der Temperaturunterschied zwischen den beiden Seiten 1 Kelvin beträgt (Abb. 1.23, S. 28). Er wird in $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ angegeben und ist die wichtigste bauphysikalische Größe im Wärmeschutz. Wärmedämmeigenschaften von Baustoffen bzw. Bauteilen, die sich aus mehreren Schichten zusammensetzen, können mit Hilfe des U-Wertes angegeben werden. So können auch die Transmissionswärmeverluste errechnet werden. Je kleiner der U-Wert, desto besser ist die Dämmwirkung des Bauteils.

„U_w-Werte (w = windows) bezeichnen den Wärmedurchgang ganzer Fenster. Sie werden anhand der U_g-Werte (g = glass) der Gläser, der U_f-Werte (f = frame) der Rahmen sowie der Wärmebrücken am Glasrandverbund und am Einbaurand der Fenster berechnet.“²⁰

Der **Energiedurchlassgrad** (auch g-Wert) ist ein Maß für die Durchlässigkeit von transparenten Bauteilen. Er gibt an wie viel Prozent der auftreffenden Sonnenenergie durch eine Verglasung (bzw. ein Fenster) in den Wohnraum gelangen. Die Energie, die von den Scheiben absorbiert wird, führt zu einer Erhöhung der Glastemperatur und zu einer Verringerung der zur Verfügung stehenden Lichtmenge. Je höher der g-Wert, desto mehr solare Wärmegevinne erhält das Gebäude durch die Verglasung. Es ist allerdings zu beachten, dass ein niedriger U-Wert auch einen niedrigeren g-Wert zur Folge hat.

Einige Richtwerte (ca.-Werte) zur Veranschaulichung:

- Einfachglas
U-Wert $\sim 5,8 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ g-Wert $\sim 90\%$
- unbeschichtetes 2-Scheiben-Isolierglas (4/16/4)
U-Wert $\sim 2,7 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ g-Wert $\sim 71\% - 80\%$
- unbeschichtetes 3-Scheiben-Isolierglas (4/12/4/12/4)
U-Wert $\sim 1,9 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ g-Wert $\sim 63\%$
- 2-Scheiben-Wärmedämmglas (4/16/4)
U-Wert $\sim 1,1 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ g-Wert $\sim 60\% - 63\%$

²⁰ SOM, 2011, S.41

- 3-Scheiben-Wärmedämmglas (4/12/4/12/4)
U-Wert $\sim 0,7 \text{ W/ m}^2\text{K}$ g-Wert $\sim 50 \% - 60 \%$ ²¹

Der **Lüftungswärmebedarf** gibt an welche Wärmemenge bei einem hygienisch notwendigen Luftwechsel zur Erwärmung der zugeführten Frischluft (Außenluft) erforderlich ist. Beim Passivhaus sorgt eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (Wirkungsgrad $\eta \geq 75\%$) für die nötige Frischluft. Durch Wärme, die der deutlich erwärmten Abluft entzogen wird, wird die Außenluft erwärmt und als wohltemperierte Zuluft den Wohnräumen zugeführt. Um die Effizienz zu steigern kann die Frischluft im Winter in einem Erdwärmetauscher vorgewärmt werden (Abb. 1.24, S. 32). Im Sommer kann die Frischluft durch das Erdreich abgekühlt werden (Abb. 1.25, S. 32).

Solare Wärmegewinne entstehen aufgrund direkter Sonneneinstrahlung durch transparente Bauteile wie Fenster bzw. Verglasungen. Dabei spielen Größe und Ausrichtung der Fenster, der Energiedurchlassgrad der Gläser sowie Verschattung und Verschmutzung der Scheiben eine entscheidende Rolle. Aber auch opake Bauteile lassen Sonnenenergie durchdringen. Hier ist vor allem die Farbe der Oberfläche ein nicht zu vernachlässigender Faktor. Eine wichtige Voraussetzung zur Nutzung der solaren Wärmegewinne ist eine ausreichend große thermische Speichermasse zur zeitweisen Wärmespeicherung.

Interne Wärmegewinne ergeben sich aus der Abwärme von elektrischen Geräten, Beleuchtung und den in den Räumen lebenden Personen. Die internen Wärmegewinne können bei gut wärmegeprägten Gebäuden einen spürbaren Anteil des Heizwärmebedarfs abdecken.

²¹ WWW-GLAS / WWW-FEN / WWW-FT

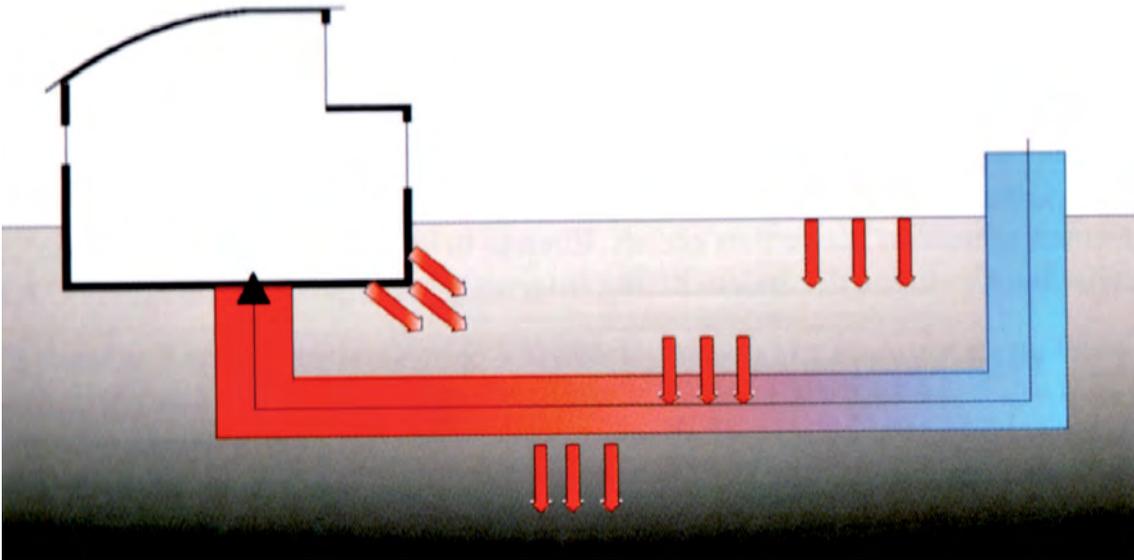


Abb. 1.24 | Vorwärmung der Frischluft im Winter durch einen EWT

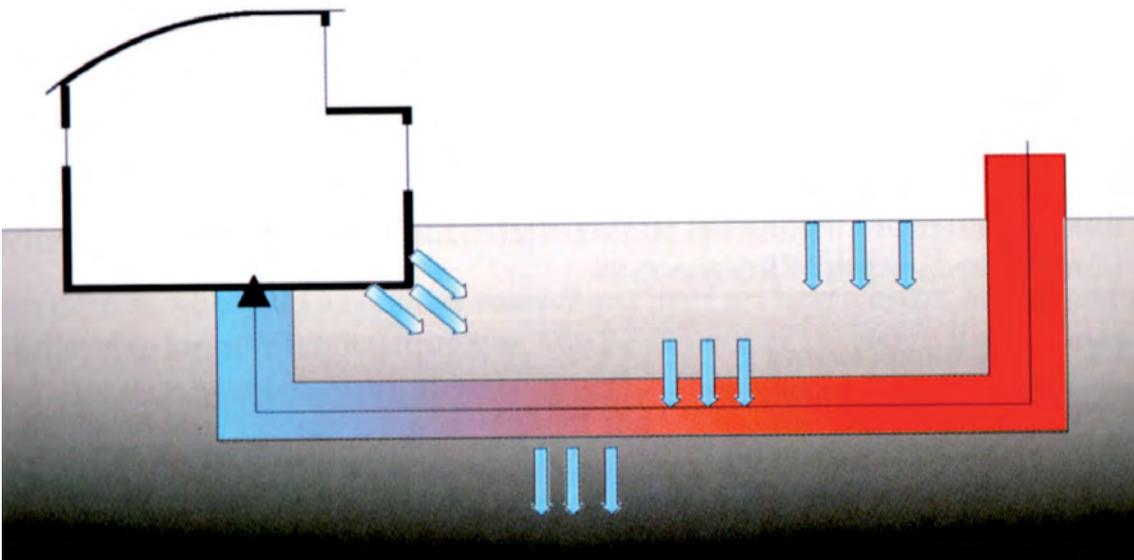


Abb. 1.25 | Vorkühlung der Frischluft im Sommer durch einen EWT

1.4.2 PASSIVHAUSKRITERIEN

Folgende Kenndaten zählen zu den wichtigsten bauphysikalischen Kriterien eines Passivhauses:

- Jahresprimärenergiebedarf $Q_P \leq 120 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, davon zur Stromerzeugung $\leq 55 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
- Jahresheizwärmebedarf $Q_H \leq 10 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
- Maximale Heizlast $PHZ < 10 \text{ W/m}^2$
- Wärmedurchgangskoeffizienten für Wand-, Dach- und Fußbodenkonstruktionen $U < 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Dreifachverglaste, edelgasbefüllte Wärmeschutzfenster mit wärmegeämmten Rahmen $U_w < 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Luftdichtheit $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$ (maximal 0,6 Luftwechsel pro Stunde aus unkontrollierter Lüftung bei 50 Pa Differenzdruck)
- Lüftungsanlage mit WRG $\eta \geq 75 \%$ ²²

22 SOM, 2011, S.44

1.5 HAUSTECHNIK

Wie bereits erwähnt wird bei Passivhäusern ein niedriger Primärenergiebedarf angestrebt. Bei der Erstellung eines haustechnischen Konzeptes ist daher darauf zu achten, dass sich alle haustechnischen Anlagen und Geräte an diesem hohen Ziel des niedrigen Energiebedarfes orientieren.

Ein wichtiges Kriterium beim Passivhaus ist eine hoch effiziente Be- und Entlüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG), da nur so der niedrige Lüftungswärmeverlust erreicht werden kann. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass bei einem Passivhaus aufgrund der geringen Transmissionswärmeverluste nur eine sehr geringe Menge an Heizenergie zugeführt werden muss, der Warmwasserbedarf aber genauso hoch ist wie bei einem herkömmlichen Gebäude. Das Passivhaus benötigt daher eine gute Versorgungstechnik.²³

1.5.1 BE- UND ENTLÜFTUNG

Die mechanische Be- und Entlüftungsanlage mit hoch effizienter Wärmerückgewinnung (WRG) ist das Herzstück der Haustechnik eines Passivhauses. Sie bildet die Zentrale bezüglich Frischluftzufuhr und Wärmeversorgung und ist im Passivhaus unverzichtbar, da nur so der Lüftungswärmeverlust minimiert und gleichzeitig der benötigte Luftwechsel gewährleistet werden kann.

„Die Be- und Entlüftungsanlagen in Passivhäusern haben die Aufgabe, den hygienisch erforderlichen Luftaustausch bei minimalem Energieaufwand und maximaler Wärmerückgewinnung zu gewährleisten. Dabei darf die Behaglichkeit für die Nutzer nicht eingeschränkt werden.“²⁴

Die Lüftungsanlage sorgt im Passivhaus für die kontinuierliche Frischluftzufuhr. Verbrauchte Luft, CO₂ und Gerüche werden ständig abgesaugt. Die integrierte effiziente Wärmerückgewinnung sorgt dafür, dass die Frischluft bereits vorgewärmt in den Raum kommt. Damit erübrigt sich die normale Fensterlüftung, die unkontrollierte Wärmeverluste mit sich bringen würde.

²³ SCHU, 2007, S.77

²⁴ SCHU, 2007, S.78

Eine luftdichte Gebäudehülle ($n_{50} \leq 0,6/h$) und die Gewährleistung der Luftdurchströmung innerhalb der gesamten Nutzungseinheit (z.B. durch um mindestens 1,5 cm gekürzte Türblätter, Lüftungsgitter oder spezielle Türblätter) sind Voraussetzungen für den effizienten Betrieb der Be- und Entlüftungsanlage.

Die Frischluft wird im Wärmetauscher erwärmt und gelangt dann als sogenannte Zuluft vom Zentralgerät aus über ein Kanalsystem in die Hauptnutzräume, Büro, Wohn- und Schlafräume, wo sie durch Düsen im Wand- oder Deckenbereich verteilt wird. Diese Düsen sind so konstruiert, dass sie die Frischluft im ganzen Raum verteilen ohne Zegerscheinungen entstehen zu lassen. Damit erübrigt sich die Fensterlüftung, die hohe Wärmeverluste mit sich bringen würde. Je nach Bauweise des Gebäudes können die Lüftungskanäle im Deckenbereich, im Fußboden, in Schächten oder auf den Wänden verlegt werden.

Abb. 1.27 (S. 36) zeigt den Lüftungsverbund innerhalb einer Nutzungseinheit (Wohnung). Dieser besteht aus Zulufräumen, Ablufträumen und Überströmzone. Bei Einfamilien-Passivhäusern wird die Überströmzone von den Fluren und Treppenhäusern gebildet.

Die verbrauchte Luft wird in Räumen mit hoher Feuchte- und Geruchsbildung wie Küchen, Bädern und Toiletten abgesaugt. Dadurch kommt es in den Ablufträumen zu einem relativ hohen Luftdurchsatz. Durch den Lüftungsverbund wird so in allen Räumen der Nutzungseinheit ein Luftaustausch erzwungen, der dafür sorgt, dass Feuchte, CO₂ und andere belastende Stoffe mit minimalem Energieaufwand mit der Abluft hinausbefördert werden.

Die Abluft wird wiederum über ein Kanalsystem zum Zentralgerät der Lüftungsanlage transportiert. Dort wird sie in einen Wärmetauscher (Abb. 1.28, S. 36) geleitet in dem mindestens 75 % der in ihr enthaltenen Wärme an die ankommende Frischluft übertragen werden, ohne dass es zu einer Vermischung der Luftströme kommt. Danach wird die abgekühlte Abluft als sogenannte Fortluft durch Rohrleitungen aus dem Gebäude geleitet.

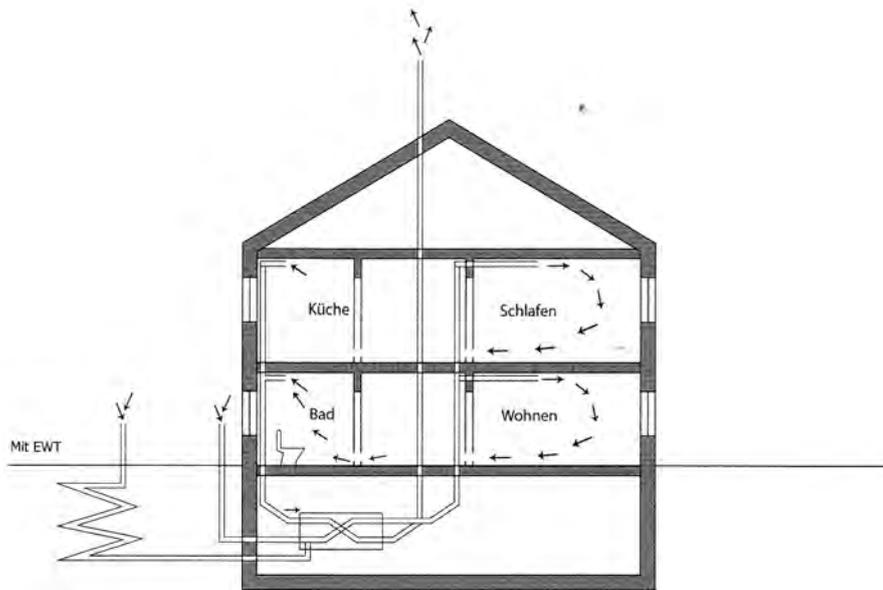


Abb. 1.26 | Be- und Entlüftung – Systemskizze

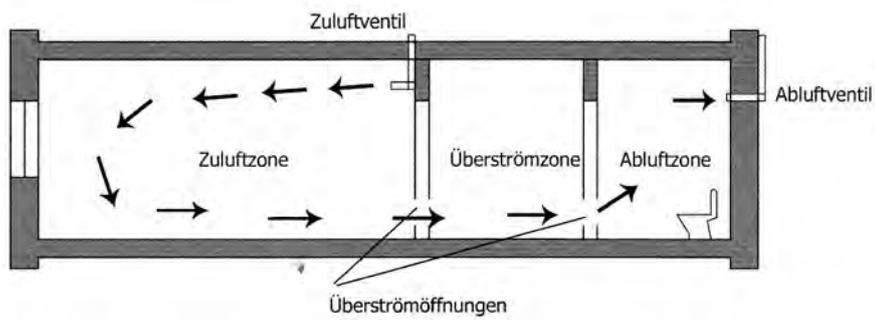


Abb. 1.27 | Be- und Entlüftung – Lüftungsverbund

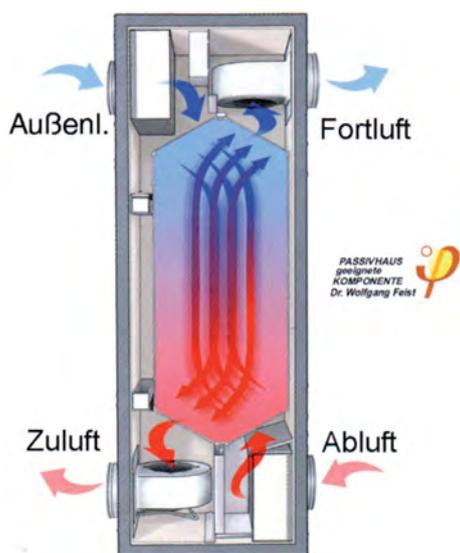


Abb. 1.28 | Wärmetauscher

1.5.1.1 QUALITÄTSANFORDERUNGEN

Das zentrale Be- und Entlüftungsgerät bzw. das WRG-System muss einige Kriterien erfüllen um passivhaustauglich zu sein:

- Die Zulufttemperatur muss $\geq 16,5$ °C betragen, um unbehaglichen Kaltlufteinfall zu vermeiden. Hocheffiziente Geräte erreichen dieses Behaglichkeitskriterium bei -10 °C Außentemperatur auch ohne zusätzliche Einrichtungen wie Erdreichwärmetauscher und Zuluftnachheizung. Bei winterlichen Extremtemperaturen (-15 °C) kann dennoch ein Nachheizen erforderlich sein.
- Der WRG-Grad sollte ≥ 75 % sein, ansonsten erfüllt das Gerät die Anforderungen an die Energieeffizienz nicht und das Passivhaus funktioniert nicht. Ein höherer WRG-Grad bedeutet, dass die Wärmeenergie des Gebäudes effizienter genutzt wird. Heutzutage werden auf dem Markt schon Geräte mit einem effektiven Wärmebereitstellungsgrad von bis zu 96 % angeboten.
- Der spezifische Strombedarf des Lüftungsgerätes für Ventilatoren, Steuerung und Regelung, bezogen auf geförderten Zuluftvolumenstrom, muss $\leq 0,45$ W/(m³/h) sein um das Kriterium an die Elektroeffizienz erfüllen und der Energiebilanz eines Passivhauses gerecht zu werden.
- Die geforderte Raumlufthygiene wird durch den Einsatz von Filtern erzielt. Der Außenluftfilter sollte zumindest der Filterklasse F7 entsprechen, der Abluftfilter muss mindestens die Filterklasse G4 aufweisen. Mit einer intelligent eingesetzten Filterung wird nicht nur die Frischluft gereinigt, sondern auch das Kanalnetz und der Wärmetauscher des Lüftungssystems vor Verschmutzung und Verschleiß geschützt. Ein wichtiges Kriterium ist auch die gute Zugänglichkeit der Filter, damit diese leicht gewechselt werden können. Notwendiger Filterwechsel ist für den Benutzer leicht erkennbar anzuzeigen.
- Die WRG-Systeme dürfen nur geringste Leckagen von ≤ 3 % des mittleren Volumenstromes aufweisen um energieeffizient zu arbeiten und die Luftqualität zu erhalten.
- Die Wärmedämmung des Lüftungsgerätes sollte einen niedrigen U-Wert haben. Ein Wert von $0,5$ W/m²K ist optimal, da sonst die Wärme an die Umgebung abgegeben wird, was den effektiven Wärmebereitstellungsgrad des Gerätes verschlechtert.

- Das Lüftungsgerät sollte über eine gute Regelbarkeit mit mindestens 3 Stufen (Grund-, Standard- und Stoßlüftung) verfügen. Außerdem muss der Nutzer die Möglichkeit haben das Gerät abzuschalten (evtl. Standby-Leistung ≤ 1 W [elektrisch]). Nach einem Stromausfall muss die Lüftungsanlage ohne Nutzereingriff automatisch wieder im Normalbetrieb oder im zuvor eingestellten Betriebszustand weiterfahren. Empfehlenswert sind auch integrierte Programme, die z.B. selbsttätig nach einem bestimmten Zeitraum von der Stoßlüftung auf die Grundlüftung zurückschalten.
- Das Verhältnis der Zu- und Abluftmenge darf in keiner Lüftungsphase unausgeglichen sein, da sonst ein Über- oder Unterdruck im Gebäude entstehen kann.
- Der Schalldruckpegel im Standardbetrieb muss ≤ 35 dB(A) im Aufstellraum betragen. Für die Lüftungsleitungen gelten noch strengere Anforderungen: der Schallpegel muss in Wohnräumen unter 25 dB(A) und in Funktionsräumen unter 30 dB(A) gehalten werden.
- Auch bei winterlichen Extremtemperaturen (-15 °C) ist sicherzustellen, dass ein Zufrieren des Wärmetauschers ausgeschlossen werden kann. Dabei muss die reguläre Funktion des Gerätes durchgehend gewährleistet sein. Eine Außenluftunterbrechungsschaltung kommt bei passivhaustauglichen Anlagen nicht in Frage, weil durch den dabei auftretenden Gebäudeunterdruck nachströmende Kaltluft die Behaglichkeit einschränken könnte.²⁵

1.5.1.2 LUFT-VORERWÄRMUNG FÜR DEN FROSTSCHUTZ

Im Winter wird bei Lüftungsanlagen mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung (WRG) der Abluft sehr viel Wärme entzogen, um die Zuluft zu erwärmen. Bei sehr kalter Außenluft kann die warme Abluft des Hauses auf weit unter den Gefrierpunkt abkühlt werden. Dabei würde allerdings der Wasserdampf aus der Abluft im Wärmetauscher der WRG-Anlage zu Wasser kondensieren und gefrieren. Das kann einerseits den Wärmetauscher beschädigen, andererseits verschlechtert die Vereisung den Wirkungsgrad des Wärmetauschers

²⁵ SOM, 2011, S.151f / WWW-PP-ZLG

erheblich. Aus diesen Gründen muss bei hoch effizienten WRG-Anlagen sichergestellt werden, dass die einströmende Frischluft – je nach Wirkungsgrad des Wärmetauschers – nicht zu weit unter den Gefrierpunkt fällt (z.B. -4 °C bei 80 % WRG, +1 °C bei 99 % WRG).²⁶

Eine Vorerwärmung der Außenluft ist auch dann sinnvoll, wenn WRG-Anlagen einen so genannten „integrierten Frostschutz“ haben, sofern dieser nur aus einer Zwangs-Abschaltung oder Drosselung des Zuluftventilators besteht. In diesem Betriebszustand wird nämlich nur noch Abluft ausgeblasen damit die Anlage schön warm bleibt („Frostschutz“), es wird aber keine oder nur noch wenig Außenluft eingesaugt. Dadurch fällt also die Wärmerückgewinnung ganz oder teilweise weg. Zudem wird im Gebäude ein Unterdruck aufgebaut, der dazu führt, dass die fehlende Zuluft durch Ritzen und Fugen der Gebäudehülle ins Haus strömt. Das ist im kalten Winter natürlich unerwünscht. Die winterliche Vorerwärmung der Frischluft ermöglicht dagegen gerade bei extrem kalten Außentemperaturen die volle Ausnutzung der WRG und eine balancierte Lüftung.

Die Zuluftvorerwärmung kann mit unterschiedlichen Systemen erfolgen. Zu diesem Zweck sind Erdreichwärmetauscher (EWT) besonders geeignet, aber es können auch elektrische Defrosterheizungen oder Warmwasser-Luftvorheizregister zum Einsatz kommen.

1.5.1.2.1 ERDREICHWÄRMETAUSCHER

Ein Erdreichwärmetauscher kann neben dem Frostschutz auch die Effektivität der mechanischen Be- und Entlüftungsanlage im Winter steigern. Der EWT ermöglicht außerdem eine Kühlung der Frischluft im Sommer, was zur weiteren Effektivitäts- und Komfortsteigerung der Gesamtsystems beiträgt. Der Boden ist durch das relativ gleich bleibende Temperaturgefüge des (frostfreien!) Erdreichs im Winter wärmer und im Sommer kühler als die Außenluft. Der vor das zentrale Lüftungsgerät geschaltete EWT dient daher im Winter zur Vorerwärmung und im Sommer zur Kühlung der angesaugten Frischluft.

Beim Erdreichwärmetauscher gibt es zwei Ausführungsvarianten:

- die „Direkte Vorerwärmung der Frischluft“ mittels Frischluftkanälen und
- die „Indirekte Vorerwärmung der Frischluft“ mittels Soleleitungen.

26 WWW-BAU

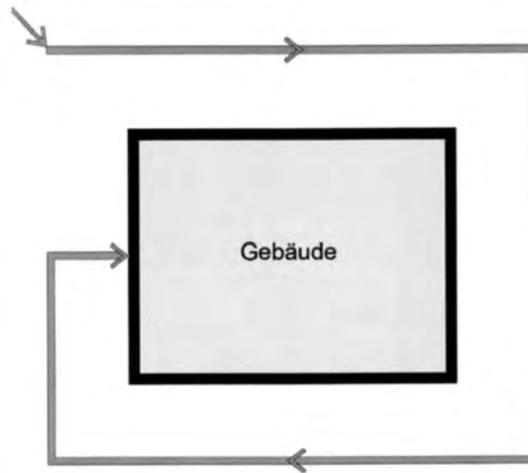


Abb. 1.29 | Frischluftkanäle – Einrohrverlegung Ringleitung

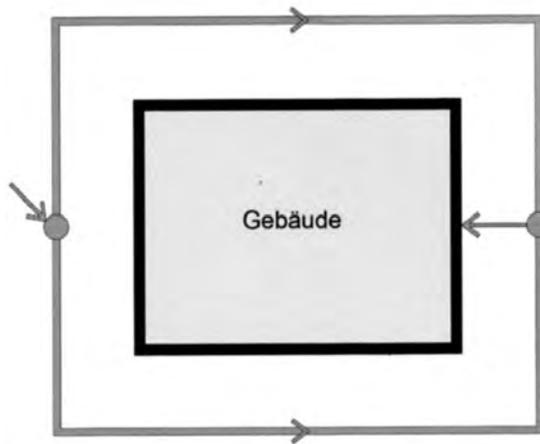


Abb. 1.30 | Frischluftkanäle – Zwei Halbschlaufen

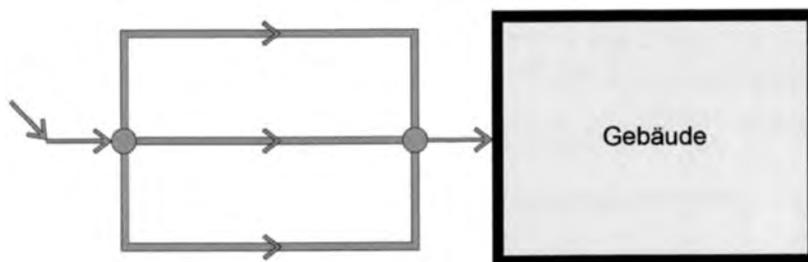


Abb. 1.31 | Frischluftkanäle – Registerverlegung

1.5.1.2.1.1 FRISCHLUFTKANÄLE

Der EWT für die „Direkte Vorerwärmung der Frischluft“ besteht aus Kunststoff- oder Betonrohren mit einem Durchmesser von 150 bis 200 mm, die in ca. 1,5 bis 2 m Tiefe im Erdreich verlegt werden. Die Rohrleitung ist bei einem Einfamilienhaus ca. 30 bis 50 m lang.²⁷ Die durch die Be- und Entlüftungsanlage angesaugte Luft wird direkt durch diesen Frischluftkanal geführt und dabei so vorgewärmt, dass sie auch bei Außenlufttemperaturen von -15 °C beim Eintritt in das Zentralgerät eine Temperatur von etwa 0 bis +5 °C erreicht. Um den Frischluftkanal vor Schimmelpilzbildung und Verschmutzung zu schützen werden im Bereich der Luftansaugung hochwertige Luftfilter angebracht.

Die Rohre sollten dünnwandig sein, um einen guten Wärmeübergang vom Erdreich an die Luft zu gewährleisten, aber dennoch stabil genug sein, um den späteren Erd- bzw. Verkehrslasten standzuhalten. Zwischen den einzelnen Rohren und zum Gebäude sollte ein Abstand von mindestens 1 m eingehalten werden. Beim Verlegen ist darauf zu achten, dass die Rohrleitungen ein Gefälle von mindestens 2% aufweisen. An ihrem Tiefpunkt ist eine Entwässerungsmöglichkeit vorzusehen. So kann langfristig sichergestellt werden, dass anfallendes Kondensat schadlos abgeleitet werden kann. Außerdem können die Frischluftkanäle so gegebenenfalls auch gespült und gereinigt werden.²⁸

Die Verlegungsart der Frischluftkanäle wird meistens durch die Grundstücksgröße bestimmt. Sie können als Ringleitung (Abb. 1.29), in Form von zwei Halbschlaufen (Abb. 1.30) oder als Registerverlegung (Abb. 1.31) ausgeführt werden.

1.5.1.2.1.2 SOLELEITUNGEN

Bei der „Indirekten Vorerwärmung der Frischluft“ befindet sich ein mit Sole, d.h. mit Wasser und Frostschutzmittel, gefüllter Wärmetauscher im Erdreich. Dieser besteht aus biegbaren, aber sehr stabilen PE-Rohren mit 25 – 32 mm Durchmesser. Die Soleleitung wird in einer Tiefe von ca. 1,5 bis 2,5 m verlegt und ist bei einem Einfamilienhaus ca. 80 bis 150 m lang. Als Faustregel gilt: die Länge der Soleleitung entspricht der Hälfte der Luftförderungsmenge der Lüftungsanlage. So beträgt die Länge der Soleleitung 100 m bei einem

²⁷ SOM, 2011, S.143

²⁸ SCHU, 2007, S.83

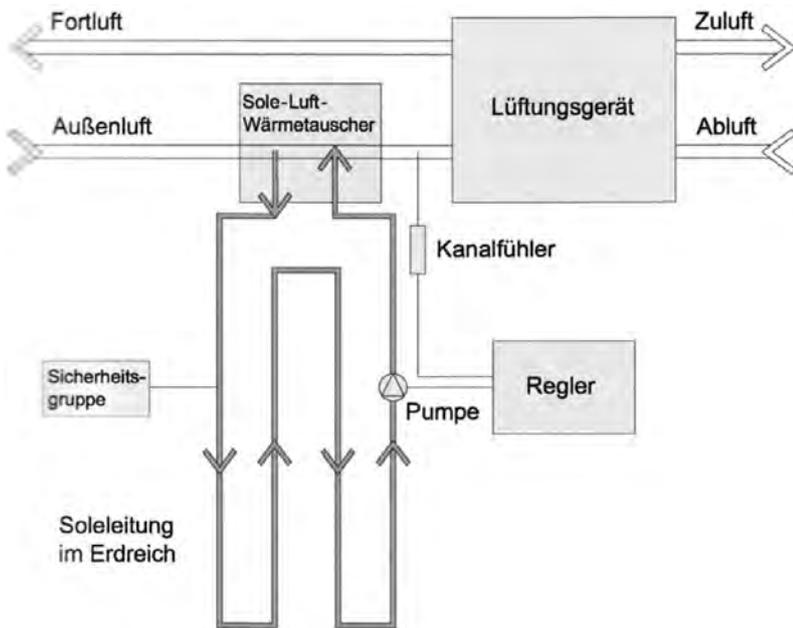


Abb. 1.32 | Funktionsschema Sole-EWT

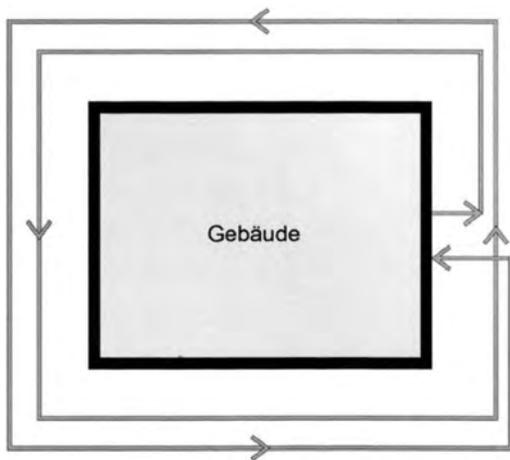


Abb. 1.33 | Sole-EWT – Verlegung rund um den Keller

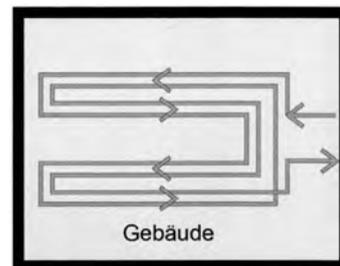


Abb. 1.34 | Sole-EWT – Verlegung unter der gedämmten Sohlplatte

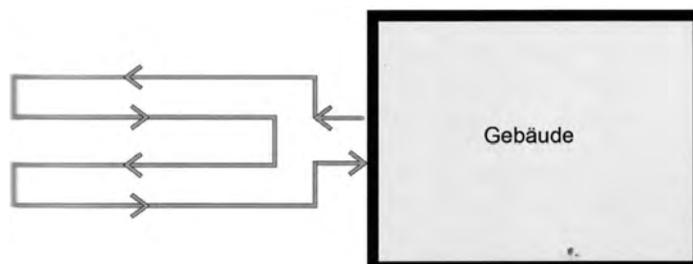


Abb. 1.35 | Sole-EWT – Verlegung im Graben im Garten

Lüftungsgerät mit einer Luftförderungs­menge von 200 m³/h.²⁹ Um die Wärme von der Sole auf die Frischluft zu übertragen, wird in die Frischluftleitung vor dem zentralen Lüftungsgerät ein Sole-Luft-Wärmetauscher eingebaut. Ein im Sole-EWT integrierter Pumpenregler sorgt für die Förderung der optimalen Menge an Sole. So können unterschiedliche Stufen der Vorerwärmung in den verschiedenen Jahreszeiten erreicht werden. (Abb. 1.32)

Soleleitungen können auf unterschiedliche Arten verlegt werden. Bei einem Neubau mit Unterkellerung bietet sich die Verlegung rund um das Kellergeschoß in der ohnehin vorhandenen Baugrube an (Abb. 1.33). Die benötigte Leitungslänge bei einem Einfamilienhaus ergibt meist eine Verlegung in zwei Runden um das Gebäude. Bei größeren Gebäuden sind entsprechend mehr Leitungsringe erforderlich.

Bei einem Neubau ohne Keller, aber mit Garten, können die Soleleitungen in einem Graben im Garten verlegt werden (Abb. 1.35). Wenn die Solestränge aufgrund der geringen Gartengröße übereinander gelegt werden müssen, ist darauf zu achten, dass der vom Haus kommende Vorlauf oben und der zurück zum Haus laufende Rücklauf unten eingebracht wird.

Bei einem Neubau ohne Keller und Graten ist die Verlegung auch unterhalb der Sohlplatte möglich, diese muss jedoch eine hohe unterseitige Wärmedämmung aufweisen (Abb. 1.34).

1.5.1.2.2 LUFT-VORERWÄRMUNG OHNE ERDREICHWÄRMETAUSCHER

Der winterliche Frostschutz der Be- und Entlüftungsanlage kann auch ohne Erdwärme erreicht werden. Alternativen zum EWT sind elektrische oder Warmwasser-Luftvorheizregister mit Anschluss an die Zentralheizung. Aufgrund seiner Vorteile sollte beim Bau eines Passivhauses jedoch immer ein vorgeschalteter EWT in Erwägung gezogen werden.

Elektrisch Luftvorheizregister verfügen meist über einen Überhitzungsschutz und Luftstromüberwachung, eine genaue Regelung der Heizregister ist jedoch problematisch. Die eintretende Frischluft wird in vielen Fällen zu stark erwärmt, was zu höherem Stromverbrauch sowie zur Minderung des WRG-Grades der Lüftungsanlage führt. Außerdem eignen sich diese Vorheizregister nur zum winterlichen Frostschutz, eine Vorkühlung der Frischluft im Sommer ist nicht möglich.

²⁹ SOM, 2011, S.146

Warmwasser-Luftvorheizregister werden aus dem Heizungskreislauf des Hauses beschickt und erfordern eine aufwendige Installation. Ein Frostschutzthermostatventil des Heizwasserkreises drosselt den Heizwasserdurchgang anhand der Temperatur im Luftkanal. Auch dieses Heizregister lässt sich nicht sehr präzise regeln und führt zu höherem Gasverbrauch und einer Minderung des WRG-Grades der Lüftungsanlage. Bei einer Absenkung der Hausheizung über Nacht kann die Pumpensteuerung problematisch werden, weil das Frostschutzheizwasser trotzdem herangepumpt werden muss. Bei einem Ausfall der Heizpumpe besteht zudem die Gefahr, dass das Warmwasser-Luftvorheizregister einfriert.

1.5.2 RAUMHEIZUNG UND WARMWASSERBEREITUNG

Auf ein herkömmliches Heizsystem kann im Passivhaus verzichtet werden, da es wegen des geringen Restheizwärmebedarfs überdimensioniert wäre. Die Körperwärme der Bewohner, die Abwärme von elektrischen Geräten und der Beleuchtung sowie Solarstrahlung tragen einen großen Teil zur Beheizung des Gebäudes bei. Diese kostenlose Wärme wird nicht wie bei konventionellen Gebäuden hinausgelüftet sondern gelangt mit der Abluft in die Lüftungsanlage. Dort wird sie im Wärmetauscher der Zuluft zugeführt und gelangt somit wieder in den Wohnraum. Dennoch entsteht bei ungünstigen Wettersituationen an strahlungsarmen Wintertagen ein Wärmebedarf für die Raumheizung. Außerdem sind das ganze Jahr über Wärmemengen für die Warmwasserbereitung aufzubringen.

Messungen in zahlreichen Passivhäusern haben gezeigt, dass zur Raumheizung nur eine sehr geringe Heizleistung von maximal 10 W/m^2 Wohnnutzfläche durch das Heizsystem erbracht werden muss. Ein Einfamilienhaus mit 150 m^2 Wohnfläche würde also selbst am kältesten Tag nur $1,5 \text{ kW}$ an Heizleistung benötigen, während des größten Teils der Heizperiode sogar noch weniger. So geringe Wärmemengen können auch ohne ein separates Wärmeverteilungs- und Wärmeabgabesystem bereitgestellt werden. Es müssen also nicht zwingend eigene Heizrohrsysteme und Heizkörper installiert werden. Die erforderliche Heizwärme kann durch die ohnehin vorhandenen Lüftungsleitungen verteilt werden. Dazu wird in die Lüftungsleitung der Zuluft ein Luftheizregister eingebaut, das an besonders kalten Tagen die Zuluft auf bis zu 50 °C erwärmt. Die Wärme wird dann einerseits durch Wärmestrahlung von Lüftungsrohren bzw. der durch die Zuluft erwärmten Decke und andererseits durch die warme Zuluft an die Räume abgegeben. Zu

beachten ist, dass wirklich nur die benötigte Luftmenge zugeführt wird, damit die Luftfeuchtigkeit im Winter nicht zu stark absinkt. Außerdem dürfen die von der Luft berührten Wärmetauscherflächen im Zentralgerät nicht wärmer als 55°C sein, weil sonst der in der Luft vorhandene Staub verschwelt.³⁰

Die im Passivhaus gegebene Möglichkeit, die wenige nötige Heizwärme ausschließlich über die Zuluft in die einzelnen Räume einzubringen, ermöglicht den Wegfall des gesamten konventionellen Heizwärmeverteilsystems (Heizkörper und Rohrleitungen). Im Zuluftkanal wird lediglich ein Luftheizregister eingebaut, das aus Heißwasser oder Heißluft gespeist wird. Dies vereinfacht die Haustechnik wesentlich. Die geringe Heizwärmemenge kann grundsätzlich dem Brauchwasserkreislauf als Rücklaufabsenkung entnommen werden. Die Verhältnisse werden demnach gewissermaßen umgedreht: Es wird nicht, wie sonst üblich, das Warmwasser über die Heizungsanlage bereitet, sondern die geringfügige Restheizung erfolgt über das Warmwasserbereitungssystem.

Wie bei anderen Gebäuden auch, muss die Brauchwasserversorgung gesichert sein. Es muss genügend Warmwasser zur Verfügung stehen, wenn Leistungsspitzen, wie etwa während des Duschens oder während des Befüllens einer Badewanne auftreten. Um für diese Leistungsspitzen keine groß angelegten Warmwasseranlagen einbauen zu müssen, werden zumeist Speicher installiert. Sie ermöglichen kurzzeitig eine hohe Warmwasserentnahme unabhängig von der Leistungsfähigkeit des Wärmeerzeugers.

Auch beim Warmwasserbedarf gilt der Passivhausgrundsatz, bei halbem Energieverbrauch den doppelten Komfort zu erzielen. Folgende Maßnahmen helfen, den Warmwasserbedarf zu reduzieren:

- Sämtliche Wasserleitungen sollten innerhalb der beheizten Gebäudehülle verlegt werden.
- Das Warmwasserleitungsnetz sollte möglichst kurze Installationswege aufweisen und gut wärmegeklämt sein.
- Der Warmwasserspeicher sollte im beheizten Bereich aufgestellt werden und ebenfalls gut wärmegeklämt sein.
- Es sollte ein wärmegeklämender Badewannenträger verwendet werden.

³⁰ SOM, 2011, S.159

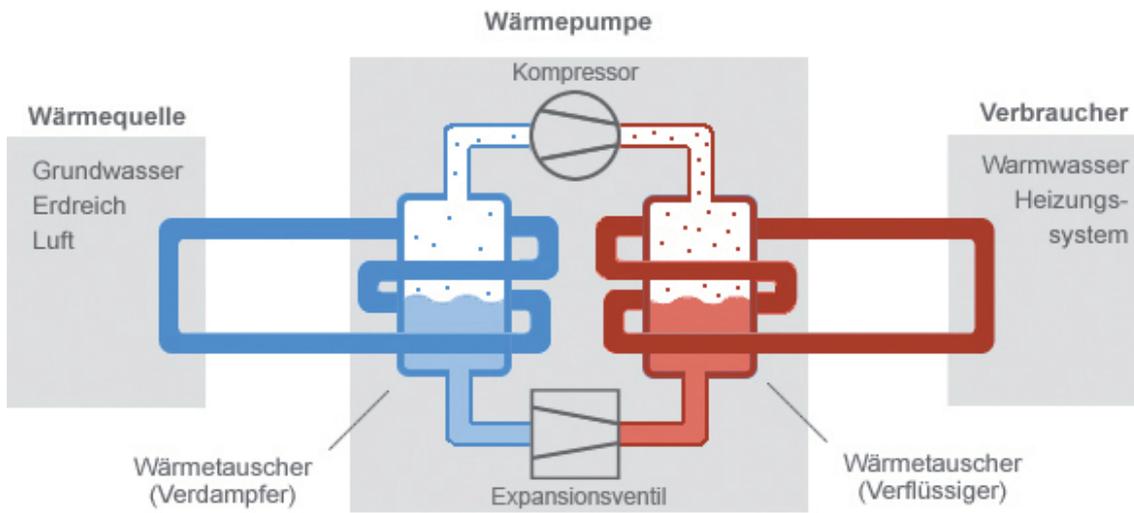


Abb. 1.36 | Funktionsweise der Wärmepumpe

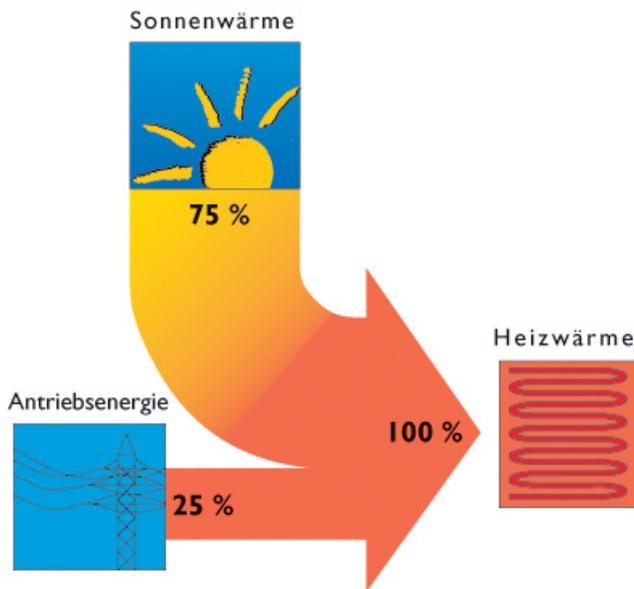


Abb. 1.37 | Das Prinzip der Wärmepumpe

- Die Armaturen sowie alle Geräte mit Warmwasseranschluss, wie Spül- und Waschmaschine, sollten wassersparend sein.³¹

1.5.2.1 TECHNIKEN ZUR WÄRMEERZEUGUNG

Es gibt viele Möglichkeiten die zusätzlich benötigte Heizwärme zu produzieren. Im Passivhaus sind besonders ökologische, mit erneuerbaren Energien betriebene Heizanlagen gefragt.

1.5.2.1.1 WÄRMEPUMPEN

Mit einer Wärmepumpe wird Wärme, die im Erdreich, im Wasser oder in der Luft gespeichert ist, zur Raumheizung genutzt. Die Wärme wird dabei der Umgebung entzogen und mit der Wärmepumpe auf die für den Heizkreislauf erforderliche Temperatur gebracht. Moderne Wärmepumpen können ganzjährig als Wärmelieferant zur Raumheizung als auch zur Warmwasserbereitung genutzt werden. Die höchste Effizienz erreichen sie, wenn die Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Wärmeabnehmer möglichst gering ist.

Eine Wärmepumpenheizung besteht aus der Wärmequellenanlage, der Wärmepumpe selbst und einem Wärmeverteilsystem. Die Funktionsweise einer Wärmepumpe entspricht im Prinzip der eines Kältschrankes. Im geschlossenen Kreislauf der Wärmepumpe zirkuliert ein Kältemittel, das schon bei extrem niedrigen Temperaturen kocht und verdampft. Dieses hat die Aufgabe, die Wärme zu übertragen und zu transportieren. Im ersten Wärmetauscher, dem Verdampfer, wird die Wärme aus der Umgebung (Erdreich, Grundwasser oder Luft) an das flüssige Kältemittel abgegeben, das dadurch gasförmig wird. Im Kompressor wird das Volumen des gasförmig gewordenen Kältemittels verringert. Hierbei steigt der Druck und somit auch die Temperatur des Kältemittels stark an. Das heiße Kältemittel strömt weiter zum zweiten Wärmetauscher, dem Verflüssiger, in dem die gewonnene Umweltwärme auf das Heizsystem übertragen wird. Das durch Abkühlung wieder flüssig gewordene Kältemittel kann nach Druck- und Temperaturabsenkung durch das Expansionsventil erneut Wärme aus der Umwelt aufnehmen, und der Kreislauf beginnt von vorne. (siehe Abb. 1.36)

³¹ SOM, 2011, S.161

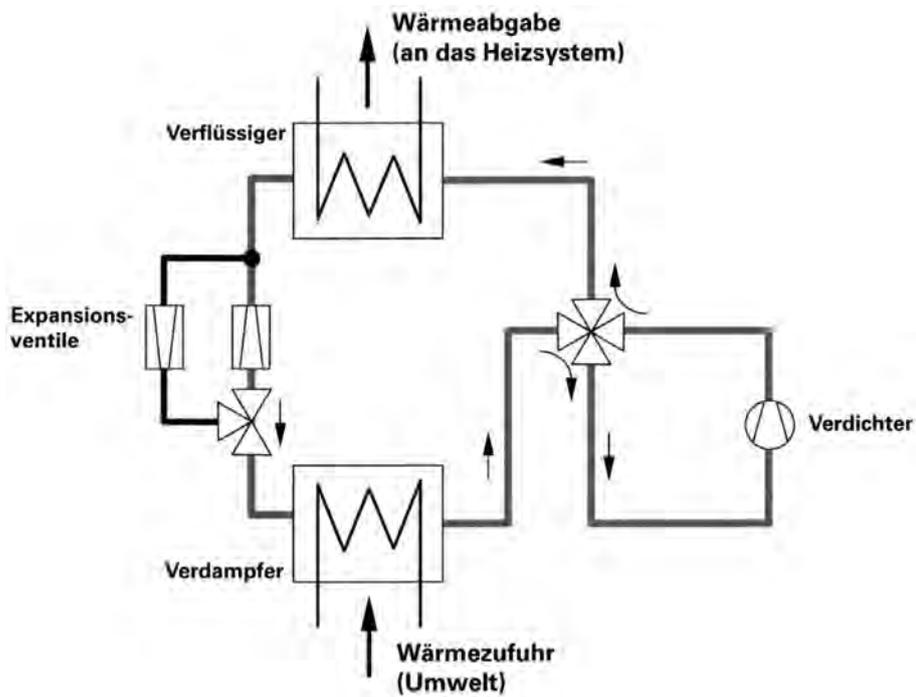


Abb. 1.38 | Funktionsschema einer reversiblen Wärmepumpe – Heizbetrieb

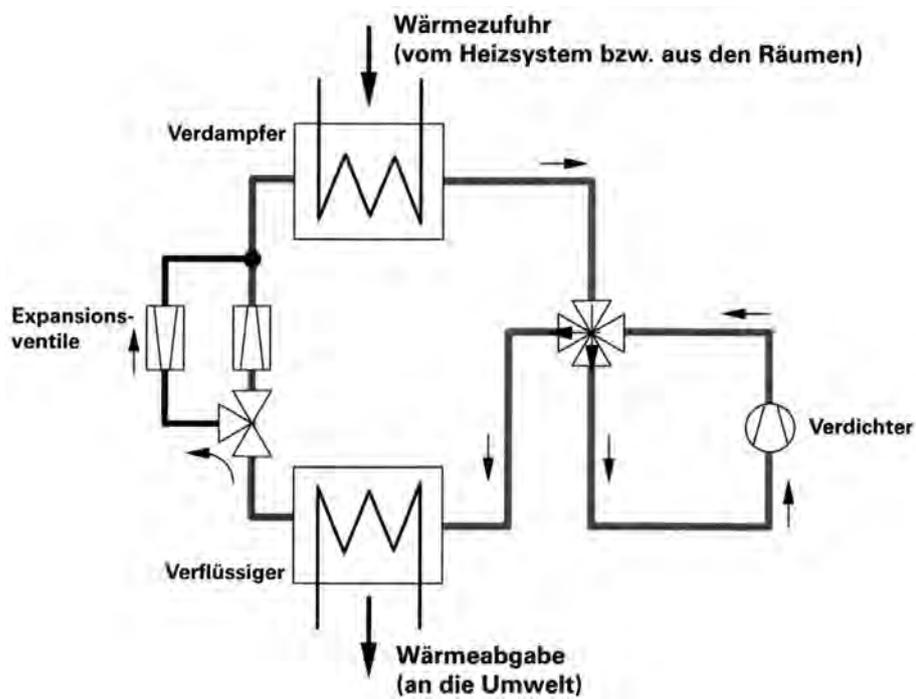


Abb. 1.39 | Funktionsschema einer reversiblen Wärmepumpe – Kühlbetrieb

Das Verhältnis von nutzbarer Heizenergie zu aufgewendeter Elektroenergie wird als Leistungszahl (COP) bezeichnet. Bei einer Wärmepumpe kann eine Leistungszahl von > 4 erzielt werden, d.h. aus 1 kWh Elektroenergie (für Pumpen und Verdichter) werden 4 kWh Heizenergie gewonnen. 100 % Heizwärme entstehen also aus 75 % kostenloser Umweltenergie und nur 25 % Fremdenergie in Form von Strom.³² (Abb. 1.37, S. 46)

Wärmepumpen mit reversibler Betriebsweise können nicht nur zum Heizen sondern auch zum Kühlen verwendet werden. Dazu werden ein Vierwegeventil und ein zweites Expansionsventil in den Kältemittelkreislauf eingebaut. Durch das Vierwegeventil kann die Fließrichtung der Anlage automatisch umgestellt werden. Der Kompressor kann so seine ursprüngliche Förderrichtung beibehalten, unabhängig davon, ob die Wärmepumpe im Heiz- oder Kühlbetrieb ist.

Im Heizbetrieb fördert der Kompressor das Kältemittel zum Wärmetauscher. Dort kondensiert dann das Kältemittel gibt dabei die Wärme an das Heizsystem ab (Abb. 1.38). Für den Kühlbetrieb wird die Fließrichtung des Kältemittels umgekehrt. Der ursprüngliche Verflüssiger ist jetzt der Verdampfer, der die Wärme vom Heizsystem bzw. den Räumen auf das Kältemittel überträgt. Das gasförmige Kältemittel gelangt über das Vierwegeventil zum Kompressor und dann weiter zum zweiten Wärmetauscher, der die Wärme an die Umgebung abgibt (Abb. 1.39).

Die Heizleistung von reversibel arbeitenden Kompressions-Wärmepumpen ist immer etwas größer als die Kühlleistung. Im Heizbetrieb wird die Energie für den Antrieb im Kompressor zu Wärme umgewandelt und zum Heizen benutzt. Diese Wärme entsteht auch im Kühlbetrieb, da auch dann der Kompressor arbeiten muss. Diese zwangsweise anfallende Wärme mindert die Kühlleistung.³³

Die Wärmepumpe ist nur indirekt auf Sonnenenergie angewiesen. Sie heizt mit der gespeicherten Sonnenwärme aus der Umwelt. Es gibt drei Möglichkeiten, die Wärmepumpe mit Wärmeenergie zu versorgen:

- gespeicherte Sonnenwärme im Erdreich
- gespeicherte Sonnenwärme im Grundwasser
- gespeicherte Sonnenwärme in der Luft

32 SOM, 2011, S.162

33 SOM, 2011, S.162ff



Abb. 1.40 | Erdwärmesonden

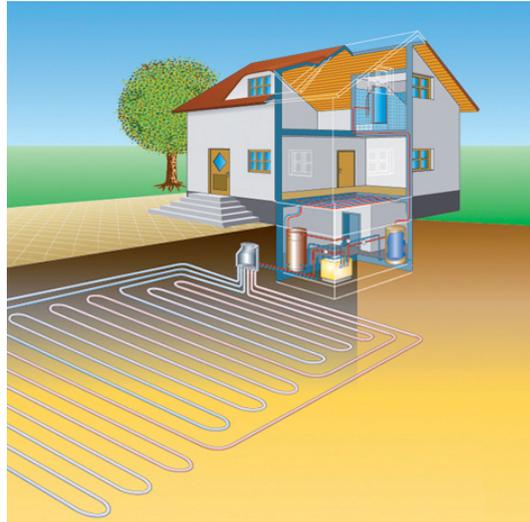


Abb. 1.41 | Erdwärmekollektoren



Abb. 1.42 | Spiralkollektoren

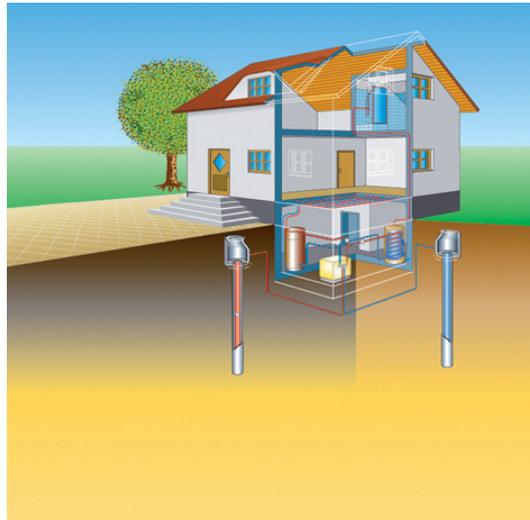


Abb. 1.43 | Wärmequelle Grundwasser



Abb. 1.44 | Wärmequelle Luft

Jede dieser drei Wärmequellen verfügt über genügend Wärmeinhalt, damit der Wärmepumpenprozess stattfinden kann und somit aus Wärme niedriger Temperatur Wärme höherer Temperatur entstehen kann.

Der Vorteil der Wärmepumpe ist, dass es für jeden Anwendungsfall das passende Modell gibt: ³⁴

Erdsonden eignen sich gut für kleine Grundstücke und Grundstücke, auf denen bereits angelegter Bewuchs nicht beeinträchtigt werden soll. Sie werden bis zu 100 m Tief in vertikalen Bohrungen installiert. Die ausgelegte Sondenlänge kann auch auf mehrere Bohrungen aufgeteilt werden, um bei gleicher Länge geringere Bohrtiefen zu benötigen. (Abb. 1.40)

Erdwärmekollektoren zu installieren ist dann sinnvoll, wenn genügend Grundstücksfläche vorhanden ist und beim Neubau der Garten noch nicht angelegt ist. Dabei handelt es sich um horizontal im Boden verlegte Rohrsysteme, die in einer Tiefe von 1 bis 1,5 m verlegt werden. Aufgrund der in diesem Tiefenbereich niedrigen Bodentemperaturen im Winter benötigt das Rohrsystem eine relativ große Gesamtlänge. Die optimale Lage für Erdwärmekollektoren ist in sonnigen Grundstücksbereich. (Abb. 1.41)

Spiralkollektoren sind eine besonders platzsparende Art von oberflächennahen Erdwärmekollektoren. Sie vereinen den Vorteil der Erdsonden (geringer Flächenbedarf) mit dem der Erdwärmekollektoren (preiswerter als Tiefenbohrung). Die Spiralkörbe werden je nach Bodenverhältnissen stehend oder liegend in einem Abstand von 2 m und einer Tiefe von etwa 3,5 m eingebracht. Die Anzahl der Kollektoren hängt von der erforderlichen Leistung und den Bodenverhältnissen ab. (Abb. 1.42)

Grundwasser ist die effektivste Wärmequelle für Umweltwärme. Es hat selbst an den kältesten Tagen eine Temperatur von 7 bis 12 °C. Wasser-Wärmepumpen benötigen Saug- und Schluckbrunnen. Grundwasser wird vom Saugbrunnen entnommen und mittels einer Tauchpumpe direkt über die Wärmepumpe geleitet. Das um ca. 5 °C abgekühlte Wasser wird anschließend über den ca. 10 bis 20 m entfernten Schluckbrunnen dem Grundwasser wieder zugeführt. Da bei dieser Variante das Grundwasser direkt als Wärmeträgermedium genutzt wird, entstehen nur geringe Wärmetauscherverluste. Im Vergleich zu Erdwärmekollektoren und Erdsonden sind diese Anlagen daher energetisch günstiger. (Abb. 1.43)

³⁴ SOM, 2011, S.166ff

Luft kann ohne großen Baulichen Aufwand als Wärmequelle erschlossen werden. Ventilatoren befördern die Außenluft zum Verdampfer der Wärmepumpe, wo ihr Wärme entzogen wird. Da mit fallenden Außentemperaturen die Leistung der Wärmepumpe nachlässt, wird sie an den wenigen sehr kalten Tagen des Jahres von einem Elektroheizstab unterstützt. (Abb. 1.44, S. 50)

1.5.2.1.2 THERMISCHE SOLARANLAGEN

Als thermische Solaranlagen werden Solaranlagen bezeichnet, die Wärme aus der Sonneneinstrahlung nutzbar machen (Solarthermie). Mit Hilfe von Solarkollektoren wird ein Wärmeträgermedium, meist Wasser, erwärmt. Die aufgenommene Wärme kann dann zur Trinkwassererwärmung und bei großen Anlagen auch zur Unterstützung des Heizsystems genutzt werden.

Mehrere Solarkollektoren bilden das Kollektorfeld der Solaranlage. Dieses wird optimalerweise auf einer südlich ausgerichteten, geneigten Dachfläche aufgestellt. Die Südorientierung sollte um nicht mehr als 15° verfehlt werden. Der Neigungswinkel beträgt im Idealfall zwischen 35° und 45°.³⁵ Wenn keine geeigneten Dachflächen vorhanden sind, lassen sich für das Kollektorfeld andere Lösungen finden. Bei einem Flachdach kann der Kollektor auf einem Gestell mit entsprechender Ausrichtung angebracht werden. Auch bei Fassaden ist die Montage mit Hilfe von ähnlichen Gestellen möglich.

1.5.2.1.2.1 SOLARKREISLAUF

Der Solarkreislauf einer Solaranlage transportiert die in den Kollektoren absorbierte Energie in den Solarspeicher.

Er besteht aus

- der Solarflüssigkeit, die die Energie vom Kollektor zum Speicher transportiert,
- den Rohrleitungen, die die Kollektoren auf dem Dach und den meist im Keller untergebrachten Speicher verbinden,
- der Umwälzpumpe, die die Solarflüssigkeit im Kreislauf führt,
- allen Armaturen und Einbauten zum Befüllen, Entleeren und Entlüften sowie
- den Sicherheitseinrichtungen Ausdehnungsgefäß und Sicherheitsventil.

³⁵ SCHU, 2007, S.86

Die Solarflüssigkeit (Wärmeträgermedium) ist in der Regel ein Gemisch aus Wasser und Frostschutzmittel. Ihr Gefrierpunkt liegt bei unter 15°C.³⁶

Um Wärmeverluste im Solarkreislauf zu vermeiden sollten die Leitungen vom Kollektor zum Solarspeicher möglichst kurz gehalten werden. Rohrleitungen und Armaturen der Solaranlage sind durch hochwertige Wärmedämmung vor Wärmeverlusten zu schützen. Die Wärmedämmung von Rohrleitungen sollte doppelt so dick sein wie der Rohrdurchmesser. Soweit möglich sollten die Rohrleitungen im beheizten Gebäudeteil geführt werden.

Die Umwälzpumpe wird über das Steuergerät je nach Temperaturdifferenz zwischen Kollektor und Solarspeicher ein- und ausgeschaltet. Das Ausdehnungsgefäß nimmt die, durch unterschiedliche Temperaturen bedingte Volumensänderungen der Wärmeträgerflüssigkeit auf. Das Sicherheitsventil verhindert, dass bei zu hohem Druck im Kreislauf die Leitung platzt und öffnet vorher.

1.5.2.1.2.2 SOLARKOLLEKTOREN

Die Solarkollektoren sind die wichtigste Komponente einer Solaranlage. Ihre Aufgabe ist es, das Sonnenlicht einzufangen und die gewonnene Energie in nutzbarer Form abzugeben. Ein Solarkollektor besteht aus einem Absorber, dem umschließenden Gehäuse und einer lichtdurchlässigen Abdeckung (z.B. Glasscheibe) auf der Oberseite. Er wirkt wie eine „Falle“ für das auftreffende Sonnenlicht. Die Sonnenstrahlen werden fast vollständig absorbiert und in Wärme umgewandelt. Da derer Absorber vollständig vom Gehäuse umschlossen ist, kann die Wärme kaum noch entweichen. Die Temperatur des Absorbers steigt mit der Sonneneinstrahlung an. Die absorbierte Wärme wird ihm durch das Wärmeträgermedium entzogen und über den Solarkreislauf zum Wärmespeicher befördert. Solarkollektoren gibt es in unterschiedlichen Bauarten, das Wirkungsprinzip ist jedoch immer dasselbe.

Eine besonders häufig verwendete Bauform ist der **Flachkollektor** (Abb. 1.45, S. 54). Er enthält einen flachen, durchgängigen Absorber z.B. aus geschwärztem Metall, an dessen Rückseite die Wasserröhren gut wärmeleitend befestigt sind. Auf der Oberseite ist eine transparente

³⁶ SOM, 2011, S.172

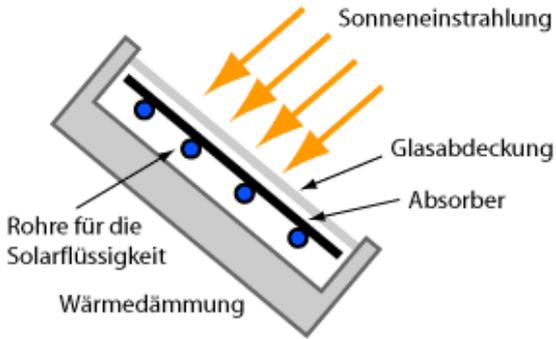


Abb. 1.45 | Flachkollektor

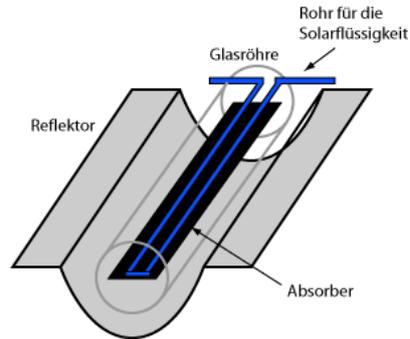


Abb. 1.46 | Vakuumröhrenkollektor



Abb. 1.47 | Kompaktgeräte aerosmart s und aerosmart m von Drexel und Weiss

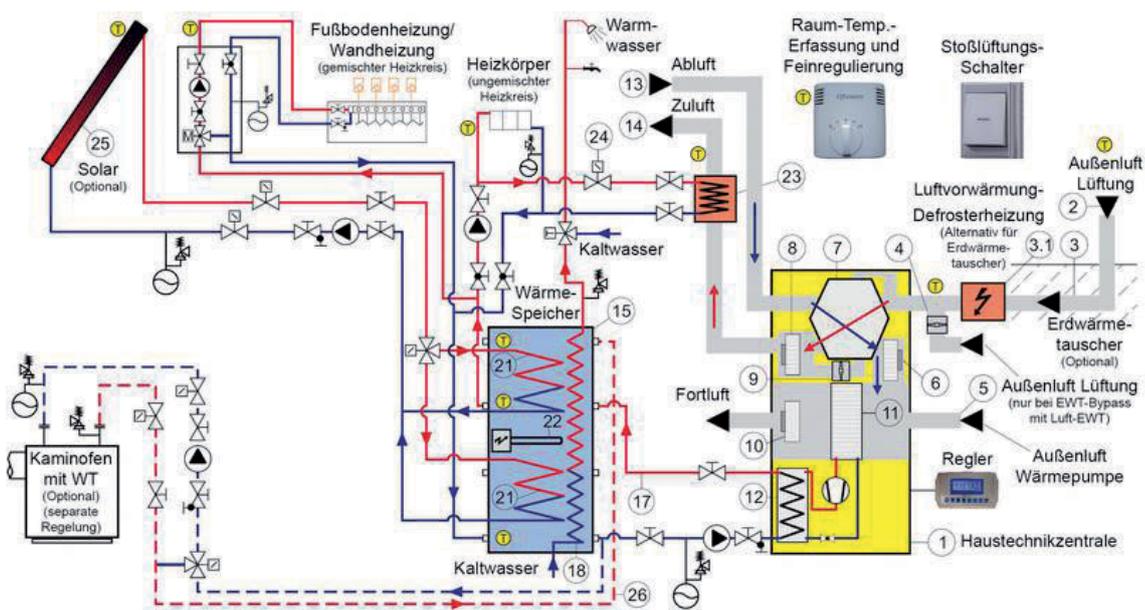


Abb. 1.48 | Funktionsschema Kompaktgerät

Abdeckung, meist eine einfache Glasplatte, angebracht. Sie soll die Sonneneinstrahlung möglichst vollständig zum Absorber durchlassen und die heiße Luft am Entweichen hindern. Auf der Rückseite und an den Seiten reduzieren temperaturbeständige Dämmmaterialien die Wärmeverluste.

Wegen der unvollkommenen Wärmedämmung sind Flachkollektoren nicht für besonders hohe Wassertemperaturen geeignet, da die Wärmeverluste dann stark ansteigen. Ebenfalls fällt die Wärmeausbeute bei kaltem Wetter stark ab. Die geringere Effizienz im Vergleich zu Vakuumröhrenkollektoren kann durch eine etwas größere Fläche ausgeglichen werden.

Ein **Vakuumröhrenkollektor** (Abb. 1.46) – oder einfach Vakuumkollektor bzw. Röhrenkollektor – besteht aus einem Gestell mit mehreren Vakuumröhren, die innen einen dunklen Absorberstreifen enthalten. In der Mitte des Absorberstreifens verläuft ein Rohr, das direkt vom Wärmeträgermedium durchströmt wird. Die Vakuumröhren sind von metallischen Reflektoren umgeben, die das Sonnenlicht in die Röhren hinein reflektieren. Der Wärmeverlust wird dadurch minimiert, dass die Röhren evakuiert (luftleer gepumpt) sind.

Eine andere Variante sind Heat-Pipe-Röhrenkollektoren, bei denen die Wärmeröhre nicht vom zirkulierenden Wärmeträgermedium durchflossen werden, sondern stattdessen mit einer anderen Flüssigkeit gefüllt sind. Bei Erwärmung beginnt die Flüssigkeit im Vakuumrohr zu verdampfen, steigt nach oben und kondensiert am oberen Ende. Die Kondensatoren aller Röhren sind an einem Sammelrohr angebracht, welches die Wärme mit dem Wärmeträgermedium abtransportiert.

Vakuumröhrenkollektoren sind teurer als Flachkollektoren, bieten jedoch wegen der besseren Wärmedämmung eine höhere Ausbeute pro Quadratmeter. Diese Wärmeausbeute sinkt bei ungünstigen Bedingungen auch weniger stark ab, so dass selbst im Winter noch erhebliche Mengen von Warmwasser so gewonnen werden können. Ein weiterer Vorteil ist der geringere Flächenbedarf für eine gegebene Leistung. Der Nachteil ist, dass die Dichtungen im Kollektor das Vakuum unter Umständen nicht dauerhaft halten. Dann verliert der Kollektor allmählich an Effizienz.

Eine Mischform sind so genannte **Vakuumflachkollektoren**. Diese stellen einen Versuch dar, die besseren Dämmeigenschaften des Vakuums auch in „normalen“ Flachkollektoren zu nutzen. Bauartbedingt neigen diese aber zu Undichtigkeiten, so dass eindringende Luft die Wärmeisolation verringert und das Vakuum regelmäßig mit einer Vakuumpumpe erneuert werden muss.

Speicherkollektoren sind eine einfache, jedoch eingeschränkt leistungsfähige Lösung für die solare Warmwasserbereitung. Hier sind Solarkollektoren und Warmwasserspeicher in einem Gehäuse zusammengefasst. Das Trinkwasser wird direkt in den Kollektoren erwärmt, die auch ein gewisses Volumen speichern können. Dadurch erspart man sich nicht nur einen separaten Warmwasserspeicher, sondern auch die Umwälzpumpe und die Steuerung. Die Nachteile sind das relativ kleine Speichervolumen, die entsprechend stark schwankende Temperatur des bereitgestellten Warmwassers sowie die Gefahr des Einfrierens im Winter.³⁷

1.5.2.1.2.3 SOLARSPEICHER

Die Zeiten mit guter Sonneneinstrahlung (mittags) und jene des großen Warmwasserverbrauchs (meist morgens oder abends) liegen zeitlich oft auseinander. Um die von den Solarkollektoren eingefangene Wärme unabhängig von der aktuellen Sonneneinstrahlung nutzen zu können, muss sie gespeichert werden. Daher ist ein Wärmespeicher wesentlicher Bestandteil einer Solaranlage. Er speichert die Wärme für die spätere Verwendung. Grundsätzlich sollte der Solarspeicher etwas größer dimensioniert sein und eine besonders gute Wärmedämmung aufweisen, damit er die Wärme von sonnigen Tagen möglichst lange speichern kann, um einige trübere Tage zu überbrücken.

Häufig sind Solarspeicher bivalent ausgelegt, d.h. sie besitzen zwei Wärmetauscher: einen unteren für den Anschluss an den Solarkreislauf und einen oberen zum Nachheizen mittels einer anderen Energiequelle (z.B. Heizkessel). Dieses Nachheizen wird immer dann notwendig, wenn die Sonne nicht genügend Energie liefert, um den Warmwasserbedarf zu decken.

37 SOM, 2011, S.173ff / WWW-EL

Da warmes Wasser leichter ist als kaltes, stellt sich im Speicher eine Temperatschichtung ein, d.h. im oberen Bereich des Speichers ist das Wasser wärmer als im unteren Teil. Die Wärme aus dem Solarkreislauf wird über einen Wärmetauscher im unteren Bereich des Speichers eingebracht. Da hier die Temperaturdifferenz zwischen dem Wasser im Speicher und der Solarflüssigkeit am größten ist, wird die Temperatur der Solarflüssigkeit besser abgesenkt. Das wirkt sich günstig auf den Wirkungsgrad der Anlage aus.

Schichtenspeicher sind das zentrale Element der Heizungsanlage. Das Warmwasser für den Heizungsvorlauf wird auch dem oberen Drittel des Speichers entnommen, der Rücklauf fließt in der passenden Höhe in den Speicher zurück. Reicht die solar gewonnene Energie nicht aus um das Wasser auf Solltemperatur zu bringen, wird nachgeheizt. Da in diesem Fall nur der Entnahmebereich im oberen Speicherteil und nicht das gesamte Speichervolumen nachgeheizt werden muss, wird Energie gespart.

Die Trinkwassererwärmung kann auf mehrere Arten integriert werden:

- Beim Tank-in-Tank-System befindet sich ein zweiter kleinerer Speicher im Inneren des Heizwassertanks. Das Trinkwasser wird dabei durch das umgebende Heizungswasser erwärmt.
- Beim Durchflusssystem wird das Trinkwasser über einen Wärmetauscher erwärmt, der den gesamten Speicher durchzieht.
- Bei der Frischwasserstation wird mit Plattenwärmetauschern, die von der heißesten Stelle des Speichers bedient werden, warmes Wasser immer nur bei Bedarf erzeugt.

Aufgrund der geringen bevorrateten Trinkwassermengen sind diese Arten der Trinkwassererwärmung sehr hygienisch und sicher. Da keine großen Trinkwassermengen mit gebrauchsfertiger Temperatur über längere Zeit vorgehalten werden müssen ist die Gefahr eines Legionellenbefalls des Trinkwassers sehr gering.³⁸

38 SOM, 2011, S. 175f

1.5.3 KOMPAKTANLAGEN FÜR LÜFTUNG UND HEIZUNG

Speziell für das Passivhaus entwickelte Kompaktgeräte (Abb. 1.47 und Abb. 1.48, S. 54) vereinen Lüften, Heizen und Warmwasserbereitung in einer kompakten Form. Durch ihren geringen Platzbedarf sorgen sie für Raumgewinn. Kompaktgeräte gibt es in unterschiedlichen Ausführungen und Leistungsvarianten. Sie bestehen meist aus einem Lüftungsmodul mit Wärmerückgewinnung, einer Kleinstwärmepumpe für die Luft- und Brauchwassererwärmung sowie einem Brauchwasserspeicher. Auch thermische Solaranlagen lassen sich problemlos in dieses System integrieren. Die Bedienung dieser Geräte ist benutzerfreundlich gestaltet und verfügt oft auch über eine Fernsteuerung (Bedieneinheit im Wohnraum). Der Nutzer erhält Informationen über die Temperaturen und über nötige Filterwechsel. Zudem zeichnen sich Kompaktanlagen mit extrem niedrigem Energieverbrauch aus.

In einem Passivhauskompaktgerät wird die kontrollierte Wohnraumlüftungsanlage mit einer Wärmepumpe kombiniert. Dabei nutzt die Wärmepumpe den Wärmeanteil der Abluft, der von der Wärmerückgewinnung der Lüftung nicht verwertet werden kann, und verwendet ihn zur Nacherwärmung der Zuluft oder zur Trinkwassererwärmung. Zusätzlich kann an das Gerät auch noch eine Solaranlage zur Unterstützung der Trinkwassererwärmung angeschlossen werden.

Um die Versorgungssicherheit an extrem kalten Tagen zu gewährleisten, ist ein Elektro-Heizstab integriert, der sowohl die Raumheizung als auch die Trinkwassererwärmung unterstützt.

An heißen Sommertagen kann der Wärmetauscher der Lüftung, der zur Wärmerückgewinnung dient, durch eine Bypass-Schaltung überbrückt werden. So wird die, relativ gesehen, kühlere nächtliche Außenluft direkt in die Räume geleitet. Ist die Wärmepumpe reversibel ausgelegt, dann ist auch eine aktive Kühlung der Zuluft möglich. Die Wärmepumpe arbeitet dann wie ein Kühltisch. Im Verdampfer der Wärmepumpe wird der Zuluft über den Solekreislauf Wärme entzogen und die abgekühlte Luft zur Raumkühlung verwendet.

1.6 SMART CITIES

Nicht nur das einzelne Haus sollte ökologisch und energieeffizient sein. Städte und urbane Regionen sollen durch den Einsatz intelligenter grüner Technologien zu sogenannten "Smart Cities" werden, denn ohne Klimaschutz gibt es keine lebenswerte Zukunft.

Beim kontrollierten Ausstieg aus dem fossilen Zeitalter kommt den Städten und suburbanen Regionen ein zentraler Stellenwert zu. Die Zukunftsfähigkeit einer Stadt bemisst sich heute an Nachhaltigkeit und Energieeffizienz. Das wichtigste Ziel der Städteplanung ist die Reduktion der Treibhausgasemissionen. Es hat inzwischen Vorgaben wie Verkehrsdurchlässigkeit und Habitatsdichte abgelöst. In den Städten konzentriert sich nicht nur der Großteil der Weltbevölkerung (bis 2050 prognostizierte 70%), sie stoßen laut EU-Berechnungen auch 80% der Treibhausgase aus und verbrauchen 75% der weltweit eingesetzten Energie. In Österreich selbst leben mehr als 50% der 8,4 Mio. Einwohner in städtischen Bereichen. In Ballungszentren leben sogar 64% der Bevölkerung. In den globalen Ballungsräumen wird sich der Kampf für ein funktionierendes Klima in den kommenden Jahrzehnten entscheiden. Wenn man das Ziel des Klimaschutzes erreichen will, muss man bei den urbanen Emissionen ansetzen.³⁹

Clean-Technology ist der beste Weg, um Treibhausgase zu vermindern und die Abhängigkeit von nicht erneuerbaren Energien wie Öl oder Gas zu verringern. Auch nachhaltige Gebäude und intelligente Verkehrssysteme spielen eine wichtige Rolle bei der klimaschonenden Urbanität.

„Smart Cities« sind Ergebnisse der Gesamtschau unterschiedlicher Technologie- und Kommunikationsansätze, die voneinander abhängig sind. Saubere Mobilität ist ohne intelligente Energienetze, erneuerbare Energieressourcen und höhere Energieeffizienz nicht denkbar.“⁴⁰

³⁹ KEF, 2011, S.8 / S.10

⁴⁰ KEF, 2011, S.6



Abb. 1.49 | Masdar City – Masterplan



Abb. 1.50 | Windturm

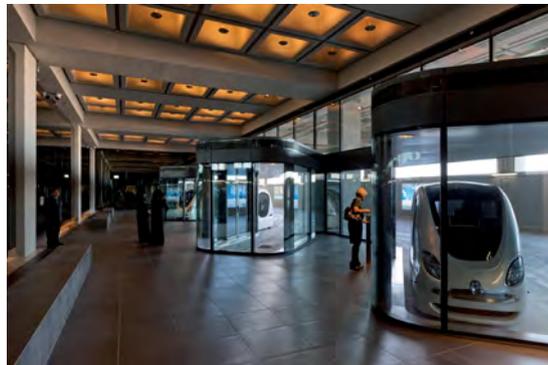


Abb. 1.51 | „Personal Rapid Transit Station“ im Masdar Institut



Abb. 1.52 | Führerlose Elektrokabine



Die erste energieautarke Stadt der Welt entsteht 40 Kilometer außerhalb von Abu Dhabi in Masdar City. Scheich Khalifa bin Zayed Al Nahyan investiert 22 Milliarden Euro um diese Null-Emissions-Stadt nach Plänen des Architekten Sir Norman Foster zu verwirklichen (Abb. 1.49). Die Stadt ist ein einziges Experiment und ein riesiges Demonstrationsprojekt. Durch ausgefeilte Architektur wird im Vergleich zu anderen Wüstenstädten nur ein Viertel der Energie verbraucht. Den benötigten Strom produziert die Stadt mit Windrädern, in Bioreaktoren und einem Photovoltaikkraftwerk. Über Meerwasser-Entsalzungsanlagen versorgt sie sich selbst mit Trinkwasser. Nach alter arabischer Bauepflogenheit spenden sich die Häuser gegenseitig Schatten, ebenso wie den Straßen. Dadurch heizt sich die Stadt tagsüber nur auf 50 statt auf 70 Grad auf. Ein 44 m hoher Windturm (Abb. 1.50) soll wie ein Rauchfang die warme Luft aus den Gassen herausziehen und manchmal auch umgekehrt die kühlen Winde in großer Höhe einfangen und in die Stadt hineinleiten.

Das Verkehrskonzept sieht vor, dass Bewohner, Pendler und Besucher ihre Fahrzeuge vor der Stadt parken und in eine der mehr als 3.000 eiförmigen, autonom fahrenden Elektrokabinen (Abb. 1.52) wechseln, die das gesamte Stadtgebiet erschließen. Die Elektrokabine werden von Induktionsleitungen geführt, die Passagiere müssen lediglich den gewünschten Ort eingeben, den Rest übernimmt der Computer des führerlosen Taxis.

Ein hochentwickeltes Stromnetz, das Smart Grid, ermöglicht es unkompliziert Energie einzuspeisen und zu ermitteln, wie hoch der Stromverbrauch an welcher Steckdose gerade ist. Dieses System wollen auch andere Städte einführen. Es ist jedoch eine Herausforderung, ein funktionierendes und vor allem kosteneffizientes Smart Grid in bereits bestehende städtische Energienetze zu integrieren. In Zukunft soll auf der Stromabrechnung erkennbar sein, wofür wie viel Energie verwendet wurde – ähnlich wie man auf der Telefonrechnung jede Einzelverbindung aufgelistet bekommt.

Es gibt jedoch auch einige Probleme bei diesem Demo-Projekt. Die Elektro-Taxis sind derzeit noch technisch unausgereift. Auch bei der Stromerzeugung läuft nicht alles nach Plan. So wollte man ursprünglich in Masdar selbst und in unmittelbarer Stadtumgebung an freien Stellen Kollektoren aufstellen, stattdessen werden nun einige Kilometer außerhalb der Stadt

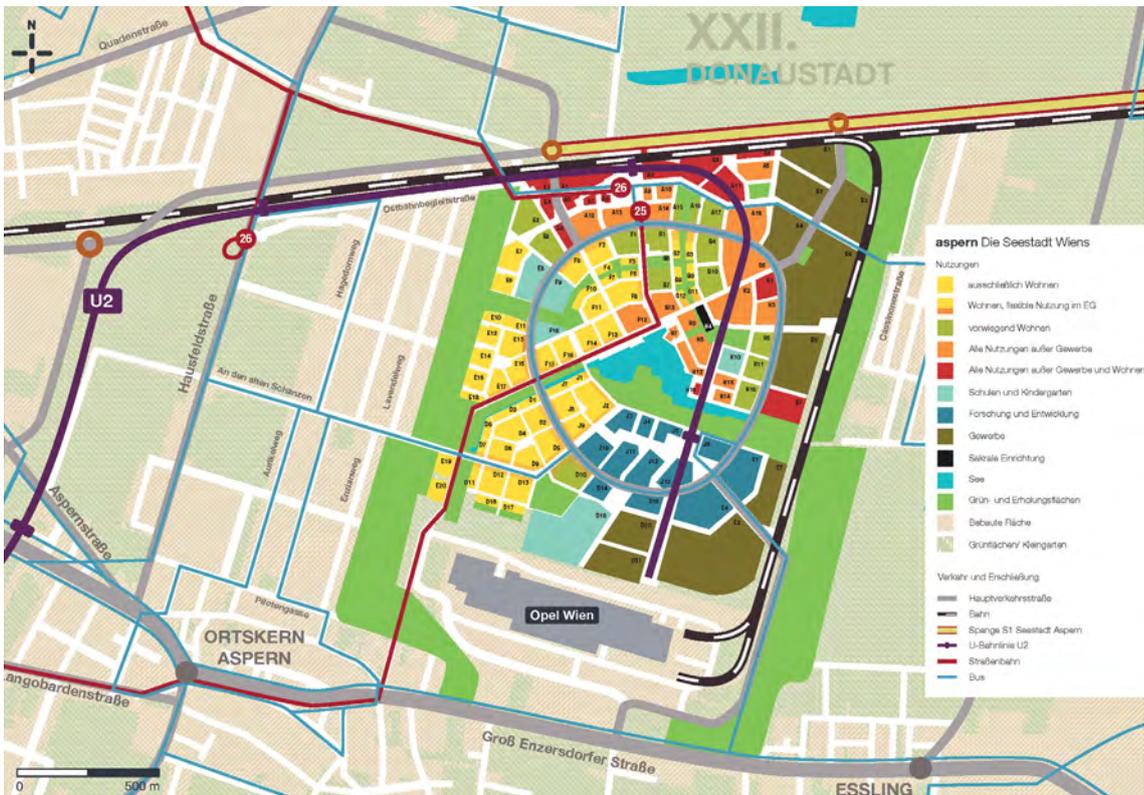


Abb. 1.53 | Seestadt Aspern – Masterplan ©Wien 3420 AG



Abb. 1.54 | Seestadt Aspern – Luftbild ©schreinerkastler.at

großflächige Solarparks errichtet. Der Hauptgrund dafür ist, dass sich auf den Solarkollektoren Wüstenstaub ablagert, der die Leistung jeden Tag um rund 20% verringert. Und die Reinigung der Kollektoren ist einfacher und günstiger, wenn sie in einer Anlage zusammengefasst werden.⁴¹

Laut dem deutschen Architekten und Städteplaner Albert Speer jun. müssen urbane Regionen autark und nachhaltig werden. für ihn ist es machbar, dass die moderne Ökostadt mit mindestens der Hälfte weniger Energie auskommt und dabei die Lebensqualität sogar noch steigt.

„Die Zukunft gehört ökologisch ausgerichteten Metropolen, die zwar dicht bebaut sind, aber dennoch sparsam mit Ressourcen umgehen, ihre Energieversorgung organisieren, Verkehrsströme begrenzen und die Landschaft und Arbeit zurück in ihre Mitte holen. Die technologische Basis für eine klimaneutrale Stadt ist vorhanden. Eine der Hauptaufgaben der Planung neuer Siedlungsformen liegt in der Integration der Vielzahl an innovativen urbanen Einzellösungen. Gebäudesanierung, Photovoltaik, Mobilitätskonzepte, erneuerbare Energieaufbringung oder Smart Grids sind jedoch Aufgaben, die vor allem im optimalen Zusammenspiel eine nachhaltige und klimaschonende Städteentwicklung erlauben.“⁴²

Die „Lebenssphären“ müssen neu geordnet werden. Im modernen Stadtbild sind die Bedürfnisse des Wohnens und der Familie weitgehend von der Arbeit getrennt. Ein räumliches Naheverhältnis ist jedoch wichtig für die nachhaltig orientierte Stadt. Nicht nur Handwerk und Dienstleistung, sondern auch Fabriken sich dank neuer Technik wieder mitten in der Stadt ansiedeln. Durch die Nutzungsmischung vermeidet man Verkehr und damit auch Emissionen. Jahrzehntlang stand die autogerechte Stadt im Vordergrund. Durch die Beschleunigung des Verkehrs vergrößerten sich auch die Reichweiten, was zu Suburbanisierung und damit auch zu Pendlerverkehr führte.

Die Wahrscheinlichkeit einer Stadtgründung „auf der grünen Wiese“ ist in Europa sehr gering. In Österreich gibt es jedoch ein Stadt-in-der-Stadt-Konzept: die Seestadt Aspern (Abb. 1.53 und Abb. 1.54) im nordöstlichen Vorstadtgürtel Wiens. Aspern ist eines der größten Stadtentwicklungsprojekte Europas. Bis 2030 sollen in der Seestadt Aspern 20.000 Menschen wohnen und 20.000 Arbeitsplätze entstehen. Das Gesamtenergiekonzept sieht vor,

41 KEF, 2011, S.10ff

42 KEF, 2011, S.12



Abb. 1.55 | Aspern – Boulevard ©schreinerkastler.at



Abb. 1.56 | Aspern – Seepromenade ©schreinerkastler.at

dass der neue Stadtteil durch Geothermie und Photovoltaik den thermischen Energiebedarf komplett durch erneuerbare Energiequellen abdecken kann. Über den Ausbau des städtischen Fernwärmenetzes soll die primäre thermische Versorgung sichergestellt werden. Minuten- oder stundenweise mietbare Elektroautos sollen die Schnittstelle von Individualverkehr und öffentlichem Massentransport schließen.⁴³

Smart Cities müssen die Ansprüche an Lebensqualität mit den Erfordernissen der Emissionsreduktion und Nachhaltigkeit verbinden. Das Augenmerk ist vor allem auf den effizienten Einsatz von Energie zu legen. Energie soll eingespart bzw. effizienter eingesetzt werden, ohne dass dabei die Lebensqualität sinkt. Denn Energieeffizienz ist nicht unbedingt mit Verzicht gleichzusetzen. Um die Energienachfrage zu reduzieren, werden Gebäude thermisch saniert, der öffentliche Verkehr ausgebaut, der PKW-Einsatz reduziert und der Radverkehr attraktiver gemacht. So soll der Anspruch der klimaneutralen und nachhaltigen „Smart Cities“ auch in Österreichs historischen Städten umgesetzt werden.

Stockholm gilt als eines der besten Modelle für klimagerechte Stadtentwicklung in einem historisch verwurzelten Umfeld. Familienfreundlichkeit und Energieeffizienz sind die obersten Ziele des breit angelegten Entwicklungsplans der schwedischen Hauptstadt. Es hat sich gezeigt, dass die beiden Werten durch nahezu dieselben Maßnahmen zu erreichen sind: *„Kindergärten und Schulen, Parks, Gewässer und Spielplätze sind auf alle Stadtteile gleichmäßig verteilt, Restaurants, Geschäfte oder Kinos in Gehweite angesiedelt. Arbeitsplätze in der Innenstadt wie in den „Speckgürteln“ sind per Rad, Bahn oder U-Bahn erreichbar.“*⁴⁴ Dadurch verzichten viele Familien auf ein eigenes Auto, was die Emissionen deutlich reduziert. Für seine Bemühungen wurde Stockholm 2010 von der Europäischen Kommission mit dem Titel der „Grünen Hauptstadt Europas“ geehrt.

43 KEF, 2011, S.13

44 KEF, 2011, S.14



Abb. 2.1 | Montage eines Fertighauses



Abb. 2.2 | Montage eines Fertighauses

2 DAS FERTIGHAUS

Die Architektur des Fertighauses prägt das Erscheinungsbild der Eigenheimsiedlungen. In Österreich wird fast jedes dritte Einfamilienhaus als Fertighaus errichtet. Laut aktuellen Statistiken wurden 2011 in Österreich 16.100 Einfamilienhäuser errichtet, davon fast 5.000 Fertighäuser. Der Marktanteil der Fertighäuser beträgt 31 Prozent. Diese Zahl inkludiert auch jene Fertighäuser, deren Leistungsumfang unter der Definition der ÖNORM B 2310 liegt (z.B. Bausätze und Fertighäuser mit innenseitig nicht beplankter Außenwand). Der Marktanteil jener Fertighäuser, die der Norm entsprechen, liegt bei 28 Prozent, was 4.508 im Jahr 2011 errichteten Fertighäusern entspricht.¹

Das Fertighaus wird als Typenplanung in einem Katalog wie eine Ware angeboten und verkauft. Seine Architektur spiegelt den Geschmack und das Repräsentationsbedürfnis der Bauherren wieder, denn der Geschmack der potentiellen Kunden diktiert die Planung der Fertighaushersteller. Schließlich soll das „Produkt“ bei einem großen Publikum Anklang finden. So ist anhand der Kataloge der dominierende Stil, der Geschmackswandel sowie der Wandel der Leitbilder innerhalb der Gesellschaft abzulesen.²

Haustyp	Stück	Anteil	Anmerkung
Einfamilienhäuser	16.100	100 %	Gesamtmarkt
Fertighäuser	4.991	31 %	Gesamtzahl Fertighäuser
Fertighäuser	4.508	28 %	Fertighäuser nach ÖNORM B 2310

Tab. 2.1 | Gesamtmarkt – Einfamilienhäuser / Anteile Fertigbauweise 2011 errichtet³

¹ ÖFV, 2012, S.5

² SIM, 2005, S.7

³ ÖFV, 2012, S.6

2.1 DEFINITION

Der Begriff „Fertighaus“ umfasst eine Vielzahl von Konstruktionen, Baumaterialien und Vorfertigungsgraden. In der ÖNORM B 2310 (Fassung vom 1. Mai 2009) ist das Fertighaus wie folgt definiert:

„Fertighaus – ein auf einem vorbereiteten Unterbau errichtetes Bauwerk aus vorgefertigten, geschoßhohen Wandelementen, Raumzellen sowie aus vorgefertigten Decken- und Dachelementen, die in Produktionsstätten witterungsunabhängig hergestellt, auf die Baustelle transportiert und dort zusammengebaut werden.“

Abweichend davon können Dachkonstruktionen einschließlich ihrer Deckenkonstruktionen aufgrund besonderer Bauwerksgestaltung ohne Vorfertigung sein.“

Diese Norm gilt für Wohngebäude (Ein- und Zweifamilienhäuser, Reihenhäuser, mehrgeschossige Wohnbauten), Bürogebäude, Kindergärten, Schulen und Mehrzweckhäuser. Sie ist unabhängig von den verwendeten Baustoffen (z.B. Holz, Beton, Ziegel). Diese Regelung ist einmalig in ganz Europa.⁴

Die ÖNORM B 2310 definiert weiters noch die Mindestleistungsumfänge für drei Ausbaustufen von Fertighäusern (siehe Tab. 2.2 – Tab. 2.6, S. 70 – S. 74):

Stufe 1 – Ausbauhaus

Stufe 2 – Belagsfertiges Haus

Stufe 3 – Schlüsselfertiges Haus

„Sofern diese Stufen im Zusammenhang mit Fertighäusern Anwendung finden, dürfen die folgenden Mindestleistungsumfänge nicht unterschritten werden. Sie dürfen hingegen punktuell im Konsens mit dem bzw. auf Wunsch des Auftraggebers erweitert werden.“

Um als Fertighaus zu gelten, muss jedenfalls der Mindestleistungsumfang der Stufe 1 – „Ausbauhaus“ eingehalten werden.

4 WWW-FH

Alle Angaben in den nachfolgenden Leistungsumfängen verstehen sich ab Unterbau-Oberkante.“

Im Jahr 2011 verlor die mittlere Leistungsstufe „Belagsfertig“ 6,36 Prozent zugunsten der Stufen „Schlüsselfertig“ und „Ausbauhaus“. Das Ausbauhaus legte damit erstmals seit Jahren wieder um 0,61 Prozent zu. Den größeren Anstieg konnte jedoch die Stufe „Schlüsselfertig“ verbuchen - 5,75 Prozent mehr schlüsselfertige Fertighäuser wurden 2011 errichtet. Roland Suter: *„Damit setzt sich der langjährige Trend fort, dass Kunden lieber die schlüsselfertige Variante beauftragen. Die Gründe sind offensichtlich: Weniger Verantwortung und Arbeit für den Bauherren, Gewährleistung für alle Gewerke in einer Hand und die Sicherheit, dass alle Arbeiten und die heute schon sehr komplizierte Haustechnik richtig und perfekt ausgeführt sind.“*⁵

5 ÖFV, 2012, S.3f

Mindestleistungsumfang Stufe 1: Ausbauhaus	
Pkt.	Leistungen
1	<p>Einreichpläne</p> <p>Es sind Einreichunterlagen nach den für das Bauvorhaben geltenden baurechtlichen Bestimmungen bereitzustellen (z.B. Einreichplan 3-fach, Bauansuchen, Baubeschreibung, Energieausweis gemäß Energieausweis-Vorlage-Gesetz).</p>
2	<p>Bauführer</p> <p>Der Fertighaushersteller verpflichtet sich zur Übernahme der Bauführertätigkeit, beschränkt auf die beauftragten Leistungen.</p>
3	<p>Abnahme Unterbau</p> <p>Sofern die Herstellung des Unterbaus (Keller oder Fundamentplatte) nicht im Leistungsumfang des Fertighausherstellers liegt, sind ein Umrissplan und ein Lastenblatt des Fertighauses für den Unterbau zu erstellen. Die Einhaltung der Inhalte des Umrissplans ist durch den Fertighaushersteller zu kontrollieren.</p>
4	<p>Standsicherheit</p> <p>Es sind alle für die Standsicherheit erforderlichen Bauelemente inklusive Dachkonstruktion und deren Verbindungen sowie die Verankerung des Bauwerks mit dem Unterbau herzustellen.</p> <p>Die Bemessung und Ausführung der tragenden Bauteile hat gemäß den statischen Erfordernissen und geografischen Gegebenheiten (Erdbeben-, Wind- und Schneelasten) zu erfolgen.</p>
5	<p>Wände</p> <p>Produktion, Lieferung und Montage aller für das Bauprojekt erforderlichen Außen- und Innenwände.</p> <p>Außenwände haben die zur Erfüllung der bauphysikalischen Anforderungen notwendigen Bauteilschichten zu enthalten, einschließlich einer fertigen Fassade gemäß Leistungsbeschreibung.</p> <p>Innenwände sind beidseitig geschlossen auszuführen und haben alle notwendigen Bauteilschichten zu enthalten.</p> <p>Die raumseitige Oberfläche ist bei mineralischen Baustoffen mindestens spachtelfähig herzustellen; bei Verwendung anderer Baustoffe wie z.B. Holzoberflächen eben und glatt. Das bedeutet, dass Stoßfugen der inneren Bekleidung noch nicht gespachtelt oder anderwärtig geschlossen sind.</p>

Tab. 2.2 | Mindestleistungsumfang Stufe 1: Ausbauhaus nach ÖNORM B 2310 - Tab. 1 (Teil 1/3)

Mindestleistungsumfang Stufe 1: Ausbauhaus	
Pkt.	Leistungen
6	<p>Decken</p> <p>Produktion, Lieferung und Montage aller für das Bauprojekt erforderlichen Decken. Decken sind beidseitig geschlossen auszuführen (ausgenommen Sichttrammeden) und haben alle notwendigen Bauteilschichten mit Ausnahme des gesamten Fußbodenaufbaues zu enthalten.</p> <p>Decken sind jedenfalls gemäß den statischen Erfordernissen und begehbar auszuführen. Trennt das Deckenelement beheizbare Räume von unbeheizbaren Räumen, so sind zusätzlich die erforderliche Wärmedämmung sowie eine gegebenenfalls erforderliche Dampfbremse vorzusehen.</p> <p>Die unterseitige Oberfläche ist bei mineralischen Baustoffen mindestens spachtelfähig herzustellen; bei Verwendung anderer Baustoffe wie z.B. Holzoberflächen eben und glatt. Das bedeutet, dass Stoßfugen der inneren Bekleidung noch nicht gespachtelt oder anderwärtig geschlossen sind.</p>
7	<p>Dachkonstruktion</p> <p>Produktion, Lieferung und Montage aller für das Bauprojekt erforderlichen Dachkonstruktionsteile inklusive der Dacheindeckung.</p> <p>Der Dachstuhl hat die Unterkonstruktion für die Dacheindeckung und ein entsprechendes Unterdach aufzuweisen. Dachdeckung inklusive der systemkonformen Durchdringungen und Anschlüsse gemäß Leistungsbeschreibung. Dachrinnen samt Abläufen und Formstücken sind mindestens bis 10 cm unter die Kellerdecken-Oberkante zu führen. Alle sonstigen Spenglerarbeiten im Dachbereich mit Ausnahme der Fangkopfeinfassung sowie Aus- und Aufstiege zum Fang sind herzustellen.</p> <p>Fänge (Abgasanlagen) sind im Mindestleistungsumfang dieser Ausbaustufe nicht enthalten.</p>
8	<p>Dachausbau</p> <p>Im Fall eines ausgebauten Dachgeschoßes haben die Dachschrägen die zur Erfüllung der bauphysikalischen Anforderungen notwendigen Bauteilschichten zu enthalten.</p> <p>Die raumseitige Oberfläche ist bei mineralischen Baustoffen mindestens spachtelfähig herzustellen; bei Verwendung anderer Baustoffe wie z.B. Holzoberflächen eben und glatt. Das bedeutet, dass Stoßfugen der inneren Bekleidung noch nicht gespachtelt oder anderwärtig geschlossen sind.</p>
9	<p>Zugang zu den Obergeschoßen</p> <p>Der Einbau einer provisorischen Treppe oder Rampe inklusive Absturzsicherung vom Erdgeschoß zu den darüber liegenden Geschoßen hat zu erfolgen.</p>

Tab. 2.3 | Mindestleistungsumfang Stufe 1: Ausbauhaus nach ÖNORM B 2310 - Tab. 1 (Teil 2/3)

Mindestleistungsumfang Stufe 1: Ausbauhaus	
Pkt.	Leistungen
10	<p>Bäder und Duschen</p> <p>Spritzwasser gefährdete Flächen (gemäß ÖNORM B 2207) sind mit geeigneten Materialien auszustatten, um spätere Abdichtungsmaßnahmen zu ermöglichen.</p>
11	<p>Vorkehrungen für Ver- und Entsorgungsleitungen</p> <p>Für den Einbau der Ver- und Entsorgungsleitungen (Strom, Wasser, Gas, Abfluss, Entlüftung) in den Bauteilen müssen vorbereitende Maßnahmen getroffen werden.</p> <p>Die Möglichkeit des Einbaues einer kontrollierten Wohnraumbel- und Entlüftungsanlage ist gesondert zu vereinbaren.</p>
12	<p>Elektroinstallationen</p> <p>In allen werkseitig geschlossenen Bauteilen hat entweder eine Leerverrohrung oder eine Verkabelung für alle Auslässe entsprechend Leistungsbeschreibung ausgeführt zu werden.</p>
13	<p>Durchdringungen</p> <p>Durchdringungen der Außenhülle sind schlagregen- und luftdicht herzustellen.</p>
14	<p>Fenster und Außentüren</p> <p>Fenster und Außentürelemente inklusive den erforderlichen Außenfensterbänken gemäß Leistungsbeschreibung, inklusive Beschläge, Abdichtungen, Verglasung und fertiger Oberfläche. Der Einbau ist schlagregen- und luftdicht herzustellen.</p> <p>Einbau aller Fix- und Wintergartenverglasungen gemäß Leistungsbeschreibung.</p>
15	<p>Außenbauteile</p> <p>Herstellen aller Außenbauteile, die fest mit dem Gebäude verbunden sind, wie Balkone und Geländer, Stützen u. Ä. soweit in der Leistungsbeschreibung enthalten.</p>
16	<p>Montage</p> <p>Montage aller im Leistungsumfang enthaltenen Bauteile (z.B. Außenwände, Innenwände, Deckenelemente, Dachkonstruktion und Dach) unter Berücksichtigung der Arbeitnehmerschutzbestimmungen.</p>
17	<p>Anschlussstellen im Bereich von Außenbauteilen</p> <p>Die Anschlussstellen (z.B. zwischen dem Fertighaus und der Unterbau-Oberkante) der Außenbauteile sind regensicher und winddicht auszuführen.</p>

Tab. 2.4 | Mindestleistungsumfang Stufe 1: Ausbauhaus nach ÖNORM B 2310 - Tab. 1 (Teil 3/3)

Mindestleistungsumfang Stufe 2: Belagsfertiges Haus	
Pkt.	Leistungen (zusätzlich zu Stufe 1)
18	<p>Elektro-Komplettierung</p> <p>Verkabelung, Dosen, Schalter, Stecker, TV-Leerrohre, Unterverteiler u. dgl. inklusive erforderlicher Sicherungsautomaten gemäß Leistungsbeschreibung.</p> <p>Die Elektroinstallation ist entsprechend (ohne Beleuchtungskörper) fertig zu stellen, einschließlich der Montage der Schalter und Steckdosen sowie zumindest je eine Leerverrohrung für TV, EDV und Telefon. Der Zählerkasten inklusive Zuleitung und Erdung ist im Leistungsumfang nicht enthalten; der Platz dafür ist jedoch vorzusehen.</p>
19	<p>Sanitärrohinstallation</p> <p>Alle gemäß Leistungsbeschreibung enthaltenen Ablaufleitungen und Wasserleitungen sind einzubauen. Die Zu- und Ableitungen müssen 10 cm unter der Kellerdecken- Unterkante oder auf der Fundamentplatten-Oberkante enden.</p> <p>Bei innen liegenden Sanitärräumen ohne natürliche Belüftung ist eine mechanische Lüftung vorzusehen.</p>
20	<p>Heizung</p> <p>Lieferung und Montage der betriebsbereiten Heizungsanlage samt Wärmeverteilung entsprechend der Leistungsbeschreibung. Gasleitungen und Gaszähler sind nicht enthalten.</p> <p>Sofern für das Heizsystem notwendig, ist ein entsprechender Fang inklusive Fangkopfeinfassung im Leistungsumfang enthalten.</p> <p>Bei Wärmepumpen mit Erdkollektor wird das Material für die Kollektoren mitgeliefert, jedoch nicht verlegt. Bei Wärmepumpen mit Tiefenbohrung ist die Tiefenbohrung selbst nicht im Leistungsumfang enthalten.</p>
21	<p>kontrollierte Wohnraumb- und Entlüftungsanlage</p> <p>Lieferung und Montage einer betriebsfertigen kontrollierten Wohnraumb- und Entlüftungsanlage sind gesondert zu vereinbaren.</p>
22	<p>Estrich</p> <p>Einbringung eines Estrichs entsprechend der Leistungsbeschreibung inklusive Dämmung.</p>

Tab. 2.5 | Mindestleistungsumfang Stufe 2: Belagsfertiges Haus nach ÖNORM B 2310 - Tab. 2

Mindestleistungsumfang Stufe 3: Schlüsselfertiges Haus	
Pkt.	Leistungen (zusätzlich zu Stufe 1 und Stufe 2 — ausgenommen Pkt. 9)
23	Innenfensterbänke Bei allen Fenstern gemäß Leistungsbeschreibung.
24	Spachteln Spachteln aller raumseitigen Oberflächen in Standardausführungsqualität Stufe 2 (Standardverspachtelung) gemäß ÖNORM B 3415: 2009-04-15, Abschnitt 8 und unter Fliesen u. Ä. in Standardausführungsqualität Stufe 1 (Fugenverschluss) gemäß ÖNORM B 3415: 2009-04-15, Abschnitt 8.
25	Tapeten oder Malen Tapezierungs- oder Malerarbeiten gemäß Leistungsbeschreibung.
26	Sanitär Sanitäre Einrichtungsgegenstände und Armaturen ohne Accessoires (z.B. WC-Rollenhalter, Handtuchhalter, Seifenschale, Spiegel) gemäß Leistungsbeschreibung eingebaut.
27	Boden- und Wandfliesen Verfliesungsarbeiten für die in der Leistungsbeschreibung enthaltenen Flächen. In Sanitärräumen werden an den von Spritzwasser belasteten Flächen (gemäß ÖNORM B 2207) entsprechende Abdichtungsarbeiten durchgeführt.
28	Bodenbeläge Alle Böden werden gemäß Leistungsbeschreibung mit entsprechenden Bodenbelagsmaterialien belegt (inklusive Sockelleisten).
29	Innentüren Innentüren mit Zargen samt Beschlägen und Türdrückern gemäß Leistungsbeschreibung.
30	Treppe Wohnraumtreppe inklusive Geländer bzw. Handlauf zu Obergeschoßen gemäß Leistungsbeschreibung.
31	Geländer Alle notwendigen Geländer- und Absturzsicherungen sind herzustellen. Im Bereich der Kellertreppenöffnung ist kein fertiges Geländer erforderlich, eine provisorische Absturzsicherung ist jedoch herzustellen.

Tab. 2.6 | Mindestleistungsumfang Stufe 3: Schlüsselfertiges Haus nach ÖNORM B 2310 - Tab. 3

2.2 GESCHICHTE DES FERTIGHAUSBAUS

Der Beginn des Fertighausbaus lässt sich nicht eindeutig definieren. Je nach Betrachtungsweise können unterschiedliche Ausgangspunkte und Entwicklungsstränge angenommen werden:

- Das Fertighaus als mobiles Haus – ortsfremde Fertigung der Bauteile
- Die Fertigbauweise als Weiterentwicklung des Fachwerkbau – Entwicklung der Holzkonstruktionen
- Das Haus als Massenprodukt – Standardisierung des Wohnungsbaus

2.2.1 DAS FERTIGHAUS ALS MOBILES HAUS

Bei dieser Sichtweise geht es vor allem darum, dass die Bauelemente an einem anderen als dem späteren Standort gefertigt werden. Das Fertighaus als mobiles Haus geht wohl am weitesten zurück. Bereits vor mehreren Jahrtausenden entwickelten Nomadenvölker Hütten aus vorgefertigten Elementen, die nach dem Aufbau wieder abgebaut und an einen anderen Ort transportiert werden konnten. Die benötigten Bauteile mussten besonders leicht und einfach zu handhaben sein. Erst mit dem Beginn von Ackerbau und Viehzucht wurden die Menschen sesshaft und entwickelten dauerhafte Wohnstätten.⁶

Im 19. Jahrhundert begann im Hausbau die mechanisierte Fabrikfertigung. Die Ursprünge des transportablen Hauses liegen jedoch nicht in der Schaffung dauerhaften Wohnraums. Auf Grund seiner Mobilität kam es vorerst im Militärwesen und bei der Kolonialisierung zum Einsatz. Der Zweck der mobilen Bauten war in erster Linie die Schaffung von Wohnmöglichkeiten an einem heimatfernen Ort. Besonderes Augenmerk wurde dabei auf einfachen Transport und den Aufbau ohne Einsatz von Fachkräften gelegt. Transportable Wohnhäuser kamen vor allem bei der britischen Besiedelung Australiens (1820er Jahre), beim Goldrausch an der Westküste der USA (ab 1848), bei der Besiedelung des mittleren Westens der USA sowie in den Tropen zum

6 DET, 2008, S.14



Abb. 2.3 | Manning Portable Colonial Cottage. 1830



Abb. 2.4 | Nissenhütte, 1920



Abb. 2.5 | Nissenhütte, 1920

Einsatz.⁷ Das erste vollständig vorgefertigte Haus war das 1830 vom Londoner Zimmermann und Baumeister John Manning konzipierte »Portable Colonial Cottage« (Abb. 2.3).⁸ Manning entwarf es für seinen Sohn, der nach Australien auswandern wollte. Um 1848 beim Goldrausch in den USA wurden erstmals zerlegbare Holzhäuser in Massenproduktion hergestellt. 1920 entwickelte Peter Norman Nissen für das Militär eine Wellblechhütte in Fertigteilbauweise mit halbrundem Dach und 40 m² Grundfläche.⁹ Die Nissenhütte (Abb. 2.4 und Abb. 2.5) ist die wohl bekannteste Form der Baracke. Sie wurde nach dem zweiten Weltkrieg zu einer der gebräuchlichsten Notunterkünfte.

Das vorgefertigte Haus war bis zum ersten Weltkrieg eine anerkannte Bauform. Es war jedoch an bestimmte Ereignisse wie Kolonisation, Kriege und Naturkatastrophen geknüpft und hatte keinen konstanten Markt. Die Vorfertigung wurde als Mittel zur Bewältigung von Krisen und nicht als Alternative zum herkömmlichen Hausbau angesehen.¹⁰

2.2.2 DIE FERTIGBAUWEISE ALS WEITERENTWICKLUNG DES FACHWERKBAUS

Aus der konstruktionstechnischen Perspektive kann der Fachwerkbau als Vorläufer der heutigen Fertighausbauweise angesehen werden. *„Denn in der frühen Neuzeit wurde in der Regel „vorgefertigt“ gebaut. Die Fachwerkhäuser wurden in Einzelteilen in der Zimmereiwerkstatt hergestellt, auf dem Abbundplatz vormontiert und auf der Baustelle errichtet.“*¹¹

In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts machte die Verbreitung der Sägemühle geringer dimensionierte Kanthölzer möglich. Durch die Erfindung der Mechanischen Nagelherstellung wurde auch die Nageltechnik für den einzelnen Handwerker möglich. Ab 1832 entwickelte sich in den USA das »Balloon Frame System« (Abb. 2.6, S. 78), eine Konstruktion, die noch heute im Hausbau der USA zu finden ist. Dabei handelt es sich um eine Konstruktion aus eng gereihten Brettern (Abstand von 30 bis 40 cm), die mit nun industriell

7 SIM, 2005, S.25f

8 KRO, 2008, S.8

9 WWW-WIK-NH

10 SIM, 2005, S.27

11 SIM, 2005, S.27

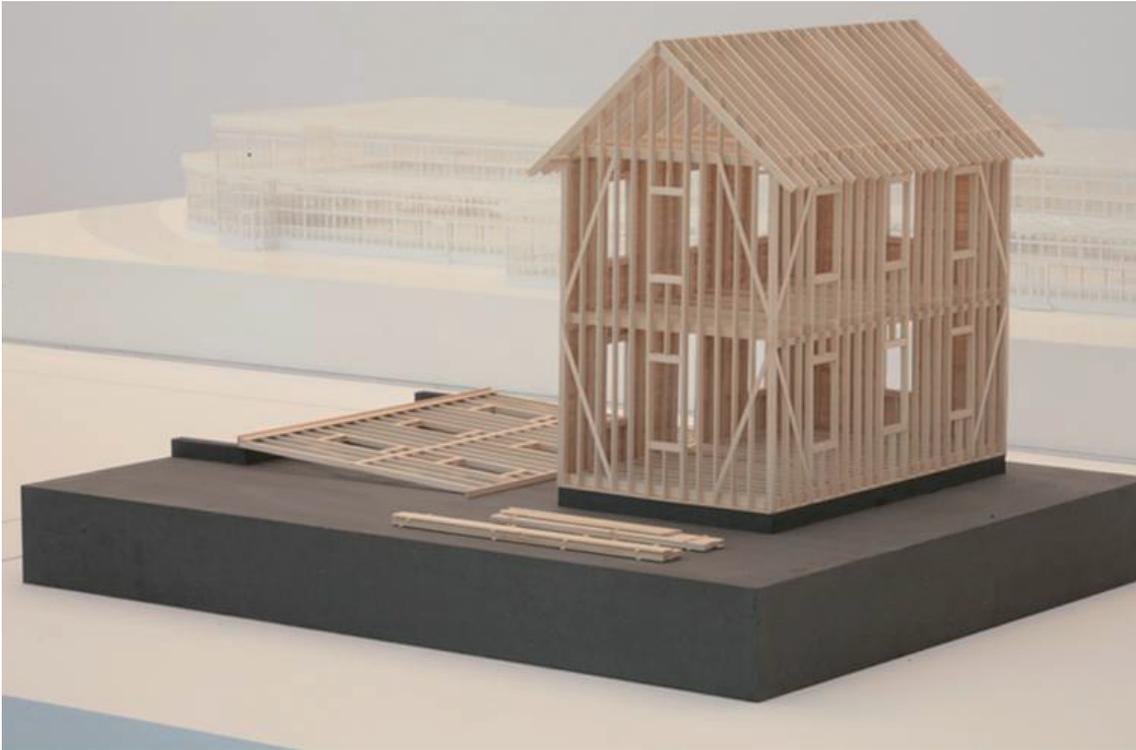


Abb. 2.6 | Balloon Frame System



Abb. 2.7 | Holzrahmenbau



Abb. 2.8 | Holzständerwand

erzeugten Nägeln miteinander verbunden werden. Die senkrechten Elemente dieser Konstruktion sind über die Etagen durchgehend. Die Wände sind beidseitig von Werkstoffplatten beplankt und wirken so statisch als Scheibe. Öffnungen können an relativ beliebiger Stelle eingeschnitten werden.¹²

Aus der Amerikanischen Konstruktion entwickelte sich der Holzrahmenbau. Mit einem Holzprofil lassen sich durch Mehrfachschichtung unterschiedliche Konstruktionselemente wie Stützen, Schwellen und Träger schaffen. Der Stützenabstand beträgt in der Regel 62,5 cm. Die Wände werden einseitig beplankt vorgefertigt und auf der Baustelle zusammengefügt. Anschließend werden die Innenseiten mit Platten geschlossen.¹³ (Abb. 2.7 und Abb. 2.8)

2.2.3 DAS HAUS ALS MASSENPRODUKT

Überlegungen zur Massenfertigung von Wohnhäusern tauchten erstmals im 19. Jahrhundert auf. Die Industrialisierung brachte neue, schnellere Wege Produkte in großen Mengen herzustellen. Die schnörkellosen Formen moderner Industrieprodukte hatten großen Einfluss auf die Architekten. Gebäude sollten standardisiert und elementiert in der Fabrik produziert und auf der Baustelle nur noch nach einem Baukastenprinzip zusammengefügt werden. Durch die Standardisierung und Typisierung erhoffte man sich das Problem der Wohnungsnot zu lösen. Das Ziel war kostengünstige Baumethoden zur Verbesserung der Lebensverhältnisse, vor allem der unteren Schichten, zu entwickeln. Durch die Rationalisierung des Bauprozesses sowie des Wohnens sollten die Baukosten gesenkt und so bezahlbarer Wohnraum zur Verfügung gestellt werden. Qualität und Quantität sollten durch industriell gefertigte Bauelemente und schnellere Montage auf gut durchorganisierten Baustellen erreicht werden. Die industrielle Produktion sollte den herkömmlichen handwerklichen Baubetrieb ablösen.¹⁴

Lange bevor sich die Architekten mit dem Thema der Vorfertigung in Bereich des Einfamilienhauses annahmen, beschäftigten sich verschiedene Firmen und Hersteller mit der industriellen Fertigung von einfachen Standardhäusern und brachte diese als „Ware“ auf den Markt. Ein Beispiel hierfür ist die Firma CHRISTOPH & UNMACK. Der Möbelherstellungsbetrieb begann damit,

¹² DET, 2008, S.16

¹³ DET, 2008, S.17

¹⁴ DET, 2008, S.22f

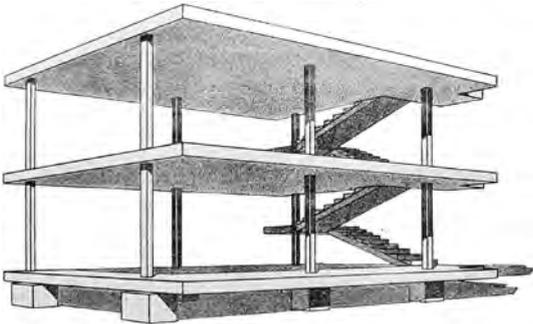


Abb. 2.9 | »Domino-Haus« von Le Corbusier, 1914

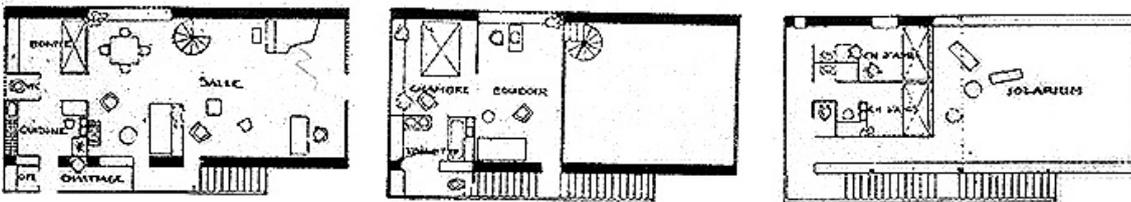
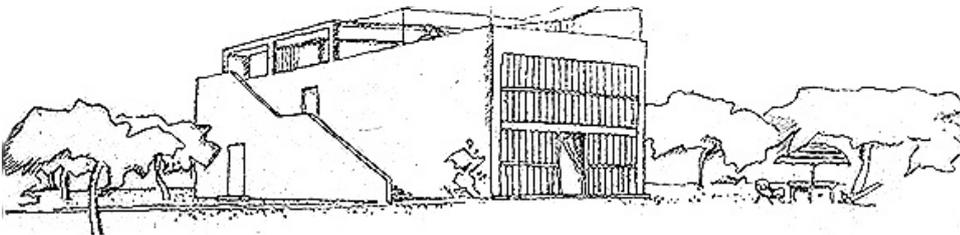


Abb. 2.10 | »Citrohan« von Le Corbusier, 1921

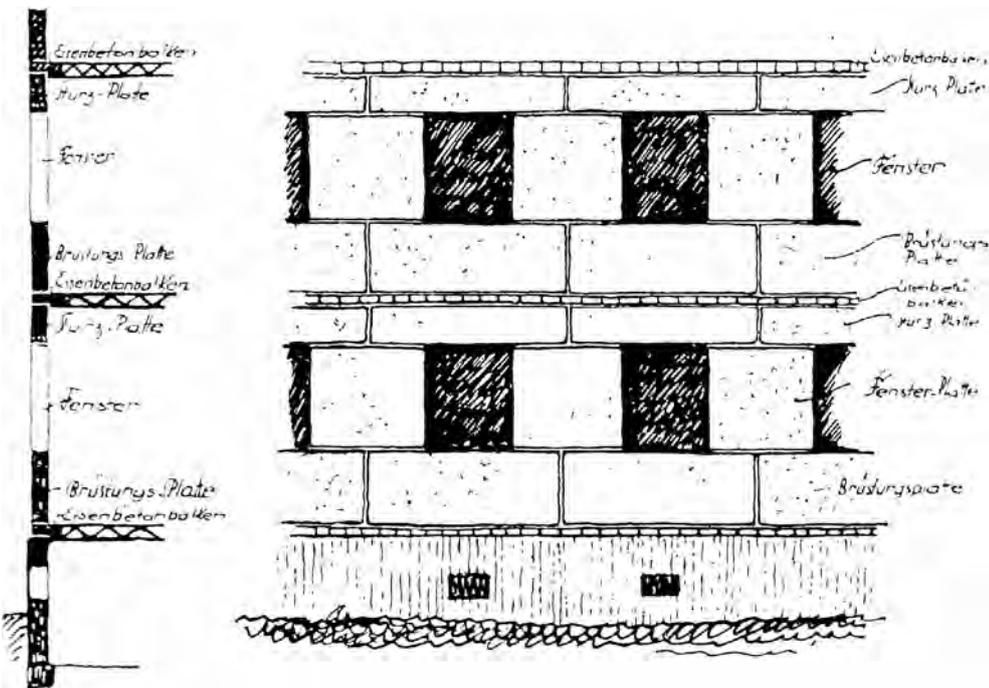


Abb. 2.11 | Plattenbauweise »System Stadtrat Ernst May«, 1926

Wandelemente für Wohnhäuser aus Holz vorzufertigen, und wurde in den 1920er und 1930er zum größten europäischen Holzhaushersteller. Der Erfolg der Firma resultierte nicht zuletzt aus deren Zusammenarbeit mit dem Architekten Konrad Wachsmann.¹⁵

Auch die Stahlindustrie richtete in den 1920er Jahren ihre Aufmerksamkeit auf den industriellen Hausbau. Die Bauteile waren leicht und ermöglichten so einen einfachen Transport. Sie konnten problemlos von ungelerten Arbeitern oder sogar den Bewohnern selbst montiert werden. Außerdem waren die Häuser billig und boten aufgrund der dünnen Wände eine größere Wohnfläche.¹⁶

Nach dem Ersten Weltkrieg wurde das Fertighaus auch für Architekten interessant. In den 1920er Jahren beschäftigten sich fast alle bedeutenden Architekten mit der Vorfertigung im Hausbau. Dabei ging es ihnen hauptsächlich um neue Bauweisen und die Industrialisierung des Wohnungsbaus insgesamt. Die meisten Entwürfe kamen jedoch nicht über das Experimentierstadium hinaus.¹⁷

Le Corbusier entwickelte 1914 das »Domino-Haus« (Abb. 2.9), ein Bausystem das nur aus Stützen und auskragenden Deckenplatten besteht. Serienmäßig hergestellte, vofabrizierte Fenster, Türen und Wandschränke konnten individuell zusammengestellt werden. 1921 entwarf er das Typenhaus »Citrohan« (Abb. 2.10), dessen Bezeichnung sich bewusst an die Automobilindustrie anlehnt. Das Haus sollte wie ein Auto entworfen und durchkonstruiert sein. Vorgesehen war die Serienfertigung eines quaderförmigen Baukörpers mit tragenden Seitenwänden.¹⁸

Der Frankfurter Stadtbaurat Ernst May wollte die Wohnungserzeugung so organisiert sehen, wie die Produktion aller Massenartikel. Mustergültig durchgearbeitete Modelle sollten serienmäßig an möglichst wenigen Stellen fabriziert werden. 1926 gründete er die Frankfurter Häuserfabrik, in der das »System Stadtrat Ernst May« (Abb. 2.11) produziert wurde. Das System bestand aus 3 Leichtbetonplatten: der unbewehrten Brüstungsplatte (3,0 x 1,1 x 0,2 m), der Fensterplatte und der bewehrten Sturzplatte (3,0 x 0,4 x 0,2 m).

15 SIM, 2005, S.29f

16 SIM, 2005, S.31

17 SIM, 2005, S.33

18 DET, 2008, S:23

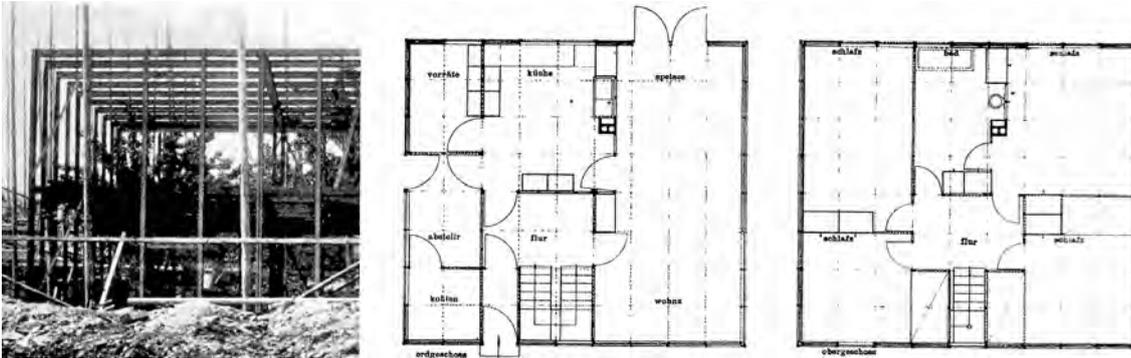


Abb. 2.12 | Baukasten-Haus in Stahl-Leichtbauweise von Walter Gropius, 1927



Abb. 2.13 | »General Panel System« von Konrad Wachsmann und Walter Gropius, 1945

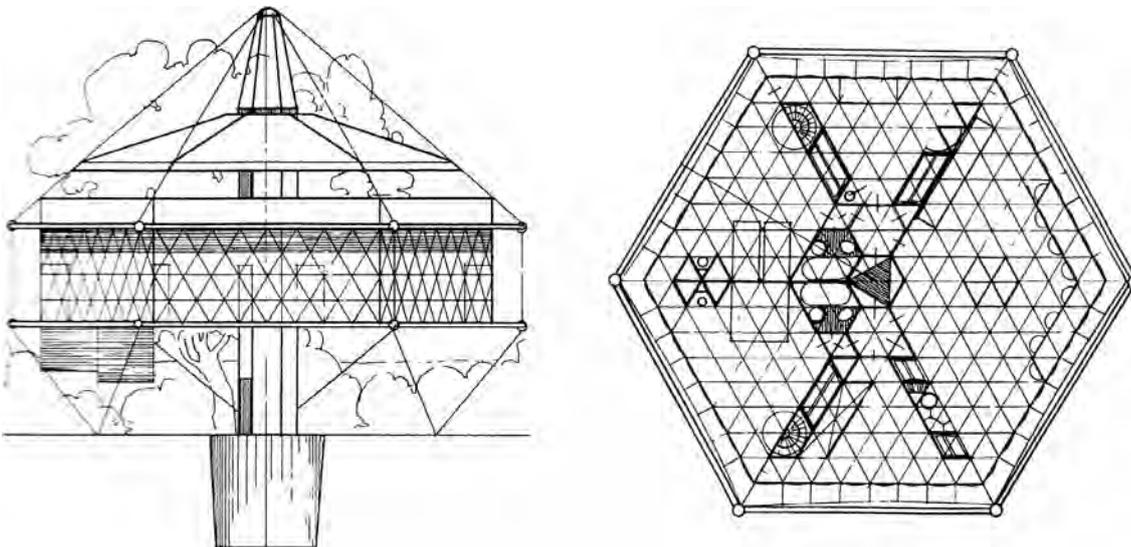


Abb. 2.14 | »Dymaxion House« von Buckminster Fuller, 1927

Die Geschößdecken setzten wurden aus Stahlbetonbalken zusammengesetzt. Das System konnte für unterschiedliche Haustypen verwendet werden. Fenster, Türen und Öfen wurden nach einem Normblatt ebenfalls in Serie hergestellt. Das so gebaute Haus war nach nur 26 Tagen bezugsfertig.¹⁹

Walter Gropius beschäftigte sich mit dem Fertighaus in Form von flexiblen Baukastensystemen. Er präsentierte schon 1910 ein Programm in dem bereits viele Marketingstrategien (Festpreis, Werbung, Kataloge, Hausausstellungen) der heutigen Fertighausindustrie auftauchten. Das Angebot sollte nicht aus Standardhäusern bestehen, sondern man konnte einen individuellen Typ aus einem Baukasten zusammenstellen.²⁰ Für die Werkbundaustellung in der Stuttgarter Weißenhofsiedlung entwickelte Gropius 1927 ein Haus in Stahl-Leichtbauweise (Abb. 2.12). Ein Stahlskelett mit einem Grundraster von 1,06 m wurde aus vorgefertigten Einzelteilen montiert. Die Zwischenräume wurden mit 8 cm dicken Expansitkorkplatten ausgefüllt.²¹

In Zusammenarbeit entwickelten Konrad Wachsmann und Walter Gropius 1941 das »Packaged House System«, ein modulares Holzbausystem für Kleinbauten. Das Ziel war ein universelles Bausystem zu entwickeln, das auf der Baustelle von ungelerten Kräften ohne Spezialwerkzeug montiert werden konnte. Das System bestand aus 1,16 m breiten Platten, die für alle drei Dimensionen eingesetzt wurden und zu beliebigen, ein- bis zweigeschossigen Wohnhäusern kombiniert werden konnten. Später wurde das System optimiert und kam unter dem Namen »General Panel System« (Abb. 2.13) auf den Markt. Es wurde 150 – 200 mal verkauft.²²

Richard Buckminster Fuller beschäftigte sich mit dem transportablen Fertighaus. Er entwickelte 1927 das »Dymaxion House« (Abb. 2.14), ein sechseckiges, an einem Mast aufgehängtes, Gebäude aus Stahl und Aluminium. Dabei sollte mit möglichst wenig Oberfläche ein Maximum an Raum geschaffen werden. Die Materialien waren leicht, so dass das Haus

19 DET, 2008, S.24f

20 SIM, 2005, S.34

21 DET, 2008, S.25

22 SIM, 2005, S.35 / DET,2008, S.27f

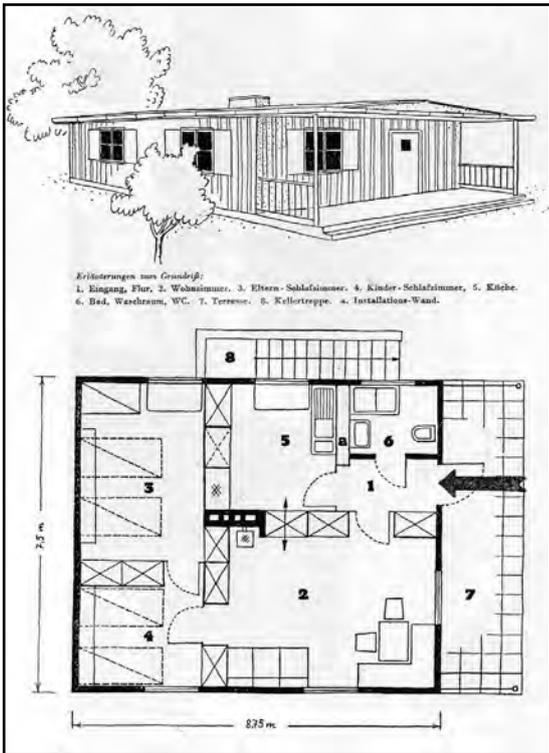


Abb. 2.15 | Stahlhaus Typ Homburg, Ausstellung „Das Fertighaus“, 1947

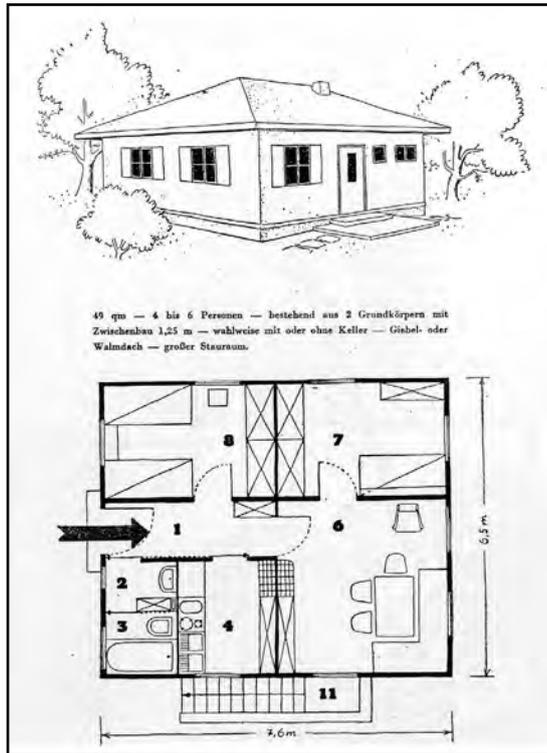


Abb. 2.16 | Platex-Hausbau GmbH Haus 10, Typ B 49, Ausstellung „Das Fertighaus“, 1947

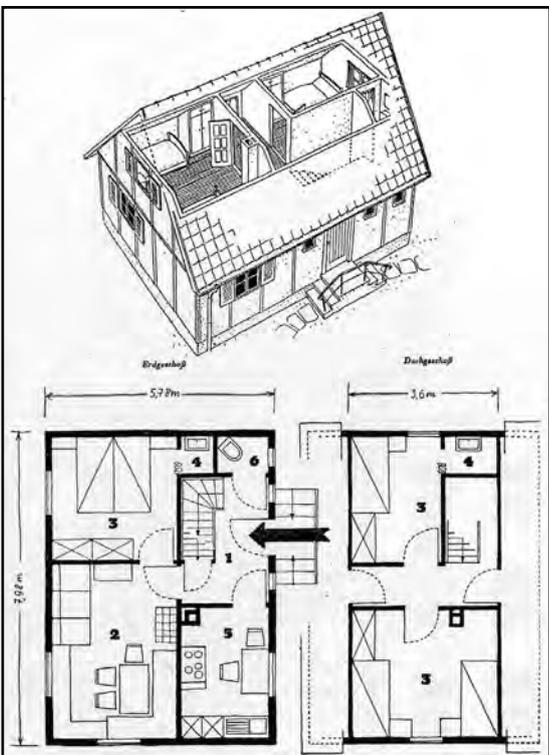


Abb. 2.17 | Gustav Epple Typ GE57, Ausstellung „Das Fertighaus“, 1947

insgesamt nur 2720 kg wog. Die Außenwände waren zweischichtig mit Vakuum als Isolation, die Fußböden bestanden aus zwei Membranen mit Luftpolstern. Die gesamte Inneneinrichtung war standardisiert und vorgefertigt und unter dem frei schwebenden Haus war sogar noch Platz für das Auto.²³

2.2.4 DIE ANFÄNGE DES FERTIGHAUSBAUS

Kurz nach dem Zweiten Weltkrieg tauchten auf dem Baumarkt Haustypen in Fertigbauweise auf. Die Produzenten suchten nach einer Lösung um den erhöhten Wohnraumbedarf zu erfüllen. Vorgefertigte Bauweisen eigneten sich gut um den Mangel an Baumaterial und Arbeitskräften zu kompensieren. Die Leichtkonstruktionen waren schnell zu errichten und sollten die größte Wohnungsnot beheben. Gerade diese behelfsmäßigen Unterkünfte, die noch nicht auf dauerhaftes Wohnen abzielten, förderten das „Barackenimage“ des Fertighauses, das Bauinteressenten noch Jahre später abschreckte.²⁴

1947 fand in Stuttgart die Musterhausausstellung „Das Fertighaus“ statt. Achtzehn Fertighäuser, die für den Export bestimmt waren, wurden präsentiert. Bei diesen Häusern handelte es sich nicht um Provisorien, sondern um Dauerwohnraum mit ausreichend hohem Standard bei der Ausstattung. Die Angebotsbreite der ausgestellten Häuser war sehr groß. Es wurden unterschiedliche Bauweisen und Materialien verwendet, das Erscheinungsbild reichte von einer barackenähnlichen Behausung bis zu einem von einem von einem konventionellen Einfamilienhaus nicht zu unterscheidenden Entwurf. Einige Grundrisse waren noch nicht ganz ausgereift und ließen jegliche Funktionalität vermissen, andere waren aber schon sehr modern mit klarer Trennung von Wohn- und Schlaftrakt. Die Architektur stieß jedoch auf heftige Kritik, da man auf die Mitarbeit von Architekten verzichtet hatte. Die vielen unterschiedlichen Konstruktionen und Bausysteme waren ein Zeichen dafür, dass sich die Fertighausentwicklung noch in einem frühen Stadium befand. Zwei bautechnische Neuerungen vielen jedoch positiv auf: die Installationswand für Küche und Bad sowie die Stahlbeton-Dachplatte.²⁵

23 DET, 2008, S.26f

24 SIM, 2005, S.46f

25 SIM, 2005, S.49ff

Der Fertighausbau befand sich in den ersten Nachkriegsjahren noch im Experimentierstadium. Es wurden grundsätzlich zwei Entwicklungsrichtungen unterschieden: die Fertigung industrieller Bauelemente ohne fixe Grundrisse (Baukastensystem) und die Entwicklung von Typenhäusern mit festgelegten Grundrissen, bei denen nur minimale Änderungen möglich waren. Der höchste Vorfertigungsgrad konnte durch Raumzellenhäuser erzielt werden. Die radikalen Konstruktionen setzten sich jedoch nicht durch, viel mehr waren es Konstruktionen, die sich schrittweise aus dem konventionellen Bau ableiten und weiterentwickeln konnten. Holzhäuser stammten überwiegend aus Zimmereien, die ihre Produktpalette ausweiteten oder ganz auf die Fertighausproduktion umschwenkten.²⁶

In den ersten Nachkriegsjahren betätigten sich auch verschiedene Rüstungsbetriebe und Stahlkonzerne auf dem Gebiet des Hausbaus. Diese verfügten über große Kapazitäten, da sie während des Krieges große Mengen an Stahl produzierten. Besonders die Flugzeugindustrie hatte einen großen Auftragsrückgang zu verzeichnen und richtete die Produktion ersatzweise auf den Wohnungsbau aus. Dabei wurden die Fertigungsprinzipien aus dem Flugzeugbau auf die industrielle Produktion von Wohnhäusern aus Stahl übertragen. Die Trennung von Hülle und Tragkonstruktion bot Flexibilität und Erweiterbarkeit und die besonders leichten Materialien waren ideal für den Transport an den Montageort.²⁷

Das Fertighaus weckte Hoffnungen auf ein Ende der Wohnungsnot und auf bessere Wohnqualität aber auch die Angst vor der Vereinheitlichung der Wohngebiete. In den unmittelbaren Nachkriegsjahren ging es im Fertighausbau vor allem um Rationalität, aber es gab trotzdem von Anfang an lautstarke Forderungen nach einer qualitätvollen Formgebung. Auch die Zusammenarbeit der Fertighausproduzenten mit Architekten wurde gefordert, denn das Fertighaus sollte nicht den Eindruck einer Notunterkunft erwecken. Der boomende Fertighausmarkt versprach Ende der 1940er Jahre schnellen Profit, so dass sich immer wieder auch „Erfinder“ am Fertighausbau versuchten. Bei vielen Konstruktionen waren Mängel und unzureichende Qualität nicht zu leugnen, was bei vielen Bauherren zu einer Ablehnung der Fertigbauweise führte.²⁸

26 SIM, 2005, S.53f

27 SIM, 2005, S.54f

28 SIM, 2005, S.67ff

Ab 1950 gingen die Aktivitäten auf dem Fertighausmarkt schlagartig zu rück. Viele Unternehmen stellten ihre Fertighausversuche ein und wandten sich anderen Produktionszweigen zu. Das Fertighaus verschwand aus dem Bewusstsein der Bevölkerung. In den Architekturzeitschriften wurde kaum noch von den Entwicklungen der Fertighausbranche berichtet. Das Angebot an Fertighäusern war dürftig und zeigte keinen entscheidenden Fortschritt seit der Exportmusterschau 1947.

Mit dem Wirtschaftsaufschwung steigen die Wohnkultur und der Wohnstandard immer weiter an. Es entstand ein Bedarf an immer größeren und besser ausgestatteten Wohnungen und die Nachfrage nach Eigenheimen stieg an. Die Fertighausindustrie versuche den Markt für komfortable, aber preisgünstige Eigenheime für sich zu nutzen. Einige Fertighausfirmen wurden neu gegründet. 1958 wurde erstmals ein absolut schlüsselfertiges Haus angeboten, aber auch Ausbauhäuser hatten einen hohen Stellenwert, da die Bauherren durch Selbstbau Kosten sparen konnten. Einige Hausbauunternehmer, deren Firmen heute noch bestehen – wie z.B. Walter Zenker – gründeten Betriebe und setzten die Hausproduktion auch in den 1950er Jahren fort. Die Firmen erreichten jedoch keine großen Umsätze. Im Großen und Ganzen führte das Fertighaus in den 1950er Jahren ein Schattendasein. Es konnte das Bild des Barackenbaus und den durch die Leichtbauweise bedingten Eindruck eines Provisoriums nicht abschütteln.²⁹

2.2.5 ENTSTEHUNG DER FERTIGHAUSINDUSTRIE

Um 1960 begann sich die Fertighausindustrie als eigenständige Branche zu entwickeln. Zu dieser Zeit wurden die Grundlagen für die Organisation und die Struktur der Fertighausindustrie gelegt. Es entstanden zahlreiche Verbände und Arbeitsgruppen, die sich mit den Problemen der Vorfertigung befassten. Es gab eine sehr viele Firmen, die im Fertigtbau tätig waren, ihre jährlichen Produktionszahlen waren jedoch sehr gering. Während die Fertighausproduktion in den USA in den 1960er Jahren bereits sehr hohe Stückzahlen erreichte (die Firma NATIONAL HOMES produzierte mehr als 20.000 Fertighäuser im Jahr), verfügten die Betriebe hierzulande noch nicht über die nötigen Kapazitäten um solche Mengen zu produzieren. Die überwiegend mittelständischen Unternehmen hatten nicht die finanziellen Mittel, die für den Bau neuer Werkhallen und die Errichtung von Fließbändern notwendig

²⁹ SIM, 2005, S.70ff

wären und eine Serienfertigung mit hohen Stückzahlen ermöglichen würden. Außerdem waren nur wenige der Konstruktionssysteme auf dem heimischen Markt wirklich dafür geeignet, in großen Stückzahlen preisgünstig produziert zu werden.³⁰

Das Fertighaus wurde in den 60er Jahren als Mittel gesehen, die Preissituation am Baumarkt zu entspannen. Durch rationellere Fertigungstechniken sollte das Fertighaus bremsend auf die Preisentwicklung in der Bauwirtschaft wirken. Für Bauwillige war der mögliche Kostenvorteil gegenüber dem konventionellen Bau das wichtigste Argument für ein Fertighaus. In Zeitschriften wurde das Fertighaus fast kritiklos angepriesen und weckte große Hoffnungen den Traum vom eigenen Haus zu verwirklichen. Die Fertighausindustrie konnte diese Erwartungen jedoch noch nicht voll erfüllen. Die Serienproduktion war noch nicht ganz ausgereift, außerdem war die Nachfrage nach Fertighäusern größer als das Angebot, so dass die Fertighausfirmen die Preise selbst bestimmen konnten. Die Firmen gaben den Bauherren die Schuld an den erhöhten Baukosten, da diese mit ihren Sonderwünschen die kostengünstige Serienproduktion verhinderten. Ein nicht unerheblicher Vorteil blieb jedoch der Festpreis. Die Bauämter misstrauten der Leichtbauweise, so dass es bei den Baugenehmigungen für Fertighäuser oft Schwierigkeiten gab. Ablehnung kam auch aus dem traditionellen Bauhandwerk. Grund war die Existenzangst der Handwerksbetriebe – die neue Bauweise wurde als Bedrohung empfunden. Die Bausparkassen hingegen fanden die moderne Baumethode aus Kostengründen interessant und engagierten sich früh für die Förderung des Fertigbaus.³¹

Es gab grundlegende Diskussionen um die angemessene formale Gestaltung der Fertighäuser. Sollte es wie ein industrielles Produkt aussehen oder darf es die Fassade eines Massivhauses aufweisen? Für die Fertighausindustrie war es ein gutes Verkaufsargument, dass das Fertighaus nicht von einem konventionellen Haus zu unterscheiden ist. Kritiker verlangten jedoch eine äußere Form, die der industriellen Herstellung entsprach. Das industriell gefertigte Haus sollte eine eigenständige Formensprache aufweisen. Die

³⁰ SIM, 2005, S.75ff

³¹ SIM, 2005, S.83ff

Sichtbarkeit der Fugen wurde ebenfalls diskutiert. Bauherren, die eine Verkleidung der Fassade wünschten wurden als „noch nicht reif“ für die neue Bauweise abgestempelt. Die fehlenden Innovationen in der Formgebung wurden dem konservativen Geschmack der Hauskäufer zugesprochen.

Die meisten Fertighäuser der 60er Jahre waren Rechteckhäuser mit Satteldach oder Flachdach-Bungalows. Die Häuser hatten eine zweckmäßige Ausstattung. Auf kostspielige Details wie Balkone und Fensterläden wurde verzichtet. Das typische Satteldachhaus hatte einen holzverschalteten Giebel und Putz mit sichtbaren Fugen an der Außenfassade (Abb. 2.18, S. 90). Im Großen und Ganzen drückte sich die neue Bauweise nicht in einer revolutionären Architektur aus. Vielmehr waren es die guten Eigenschaften der Wandelemente, die zum Tragen kamen. Ebenso gab es neue Grundrissvorschläge, die eine Trennung zwischen Wohn- und Schlaftrakt vorsahen. Küche und Bad verfügten über eine gemeinsame Installationswand und alle Räume waren vom zentralen Flur aus erreichbar.³²

Flachdach-Bungalows galten als besonders innovative Entwürfe (Abb. 2.19, S. 90). Sie verbanden die Vorzüge einer Etagenwohnung mit denen des Landhauses mit Garten. Der freistehende Bungalow erforderte jedoch große Grundstücke. Aus diesem Typ heraus entwickelten sich einige Entwürfe für Atriumhäuser, die für die verdichtete Bauweise geeignet waren. In Form einer Teppichbebauung sollten ganze Siedlungen mit diesem Typ entstehen. Der grüne Innenhof war das Zentrum des Hauses und garantierte trotz Nähe zum Nachbarn Ruhe und Abgeschlossenheit.³³ (Abb. 2.20, S. 90)

In den 60er Jahren wurde auch mit verschiedenen Baustoffen experimentiert. Neben Häusern aus Holz und Stahl wurden auch einige Systeme aus Aluminium oder Kunststoff angeboten. Die Aluminium-Häuser waren rostbeständig, die Fertigteile waren an der Außenwand sichtbar. Die Kunststoffhäuser bestachen durch das geringe Gewicht, die geringe Verrottung und die freie Formbarkeit des Materials. Eines der bekanntesten Kunststoffhäuser ist das Modell »Futuro« von den finnischen Architekten Matti Suuronen und J. Ronkka, ein ellipsenförmiges Vollkstoffhaus auf einem Stahlring mit vier Füßen.³⁴ (Abb. 2.21, S. 90)

32 SIM, 2005, S.98ff

33 SIM, 2005, S.102ff

34 SIM, 2005, S.107ff



Abb. 2.18 | Okal-Haus Typ 117-400



Abb. 2.20 | Atriumhäuser von Egon Eiermann für Neckermann

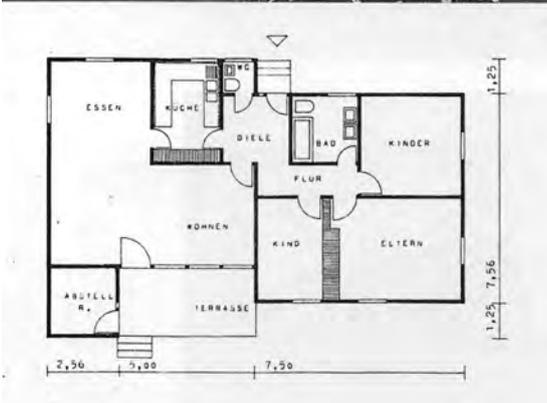


Abb. 2.19 | Hoesch-Bungalow Typ 109



Abb. 2.21 | Kunststoffhaus »Futuro« von Matti Suuronen

In den 1970er Jahren weckte die Erdölkrise ein neues Bewusstsein für die Begrenztheit der Ressourcen. Das neue Umweltbewusstsein hatte auch Auswirkungen auf das Bauen. Die gedankenlose Verschwendung von Energie war zu Ende und es wurde nach neuen Energiesparmöglichkeiten gesucht. Die Fertighausindustrie nahm hierbei eine Vorreiterrolle ein. Es kam zu einem regelrechten Wettstreit um die besten Wärmedämmwerte. Auch die Nutzung von Solarenergie war für die Fertighausindustrie schon früh ein Thema.³⁵

Anfang der 70er Jahre boomte die Fertighausindustrie. Die Unternehmen waren sehr gut ausgelastet und konnten die Preise selbst bestimmen. Diese lagen teilweise sogar über jenen für konventionell errichtete Häuser, dennoch erfreute sich die Fertigbauweise dank des Fixpreises großer Beliebtheit. Durch die Ölkrise kam es auch in der Fertighausindustrie zu einem Einbruch. Viele Hersteller waren gezwungen ihre Serien zu verkleinern, was einen weiteren Preisanstieg zur Folge hatte. Der Preisvorteil als Hauptargument für die Fertigbauweise verlor immer mehr in den Hintergrund. Dennoch überstand die Fertighausindustrie die Krise ganz gut, allerdings waren es nun die Käufer, die das Sagen hatten. Die modernistischen Ansprüche der Hersteller verloren an Bedeutung und die Bedürfnisse und Wohnwünsche der Kunden wurden zur alleinigen Richtlinie. Das Fertighaus entwickelte sich bei den Bauinteressenten zu einer ernstzunehmenden Alternative zum konventionellen Bauen.³⁶

Die Ansprüche an das Fertighaus veränderten sich. Das Walmdach wurde immer beliebter während das Flachdach immer mehr von der Bildfläche verschwand. Insgesamt war ein Trend zum steileren, ausbaufähigen Dach zu beobachten. Ebenso ging die Tendenz zu immer größeren Häusern und mehr Architektur. Auch die Raumverteilung innerhalb des Hauses veränderte sich. Das Elternschlafzimmer gewann an Bedeutung und hatte nun auch Wohnfunktionen zu erfüllen. Die Bauherren legten immer mehr Wert auf Details, besonders die Betonung des Giebelbalkons war beliebt. Der dahinterliegende Raum verfügte über großflächige Verglasungen und wurde als Atelier genutzt.³⁷ (Abb. 2.22, S. 92)

35 SIM, 2005, S.126

36 SIM, 2005, S.128ff

37 SIM, 2005, S.138f



Abb. 2.22 | Schwäbisches Fertighaus Typ 1170 mit Studio



Abb. 2.23 | Okal-Haus Typ »Alpenland«, 1975



Abb. 2.24 | Huf »Fachwerkhaus 2000«, 1972



Abb. 2.25 | Huf »Fachwerkhaus 2000«, 2012



Abb. 2.26 | Kampa »Landhaus«, 1977

Ab ca. 1973 kam der »Alpine Stil« in Mode. Seine Merkmale waren ein wuchtiges Pfettendach, große Dachüberstände, Holzklappläden, eine Holzverkleidung im oberen Fassadenbereich und ein markanter Balkon mit Verzierungen.³⁸ (Abb. 2.23)

Mit dem »Fachwerkhaus 2000« (Abb. 2.24) setzte die Firma HUF einen neuen Trend, der sich bis heute (Abb. 2.25) behaupten konnte. Dieses moderne Fachwerkhaus besteht aus einer schwarz imprägnierten Holskelettkonstruktion, deren Ausfachungen großflächig verglast oder weiß verputzt sind. Das Ständerwerk ist sichtbar, es gibt keinerlei Verkleidungen – die Form folgt hier völlig der Funktion. Der Vorfertigungsgrad dieses Typs ist nicht sehr hoch, dafür lässt es dank der Holzständerkonstruktion flexibel planen und ist nicht an Typengrundrisse gebunden.³⁹

Ein weiterer Trend war der »Landhausstil« (Abb. 2.26). Er bezog sich nicht auf eine bestimmte Region, sondern setzte einzelne architektonische Elemente frei zusammen. Einige Merkmale dieses Stils sind ein wuchtiger Außenkamin, die mit Klinkern verkleidete Fassade, Sprossenfenster sowie weiße Holzläden.⁴⁰

Mit der Grundstücksknappheit wurde die verdichtete Bauweise ein immer wichtigeres Thema. Während die Fertighausindustrie in den 60ern eher auf die Teppichbebauung mit Atriumshäusern setzte, wurde in den 70er Jahren die Aufmerksamkeit auf das Reihenhaus gerichtet. Viele Fertighaushersteller entwickelten Reihenhäuser für kleinere Grundstücke in städtischer Lage.⁴¹

Entsprechend der allgemeinen Situation auf dem Baumarkt befand sich auch die Fertighausindustrie Anfang der 1980er Jahre in der Krise. Das freistehende Einfamilienhaus dominierte immer noch das Angebot der Fertighausindustrie, die Wohnbedürfnisse hatten sich jedoch verändert. Bei Vielen galt das Reihenhaus am Stadtrand nun als attraktiver als das Freistehende Eigenheim, das angesichts der hohen Grundstückspreise fast nur noch in ländlichen Gebieten finanzierbar war. Die Fertighausindustrie versuchte den negativ behafteten Namen „Fertighaus“ in „Markenhaus“ zu ändern um so das Image ihres Produkts zu verbessern. Fertighaushersteller gingen neue Kooperationen ein um neue Kunden anzusprechen und die Baukosten zu

38 SIM, 2005, S.140

39 SIM, 2005, S.141

40 SIM, 2005, S.142f

41 SIM, 2005, S.144

senken. Die Zusammenarbeit mit Architekten wurde verstärkt und die Fertighausfirmen engagierten sich vermehrt bei Bauträgermaßnahmen und Gruppenbebauungen. Bauträgermaßnahmen bedeuteten nicht nur eine Kosteneinsparung, sie waren auch eine Möglichkeit um die Markttauglichkeit neuer Ideen zu testen, da hier nicht auftragsgebunden gebaut wurde, sondern die Häuser im Voraus geplant wurden.⁴²

In den 80er Jahren wurde biologisch bauen und gesund wohnen zum Credo der Fertighausindustrie. Dies führte nicht nur zur Weiterentwicklung und Verbesserung von energiesparenden Techniken, sondern hatte auch teilweise zweifelhafte formale Auswüchse zur Folge. Zu bloßen Werbezwecken angewandte Scheinmaßnahmen wie Wintergarten oder Erker wurden zum Symbol für ökologisches, naturnahes Wohnen.⁴³ Der Baustoff Holz wurde offen zur Schau getragen. Dieser Trend war schon in den 70er Jahren vom »Fachwerkhaus 2000« ausgelöst worden. Holz bekam nun einen zusätzlichen baubiologischen Aspekt und das Material wurde so zum Synonym für gesundes Wohnen.⁴⁴ Fertighaushersteller waren unter den ersten Baufirmen, die Energiesparmaßnahmen an ihren Häusern massiv förderten. Einige Firmen boten serienmäßig Wärmepumpen oder Frischluft-Wärmegewinn-Techniken an, andere begnügten sich damit, die Hauptfensterflächen nach Süden auszurichten um die passiven Sonnenenergiegewinne zu maximieren. Das Thema Energiesparhaus dominierte. Es wurden neue Erkenntnisse auf den Gebieten Wärmeschutz, Heiztechnik und Sonnenenergienutzung gemacht. Es entstand das Niedrigenergiehaus, bei dem 42% des Heizwärmebedarfs durch Wärmerückgewinnung und Sonnenenergie gedeckt wurden. Das Niedrigenergiehaus war jedoch nicht erfolgreich, da die Kunden noch nicht bereit waren die nötigen Mehrkosten zu tragen.⁴⁵

Der Geschmack der Kunden diktierte mehr als zuvor das Angebot der Fertighaushersteller. Die steigenden Ansprüche der Kunden verlangten nach immer mehr Individualität und Exklusivität. Die als „Häuser von der Stange“ verschrienen Typenhäuser verschwanden aus den Katalogen oder wurden als „Vorschlag“ getarnt, um den Eindruck eines Massenprodukts zu vermeiden. Das vom Architekten geplante Haus aus Fertigteilen erfreute sich immer größerer Beliebtheit, trotzdem wurde das Hauptgeschäft immer noch mit den

42 SIM, 2005, S.149ff

43 SIM, 2005, S.148

44 SIM, 2005, S.155

45 SIM, 2005, S.152f

Typenhäusern gemacht. Das Hausangebot wurde immer differenzierter, alles war nun machbar. Die Hausproduzenten konnten optimal auf den Wunsch und Geschmack der Kunden eingehen. Die Formenvielfalt führte teilweise zu Stil-Gemischen. Traditionelle Stile wurden auf Wunsch mit Wintergärten gekreuzt, schlichte Einfamilienhäuser wurden mit Erkern, Säulen, Türmchen und Glasanbauten aufgewertet. Entgegen der Energiediskussion waren rechtwinkelige Baukörper nicht mehr attraktiv, die Diagonale tauchte in der Fertighausarchitektur auf. Sie wurde die bestimmende Form für Dachgauben, Balkone und Erker. Die Diagonalwände im Grundriss äußerten sich auch an den Vor- und Rücksprüngen der Fassade. Es wurde mit Glasflächen und abgeschleppten Dachpartien gespielt.⁴⁶ (Abb. 2.27, S. 96)

In den 1990er Jahren stellte sich das kostengünstige Bauen als einer der wenigen längerfristigen Wachstumsmärkte heraus. Das sogenannte „junge Bauen“ mit niedrigen Quadratmeterpreisen gefragt. So gewann das Ausbauhaus an Bedeutung. Es kam zu Kooperationen zwischen Fertighausherstellern und Baumärkten: die Fertighaushersteller boten die Außenkonstruktion an, die maßgeschneiderten Ausbaupakete wurden im Baumarkt angeboten. Standard- und Typenhäuser gehörten wieder zu den gefragtesten Fertighäusern, da die Standardisierung eine Verbilligung versprach. Mit dem Typenhaus konnte zwar nicht das individuelle Traumhaus, dafür aber ein attraktives Eigenheim nach eigenen Vorstellungen verwirklicht werden. Die Standardhäuser der 90er Jahre waren nicht mit den unveränderlichen Typenhäusern aus den 60ern zu vergleichen. Sie waren vielmehr flexible individuelle Hausprogramme aus standardisierten Elementen. Die Hersteller boten unterschiedliche Grundrissvarianten und Anbaumodule an, mit denen ein hohes Maß an Individualität zu einem relativ niedrigen Preis möglich war. Standardisierte Anbauten wie Erker, Balkone, Gauben und Wintergärten waren bereits im Preis enthalten. Durch Reduzierung der Grundfläche und das Weglassen von unnötigen Bauteilen konnten die Baukosten weiter gesenkt werden. Um die schlichten Baukörper optisch aufzuwerten wurden neben den Standardelementen Erker und Dachgaube immer spektakulärere Elemente entwickelt. Die Dachlandschaft

46 SIM, 2005, S.154ff



Abb. 2.27 | WeberHaus »Twenty-Five«, 1987.jpg



Abb. 2.28 | Bien »Klassik«



Abb. 2.29 | Platz »Villa«



Abb. 2.30 | Platz »Esprit 2000«, Variante



Abb. 2.31 | Kampa »Chateau«

eignete sich besonders, um aus einem einfachen Eigenheim ein aufwändiges Domizil zu gestalten (Abb. 2.28 und Abb. 2.29). Die neuen Elemente waren der dritte Giebel bzw. Zwerchgiebel, das Tonnendach (Abb. 2.30) und das Glasdach, das anstelle des klassischen Wintergartens eingesetzt wurde.⁴⁷

Villen und Landhäuser waren nach wie vor die wichtigsten Imagerträger der Fertighausindustrie. Hier waren die Grenzen formal und finanziell nach oben hin offen. Ein luxuriöser Entwurf der Firma KAMPA war das »Chateau« (Abb. 2.31), eine herrschaftliche Villa mit raumhohen Sprossenfenstern und umlaufendem Balkon mit Balustrade. Die Exklusivität des Hauses zeigte sich auch im inneren, wo es unter anderem ein Kaminzimmer und eine Bibliothek gab. Ein weiteres neues Element kam in den 90er Jahren hinzu: das Türmchen (Abb. 2.32 und Abb. 2.33, S. 98). Es wurde nicht nur bei noblen Fertighausvillen sondern auch bei normalen Einfamilienhäusern verwendet. Die meist achteckigen Türmchen erfüllten in der Regel nur einen dekorativen Zweck und verliehen einem unscheinbaren Haus die feudale Aura eines Schlösschens.⁴⁸

Mitte der 90er Jahre erwachte auch das Interesse der Architekten für das vorgefertigte Bauen wieder. Die Kooperation von Fertighausherstellern mit namhaften Architekten nahm zu. Design-Häuser bildeten ein neues Marktsegment in der Fertighausindustrie. Für die Hersteller ist die hochwertige Gestaltung der Häuser eine hervorragende Möglichkeit, das eigene Image aufzubessern, die Architekten profitieren dabei von der Vertriebsstärke der Fertighaushersteller und die Kunden haben den Vorteil ein Designerhaus zu einem bezahlbaren Preis zu erstehen. Zwar handelt es sich dabei nicht um ein Einzelstück, aber der Bauherr bekommt qualitätsvolles Design und ausgefallene Architektur.⁴⁹ Dieser theoretisch gute Plan hat jedoch nicht funktioniert. Die Architekten-Fertighäuser waren immer noch teurer als die „anonymen“ Fertighäuser. Außerdem legen Bauherren, die ein Designerhaus wünschen, meist großen Wert auf Individualität und wollen daher kein Haus „von der Stange“ sondern ein individuelles Einzelstück.

47 SIM, 2005, S.163, S.170 u. S.173ff

48 SIM, 2005, S.176

49 SIM, 2005, S.163f u. S.184



Abb. 2.32 | Meisterstück »Chalet 138«



Abb. 2.33 | WeberHaus Freie Planung



Abb. 2.34 | Griffner »O Sole Mio«

Ein bekanntes Beispiel für ein Designerhaus ist das Modulhaus »O Sole Mio« (Abb. 2.34) von Matteo Thun und der Fertighausfirma GRIFFNER. Es ist ein kompaktes Haus mit Pultdach und einer Fassade aus verschiebbaren Holzlamellen. Die Nordseite ist geschlossen, die Südseite ist zur Sonne hin geöffnet. Durch die verstellbaren Holzlamellen kann der Lichteinfall geregelt werden. Der Standardtyp besteht aus vier zweigeschossigen Modulen. Die Module können beliebig aneinandergesetzt werden, so dass sogar Doppel- und Reihenhäuser möglich sind.⁵⁰

Das Haus von Matteo Thun löste einen neuen Trend bei Fertighäusern aus: das kompakte Pultdachhaus. Das Pultdach ermöglicht die optimale Ausrichtung des Baukörpers zur Sonne, bietet weniger Fläche für Wärmeverluste und ist daher besonders für die energiesparende Bauweise geeignet. Das Pultdach wird als Design-Element angesehen, das aus einem einfachen Einfamilienhaus eine architektonische Besonderheit macht. Entwürfe mit Pultdach fördern zudem den Rückzug ins Private, da die Straßenseite fast geschlossen wirkt und das Familienleben sich auf die Rückseite des Hauses verlagert.⁵¹

Ein weiteres Beispiel ist das Fertighaus des Architekten Georg W. Reinberg. Mit diesem Haustyp wurde Ende der 90er Jahre ein Büro- und Wohnprojekt in Gleisdorf in der Steiermark errichtet. Das als Passivhaus konzipierte Fertighaus zeichnet sich besonders durch die markanten Solarzellen aus, die in sehr steilem Winkel am Dach positioniert sind, um die tiefstehende Wintersonne nutzen zu können. Zur Südseite hin zeigt sich das Haus völlig offen, auf der Nordseite sind lediglich kleine Fenster vorhanden. (Abb. 2.35, S. 100)

Ein weiterer Trend war die Holzfassade. Während die meisten Fertighäuser vom Anfang an eine Holzkonstruktion aufwiesen, wurde diese bisher meist hinter Putz oder Klinker versteckt. Holz verlor nun seinen rustikalen Anschein und wurde überall einsetzbar. Die vertikale oder horizontale Holzverschalung der Außenfassade wurde zum Synonym für junges, unkompliziertes und ökologisches Wohnen. Häuser mit Holzfassade gelten oft als Öko-Häuser. Für den Begriff „Öko-Architektur“ gibt es keine eindeutige Definition, so dass die Hersteller ihre Produkte nach eigener Auslegung als ökologisch bezeichnen können. Damit kann ein niedriger Energieverbrauch als auch die Verwendung möglichst schadstoffarmer, naturbelassener Materialien gemeint sein. Die

⁵⁰ SIM, 2005, S.179f

⁵¹ SIM, 2005, S.180



Abb. 2.35 | Georg W. Reinberg, Fertighaus Gleisdorf



Abb. 2.36 | WeberHaus »Option«

meisten Fertighaushersteller bieten Alternativen bei den Materialien der Häuser an. So kann z.B. Zellulose, Baumwolle, Schafswolle oder Kork anstatt der üblichen Dämmstoffe verwendet werden. Durch ökologische Baustoffe soll ein Umwelt- und gesundheitsbewusstes Publikum angesprochen werden.⁵²

Ende der 90er Jahre ging die Formenvielfalt plötzlich zurück. Man besann sich nun auf einen Minimalismus, der nicht aus Sparsamkeit, sondern als ästhetisches Prinzip zum Einsatz kommt. Bewusste Formenreduzierung wird zu einem Gestaltungsprinzip. Die Einfachheit entsteht dabei nicht aus dem bloßen Verzicht auf formale Elemente, sondern ist auf einen großen planerischen Aufwand zurückzuführen. Oft tritt der Minimalismus bei den qualitativ hochwertigen Architektenhäusern auf, die das Aushängeschild der Fertighausfirmen sind. Ein Beispiel hierfür ist das modulare Hauskonzept »Option« (Abb. 2.36 und Abb. 2.37) das aus der Zusammenarbeit der Firma WEBERHAUS mit dem schweizer Architekturbüro Bauart entstand. Die Gestaltung des 70 Quadratmeter großen Hauses ist konsequent, reduziert und funktional. Die schlichte Holzfassade des Quaders wird nur durch vier großzügige Fenster geöffnet. Der Kubus hat eine Grundfläche von nur 35 m², so dass der Entwurf auch auf den kleinsten Grundstücken verwirklicht werden kann. Neben der Basisvariante sind auch Grundrissvarianten in L-Form oder U-Form mit innenliegendem Atrium möglich.⁵³



Abb. 2.37 | WeberHaus »Option« Grundmodul

⁵² SIM, 2005, S.179 u. S.181f

⁵³ SIM, 2005, S.178 u. 190f

2.2.6 DAS FERTIGHAUS HEUTE

Heute geht die Fertighausindustrie immer mehr weg vom Typenhaus hin zur individuellen Planung. Neben der breiten Palette an Typenhäusern bieten die meisten Firmen auch individuell geplante Häuser ganz nach Wunsch der Bauherren an. Manche kooperieren mit freien Architekten oder setzen auch fertige Architektenpläne um. Oft werden die Musterhäuser nur mehr als „Designvorschlag“ gesehen, der lediglich eine Inspiration für die Gestaltung des eigenen Hauses sein soll bzw. den Bauinteressenten als Ausgangspunkt für ihr individuell geplantes Haus dient. Viele Typenhäuser sind „offen“ angelegt, so dass die Raumaufteilung im Inneren an die Bedürfnisse der Bauherren angepasst werden kann.

Das Fertighaus wird auf die ganz persönlichen Lebens- und Wohnbedürfnisse, auf die Lage des Grundstückes als auch die finanziellen Möglichkeiten der Bauherren abgestimmt. Dazu bieten die Fertighausunternehmen Beratungstermine an, bei denen alle Vorstellungen und persönlichen Wünsche besprochen werden, die für die Planung des idealen Hauses wichtig sind.

Die Fertigteile werden nicht auf Vorrat, sondern auf Bestellung produziert, da sie für jedes Haus individuell angepasst werden. Die fertigen Hauspläne bilden die Grundlage für die einzelnen Fertigelemente. Die computergesteuerte Produktion ermöglicht die Vorfertigung unterschiedlichster Bauteile, die genau auf das jeweilige Bauvorhaben abgestimmt sind.

Auch Kommunen, Bauträger und Wohnbaugenossenschaften entdecken die Vorteile der Vorfertigung. Sie wenden sich immer öfter an Fertigbaubetriebe und sind mit den Möglichkeiten und Leistungen der Hersteller sehr zufrieden. *„Neben Ein- und Zweifamilienhäusern wurden 2011 von den Mitgliedern des Österreichischen Fertighausverbandes insgesamt 56 großvolumige Gebäude (mehrgeschoßige Wohnhausanlagen, Reihenhausanlagen, Gemeinschaftspraxen, Hotels, Bürohäuser etc.) errichtet.“⁵⁴*

Nicht nur der Neubau, sondern auch Dachausbau, Aufstockung, Anbau und Sanierung sind in Fertigbauweise möglich. Vorgefertigte Elemente in Holzbauweise eignen sich besonders gut für die Aufstockung. Das geringe Gewicht und die hohe Erdbbensicherheit wirken sich hier positiv aus.

54 ÖFV, 2012, S.3

Außerdem kann das Gebäude durch die Vorfertigung schneller wieder dicht gemacht werden und der Altbestand wird nicht durch Witterungseinflüsse in Mitleidenschaft gezogen. An- und Zubauten können binnen weniger Wochen fertiggestellt werden. So kann zum Beispiel eine Schule oder ein Kindergarten über die Sommerferien erweitert werden. *„Interessante Perspektiven bietet auch die Gebäudesanierung für den Fertigtbau. Die vorgefertigten Wandelemente werden einfach an der bestehenden Fassade angebracht. Das Bestandsgebäude bekommt eine Art Mantel, der nicht nur für die thermische Optimierung der Gebäudehülle sorgt, sondern auch über Einbauten, wie Be- und Entlüftungsleitungen, Solarthermieflächen oder integrierte Photovoltaik verfügt. Die neuen Fenster sind in den Elementen schon enthalten. Das Element wird einfach an der Fassade angebracht und im Anschluss werden die alten Fenster innenseitig entfernt.“*⁵⁵

55 ÖFV, 2012, S.16f



Abb. 2.38 | Fertighausproduktion bei Elk

2.3 WIE ENTSTEHT EIN FERTIGHAUS?

Bevor mit der Produktion begonnen werden kann, muss das Haus erst einmal detailliert geplant werden. Dann werden die Produktionspläne erstellt an Hand derer die einzelnen Elemente gefertigt werden. Die zulässigen Lademaße von Sattelschleppern von ca. $2,5 \times 3,2 \times 12,0$ m bilden dabei die wichtigste Größenbeschränkung für die einzelnen Bauteile.⁵⁶

Im Werk werden die benötigten Wand- und Deckenelemente passgenau hergestellt. Bei der Holzbauweise werden alle Teile maschinell auf den Millimeter genau zugeschnitten und zusammengebaut. Bei der Betonbauweise wird in vorbereitete, den Maßen der Elemente entsprechende Schalungen Leichtbeton eingegossen. Fenster- und Türöffnungen werden Ausgespart, die Leerverrohrungen werden auch bereits vorbereitet. Für die Wasserversorgungs- und Wasserentsorgungsleitungen und andere erforderliche Installationen sind oft separate Installationsebenen vorgesehen. Alle Wandaufbauten werden dem Plan entsprechend hergestellt. Dämmung und teilweise auch die Fassadenverkleidungen werden an den Außenseiten angebracht. Häufig werden Fenster und Türen auch schon im Werk montiert. Die fertigen Elemente werden auf Lastkraftwagen verladen und zur Baustelle gefahren.

Als Unterbau für das Haus dient eine Fundamentplatte oder ein Keller. Dieser muss natürlich vor der Montage der Fertigteile erstellt werden. Die einzelnen vorgefertigten Bauelemente werden dann mittels Autokran auf den Unterbau gehoben und miteinander verbunden. Begonnen wird mit den Außenwänden. Bei der Holzbauweise werden die Elemente meist durch Schrauben verbunden, bei der Betonbauweise durch Vergießen. Die Innenwände werden nach demselben Prinzip montiert. Die Montage geht sehr schnell voran, in der Regel steht das Erdgeschoß schon nach wenigen Stunden. Nachdem die Erdgeschoß-Wände montiert wurden folgt die Geschoßdecke. Danach wiederholt sich der Vorgang für das Obergeschoß.

Bei der Dachform sind beim Fertighaus keine Grenzen gesetzt. Satteldach, Pultdach oder Flachdach – alle Formen sind möglich.

⁵⁶ DET, 2008, S.46



Abb. 2.39 | Hausmontage – Erdgeschoß



Abb. 2.40 | Hausmontage – Obergeschoß



Abb. 2.41 | Hausmontage – Dach

Nach der Montage der Fertigelemente ist das Haus wind- und wetterdicht. Jetzt kann mit den Fertigstellungsarbeiten begonnen werden.

Im Durchschnitt ist ein Fertighaus zwölf Monate nach Beginn der Planungen bezugsfertig.⁵⁷



Abb. 2.42 | Griffner »Box« Musterhaus Mannheim

57 WWW-FH

2.4 BAUWEISEN

Genau wie beim konventionellen Bau kann ein Fertighaus in Leicht- oder Massivbauweise gebaut werden. Dabei können auch unterschiedliche Materialien verwendet werden.

Im Fertighausbau ist die Holzrahmenbauweise mit ca. 84% die gängigste. Ein Fertighaus kann allerdings auch in Massivbauweise ausgeführt werden. Beispiele hierfür sind die Leichtbetonbauweise (ca. 9%) und die Ziegelbauweise (ca. 4%). Auch Kombinationen von unterschiedlichen Bauweisen sind möglich (ca. 3%).⁵⁸

Der Vorfertigungsgrad ist bei den Holzbauweisen deutlich höher, als bei der Beton- und der Ziegelbauweise. Bei den Holzbauweisen werden z.B. Fenster und Türen bereits im Werk eingebaut, was der Beton- und der Ziegelbauweise nicht der Fall ist. Der Grund dafür liegt hauptsächlich im Transport der Bauteile. Einerseits sind die Beton- und Ziegelemente sowieso schon deutlich schwerer als Holzelemente, andererseits können die Fenster durch die Steifigkeit des Wandmaterials bei Transport leichter springen. Bei den Holzelementen können Stöße bei Transport durch das Material abgefedert werden.⁵⁹

2.4.1 HOLZRAHMENBAUWEISE

Bei dieser Bauweise werden Holzrahmen in der erforderlichen Größe im Werk gefertigt. Die Rahmen werden beidseitig mit Holz- und/oder Gipsplatten beplankt, dazwischen wird Dämmmaterial eingebracht. Fenster und Türen werden auch bereits im Werk in die dafür vorgesehenen Aussparungen eingesetzt. Die Innenseite der Wandelemente wird mit der erforderlichen Dampfbremse versehen. Die Leerverrohrung für die elektrischen Leitungen wird auch bereits verlegt. Für Wasser- und Gasinstallationen wird meist eine separate Installationsebene vorgesehen. Auf der Außenseite der Wandelemente wird weiteres Dämmmaterial aufgebracht. Bei einigen Firmen

⁵⁸ WWW-FH-BW

⁵⁹ Gespräch mit Mag. Murhammer (ÖFV) vom 08.11.2012

werden Putz oder andere Verblendung auch bereits im Werk aufgebracht. Die fertigen Wand-, Decken- und Dachelemente werden zur Baustelle gebracht und mit einem Autokran auf den Keller oder die Fundamentplatte gesetzt und verankert.⁶⁰

Diese Bauweise ist die gängigste und wird von einer Vielzahl an Firmen angeboten wie z.B.:

»**ELK**« [<http://www.elk.at/>] – ELK bietet optional auch eine Holz-Ziegel Massivwand an.

»**GRIFFNER**« [<http://www.griffner.com/>] – GRIFFNER legt großen Wert auf ökologische Baustoffe und bietet ihre Wandelemente mit Zellulose- und Korkdämmung an.

»**HARTLHAUS**« [<http://www.hartlhaus.at/>]

»**LOPAS**« [<http://www.lopas.ag/>] – Nachhaltigkeit und Ökologie stehen bei LOPAS im Vordergrund. Die Wandelemente werden daher aus nachwachsenden Rohstoffen aus lokaler Produktion hergestellt. Stroh wird als Dämmstoff eingesetzt und die Wände sind für ein optimales Raumklima mit hochwertigem Biofaserlehm verputzt.

»**VARIOHAUS**« [<http://www.variobau.at/>]

»**ZENKER**« [<http://www.zenker-hausbau.at/>] – auch ZENKER bietet optional eine Massivklimawand an, die eine Kombination aus Holzrahmen und Ziegel ist.

2.4.2 LEICHTBETONBAUWEISE

Bei dieser Methode werden die Wand- und Deckenelemente ebenfalls im Fertigteilwerk hergestellt. Leichtbeton mit sehr guten Dämmeigenschaften (z.B. Liapor, Ziegelit) – die genaue Zusammensetzung unterscheidet sich je nach Hersteller – wird in die nach Maß angefertigte Schalung eingefüllt. Nach dem Aushärten wird diese entfernt. Aussparungen und Verrohrung für die Installationen werden bereits vorbereitet. Fenster und Türen können

⁶⁰ WWW-FH-BW

entweder schon im Werk eingebaut werden oder erst auf der Baustelle in die dafür vorgesehenen Aussparungen montiert werden. Auf der Baustelle werden die Elemente kraftschlüssig zusammengefügt oder miteinander vergossen.⁶¹

Die Firma »MABA« [<http://mabaha.us.at/>] bietet Beton-Fertigelemente in zwei verschiedenen Beton-Mischungen an: Ziegelit® (aus Ziegelsplitt, Natursand und Zement) und Liapor (aus Tonkugeln).

2.4.3 ZIEGELBAUWEISE

Bei dieser Variante werden im Werk geschoßhohe Wandelemente vorgemauert. Stahlarmierungen sorgen für nötige die Stabilität. Aussparungen für Fenster und Türen werden – genauso wie im konventionellen Ziegelbau – mit Hilfe von Überlagern realisiert. Die fertigen Elemente werden auf der Baustelle miteinander verbunden. Die Fassaden werden herkömmlich verputzt oder nach Wunsch des Bauherrn gestaltet.⁶²

Ziegel-Fertighäuser sind z.B. von den Firmen »MALLI« [<http://www.malli-haus.at/>] und »AUSTROHAUS« [<http://www.austrohaus.at/>] erhältlich.

2.4.4 HOLZMASSIVBAUWEISE

Für die Holzmassivbauweise werden kreuzweise geschichtete Holzbretter zu massiven Elementen verbunden. Dazu können verschiedene Verfahren wie Verleimung, Metallverbindung oder metall- und leimfreie Holzverdübelung angewendet werden. So entstehen Wand-, Decken- und Dachelemente von 12 bis 36,5 cm Stärke. Diese Bauweise ist besonders flexibel. Massive Holzhäuser weisen ein besonders gutes Raumklima und lange Auskühlkennzeiten auf. Die massiven Holzwände sorgen zudem noch für sehr gute Wärmedämmung und hervorragenden Brandschutz. Das massive Vollholzsystem lässt überall Befestigungen durch einfaches Schrauben ins Vollholz zu.⁶³

Fertighäuser in Holzmassivbauweise werden z.B. von den Firmen »MAGNUM« [<http://www.vollholzdesign.at/>] und »WIGO HAUS« [<http://www.wigo-haus.at/>] angeboten.

61 WWW-FH-BW

62 WWW-FH-BW

63 WWW-FH-BW

2.5 VOR- UND NACHTEILE DER FERTIGBAUWEISE GEGENÜBER KONVENTIONELLEM BAU

Die Vor- und Nachteile der Fertigbauweise werden oft mit den Vor- und Nachteilen von Holzhäusern in Leichtbauweise verwechselt. Zwar ist der Großteil der Fertighäuser aus Holz, aber moderne Fertighäuser sind auch als Massivhäuser aus verschiedenen Baumaterialien herstellbar.

2.5.1 VORTEILE

Der Hauptvorteil des Fertighauses gegenüber dem konventionellen Bau ist die Schnelligkeit, in der das gesamte Bauvorhaben abgewickelt werden kann. Von der Planung bis zum komplett fertigen Haus vergehen statistisch gesehen nur 12 Monate statt 28 Monate bei konventionellem Bau.⁶⁴ Die einzelnen Bauteile werden in Werkshallen vorgefertigt. Ein Fertighaus hat Heutzutage eine Ausführungsqualität, die sich im konventionellen Bau schwer erreichen lässt. Die Fertig-Elemente werden nicht nur absolut präzise sondern auch witterungsunabhängig hergestellt. Durch den hohen Vorfertigungsgrad kann ein Fertighaus einschließlich gedeckten Dachs, eingebauter Fenster und Türen innerhalb von maximal drei Tagen errichtet werden. Es kommt also zu weit weniger Ausfällen auf Grund von Schlechtwetter. Ist das Haus erst einmal fertig aufgestellt gibt es kaum Arbeiten am Fertighaus, die durch Wetter beeinflusst werden. Dadurch ist auch die Festsetzung eines fixen Terminplanes möglich, wodurch die Bauherren ganz genau wissen, wann ihr neues Zuhause einzugsbereit ist.⁶⁵

Ein weiterer Vorteil ist, dass beim Fertighaus vieles aus einer Hand ist. Man hat einen einzigen Ansprechpartner bei der gesamten Ausführung (zumindest in der Variante „schlüsselfertig“) an den man sich auch bei Problemen wenden kann. Das reduziert auch die Koordinationsarbeit des Bauherrn erheblich. Sollten Fehler auftreten, dann liegen diese auch bei nur einem Unternehmen,

64 WWW-ENSP-FH

65 WWW-FH

es gibt kein gegenseitiges Fehler zuschieben. Bei Beanstandungen und Reklamationen steht oft ein Kundendienst zur Verfügung. Man muss sich also nicht mit verschiedenen Firmen auseinandersetzen, denn die Beauftragungen für Nachbesserungsarbeiten übernimmt das Fertighausunternehmen.

Bei seriösen Anbietern gibt es eine garantiert gleichbleibend hohe Qualität der Bauteile. Viele Hersteller unterziehen sich freiwillig neutralen Qualitätskontrollen. Fertighaus-Firmen, die Mitglieder des Österreichischen Fertighausverbandes (ÖFV) sind, werden regelmäßig von einem unabhängigen Prüfinstitut überwacht.⁶⁶

Da die einzelnen Elemente eines Fertighauses schon im Werk gefertigt werden, sind sie bereits ausgetrocknet, wenn sie zur Baustelle gelangen. Durch die rasche Montage kann auch deutlich weniger Feuchtigkeit während dem Bau ins Haus gelangen. Beim Einzug ist das Fertighaus also schon trocken. Ein Trockenheizen und die damit verbundenen Kosten und Unannehmlichkeiten entfällt.

Die meisten Fertighaus-Firmen haben Musterhäuser. So kann sich der Bauherr alle Details genau ansehen und bekommt somit eine bessere Vorstellung vom „Endprodukt“.

Schwierige Geländebeziehungen sind in der Bauphase einfacher zu bewältigen. So können Fertighäuser beispielweise auch in unwegsamem Gelände und in extremer Hanglage errichtet werden.⁶⁷

Weitere Vorteile sind:

- Fixpreisgarantie ist Standard – die zu erwartenden Ausgaben sind überschaubar und die Finanzierung kann darauf möglichst genau und günstig abgestimmt werden
- Standardisierte und erprobte Haustechnik (Gerätekombinationen etc.)
- Reduzierte oder entfallende Behördenwege

66 WWW-FH

67 WWW-ENSP-FH

2.5.2 NACHTEILE

Das schlechte Image vom immer gleichen Typenhaus hat sich bis heute gehalten. Da die Akzeptanz für ein Fertighaus bei vielen Menschen noch immer nicht sonderlich hoch ist, können bei einem Wiederverkauf Finanzeinbußen entstehen. Fertighäuser haben im Vergleich zu konventionell gebauten Häusern einen tendenziell niedrigeren Wiederverkaufswert.

Dem Bauherren wird teilweise größere Planungskompetenz abverlangt, da spätere Änderungen, besonders in der Leitungsführung, schwierig sind. So ist die nachträgliche Änderung von der Position der Steckdosen sehr aufwändig, wenn die Wandelemente bereits produziert wurden. Beim konventionellen Bau können solche Entscheidungen nach Fertigstellung des Rohbaus getroffen werden, im Fertigtbau müssen sie bereits bei Auftragserteilung feststehen.⁶⁸

Die meisten Nachteile der Fertigtbauweise sind in der Holz- bzw. Leichtbauweise begründet. Holz bietet zwar eine sehr gute Wärmedämmung, aber nur wenig Schallschutz. Besonders der Trittschallschutz ist nach wie vor ein Problem. Bei der Holzleichtbauweise schwingen die Zwischendecken etwas stärker als es bei massiven Zwischendecken der Fall ist. Es kann also sein, dass Schritte im Obergeschoß gelegentlich spürbare Schwingungen verursachen und auch hörbar sind.

Bei Fertighäusern in Holzrahmenbauweise können bei der Inneneinrichtung Probleme bei der Befestigung von Möbelementen auftreten. Für Hängeschränke müssen Spezialdübel verwendet werden und schwerere Teile müssen sogar direkt in der Holzständerkonstruktion verankert werden.⁶⁹ Wird die Einrichtung schon in der Planungsphase mitberücksichtigt sind diese Probleme allerdings leicht zu lösen.

Bei vielen hält sich bis heute das Vorurteil, dass Holzhäuser einen geringen Brandschutz aufweisen. Bei den ausgebauten Fertighäusern in Leichtbauweise wird meist jedoch nur wenig Holz offen gezeigt, da es meist hinter einer Verkleidung versteckt ist. Es entsteht also kein brandschutztechnischer Nachteil. Auch das Vorurteil, dass Holzhäuser nicht die gleiche Lebenserwartung hätten wie Massivhäuser konnte in verschiedenen Studien widerlegt werden.⁷⁰

68 Gespräch mit Mag. Murhammer (ÖFV) vom 08.11.2012

69 WWW-BHC

70 SIM, 2005, S.24



Abb. 3.1 | Bo Klok-Reihenhäuser © IKEA, Straßenseite



Abb. 3.2 | Bo Klok-Reihenhäuser © IKEA, Gartenseite

3 DAS REIHENHAUS

Das freistehende Einfamilienhaus mit Garten ist nach wie vor die begehrteste Wohnform. Individualität, größere Gestaltungsfreiräume, ungestörte Privatsphäre und Distanz zum Nachbarn machen das Einfamilienhaus besonders attraktiv. Die Folge ist die Zersiedelung der Landschaft. Zersiedelung führt nicht nur zu enormem Verbrauch der ohnehin knapper werdenden Baulandreserven, sie bereitet auch hohe Kosten bei der Erschließung der Einfamilienhausgebiete mit Straßen, Kanal, Strom, Gas und nicht zuletzt öffentlichen Verkehrsmitteln. Darüber hinaus führt die Baulandverknappung zu steigenden Bodenpreisen.

Qualitätvolles Wohnen ist auch bei sparsamem Flächenverbrauch mit verdichteten Bauformen möglich. Die erforderliche Dichte wird dabei nicht durch Höhe, sondern durch Zusammenrücken erreicht.

Das Reihenhaus ist eine kostengünstige und auch ökologische Alternative zum freistehenden Einfamilienhaus. Besonders in Ballungsgebieten oder Städten bietet das Reihenhaus oft die einzige Möglichkeit, in den eigenen vier Wänden mit Garten zu wohnen. Reihenhäuser bieten also die Möglichkeit die Vorteile der „eigenen vier Wände“ mit den Vorteilen des städtischen Lebens zu kombinieren.

3.1 DEFINITION

Der Begriff „Reihenhaus“ bezeichnet ein Gebäude, welches mit mindestens zwei weiteren Gebäuden eine geschlossene Reihung bildet. Die so gebildete Reihe ist parallel zu einer Straße ausgerichtet oder begrenzt einen Platz. Die einzelnen Wohneinheiten weisen jeweils selbstständige Eingänge auf. Sie sind auf dem eigenen Grundstück autark und vertikal durchgehend organisiert. Die aneinander gereihten Reihenhäuser werden auch als Hausgruppen bezeichnet. Sie bilden durch eine einheitliche Fassadengliederung ein Ensemble. Dabei kann die Fassadengestaltung auch übergreifend sein, so dass das einzelne Haus nicht mehr zu erkennen ist.

Das Reihenhaus ist in der Regel an zwei Seiten anbaubar und steht mit seinen Seitenwänden auf den Grundstücksgrenzen. Natürlich können diese seitlichen Abschlusswände im Reihenhaus keine Fenster haben, es ist also nach zwei Seiten orientiert. Das Reihenendhaus am Ende einer Reihenhauszeile kann nach drei Seiten orientiert sein, weist aber auch eine größere Außenfläche auf, die mit größeren Wärmeverlusten einhergeht.

Der Reihenhausgrundriss ist meist schmal und tief, um eine ökonomische Grundstücksausnutzung und geringe Erschließungskosten zu gewährleisten. Durch die Zeilenbebauung kommt es zu einer starken Trennung zwischen Vor(garten)bereich und dem Garten hinter dem Haus.

Die kompakte Bauweise hat nicht nur geringeren Flächenverbrauch zur Folge sondern auch einen reduzierten Fassadenanteil. Die damit verbundene geringere Investition ermöglicht es auch Bauherrn mit kleinerem Budget, den Traum vom eigenen Haus zu verwirklichen.¹

¹ DET, 2006, S.9

3.2 VORTEILE DES REIHENHAUSES

Die Stärke des Reihenhauses liegt in erster Linie in der Wirtschaftlichkeit. Durch das einfache und rationale Prinzip der Addition, kann in kurzer Zeit eine große Menge an Wohnungen errichtet werden. Die beidseitige Anbaubarkeit schafft ein gutes Verhältnis von Wohnfläche, Hüllfläche und Volumen, was energiewirtschaftlich sehr günstig ist.²

Das Reihenhaus zeichnet sich weiters dadurch aus, dass es im städtischen Bereich ein sehr hohes Maß an Wohnkomfort bietet, da es das Leben auf eigenem Grundstück ermöglicht. Zwar ist die Nähe zum Nachbarn immer noch gegeben, aber man nutzt keinen gemeinsamen Hauseingang, was das Maß an Privatsphäre – im Vergleich zu einer Geschoswohnung – deutlich erhöht.³

Der geringe Platzbedarf des Reihenhauses ist ein weiterer Vorteil. Aufgrund der hohen Grundstückspreise, ist der Bau eines freistehenden Einfamilienhauses für viele Familien nicht leistbar. Der Wunsch nach einem eigenen Haus mit Garten, ohne einen darüber- oder darunterliegenden Nachbarn, ist dennoch vorhanden. Reihenhäuser stellen hier immer mehr eine gute Alternative zwischen Eigentumswohnung und Einfamilienhaus dar. Sie haben mehr Grün als Wohnungen und sind vom Preis her erschwinglicher als freistehende Einfamilienhäuser, die ein großes Grundstück erfordern. Für ein Reihenhaus reichen bereits 150 bis 200 m² aus.⁴ Das Grundstück kann bis zum letzten Meter genutzt werden. Ein Reihenhaus steht an zwei Seiten auf der Grenze und muss keine Mindestabstände einhalten, wie es bei einem freistehenden Gebäude meist der Fall ist. Durch die gute Grundstücksausnutzung ist Bauen auch bei hohen Grundstückspreisen möglich.

Auch die Errichtung und die Erhaltung eines Reihenhauses sind günstiger, als bei einem freistehenden Haus. Durch das Aneinanderbauen der Reihenhäuser kommt es zu einer starken Reduktion der Außenflächen. Der geringere Fassadenanteil ist natürlich auch mit einem entsprechenden Preisvorteil

2 PFEI, 2008, S.16

3 WWW-BW-RH

4 WWW-DACH

verbunden. Durch die direkt angrenzenden Nachbarhäuser sind nur zwei Hausseiten der Witterung ausgesetzt. Das bedeutet, dass Wärmeenergie nur an zwei Seiten verloren gehen kann. Ein Reihenhaus schützt also das nächste gegen unerwünschten Wärmeverlust und erspart so zusätzliche und kostspielige Wärmeisolierung. Die kompakte Bauweise hat dementsprechend niedrigere Energie- und Baukosten zur Folge.

Die sehr beliebten Reihenendhäuser verfügen üblicherweise noch an der Gebäudeseite über einen Garten. Dieser Platzgewinn stellt natürlich einen Vorteil dar, aber dafür hebt er auch den Preis an. Außerdem geht über die freie Seitenwand bei Endhäusern mehr Wärmeenergie verloren als bei den Mittelhäusern. Je nach Art der Dämmung beläuft sich der Energievorteil eines Reihenmittelhauses gegenüber einem Reihenendhaus auf etwa 5 bis 10 Prozent.⁵

5 WWW-BW-RH

3.3 GESCHICHTE DES REIHENHAUSES

Das Reihnhaus ist eine der ältesten Wohnformen. Seine Spuren reichen bis in die Antike zurück. Im Laufe der Zeit hat das Reihnhaus immer wieder Anpassungen an die sich ändernden gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen erhalten. Als Experimentierfeld für Architekten und Planer hat es maßgeblich zur Weiterentwicklung der Typologie der Wohnung beigetragen.

Reihnhaussiedlungen mit streng typisierten Grundrissen wurden bereits von den Ägyptern errichtet und dienten der Unterbringung von Arbeitern. Frühe Beispiele sind auch in Griechenland zu finden, wie etwa die Insulae mit Typenhäuser in Piräus (480 v. Chr.) vom Architekten, Stadtplaner und Philosoph Hippodamos von Milet.⁶

Die Versorgung armer Bürger, Arbeiter und Handwerker mit Wohnraum diente in erster Linie dem Erhalt der Arbeitskraft und wurde von einem übergeordneten Bauherren, in der Regel dem Arbeitgeber, nach einheitlichem Plan errichtet. Ein Beispiel für eine solche Siedlung ist die Fuggerei in Augsburg, die 1519 errichtet wurde. Diese systematisch angelegte Siedlung vor den Toren der Stadt ist ein Prototyp einer an den Grundbedürfnissen orientierten Kleinstwohnung. Sie war für ihre Zeit sozial und architektonisch vorbildlich. (Abb. 3.3 und Abb. 3.4, S. 120)

Die Städte und das Siedlungswesen entwickelten sich mit dem wirtschaftlichen Aufschwung und dem Ausbau der Handelsbeziehungen. Die mittelalterlichen Stadtanlagen wurden bald zu klein für den raschen Bevölkerungszuwachs. Um den Bau neuer Befestigungsanlagen möglichst lange hinauszuzögern, wurde innerhalb der Mauern dichter gebaut. Es entstanden hohe schmale Bürgerhäuser nach einheitlichen Vorgaben, die durch Gestaltungsrichtlinien optisch zusammengefasst waren. Diese städtische Variante des Reihnhauses prägte mit ihren Fassaden das Erscheinungsbild der Straßen und Plätze und ist in allen bedeutenden Handelsstädten zu finden.

6 DET, 2006, S.10

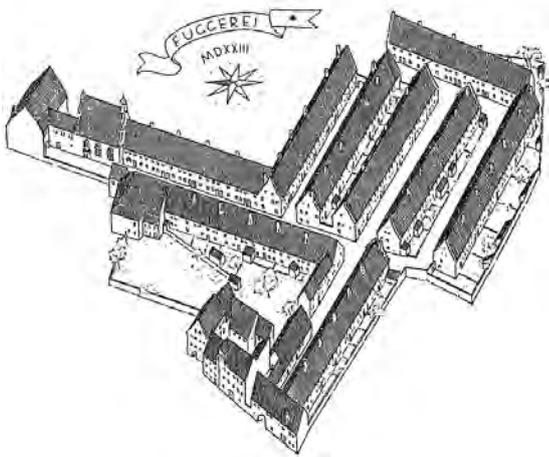


Abb. 3.3 | Fuggerei in Augsburg, 1519

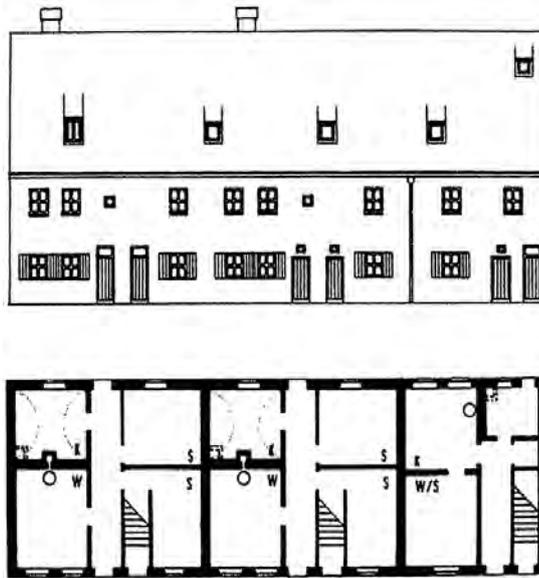


Abb. 3.4 | Fuggerei in Augsburg
Ansicht und Grundriss

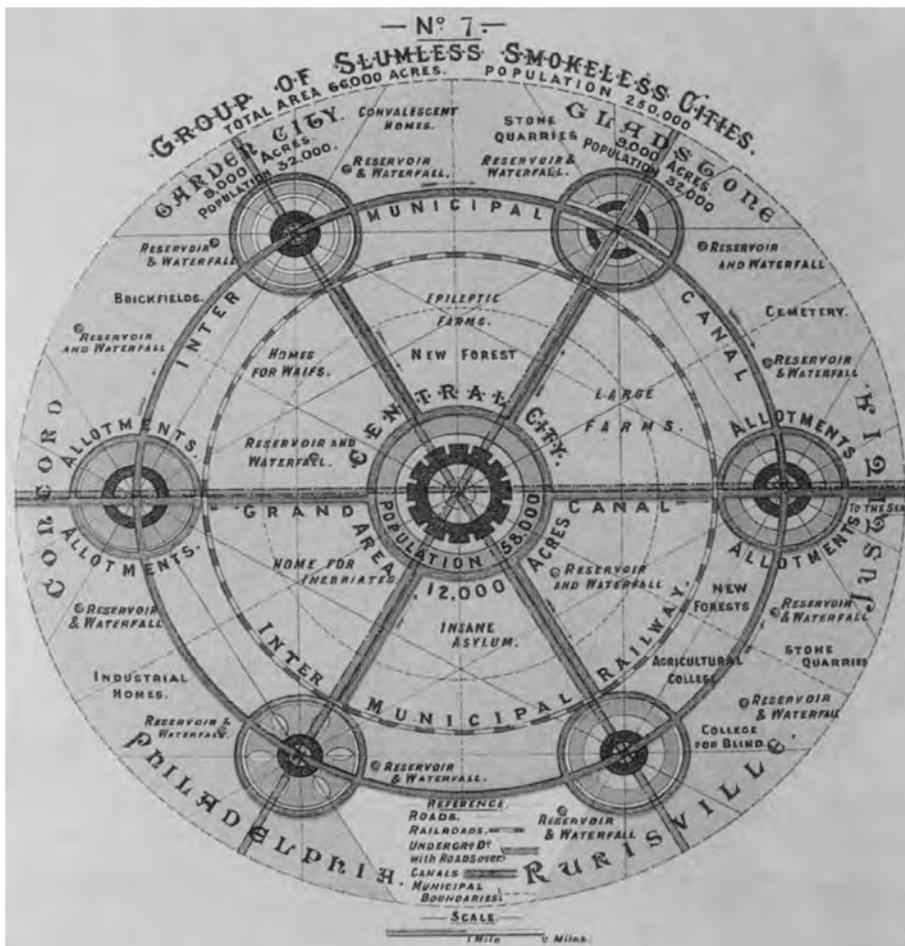


Abb. 3.5 | Das erste Garden-City-Konzept von Ebenezer Howard

Parallel dazu entwickelte sich der Typ des städtischen Einzelhauses in der Reihe. Die Gestaltungsrichtlinien bildeten auch hier den Rahmen für die Fassadengestaltung. Die Fassaden der einzelnen Häuser erhielten jedoch ein individuelles Aussehen, so dass das einzelne Haus deutlich zu erkennen ist.

Nach der Revolution 1689 sich England zur führenden Handelsmacht in Europa. Die Bautätigkeit wurde nicht mehr von der Regierung bzw. einer kleinen führenden Schicht getragen, sondern von einer Vielzahl privater Initiativen. Im 18. Jahrhundert entstanden in London die Terraced Houses für Adel und Großbürgertum. Eine Reihe von Einzelhäusern mit individuell gestalteten Grundrissen, deren Fassaden jedoch im Straßenraum als Gesamtheit in Erscheinung treten. In Bath wurde um einen Platz eine kreisförmige Anlage mit 30 Reihenhäusern errichtet, deren Mitte und Enden dezent betont sind, sodass das Ensemble in seiner Gesamtwirkung einer konkaven Schlossfront gleicht.⁷

Ende des 18. Jahrhunderts führte die industrielle Revolution zu neuen Gesellschaftsstrukturen. Die städtische Bevölkerung war in Unternehmer und Arbeiter geteilt. Der große Bedarf an Arbeitskräften löste eine Zuwanderungswelle aus, wodurch sich die Wohnbedingungen für die Industriearbeiter drastisch verschlechterten. Als Reaktion auf diese Missstände entstanden Werksiedlungen, die wiederum von den Arbeitgebern initiiert wurden. Das Reihenhause mit Garten sollte dem Arbeiter und seiner Familie nicht nur eine Unterkunft bieten, sondern auch die Selbstversorgung mit landwirtschaftlichen Produkten ermöglichen. Dadurch wurden die Arbeiter auch enger an den Betrieb gebunden.⁸

Ebenezer Howard hat 1898 mit seinem Buch „Garden Cities of Tomorrow“ seine Idee der Gartenstadt vorgestellt. Die Gartenstädte sollten im Umland großer Städte auf bisherigem Agrarland neu gegründet werden. Sie sollten die Vorteile des urbanen Lebens mit denen des Landlebens verbinden. Die Größe einer Gartenstadt sollte im Vorhinein definiert werden und mit etwa 30.000 Einwohnern überschaubar bleiben. Der nicht erweiterbare Stadtbereich ist von einem Eisenbahnring und einem landwirtschaftlich genutzten Grüngürtel umgeben. Der Verdichtungsgrad innerhalb des Stadtbereichs ist vorgegeben. (siehe Abb. 3.5)

7 DET, 2006, S.11

8 SCHR, 2008, S.19



Abb. 3.6 | Weißenhofsiedlung
Reihenhäuser von J.J.P. Oud, Straßenseite



Abb. 3.8 | Weißenhofsiedlung
Doppelhaus von Le Corbusier

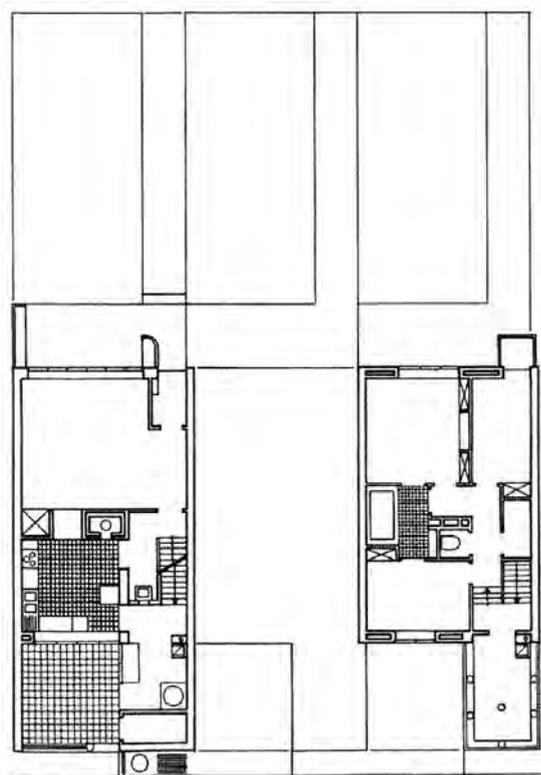


Abb. 3.7 | Weißenhofsiedlung
Reihenhäuser von J.J.P. Oud, Grundrisse

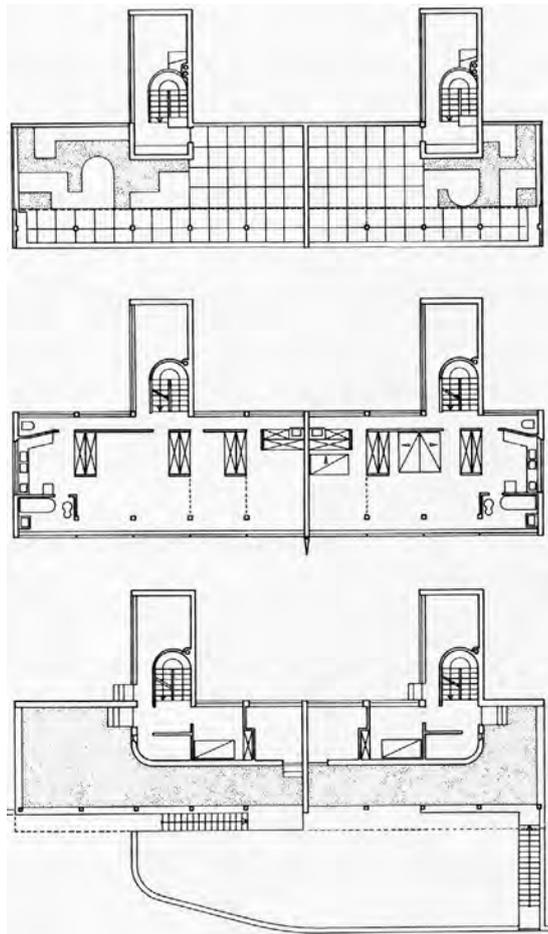


Abb. 3.9 | Weißenhofsiedlung
Doppelhaus von Le Corbusier, Grundrisse

In den 1920er-Jahren wurden neue wohnkulturelle und sozialhygienische Standards proklamiert: die Ausrichtung zur Sonne, ausreichende Querlüftung und helle Wohnungen. Diese Standards wurden besonders konsequent vom Frankfurter Stadtbaurat Ernst May umgesetzt, der eine groß angelegte Siedlungsplanung für die unteren Bevölkerungsschichten entwickelte. Er legte das Hauptaugenmerk auf die Mechanisierung der Baustelle und die Typisierung von Bauelementen. Der Bauprozess wurde durch den Einsatz von großformatigen Bauplatten weitgehend rationalisiert. Die Grundrisse waren zwei- oder dreigeschossig organisiert und bis hin zu den Einrichtungsgegenständen und Küchenelementen standardisiert. Die Detaillierung aller Elemente und Funktionsabläufe führte unter anderem auch zu der von Schütte-Lihotzky entwickelten „Frankfurter Küche“.

Werkbundsiedlungen waren für die Entwicklung des Reihenhaustyps von großer Bedeutung. Die verschiedenen Werkbundsiedlungen beschäftigten sich mit unterschiedlichen Themenstellungen, sodass es zu einer Vielfalt an Lösungen kam.

Die Stuttgarter Weißenhofsiedlung, die 1927 als Bauausstellung des Deutschen Werkbundes entstand, hatte das Ziel neue Wohnformen für den modernen Menschen zu schaffen. Die künstlerische Oberleitung für die Weißenhofsiedlung hatte Ludwig Mies van der Rohe, der auch das städtebauliche Gesamtkonzept entwickelte. Bei den Projekten wurde mit neuen Konstruktionen und Baumaterialien experimentiert.

J. J. P. Oud befasste sich bei seinen Reihenhäusern für die Weißenhofsiedlung mit der funktionalen Ausrichtung des Grundrisses. Er richtete sich nach den Bedürfnissen der breiten Masse und realisierte preiswerte Wohnungen, die fast ohne Erschließungsflächen auskommen. Wohn- und Arbeitsbereiche sind klar getrennt und einander funktional zugeordnet. Der Wohnbereich liegt im Süden zum Garten hin, Küche Wirtschaftsraum und -hof liegen nach Norden zur Straße. Waschküche und Wirtschaftsraum werden über das Podest der Treppe erschlossen und weisen daher eine niedrigere Raumhöhe auf, was die Beziehung zwischen Funktion und Raumhöhe thematisiert und gleichzeitig die Plastizität der relativ geschlossenen Nordfassade steigert. (Abb. 3.6 und Abb. 3.7)

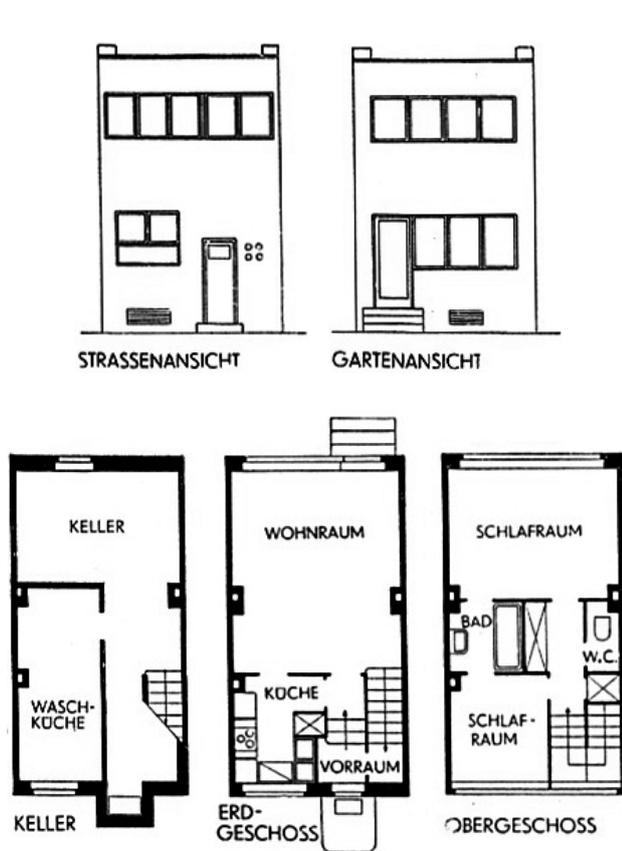


Abb. 3.10 | Werkbundsiedlung Wien
Reihenhäuser von Walter Loos

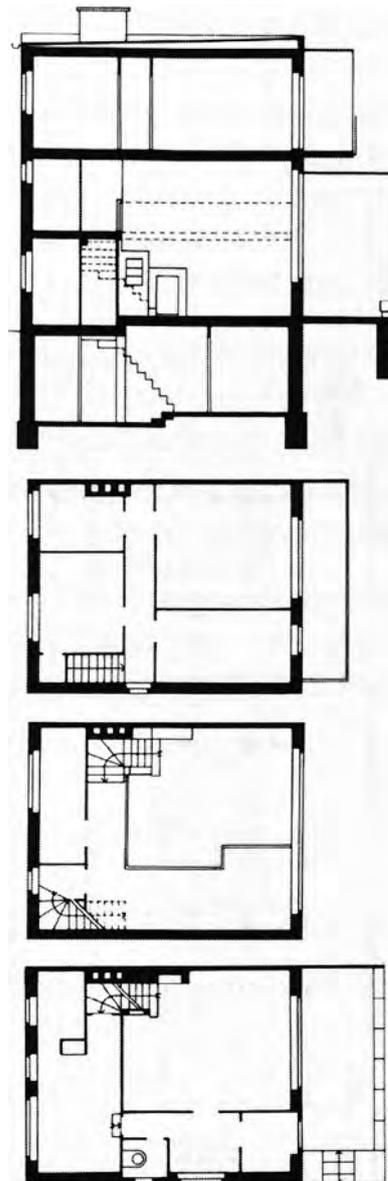


Abb. 3.11 | Werkbundsiedlung Wien
Doppelhäuser von Adolf Loos

Das Doppelhaus von Le Corbusier weist einen auf minimale Fläche optimierten Grundriss mit beweglichen Einbauten auf. Die Schlafkabinen können Tagsüber geöffnet werden und werden so Teil des Wohnraums, während sie nachts im geschlossenen Zustand einen individuellen Rückzugsbereich bilden. (Abb. 3.8 und Abb. 3.9, S. 122)

Die Wiener Werkbundsiedlung entstand in den Jahren 1930 bis 1932 durch die Initiative des österreichischen Werkbundes im Rahmen der Wohnbautätigkeit der Gemeinde Wien. Sie war eine gebaute Ausstellung nach dem Vorbild der Stuttgarter Weißenhofsiedlung. Die künstlerische Oberleitung übernahm der Architekt Josef Frank, der eine zentrale Figur der Wiener Siedlerbewegung und erfolg reicher Teilnehmer in Stuttgart war. Die Ausstellung stand unter dem Motto „moderne Haustypen für künftige Siedlungsanlagen - Wirtschaftlichkeit auf engstem Raum“. Mit einem Minimum an Raumaufwand sollte ein Optimum an Wohnlichkeit erzeugt werden. Bautechnische Innovationen waren hier kein Thema. Die Häuser sind tatsächlich sehr klein, vermitteln aber immer wieder durch Funktionalität und geschickt gesetzte Ausblicke und Sichtbezüge eine erstaunliche Geräumigkeit.

Das zweigeschossige Reihenhaus von Walter Loos ist mit nur 33 m² verbauter Fläche das kleinste aber effizienteste Haus.⁹ Es zeichnet sich durch die Minimierung der Erschließungsflächen, einen hellen großen Wohnraum und einen perfekt organisierten Schlafräum-Bad-Bereich aus. (Abb. 3.10)

Die Doppelhäuser von Adolf Loos und Heinrich Kulka wirken optisch eher zweigeschossig, haben aber durch die gekonnte Raumaufteilung drei Nutzungsgeschosse. Loos hat hier seinen „Raumplan“ perfekt umgesetzt. Jeder Raum verfügt neben der notwendigen Fläche über eine funktionell angemessene Höhe. Die optimale Lage der Räume zueinander, spart nicht Volumen ein, sondern schafft auch eine räumliche Spannung und Großzügigkeit. Dies wird durch die abwechslungsreiche Wegeführung unterstützt. (Abb. 3.11)

Die Werkbundsiedlung Zürich-Neubühl wurde 1930 bis 1932 von einem Team aus sieben Architekten geplant. Es handelt sich um ein außerstädtisches Ensemble in Hanglage. Die für den Mittelstand konzipierten Häuserzeilen stehen quer zu den Strassen, um Staub und Verkehrslärm abzuhalten. Sie bestehen aus einer Vielzahl an Wohnungstypen (1 bis 6 Zimmer) mit einer

9 WWW-WBS19



Abb. 3.12 | Siedlung Sødholm von Arne Jacobsen, 1950 – 1955

maximalen Höhe von zwei Geschossen plus ausgebautem Dachgeschoss. Die Häuser verfügen über eine anspruchsvolle Ausstattung: Hohlkörperdecken, Zentralheizung, Schiebefenster mit Holzrahmen, Doppelverglasung und Einbauschränke.¹⁰

Durch den zweiten Weltkrieg erfuhr die Entwicklung des Reihenhauses eine entscheidende Zäsur. Es herrschte große Wohnungsnot, die Bautätigkeit bestand hauptsächlich aus Wiederaufbau und Stadterweiterung. Die Errungenschaften der seriellen Fertigung wurden genutzt um in möglichst kurzer Zeit so viel Wohnraum wie möglich zu errichten. Es entstanden monotone Siedlungen mit Geschoßbauten, Reihenhäuser waren dabei kein Thema.

Die Suche nach Lösungen für die immer vielfältiger werdenden Ansprüche der Bewohner gab dem Reihenhausbau neue Impulse. Diese gingen in den 1950er- und 1960er-Jahren von Skandinavien aus. Die in den Jahren 1950 bis 1955 erbaute Siedlung Søholm von Arne Jacobsen wurde in ganz Europa zum Vorbild für Wohnanlagen. Durch die Staffelung der Baukörper und das Versetzen der gegeneinander geneigten Dachflächen entstand ein lebendig wirkendes Ensemble, das trotz der Dichte der Bebauung geschützte Freibereiche für die Bewohner schafft. (Abb. 3.12)

Wichtige Impulse gab auch die schweizer Architektengruppe Atelier 5 mit den Siedlungen Halen (1955 – 1961) und Thalmatt (1967 – 1974). Durch die ausgeklügelte Anordnung der schmalen, mit individuellen Grundrissen gestalteten Häuser werden trotz der Nähe zum Nachbarn private Rückzugsbereiche im Freien geboten.

In den 1980er-Jahren kam es infolge der Ölkrise zu wachsendem Umweltbewusstsein. Auch im Bauwesen kam es durch die Krise zu einem Umdenkprozess. In der Planung wurde nun neben dem Wohnen in der Gruppe auch energiesparendes und ökologisches Bauen thematisiert. Die optimale Orientierung nach Süden und die Möglichkeit der passiven und aktiven Solarenergienutzung führten zu neuen Wohnmodellen.¹¹

¹⁰ SCHR, 2008, S.31

¹¹ DET, 2006, S.9ff / SCHR, 2008, S.19ff

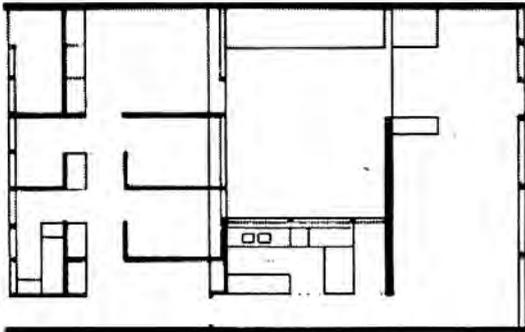


Abb. 3.13 | Berlin Hansaviertel, 1957
Reihenhofhaus von Arne Jacobsen

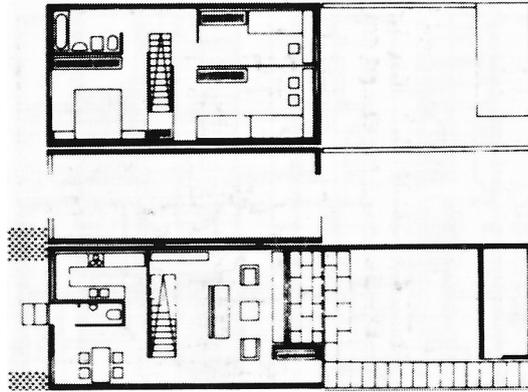


Abb. 3.16 | Puchenau I, 1967
Reihenhaus von Roland Rainer



Abb. 3.14 | Schweiz, Flamatt I, 1958
Reihenhaus von Atelier 5

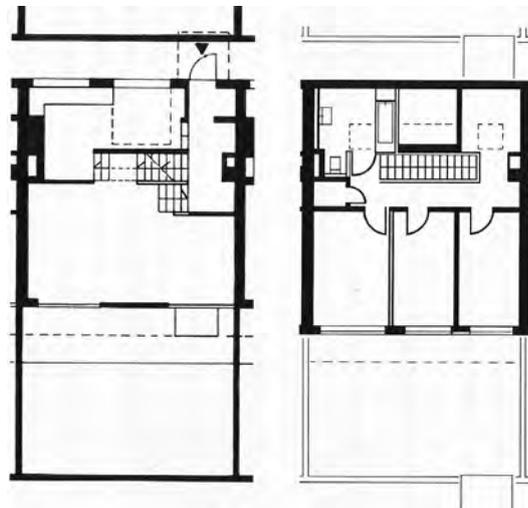


Abb. 3.17 | Wien, Mühlgrundweg, 1995
Reihenhaus von Walter Stelzhammer

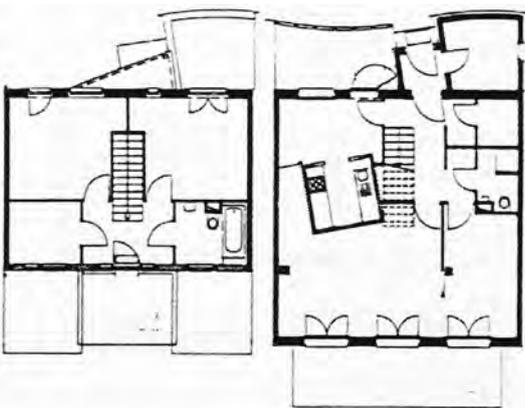


Abb. 3.15 | Wien, Siegesplatz, 1991
Reihenhaus von Rüdiger Lainer

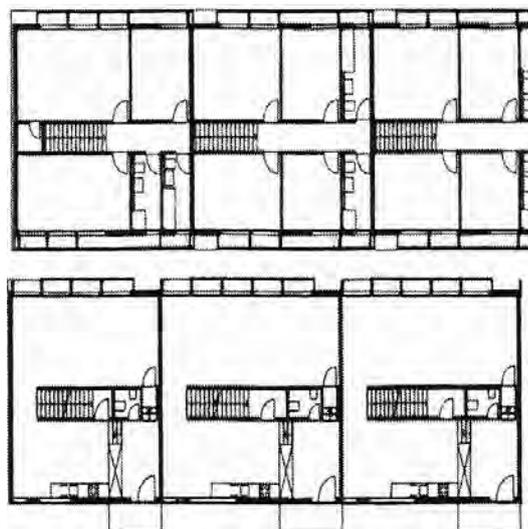


Abb. 3.18 | Biel (CH), Spittelhof, 1999
Reihenhäuser von Peter Zumthor

3.4 REIHENHAUS-TYPOLOGIE

Reihenhäuser sind typologisch dem freistehenden Einfamilienhaus in der Grundrissorganisation sehr ähnlich. Sie sind in der Regel mehrgeschossig und auf dem eigenen Grundstücksanteil eigenständig und vertikal durchgehend organisiert.

Es gibt viele Möglichkeiten der Grundrissorganisation innerhalb eines Reihenhauses. Sie sind im Wesentlichen durch die interne Erschließung geprägt – die Lage und Form der Treppe ist das entscheidende Merkmal für die Kategorisierung der unterschiedlichen Typen. Weitere Merkmale sind die Lage des Eingangs sowie die Proportion der Grundfläche. Durch die Möglichkeit der direkten Besonnung morgens und abends sind die Ost-West-Typen in der Regel wesentlich tiefer als die Nord-Süd-Typen, die nur einseitig besonnt werden.

3.4.1 OHNE TREPPE

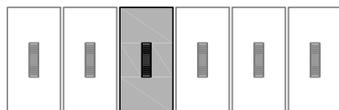


Das eingeschossige Reihenheim ist die einfachste Organisationsform. Der Grundriss hat meist eine enorme Tiefe, was das Arbeiten mit Einschnitten erfordert. Die nötige Belichtung wird oft durch großzügige Innenhöfe erreicht.

Beispiel:

Reihenhofhaus Berlin Hansaviertel, Arne Jacobsen, 1957 (Abb. 3.13)

3.4.2 TREPPE LÄNGS



Diese Organisationsform ist die gebräuchlichste, da der Grundriss eines Reihenhauses meist tiefer ist als breit. Je nach Breite des Grundrisses liegt die Treppe entweder an einer Seitenwand oder zwischen den Zimmerachsen.

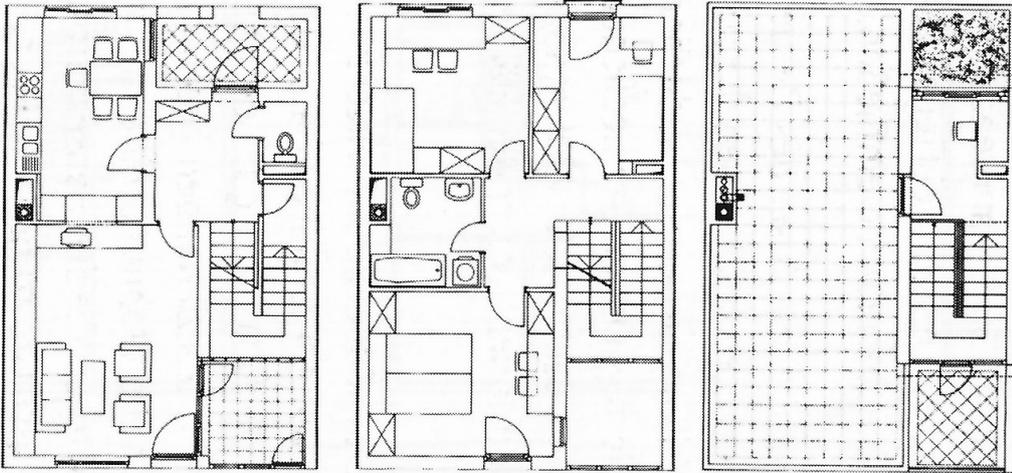


Abb. 3.19 | Wien, Desdemonaweg, 1993
Reihenhäuser von Margarethe Cufér

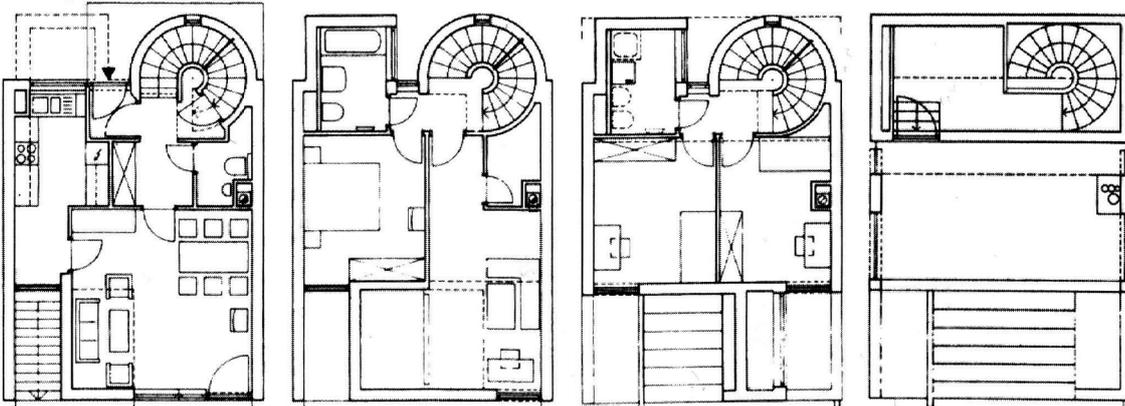


Abb. 3.20 | Wien, Traviatagasse, 1992
Reihenhäuser von Raimund Abraham

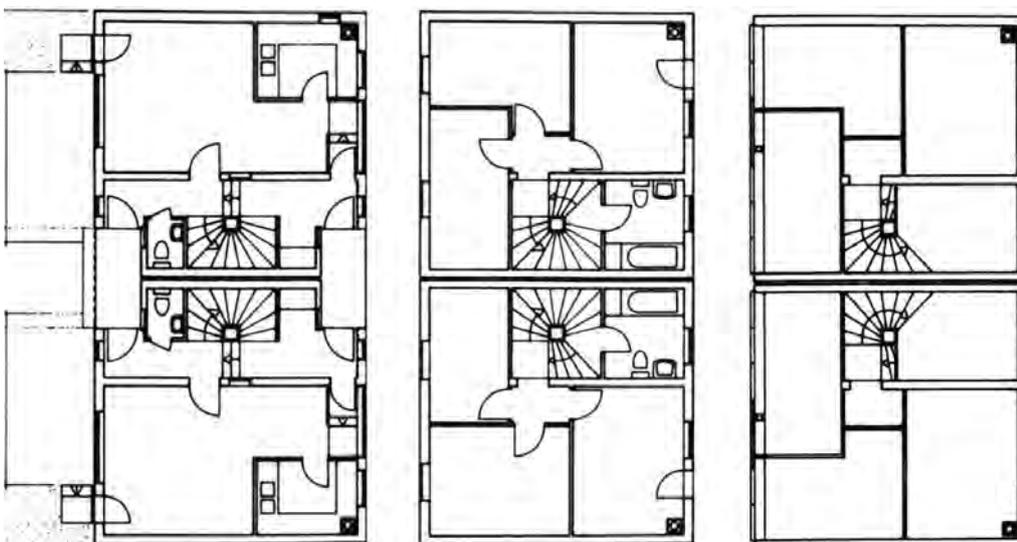


Abb. 3.21 | Wien, Pilotengasse, 1991
Reihenhäuser von Otto Steidle

Liegt die Erschließungsschicht seitlich neben der Zimmerschicht, so ist die Möglichkeit gegeben im Erdgeschoß einen von der Straßenseite bis zur Gartenseite durchgehenden Raum zu schaffen. Die Treppe kann über eine oder sogar beide Fassaden belichtet werden, so dass der Flur Aufenthaltsqualität erhält und z.B. als Arbeitsbereich oder Bibliothek genutzt werden kann. Die Wegeführung ist etwas komplizierter, da der Treppenantritt meist sehr nahe an der Außenmauer liegt um im Obergeschoß möglichst mittig anzukommen. Die Deckenkonstruktion ist aufwendiger als bei querliegender Treppe. Dieser Typ kann besonders schmal ausfallen und ist wegen seiner Tiefe häufig ost-west-orientiert.

Beispiel:

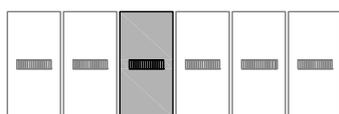
RH Flamatt I, Atelier 5, 1958 (Abb. 3.14, S. 128)

Das Reihenhaus mit mittig liegender Längstreppe ist ein breiterer Gebäudetyp, da neben der Treppe, wie bereits erwähnt, zu beiden Seiten Räume angeordnet werden. Die Erschließungsfläche kann hier stark minimiert werden, da die Räume direkt über das Treppenpodest erreicht werden können. Im Obergeschoß sind die Individualräume meist einseitig zum Garten hin orientiert, auf der Straßenseite finden Bad und Nebenräume Platz. Dieser Typ ist in den meisten Fällen nord-süd-orientiert.

Beispiel:

RH Siegesplatz, Rüdiger Lainer, 1991 (Abb. 3.15, S. 128)

3.4.3 TREPPE QUER



Ein Reihenhaus mit querliegender Treppe ist generell etwas breiter. Die Mindestbreite bei diesem Grundriss-Typ ergibt sich aus der Länge der Treppe und den beiden Podesten und ist daher maßgeblich vom Steigungsverhältnis der Stiege bestimmt. Eine einfache Deckenkonstruktion (nur geringe Auswechslungen notwendig) und die ökonomische Erschließung (Treppe ist von allen Aufenthaltsräumen einfach erreichbar) sind die Vorteile dieses Typs. Ein Nachteil ist, zumindest bei minimalster Breite, dass im Erdgeschoß nicht ein einziger großzügiger Raum geschaffen werden kann. Die Ausführung der Treppe spielt hier eine große Rolle. Die Stiege kann entweder mittels einer Mauer das Erdgeschoß in zwei Teile teilen oder in einer durchlässigen Ausführung ein verbindendes Element darstellen.

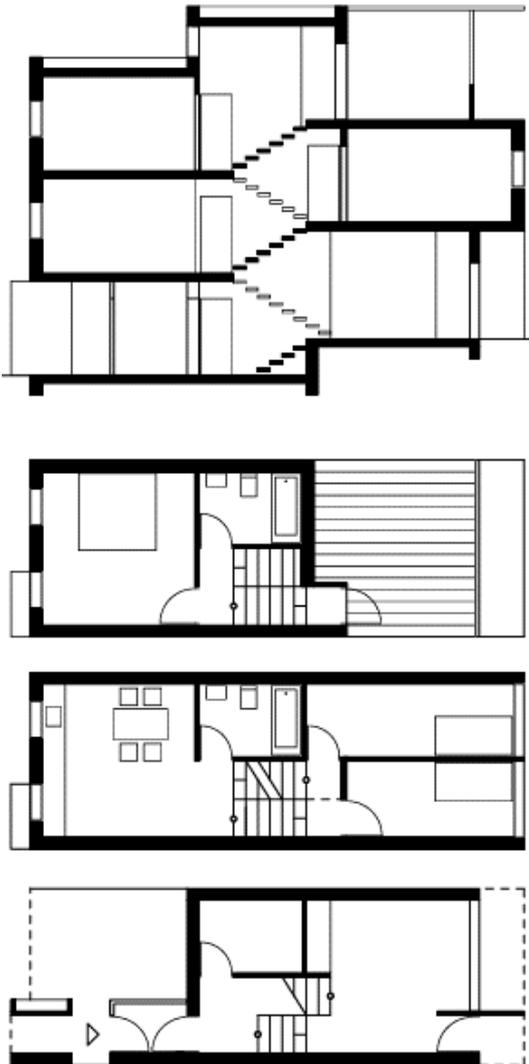


Abb. 3.22 | Feldkirch, Nofels, 1993
Reihenhäuser von Baumschlager & Eberle

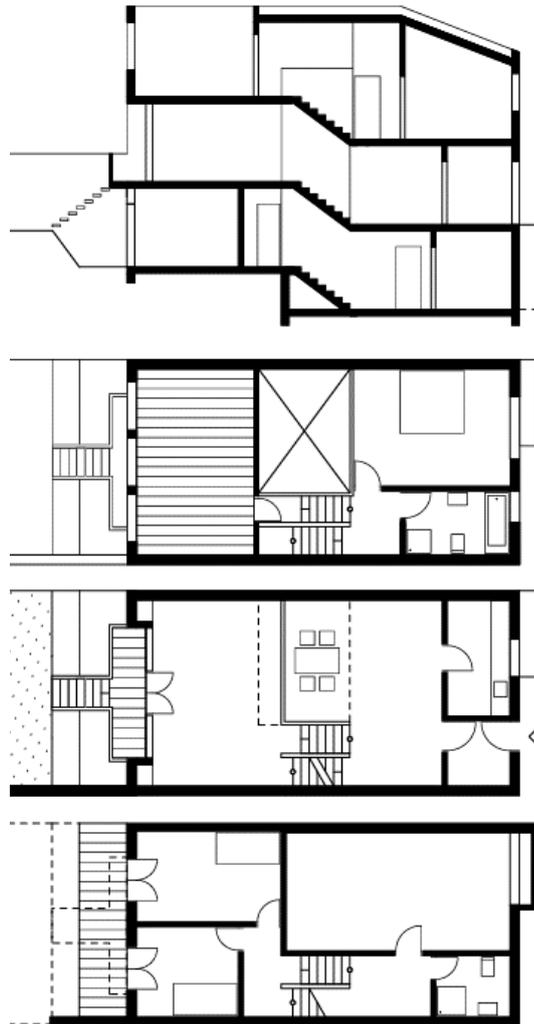


Abb. 3.23 | Schopfheim, Kirchhölzle, 1990
Reihenhäuser von Günter Pfeifer

Auf der Belichtungsseite finden in Regel zwei Individualräume Platz, die über die beiden Podeste erschlossen werden können. Außerdem sind bei dieser Organisationsform auch geringere Haustiefen und eine einseitige Orientierung nach Süden möglich.

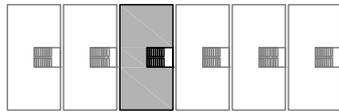
Beispiele:

RH Puchenau I, Roland Rainer, 1967 (Abb. 3.16, S. 128)

RH Mühlgrundweg, Walter Stelzhammer, 1995 (Abb. 3.17, S. 128)

RH Spittelhof, Peter Zumthor, 1999 (Abb. 3.18, S. 128)

3.4.4 PUNKTFÖRMIGE TREPPE



Die punktförmige Treppe liegt meistens mittig an einer Seitenwand. So ist im Erdgeschoß eine einfache Wegführung möglich und der Austritt im Obergeschoß liegt zentral. Bei der punktförmigen Treppe sind unterschiedliche Variationen möglich. Sie kann geradlinig mit Zwischenpodest, angewandelt oder komplett gewandelt sein. Bei der geradlinigen Variante kann der Treppenlauf parallel oder im rechten Winkel zur Seitenwand liegen. Wenn man mit unterschiedlichen Raumhöhen arbeitet, kann die Variante mit Zwischenpodest sehr nützlich sein. Bei vielen unterschiedlichen Niveaus eignet sich die Wendeltreppe, da man die Möglichkeit hat jederzeit eine Plattform einzuschieben. Die Wendeltreppe hat allerdings den Nachteil, dass der Transport von größeren Möbelstücken sehr erschwert wird.

Die Erschließungsfläche kann auch bei diesem Grundriss-Typ sehr klein gehalten werden. Die Erschließungszone liegt bei diesem Typ meist im schwer zu belichtenden Kern des Hauses. Bei der schmalsten Variante findet an den Außenseiten je ein Zimmer Platz. Dieser Typ eignet sich daher vor allem für eine Ost-West-Ausrichtung.

Beispiele:

RH Desdemonaweg, Margarethe Cufer, 1993 (Abb. 3.19, S. 130)

RH Traviatagasse, Raimund Abraham, 1992 (Abb. 3.20, S. 130)

RH Pilotengasse, Otto Steidle, 1991 (Abb. 3.21, S. 130)

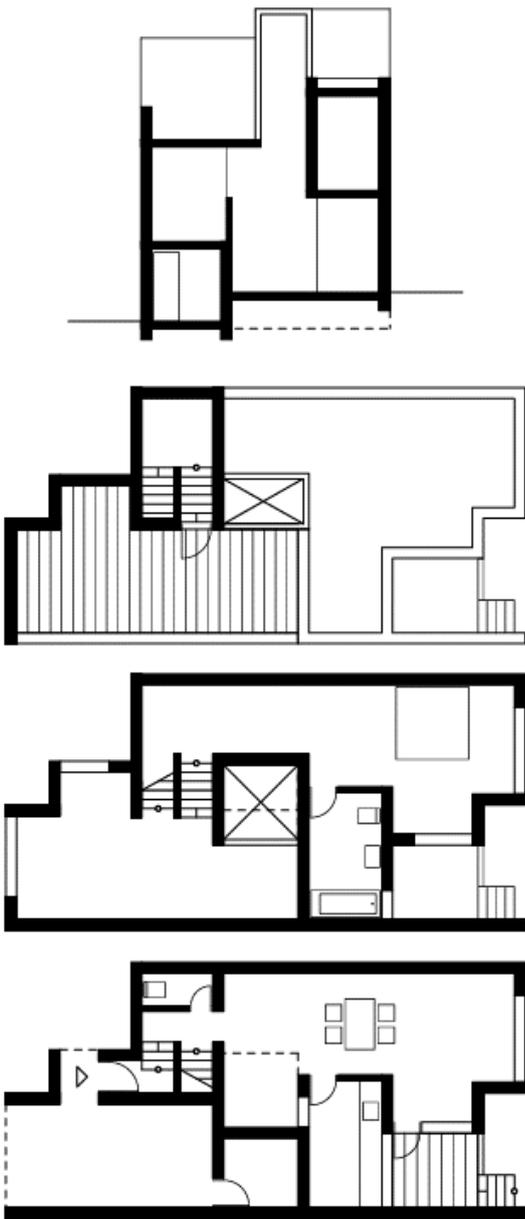


Abb. 3.24 | Delft, Diagoon Houses, 1971
Reihenhäuser von Herman Hertzberger

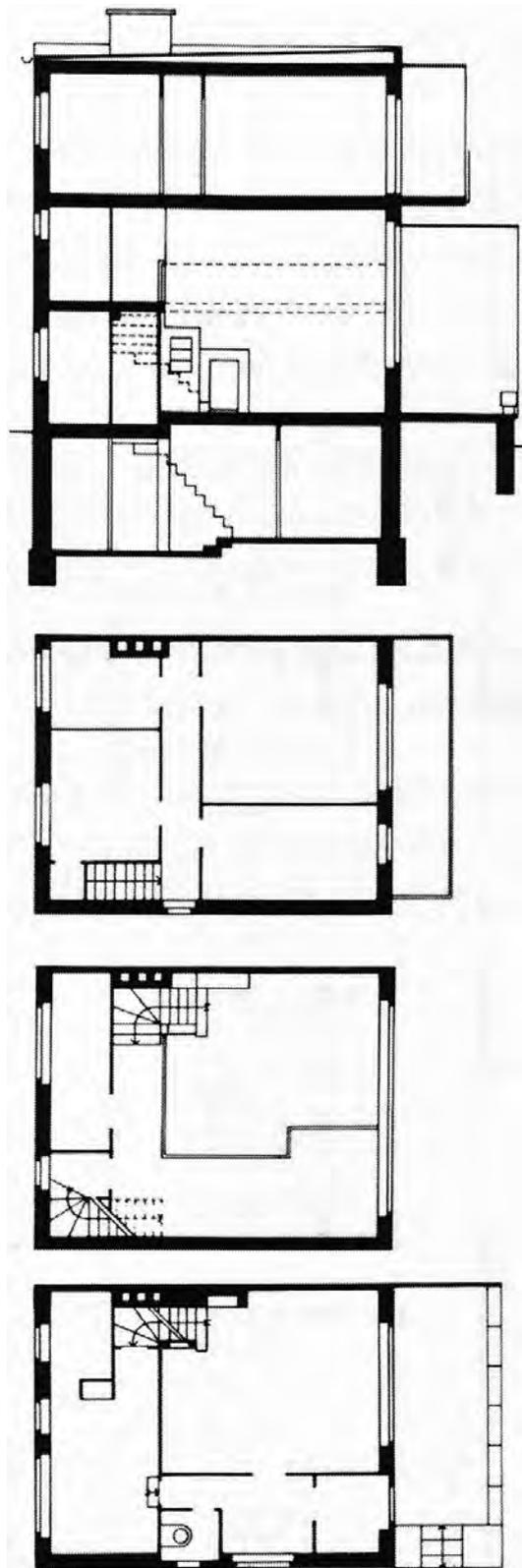
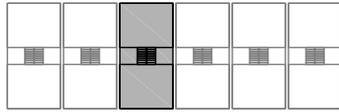


Abb. 3.25 | Werkbundsiedlung Wien, 1932
Doppelhaus von Adolf Loos & Heinrich Kulka

3.4.5 SPLIT-LEVEL LÄNGS



Bei diesem Typ sind die Ebenen in der Länge versetzt, was zu einem bewegten Raumerlebnis führt. Die Proportionen der einzelnen Ebenen werden durch die Lage der Treppe definiert. Die einfachste Form ist eine zweiläufige Treppe mit gleich langen Läufen. Dabei sind die einzelnen Ebenen jeweils halbgewölbung versetzt und werden durch relativ kurze Treppenläufe miteinander verbunden.

Die durch den Höhenversatz entstehenden Lufträume ermöglichen visuelle Querverbindungen und bieten außerdem Belichtungsmöglichkeiten für die Grundrissmitte. Dieser bautechnisch aufwendige Reihentyp bietet sich besonders bei Grundstücke in Hanglage an, um zwischen den verschiedenen Geländeneiveaus zu vermitteln.

Beispiele:

RH Nofels, Baumschlagler & Eberle, 1993 (Abb. 3.22, S. 132)

RH Kirchhölzle, Günter Pfeifer, 1990 (Abb. 3.23, S. 132)

3.4.6 SPLIT-LEVEL QUER



Bei diesem Typ kann jede Halbgewölbungsebene von 2 Seiten belichtet werden. Der Höhenversatz über die lange Grundrissseite ermöglicht vielfältige räumliche Spielmöglichkeiten und interessante Optionen in der Lichtführung.

Beispiel:

Diagoon Houses, Herman Hertzberger, 1971 (Abb. 3.24)

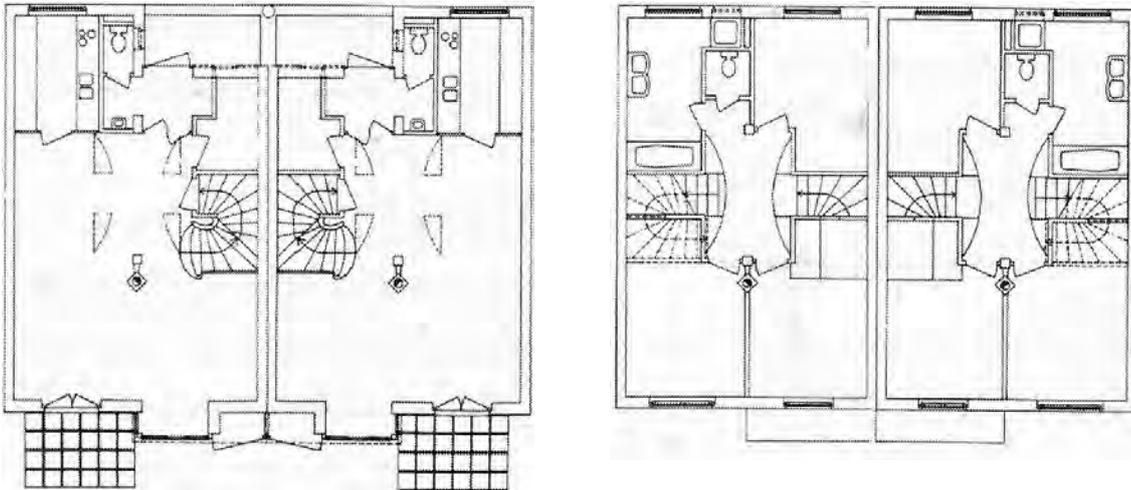


Abb. 3.26 | Wien, Jagoweg, 1993
Reihenhäuser von Gruss & Gruss

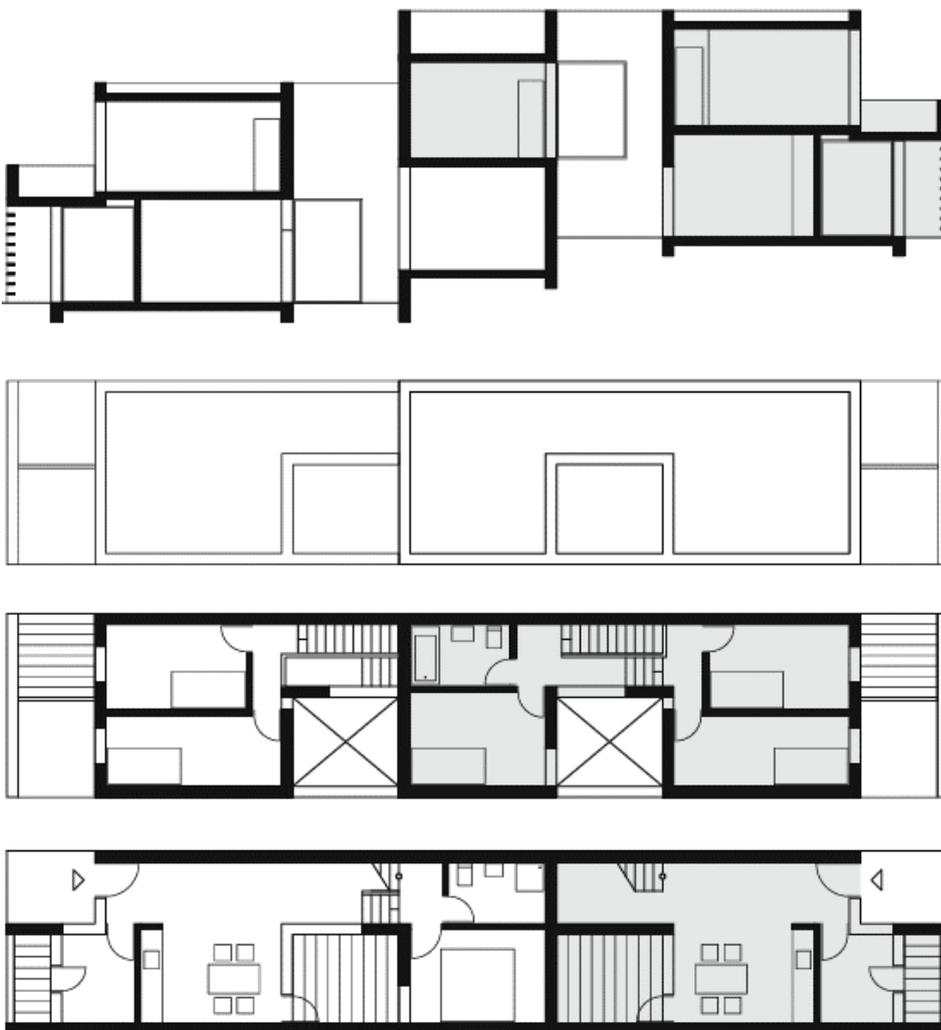
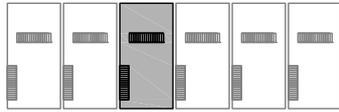


Abb. 3.27 | Carmona (E), 2003
Reihenhäuser von Oscar Gil Delgado

3.4.7 UNTERSCHIEDLICHE TREPPENLÄUFE



Aus konstruktiver und ökonomischer Sicht sind übereinander liegende Treppenläufe durchaus logisch und wünschenswert. Wird die Treppe jedoch nicht räumlich eingebunden, kann die abgetrennte Treppenzone zu einem reinen Stiegenhaus werden und damit zu einem „Fremdkörper“ im Haus.

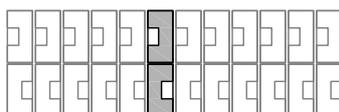
Der Reihenhaus-Typ mit unterschiedlichen Treppenläufen nutzt die Lage der Treppen um die Wegführung innerhalb des Hauses zu inszenieren. Wird die Treppe beispielsweise als weiterführende Treppe ausgeführt, bei der das erste Obergeschoß direkt über das Podest erschlossen ist, muss das ganze Haus durchschritten werden um in die Individualräume im zweiten Obergeschoß zu gelangen (Abb. 3.26). Durch das Wechselspiel von längs- und querliegenden Treppen können interessante Sichtbeziehungen entstehen. Die Lage der Treppen kann auch die Privatheit der einzelnen Räume widerspiegeln z.B. wenn der zweite Treppenlauf, der zu den Individualräumen führt, leicht versteckt positioniert wird.

Beispiele:

DH Werkbundsiedlung Wien, A. Loos & H. Kulka, 1932 (Abb. 3.25, S. 134)

RH Jagoweg, Gruss & Gruss, 1993 (Abb. 3.26)

3.4.8 BACK-TO-BACK



Der Prototyp für räumliche Effektivität; er eignet sich besonders für dichte Bebauungsstrukturen. Durch die einseitige Orientierung ist dieser Typ in den Möglichkeiten zunächst limitiert. Erst durch die Kombination mit Höfen, Patios und Dachterrassen zeigt sich das Potential dieses Typs.

Beispiel:

Wohnanlage Carmona, Oscar Gil Delgado, 2003 (Abb. 3.27)

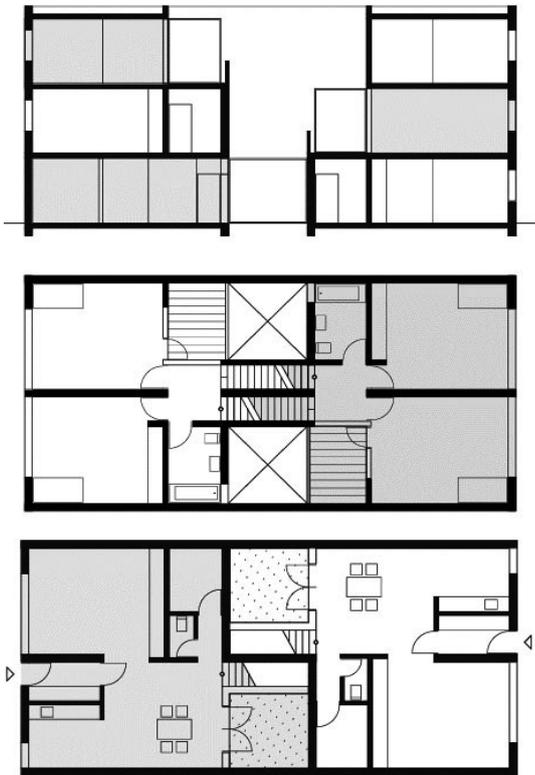


Abb. 3.28 | Studienarbeit TU Darmstadt
Reihenhäuser von Eva Zimmermann

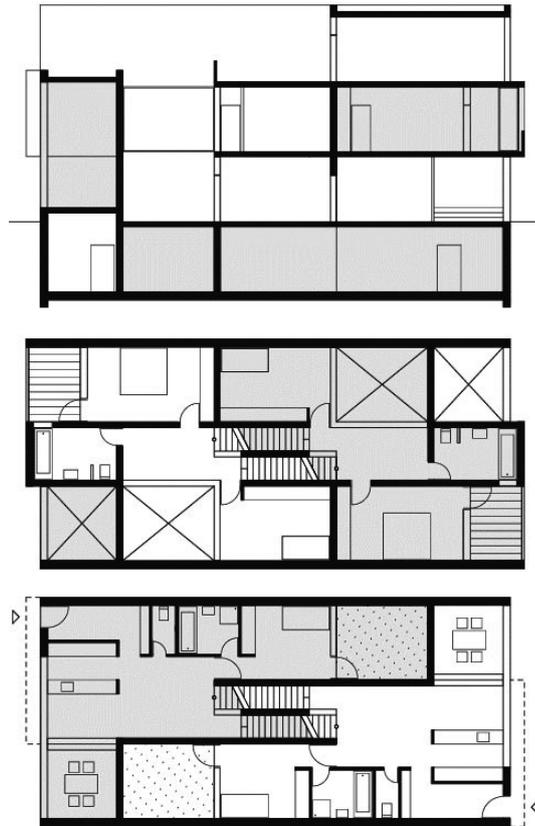
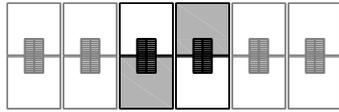


Abb. 3.29 | Studienarbeit TU Darmstadt
Reihenhäuser von Claudia Wall

3.4.9 BACK-TO-BACK „CROSSOVER“



Durch geschickte Erschließung überwindet dieser Typ das Manko der einseitigen Orientierung. Der Grundriss einer Wohneinheit wechselt im Obergeschoß auf die jeweils andere Hausseite. Diese Verschachtelung ermöglicht für beide Einheiten die Belichtung von Westen, als auch von Osten.¹²

Beispiele:

Studienarbeit TU Darmstadt, Eva Zimmermann (Abb. 3.28)

Studienarbeit TU Darmstadt, Claudia Wall (Abb. 3.29)

¹² PFEI, 2008, S.20f / SCHR, 2008, S.58ff

3.5 QUALITÄTSKRITERIEN

3.5.1 VARIABILITÄT

Im Laufe eines Lebens entsteht bei fast allen Menschen der Wunsch, sein Haus ja nach Bedarf und Situation erweitern zu können. Für die Neuerrichtung eines „wachsenden“ Reihenhauses bedeutet das, das man mit einer Minimalvariante beginnt, die später, je nach Bedürfnis und finanziellen Möglichkeiten, ausgebaut werden kann. Dafür muss natürlich ein gewisses Maß an Reserveflächen zur Verfügung stehen um bei einem maximal ausgebauten Haus noch genügend Freiflächen für die meist steigende Bewohnerzahl zu gewährleisten. Bei der Planung eines „wachsenden Hauses“ ist weiters zu beachten, dass das Wachstum in die Höhe aus konstruktiver Sicht wesentlich aufwändiger ist als die Ausdehnung in der Horizontalen.¹³

3.5.2 FLEXIBILITÄT

Flexibilität bezeichnet die Anpassungsfähigkeit eines Haus an die sich ändernden Bedürfnisse der Bewohner. Da beim Reihenhaus die pro Geschoß zur Verfügung stehende Fläche meist relativ gering ist, gibt es hier nicht sehr viel Spielraum. Daher ist es besser, Räume neutral auszubilden, damit sie sich für unterschiedliche Nutzungen eignen oder Räume so anzuordnen, dass ein einfaches Unterteilen bzw. Zusammenlegen möglich ist. Eine einfache aber wirkungsvolle Lösung Räume miteinander zu verbinden und diese Verbindung wieder aufzuheben sind Schiebewände. Probleme können auftreten, wenn die Ausführung der Schiebeelemente nicht den Anforderungen des Schallschutzes genügt. Die Dämmwerte einer Ziegelwand können mit mobilen Trennwänden natürlich nicht erreicht werden, der Unterschied zu dünnen Gipsständerwänden ist jedoch gering.¹⁴

¹³ SCHR, 2008, S.69f

¹⁴ SCHR, 2008, S.70f

3.5.3 WEGFÜHRUNG

Die Qualität der Wegführung beginnt schon bei den Schwellenbereichen, d.h. bei den Übergängen vom öffentlichen Raum in den privaten Bereich. Die Zone zwischen Straße und dem Hauseingang ist ein solcher Schwellenbereich. Sie kann durch den Vorgarten, einen Vorplatz oder nur eine Nische ausgebildet werden. Die Gründe für die Lösung dieses Bereichs können hier sehr unterschiedlich sein. Fällt der Vorbereich ganz weg, kann durch das Anheben des Erdgeschoßes über das Straßenniveau ein gewisser Abstand zum öffentlichen Bereich erzielt werden.

Die Wegführung im Inneren des Gebäudes hängt in erster Linie mit der Lage und Form der Treppe zusammen. Ihre Qualität ist eng mit Faktoren wie Lichtführung, Aus- und Durchblicken verbunden. Die Notwendigkeit den Weg durch die Wohnung zu inszenieren, kann auf unterschiedliche Weise gesehen werden. Interessante und abwechslungsreiche Blickbeziehungen tragen jedoch zur Qualitätssteigerung bei.¹⁵

3.5.4 RAUMGEFÜGE

Im Vergleich zum Geschößwohnungsbau ist es bei Reihenhäusern mit relativ einfachen Mitteln möglich, Räume mit unterschiedlichen Raumhöhen zu errichten und diese ineinander übergehen bzw. miteinander verschmelzen zu lassen. Durchdringungen und Verflechtungen von Gebäudeteilen sind leicht möglich, so dass Teile unterschiedlicher Wohneinheiten übereinander liegen können. Es kommt kaum zu gegenseitiger Belästigung, da mit den heutigen technischen Möglichkeiten das Problem des Schallschutzes gelöst werden kann. Jedoch haben die Bewohner durch die Verflechtung weniger das Gefühl ein eigenes Haus zu besitzen. Die Vorteile, die aus der Verflechtung entstehen, müssen also sehr überzeugend sein. Ein Problem, das bei den Verflechtungen häufig auftritt, ist der Verlust der Privatsphäre in den Außenbereichen, da die Gärten dadurch einsehbar werden. Aber auch dieses Problem kann durch geschickte Anordnung der Fenster (etwa durch ein Oberlichtband) gelöst werden.¹⁶

¹⁵ SCHR, 2008, S.72

¹⁶ SCHR, 2008, S.72ff

3.5.5 PRIVATHEIT DER FREIBEREICHE

Im verdichteten Wohngebiet kann der Schutz der Privatsphäre nicht durch große Abstände hergestellt werden. Gerade bei Reihenhäusern ist die Privatsphäre im Außenbereich ein großes Problem. Meist sind die Gärten nur durch Maschendrahtzäune getrennte Restflächen und bieten keine Möglichkeit sich zurückzuziehen. Um trotz der Nähe zum Nachbarn private Rückzugsbereiche im Freien zu schaffen können die einzelnen Häuser versetzt angeordnet werden. Auch Vor- und Rücksprünge in der Fassade schaffen durch die dadurch entstehenden Nischen private Rückzugsmöglichkeiten im Garten. Durch Mauern oder Holzwände entstehen vor Einblicken geschützte Wohnhöfe. Angehobene Terrassen haben eine ähnliche Wirkung. Pergolen oder ein auskragendes Obergeschoß schützen vor dem Einblick von oben. Eine weitere Möglichkeit das Bedürfnis nach Privatheit im Außenbereich stillen, sind Loggien oder uneinsehbare Dachterrassen.¹⁷

¹⁷ SCHR, 2008, S.75f / FSW, 2001, S.19

3.6 SIEDLUNGSSTRUKTUR

Eine Wohnanlage entsteht erst durch das Zusammenfügen der einzelnen Haustypen zu einem strukturierten Siedlungsgefüge. Die Wahl der Baustruktur ist in erster Linie von den örtlichen Gegebenheiten abhängig. Grundstückgröße und -zuschnitt, sowie Topographie und die Einbindung in bestehende Siedlungszusammenhänge spielen dabei eine wichtige Rolle. Nachfolgend werden die Grundvarianten für die Anordnung von Reihenhäusern beschrieben.

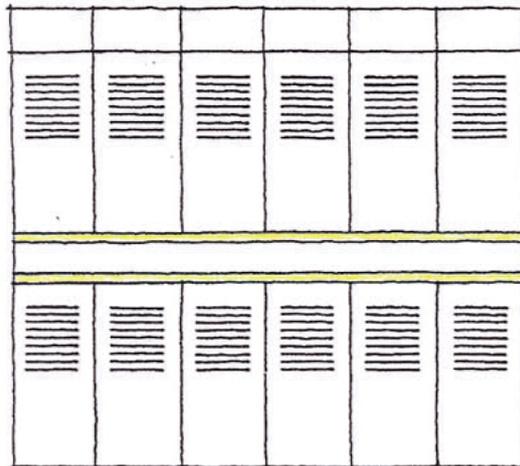


Abb. 3.30 | Einzelhäuser

Das Wohngebiet mit freistehenden Einzelhäusern ist der Wohnwunsch eines großen Teils der Bevölkerung. Diese Siedlungsform hat einen großen Flächenverbrauch, bietet aber in der Regel keinen großen Gewinn an Wohnqualität. Die Abstandsflächen sind nur schlecht nutzbar, die Gärten kaum vor Einblicken und Straßenlärm geschützt.

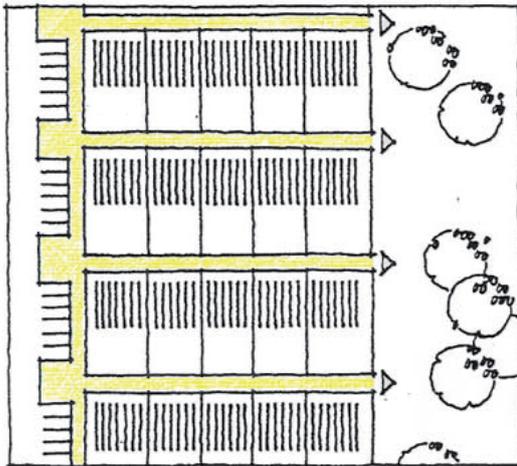


Abb. 3.31 | Reihenhäuser nord-süd-orientiert

Für den nord-süd-orientierten Reihenhaustyp eignet sich die Anordnung in Zeilen. Jede Hauszeile wird dabei von einem eigenen Wohnweg erschlossen. Die Parkplätze sind gesammelt, z.B. an der Erschließungsstraße, angeordnet, so dass es zu deutlich geringerer Lärmbelastung kommt. Jede Wohneinheit hat die gleichen guten Belichtungs-, Belüftungs- und Besonnungsverhältnisse. Die Ausrichtung der Wohnungen nach Süden ist auch für die Nutzung der passiven Solarenergie von Vorteil.

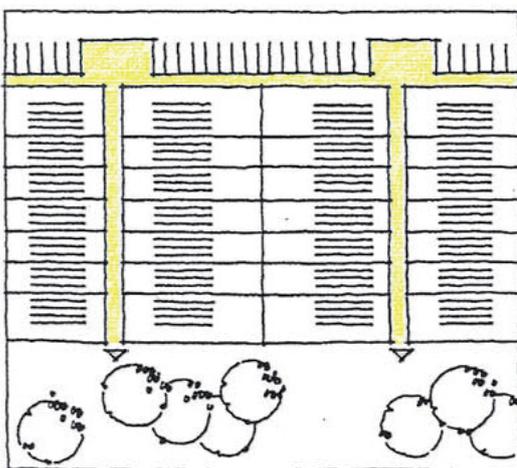


Abb. 3.32 | Reihenhäuser ost-west-orientiert

Beim ost-west-orientierten Typ ist es möglich die Siedlung zweibündig anzulegen, d.h. dass ein Wohnweg jeweils zwei Häuserzeilen erschließt. So wird gegenüber der nord-süd-Variante deutlich Erschließungsfläche eingespart. Die rückwärtigen Gärten sind wechselseitig nach Osten und Westen ausgerichtet, durch die Häuserzeilen vom Straßenraum abgeschirmt und ruhig.

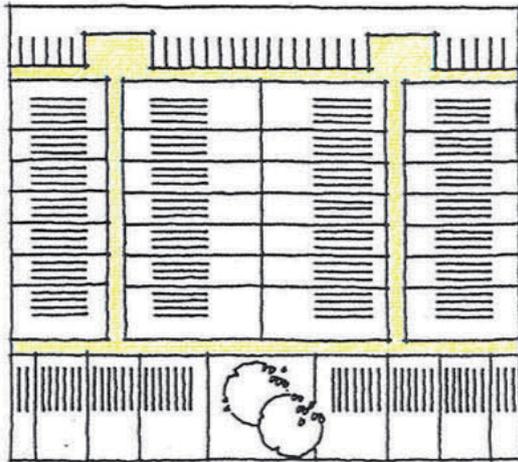


Abb. 3.33 | Kombination ost-west-orientierter Reihenhäuser mit einer Nord-Süd-Zeile

Die zweibündigen Anlage aus ost-west-orientierten Häuserzeilen kann durch eine quergestellte Zeile aus nord-süd-orientierten Typen einen räumlichen Abschluss erhalten. Der Wohnweg, der die Querzeile erschließt, verbindet dabei gleichzeitig die Häusergruppen untereinander.

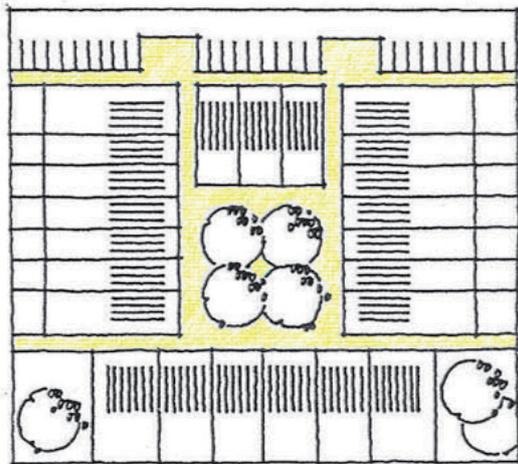


Abb. 3.34 | Hofumbauung

Die räumliche Geschlossenheit der Anlage wird noch stärker, wenn die Hauszeilen um einen gemeinsamen Hof gruppiert werden. Hier ist allerdings darauf zu achten, dass für die nördliche Zeile eine Lösung entwickelt wird, die ungestörtes Wohnen auch bei Orientierung des Gartens zum Platz hin ermöglicht. Der Kontakt der Bewohner untereinander wird durch den gemeinsamen Hof gefördert.

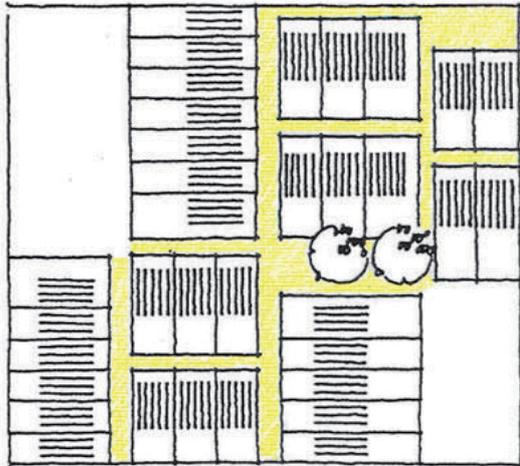


Abb. 3.35 | Reihenhäuser vernetzt angeordnet

Durch die Kombination von ost-west- und nord-süd-Typen entsteht eine vernetzte flächenhafte Bebauung mit abwechslungsreichen Erschließungswegen.¹⁸

3.6.1 GEMEINSCHAFTSEINRICHTUNGEN

Gemeinschaftliche Flächen und Einrichtungen stellen eine wichtige Ergänzung zum privaten Wohnbereich dar. Sie bieten nicht nur den Kindern Raum zum Spielen, sie sind auch ein Gewinn für Sport, Hobby, Feste und vieles mehr. Gemeinschaftlich genutzt Räume erlauben zwanglose Treffen, fördern gemeinsame Aktivitäten der Bewohner und können sich zum beliebten Mittelpunkt einer Wohnsiedlung entwickeln. Damit erfüllen sie eine wichtige soziale Aufgabe.

Einige Beispiele für Gemeinschaftseinrichtungen sind:

- Spielwiese
- Sportplatz
- Gemeinschaftshaus mit Allzweckraum / Veranstaltungsraum
- Festplatz
- Werkstatt
- Autowaschplatz
- Car-Sharing Station
- Badeteich / Pool

¹⁸ FSW, 2001, S.26f

3.6.2 PARKEN

Die wirtschaftlichste Lösung ist den Fahrverkehr nur bis zum Rand der Wohnsiedlung zu führen und dort die Stellplätze gesammelt anzuordnen. Die innere Erschließung erfolgt dann über Wohnwege, die in Notfällen oder zur Anlieferung befahren werden können.

Bei einer nicht allzu stark befahrenen Erschließungsstraße können die Stellplätze als Senkrechtparker direkt an der Straße angeordnet werden. Auf diese Weise beträgt der Flächenbedarf pro Stellplatz nur 12,5m².

Ist die Erschließungsstraße stärker befahren, muss ein getrennter Parkplatz angelegt werden. Der Flächenbedarf pro Stellplatz steigt damit auch bei wirtschaftlicher Anordnung auf etwa 20 – 24m². Besonders bei größeren Parkplätzen ist es notwendig auf die Gestaltung zu achten. Die maximale Entfernung zwischen Stellplatz und Haustür sollte etwa 100m nicht überschreiten. Bei größeren Wohngebieten kann es erforderlich sein mehrere wohnungsnahe Parkplätze vorzusehen und diese über Stichstraßen zu erschließen.

Werden die Stellplätze direkt neben den Wohnhäusern angeordnet, so lässt sich durch sogenannte „Mischflächen“ der Erschließungsaufwand verringern. Dabei wird auf die Trennung von Fußgänger- und Fahrverkehr völlig verzichtet. Die Mischflächen können in ihrer gesamten Breite von Fußgängern, Radfahrern und Autos gleichermaßen befahren werden. Es gibt keine funktionale oder gestalterische Trennung zwischen Fahrbahn und Fußweg. Diese Flächen dienen nicht nur der Erschließung sondern bilden gleichzeitig auch einen gemeinschaftlich nutzbaren Freiraum für die Bewohner.

Da die ebenerdige Unterbringung des ruhenden Verkehrs große Flächen erfordert, kann es insbesondere bei Wohngebieten mit größerer Dichte notwendig sein, eine Tiefgarage anzulegen. Tiefgaragen sind zwar mit einem erheblichen finanziellen Mehraufwand verbunden, die dadurch erzielte Flächensparnis kann jedoch bei hohen Grundstückspreisen die Mehrkosten rechtfertigen. Die Verlegung des Verkehrs unter die Erde schafft Ruhe für die Bewohner und ermöglicht zugleich eine direkte Zuordnung zwischen Stellplatz und Wohnung. Die Tiefgarage lässt sich häufig so konzipieren, dass das Haus direkt vom eigenen Stellplatz aus über das Kellergeschoß betreten werden kann.¹⁹

¹⁹ FSW, 2001, S.23ff



Abb. 3.36 | Siedlung Halen – Luftbild

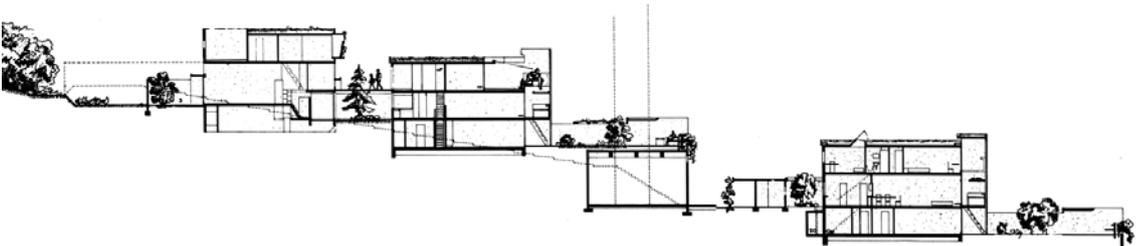


Abb. 3.37 | Gesamtschnitt durch die Siedlung

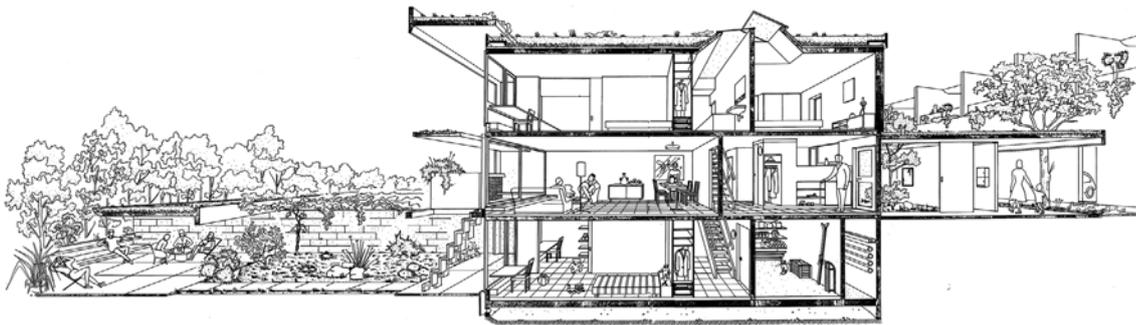


Abb. 3.38 | Axonometrie Typ 380

3.7 BEISPIELE

Nachfolgend eine kurze Analyse von einigen Reihenhaussiedlungen, die interessante Aspekte aufweisen, welche besonders in der Anfangsphase meines Entwurfs wichtigen Input lieferten.

3.7.1 SIEDLUNG HALEN

Planung Atelier 5
 Fertigstellung 1961
 Standort Halen 8, 3037 Herrenschwanden, Bern, Schweiz

Die Siedlung Halen liegt auf einem Südhang in einer Waldlichtung in der Nähe von Bern (Abb. 3.36). 1955 stießen fünf junge Architekten auf Baulandsuche auf dieses Grundstück. Da es für den Eigengebrauch zu groß war entschieden sie sich dafür, hier eine kostengünstige Siedlung in verdichteter Bauweise zu errichten. Eine moderne Wohnanlage nach dem Prinzip von Le Corbusier entstand.

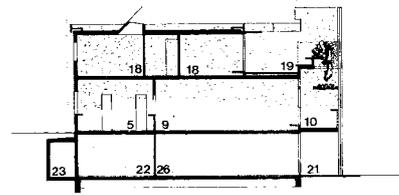
Die Siedlung sollte möglichst eigenständig wie ein kleines Dorf funktionieren. Im Zentrum befindet sich der „Dorfplatz“ an den ein Mehrzweckgebäude mit Gemeinschaftsraum, Laden und Kinderhort grenzt. Außerdem gibt es ein Schwimmbad, einen Sportplatz und sogar eine eigene Tankstelle.²⁰ Die Wege in der Anlage sind verkehrsfrei, nur in der zentralen Straße gibt es einen beschränkten Zubringerdienst. Die Autos werden in einer zentralen Einstellhalle untergebracht.

Die zwei Grundtypen mit 4 und 5 m Breite werden zu unterschiedlich langen Zeilen addiert. Insgesamt finden 79 Wohneinheiten auf dem Grundstück Platz. Jedes der dreigeschossigen Häuser verfügt über einen eigenen Garten und einen Hof.

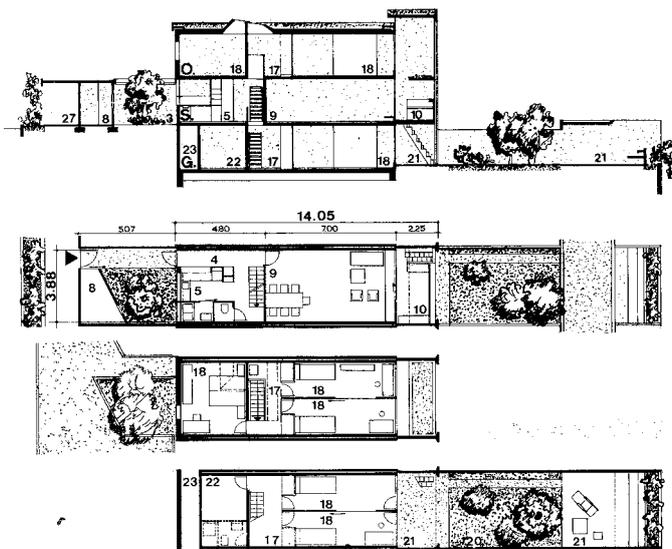
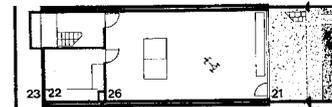
²⁰ WWW-HL



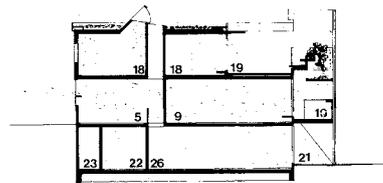
HAUS TYP 12



VARIANTEN HAUS TYP 12



HAUS TYP 380



VARIANTEN HAUS TYP 380

Abb. 3.39 | Längsschnitt, Grundrisse und Varianten

Das Reihenhaus wird von Norden im mittleren Geschoß betreten. Neben dem Eingang befindet sich die Küche, die durch den Hof von der Gasse getrennt wird. Auf der Südseite liegt das Wohnzimmer mit Balkon, von dem aus man über eine Sambatreppe in den Garten gelangt. Der Garten ist schottenartig eingefasst. Am südlichen Ende des Gartens befindet sich eine Terrasse, die von einer durchlaufenden Pergola überdacht ist und weiter weg vom Haus noch einen privaten, schattigen Außenraum schafft.

Im Untergeschoß befindet sich ein Badezimmer, ein Schrankraum sowie je nach Typ, ein oder zwei Zimmer, die durch eine große Schiebetür miteinander gekoppelt werden können. Für das Obergeschoß gibt es mehrere Varianten. Bei der Variante ohne Dachterrasse ist der Grundriss dem des Gartengeschoßes sehr ähnlich. Anstatt eines Schrankraumes gibt es allerdings ein kleines Nordzimmer mit Oberlicht. Die Variante mit Dachterrasse hat ein nur ein Südzimmer, das zu Terrasse hin verglast ist. (Abb. 3.39)



Abb. 3.40 | Siedlung Mühlgrundweg – Luftbild



Abb. 3.41 | Ansicht Süd-West © Rupert Steiner

3.7.2 SIEDLUNG MÜHLGRUNDWEG

Planung	Walter Stelzhammer
Fertigstellung	1995
Standort	Mühlgrundweg, 1220 Wien, Österreich

Die zwölf Reihenhäuser am Mühlgrundweg sind Teil einer Wohnbebauung nach einem städtebaulichen Leitprojekt der Architektengruppe Melicher, Schwalm-Theiss, Gressenbauer. Die Gesamtanlage umfasst insgesamt 210 Wohnungen, ein Kindertagesheim und Geschäftslokale. Das Gesamtbauvolumen wurde auf sechs Architekten aufgeteilt.²¹

Der Bauteil Stelzhammer liegt am westlichen Rand der Siedlung (Abb. 3.40). Es handelt sich um eine klassische, südorientierte Reihenhausanlage mit Gartenhöfen, bei der versucht wurde maximale Dichte zu erreichen. Die Anlage besteht aus drei Riegeln mit je vier Reihenhäusern und zwei Zeilen von Geschoßbauten mit 20 Maisonetten. Die Wohnungen sind nord-südorientiert, wodurch der Bauteil zum Grünraum hin durchlässig wird.

Die Reihenhäuser zeichnen sich durch offene Funktionsbezüge innerhalb der möglichst großzügig gehaltenen Hauptwohnebene im Erdgeschoß aus (Abb. 3.42). Abgesehen von der Eingangstür gibt es hier keine Türen. Die einzelnen Bereiche haben je nach Funktion unterschiedliche Raumhöhen von 2,20 m bis 3,10 m. Es gibt keine trennenden Elemente, lediglich geländerhohe Brüstungsplatten dienen als Raumteiler zwischen den Funktionsbereichen. Diese Großräumigkeit des Wohnbereiches wird unter anderem dadurch erzielt, dass Nebenräume wie Wirtschaftsraum, Wintergarderobe und Toilette im Kellergeschoß untergebracht wurden. Die Treppe ist leicht und durchlässig ausgeführt. Sie besteht nur aus Trittstufen, die auf Metallstäben von der Decke abgehängt sind. Vom Eingangsbereich aus hat man einen freien Blick über Küche, Essplatz, Wohnzimmer und sogar den Garten, da die Südfassade in Erdgeschoß vollständig verglast ist. Der 7,5 x 15 m große Garten erhält durch die Umfassungsmauer Hofcharakter und ist als sogenanntes „grünes Zimmer“ Teil des Wohnraums.

²¹ WWW-NR



Abb. 3.42 | offene Hauptwohnebene im Erdgeschoß © Rupert Steiner

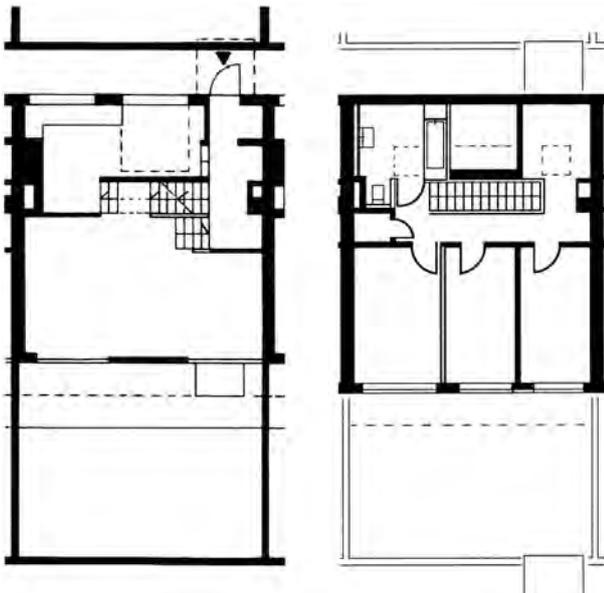


Abb. 3.43 | Grundrisse

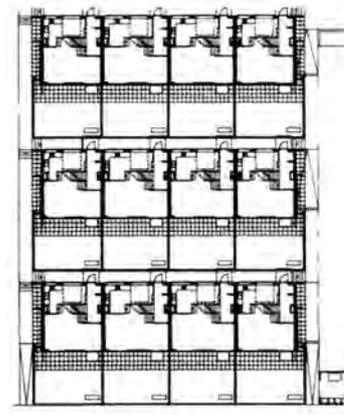


Abb. 3.44 | Grundriss der Anlage

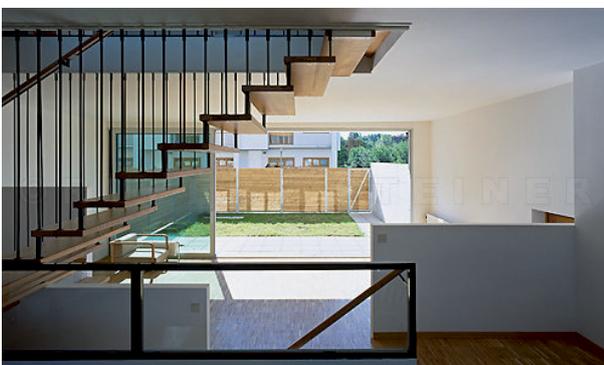


Abb. 3.45 | Blick in den Gartenhof © Rupert Steiner



Abb. 3.46 | Galerie im Obergeschoß © Rupert Steiner

Im Obergeschoß befinden sich die – im Gegensatz zur großzügigen Offenheit des stützenfreien Wohnraumes – klein gehaltenen Individualräume sowie das Badezimmer und eine den Luftraum über dem Essplatz umlaufende Galerie (Abb. 3.46), auf der noch ein Arbeitsplatz untergebracht ist. Die Individualräume sind nach Süden orientiert, die im Norden gelegenen Räume werden über Oberlichten belichtet. Durch diese einseitige Orientierung des Obergeschoßes nach Süden wird der unerwünschte Einblick in die gegenüberliegenden Nachbargärten verhindert.



Abb. 3.47 | Siedlung Kronwiesen – Luftbild



Abb. 3.48 | Gesamtschnitt durch die Anlage



Abb. 3.49 | Lageplan

3.7.3 SIEDLUNG KRONWIESEN

Planung	Beat Rothen Architektur
Fertigstellung	2007
Standort	Glattwiesenstrasse 222, 8051 Zürich-Schwamendingen

Die Siedlung Kronwiesen liegt in einem Stadtteil mit Gartenstadtcharakter. Auf dem Areal befanden sich ab vierzig kleinere Reihenhäuser aus dem Jahr 1949. Als sich 2003 die Anflugroute zum nahen Flughafen änderte, war die Lärmbelastung in den alten Häusern zu hoch. Statt viel Geld in Lärmschutzmaßnahmen zu investieren, entschied man sich dafür, die alten Gebäude durch neue zu ersetzen.

Die neue Siedlung besteht aus insgesamt 43 Reihenhäusern, die längs zur Anflugrichtung positioniert wurden. Die neun unterschiedlich langen Riegel wurden versetzt angeordnet (Abb. 3.47). *„Mit der Komposition der Häuser entwickelte der Architekt die Charakteristik der benachbarten Vierziger- und Fünfziger-Jahre-Siedlungen spielerisch weiter.“*²²

Geschlungene Fußwege führen durch die autofreie Siedlung. Es gibt zwei Spielplätze und mehrere Sitzgelegenheiten. Für jede Wohneinheit wurde eine kleine Fahrradbox eingeplant.

Die Reihenhäuser sind als kompakte Volumen konzipiert und beruhen auf einem Baukastensystem. Um unterschiedliche Hausgrößen zu ermöglichen kann in der Planungsphase zwischen zwei Häusern eine weitere Zimmerachse eingeschoben werden, die genau halb so breit ist wie die Standardeinheit. So kann eine Einheit um bis zu vier Zimmer erweitert werden. Die zusätzlichen Zimmer sind dabei so versetzt, dass immer wieder Räume unter bzw. über dem Nachbarhaus liegen. (Abb. 3.53)

Das Erdgeschoß verfügt über eine offene Küche und einen großzügigen Wohnraum, der sich über eine raumhohe Glasfront zur Terrasse hin öffnet. In einem freistehenden Raumelement befindet sich ein kleines Badezimmer. Auch die Garderobe sowie einige Einbauschränke finden hier ihren Platz. Ein zweigeschossiger Treppenraum, der über ein haushohes Fenster belichtet wird, führt ins Obergeschoß.

22 WWW-NZZ



Abb. 3.50 | Fassade vorne



Abb. 3.51 | Fassade hinten



Obergeschoss



Erdgeschoss



Untergeschoss

Abb. 3.52 | Längsschnitt und Grundrisse

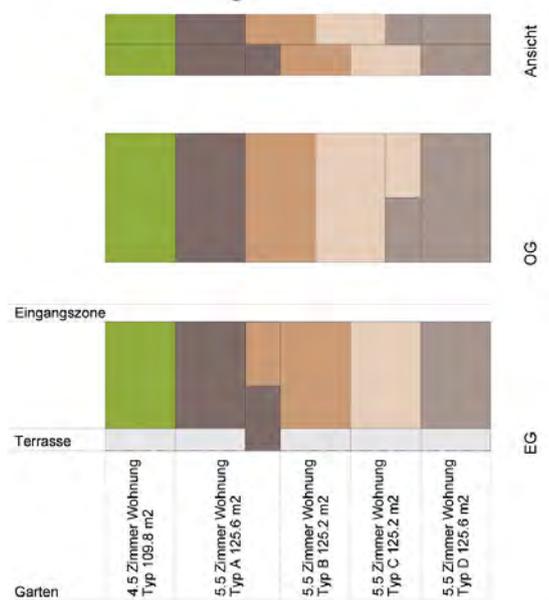


Abb. 3.53 | Schema Wohnungen

Das Obergeschoß ist einfach und klar strukturiert. Bei der Standardeinheit befinden sich hier drei Individualräume sowie ein großes Badezimmer, das über ein Fenster zum Treppenraum verfügt. Die breite Flurzone im ermöglicht die problemlose Anbindung zusätzlicher Räume.

Das Obergeschoß kragt auf der Terrassenseite etwas aus. Dadurch ist diese teilweise überdacht. Die Überdachung in Kombination mit den Gartenschuppen, die als Trennelemente dienen, ermöglicht Privatheit auch im Freien.



Abb. 4.1 | Ansicht Gartenseite

4 PROJEKT

4.1 ENTWURFSWETTBEWERB FÜR VERDICHTETE BAUWEISE BEI FERTIGHÄUSERN

Ausgangspunkt des Entwurfs war ein von „Sonnenplatz Großschönau“ ausgeschriebener Wettbewerb für Fertigteilhäuser im Passivhausstandard in verdichteter Bebauungsweise an dem ich in Zusammenarbeit mit der Firma GriffnerHaus teilgenommen habe.

Der Wettbewerb richtete sich in erster Linie an Fertighaus-Produzenten, die Mitwirkung von Architekten und/oder Studenten wurde aber dringend empfohlen. Ziel des Wettbewerbs war es, die Hersteller von Fertigteilhäusern im Passivhausstandard zu motivieren, Haustypen zu entwickeln, die für gekuppelte und/oder geschlossene Bebauungen geeignet sind.

4.1.1 AUFGABENSTELLUNG

Die Aufgabe war Einfamilienhaus-Typen zu entwickeln, die ein offenes Raumprogramm mit insgesamt jeweils maximal 110m², 130m² und/oder 150m² Nutzfläche erfüllen (Größenkategorien). Die Typen mussten beidseitig anbaubar sein (geschlossene Bebauungsweise). Zusätzlich konnten Varianten als End-Typen – also nur einseitig anbaubar – erarbeitet werden. Außerdem konnte der Entwurf für eine oder mehrere Größenkategorien auch mit Realisierungsetappen dargestellt werden (Wachsendes Haus).

Die Entwürfe mussten den Passivhauskriterien entsprechen – das heißt, dass sie als Passivhaus gelten oder, dass sie primärenergetisch besser sind als das Passivhaus.

4.1.2 GRUNDSTÜCK

Es wurde eine konkrete Situation als Rahmenbedingung für die Berechnung des PHPP vorgegeben: die Klimadaten in Großschönau. Dort sollte, außer bei den bereits mit fünf Musterhäusern bebauten Grundstücken, für einen beliebigen Bereich eine neue Grundstücksteilung für Häuser in verdichteter Bebauung vorgeschlagen werden. Es war mindestens eine Reihe mit fünf Objekten darzustellen, wobei die äußeren Häuser als End-Typen ausgeführt sein durften. Darüber hinaus konnte – gegebenenfalls mit kleinen Änderungen – auch die prinzipielle Eignung des Typs als gekuppeltes oder freistehendes Haus gezeigt werden.

Das gewählte Grundstück musste an einer nördlichen oder östlichen Straße liegen, die Gartenfronten sollten also nach Süden oder Westen orientiert sein.

4.1.3 BEURTEILUNGSKRITERIEN

Jeder Entwurf musste mindestens über einen Hauptwohnraum mit ca. 25m², Küche, Bad, ein WC und einen internen Abstellraum (mind. 2,5m²) verfügen. Zahl und Größe weiterer Aufenthaltsräume konnten der Größenkategorie entsprechend gewählt werden. Bei der Einteilung der Grundrisse war auf die Beziehungen Kochen – Essen – Wohnen und Hygiene – Schlafen zu achten.

Die Entwürfe sollten eine qualitätsvolle aber einfache äußere Gestaltung aufweisen. Spektakuläre Architektur war nicht gefragt. Insbesondere Gestaltungen die technische und/oder funktionelle Probleme verursachen, wurden negativ bewertet.

4.1.4 MEIN BEITRAG ZUM ENTWURFSWETTBEWERB

Die Grundlage der Bebauung ist ein kompakter Baukörper als Basis-Typ A mit 110m². Das Haus ist als wachsendes Haus konzipiert, das sowohl eine gekuppelte und/oder geschlossene Bauweise als auch eine offene Bebauung zulässt. Die Erweiterung befindet sich je nach Variante im Norden oder im Süden. Daraus ergeben sich Haustypen mit 130m² (Typ B) und 150m² (Typ C). Durch die Erweiterung entstehen L-förmige Gebäude, die sehr schön ineinander greifen und dadurch wieder einen kompakten Baukörper bilden. Die Erschließung erfolgt im Norden bzw. Westen über einen unbeheizten Windfang der außerhalb der thermischen Hülle liegt. Die Privatgärten sind auf der Süd- bzw. Ostseite angeordnet. Im Erdgeschoß wurde ein offenes Raumkonzept umgesetzt. Die quer liegende Treppe bildet eine Trennung zwischen Wohnbereich und Küche. Der Wohnbereich liegt südseitig und öffnet sich zum Garten hin. Küche, Abstellraum und WC sind auf der Nordseite angeordnet.

Die Gebäude werden unmittelbar zur Formung der Freiräume genutzt, als Ergänzung der Innenräume. Dadurch entsteht auch ein intimer Raum der Siedlung. Gebäudegruppen von bis zu sieben Häusern werden von einer Energiezentrale versorgt. Die Kraft-Wärme-Kopplungstechnologie auf Basis Stirlingmotor mit Holzpellets-Befeuern ist für die Stromerzeugung mit Biomasse verantwortlich. Die Strom und Wärmeversorgung ist dadurch mit nachwachsenden Rohstoffen gesichert. An die Energiezentrale sind überdachte Energietankstellen für umweltfreundliche Elektroautos angedockt. Diese Elektroautos sind gemeinschaftlich genutzte Pool-Autos die eine Anschaffung eines Zweitautos meist überflüssig machen.

SCHAUBILDER



Abb. 4.2 | Südseite



Abb. 4.3 | Nordseite

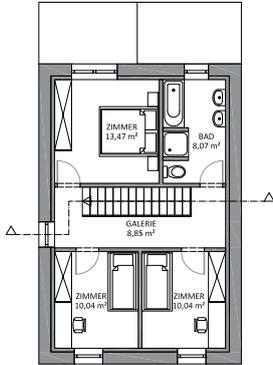
LAGEPLAN



VARIANTE 1

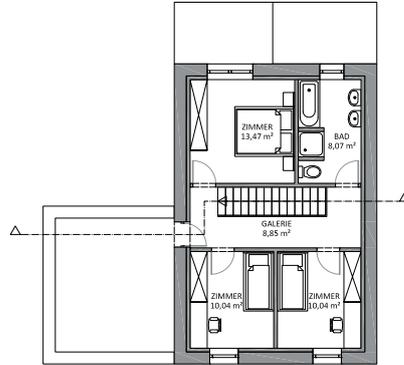
Grundrisse

Typ A1 110 m²

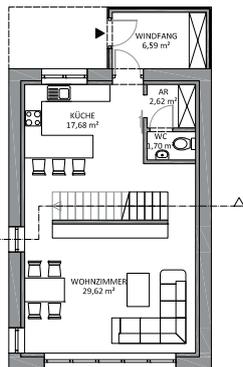
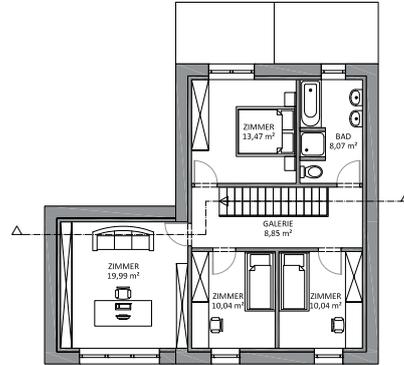


OG

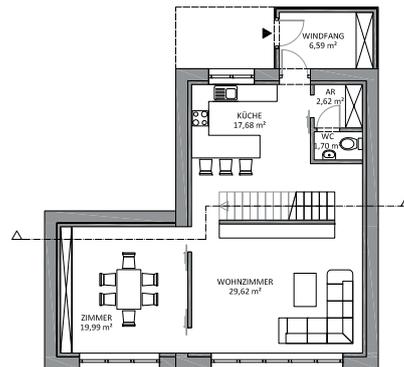
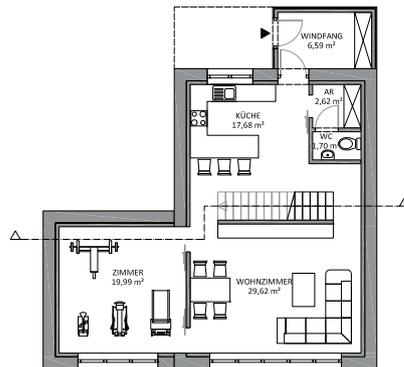
Typ B1 130 m²



Typ C1 150 m²

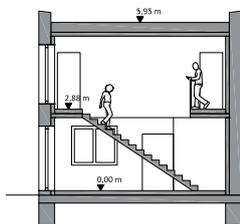


EG

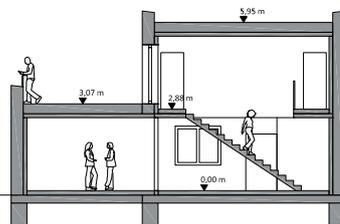


Schnitte

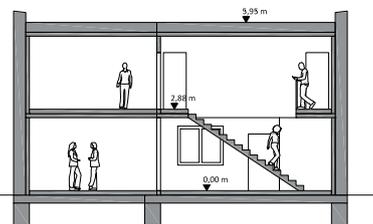
Typ A1 110 m²



Typ B1 130 m²



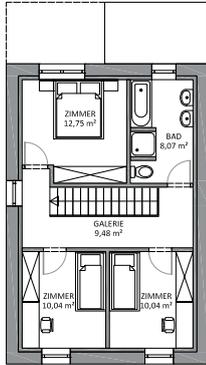
Typ C1 150 m²



VARIANTE 2

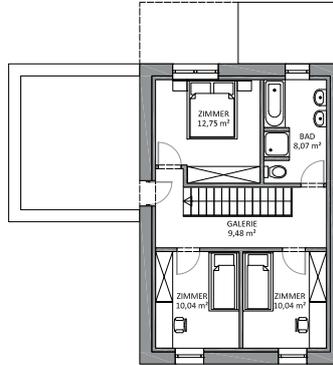
Grundrisse

Typ A2 110 m²

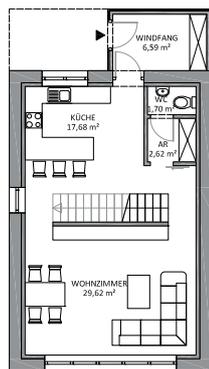
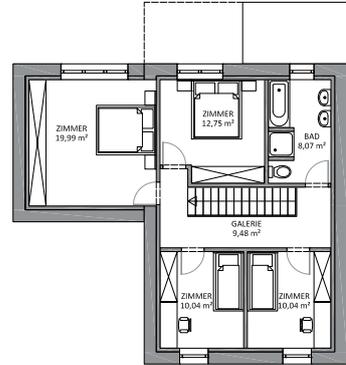


OG

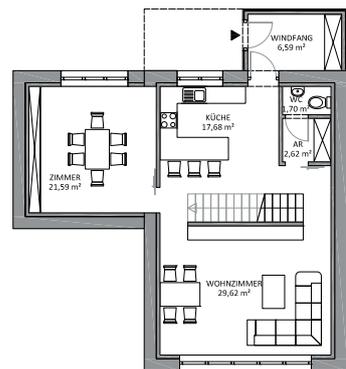
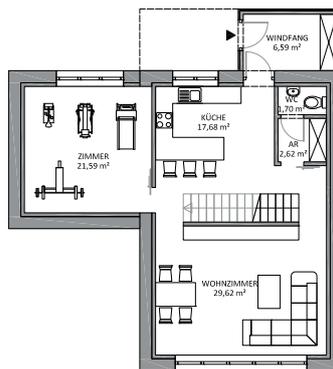
Typ B2 130 m²



Typ C2 150 m²



EG



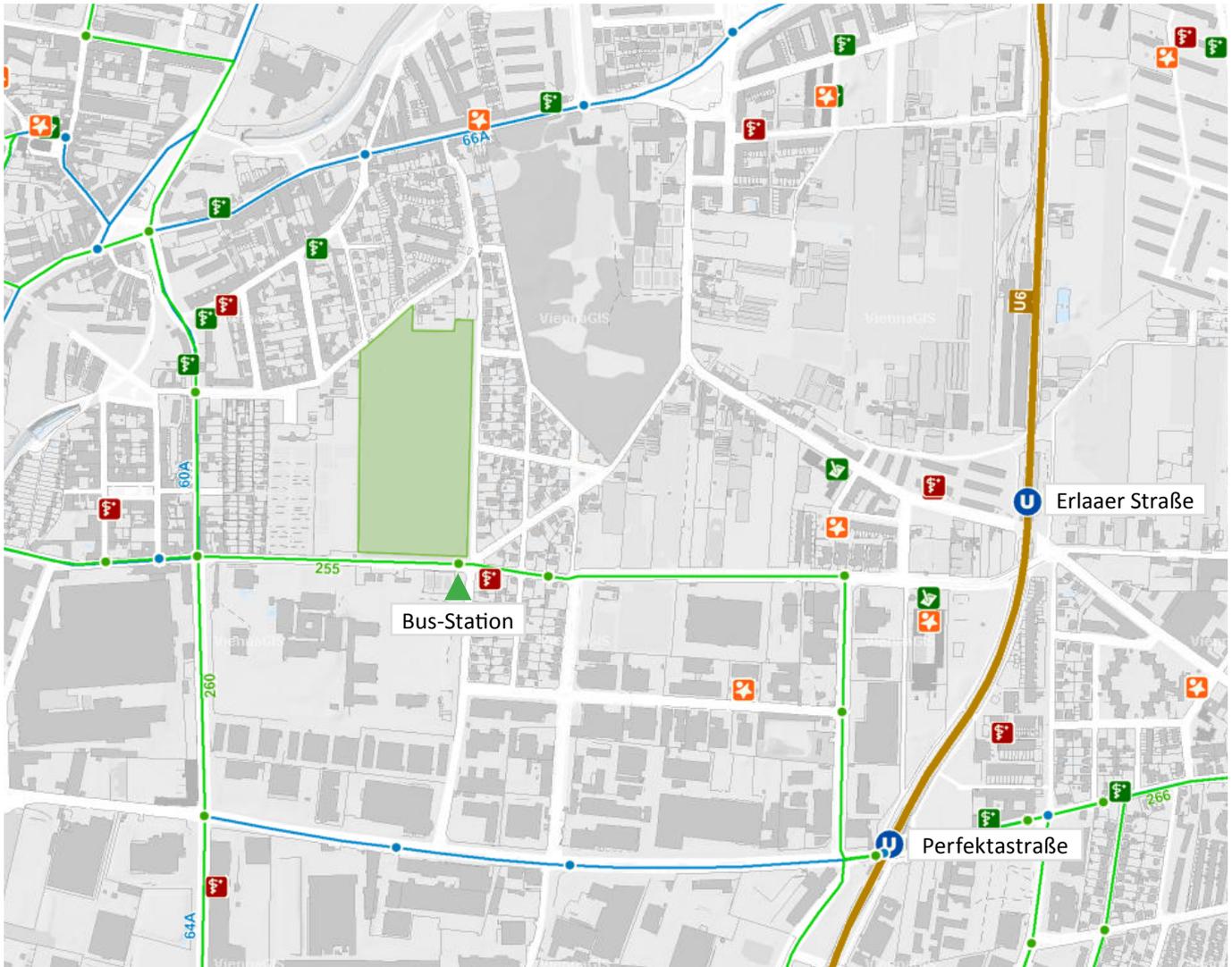


Abb. 4.4 | Lage des Bauplatzes ©ViennaGIS



Abb. 4.5 | Foto des Bauplatzes

4.2 WAHL EINES NEUEN BAUPLATZES

Nach dem Wettbewerb habe ich ein Grundstück in einer etwas urbaneren Lage gesucht – das Grundstück in Großschönau war mir zu abgelegen. Meine Wahl fiel auf einen zu diesem Zeitpunkt leerstehenden Bauplatz am südlichen Stadtrand von Wien. Er liegt im 23. Wiener Gemeindebezirk an der Ecke Eduard-Kittenberger-Gasse / Carlsberggasse. Im Westen grenzt er an den Friedhof Atzgersdorf, der zum Bauplatz hin eine etwa 2 m hohe Mauer aufweist. Nördlich des Areals sind Reihenhäuser angeordnet, östlich erstreckt sich eine Einfamilienhaus-Siedlung. Ein großes Firmengelände befindet sich im Süden. Der nahegelegene Erlaaer Schlosspark ist mit einer zwei Meter hohen Mauer umgeben und somit für das Grundstück kaum von Bedeutung.

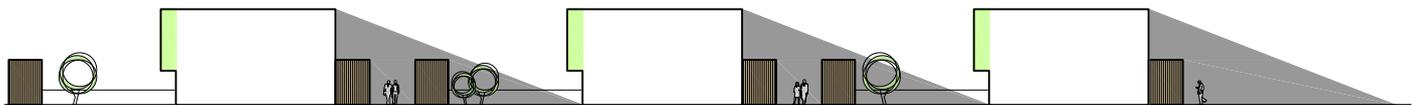
Anbindung an öffentliche Verkehrsmittel: An der Ecke Eduard-Kittenberger-Gasse / Carlsberggasse befindet sich eine Bus-Station. Mit dem Bus erreicht man die U6-Station „Perfektastraße“ in 3 Minuten. Er fährt in einem Intervall von 15 bzw. 30 Minuten. Zu Fuß dauert der Weg zur Station „Perfektastraße“ etwa 15 Minuten, etwas schneller erreicht man die Station „Erlaaer Straße“.

In einem Umkreis von etwa einem Kilometer befinden sich mehrere Kindergärten und Volksschulen, eine Hauptschule sowie ein Gymnasium. Ärzte und Apotheken sind auch in unmittelbarer Nähe.



Umgebung des Bauplatzes

Verschattungssituation zur Wintersonnenwende



4.3 SIEDLUNGSKONZEPT

Die Anlage besteht aus insgesamt 23 Reihenhauszeilen. Eine Häuserzeile umfasst jeweils sechs Wohneinheiten. Es werden drei Haustypen in verschiedenen Größen (Typ A mit ca. 117 m², Typ B mit ca. 145 m² und Typ mit ca. 176 m²) mit vier bis sieben Zimmern angeboten. Das vielfältige Wohnraumangebot soll die soziale Durchmischung fördern. Alleinerziehende Mütter/Väter sollen sich hier genauso wohl fühlen wie Großfamilien, pensionierte Ehepaare genauso wie junge Familien mit kleinen Kindern.

Bei der Anordnung der Baukörper auf dem Bauplatz wurde besonders auf eine optimale Ausrichtung zur Sonne geachtet. Die Abweichung von der Südausrichtung beträgt maximal 10°. Auch der Abstand zwischen den einzelnen Reihenhauszeilen wurde so gewählt, dass es – insbesondere im Winter – nicht zu einer gegenseitigen Verschattung kommt.

Die Siedlung ist verkehrsfrei. Der Fahrverkehr wird nur bis zum Rand der Siedlung geführt, wo sie Stellplätze – auf insgesamt fünf Parkplätze verteilt – angeordnet sind. Die innere Erschließung erfolgt über Wohnwege, die eine Durchfahrtsbreite von mindestens drei Metern aufweisen und in Notfällen oder zur Anlieferung befahren werden können. Dadurch wird der Freiraum in der Siedlung für die Bewohner besser nutzbar.

Das zentral gelegene Gemeinschaftshaus dient als Treffpunkt und Mittelpunkt der Siedlung. Es bietet Raum für gemeinschaftliche Aktivitäten sowie private Feiern und soll den Austausch unter den Bewohnern intensivieren. Daneben befindet sich ein kleiner Badeteich, der an heißen Sommertagen für Abkühlung sorgt. Außerdem stehen den Bewohnern noch ein Ballsportplatz, ein Kinderspielplatz und eine großzügige Spielwiese zur Verfügung.



4.4 FREIRAUMGESTALTUNG

Die Privatgärten sind relativ klein gehalten, bieten jedoch ausreichend Platz um z.B. gemütlich mit Familie und Freunden zusammensitzen und zu grillen. Auch ein Gemüse- oder Blumenbeet findet hier Platz. Die Größe ist ideal für Vielbeschäftigte, die nur wenig Zeit für Gartenarbeit haben. Eine Zeile aus Gartenhütten und einer Pergola begrenzen die Gärten nach Süden und bilden so einen Puffer zum Wohnweg.

Umso großzügiger sind die gemeinschaftlichen Freiräume. Im nördlichen Teil der Siedlung befindet ein zentraler Platz mit Kinderspielplatz und vielen Sitzgelegenheiten. Im Süden erstreckt sich eine große Wiese vom Gemeinschaftshaus bis zur Straße hinunter. Um die Nutzungsmöglichkeiten so offen wie möglich zu halten, wurden hier bewusst keine Fußwege angelegt, was jedoch nicht bedeutet, dass die Wiese nicht betreten werden darf. Sie kann von den Bewohnern nach Lust und Laune genutzt werden, egal ob zum Ballspielen oder für ein Picknick.

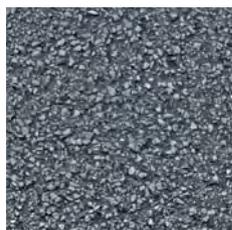
4.4.1 BODENBELÄGE



Plasterung auf dem zentralen Platz und im Bereich vor den Hauseingängen



Fallschutzplatten im Bereich des Kinderspielplatzes



Asphalt im Bereich der Erschließungsstraßen und Wohnwege



Abb. 4.6 | Spitz-Ahorn (*Acer platanoides*)



Abb. 4.7 | Rot-Buche (*Fagus sylvatica*)



Abb. 4.8 | Sommer-Linde (*Tilia platyphyllos*)

4.4.2 PFLANZEN

Zur Gestaltung der öffentlichen Freiräume wurden heimische Laubbäume gewählt. Ihr Blätterdach bildet im Sommer einen natürlichen, wirksamen Schutz vor Überhitzung und spendet Schatten. Im Winter, wenn die Bäume ihre Blätter abgeworfen haben, werden die solaren Gewinne der Häuser kaum beeinträchtigt.

4.4.2.1 SPITZ-AHORN (ACER PLATANOIDES)

- Wuchs** Rundkroniger Großbaum, 20-25 (30) m hoch, 8-12 (15) m breit; meist kurzstämmig, Äste aufstrebend, Zweige schräg aufrecht bis horizontal, kaum überhängend; schnellwüchsig, anfänglich 80-120 cm, später 40-60 cm Jahrestrieb.
- Blüte** Zitronengelbe Dolden vor dem Laubaustrieb, April, obstartig duftend, einer der wenigen auffällig blühenden heimischen Bäume.
- Früchte** Unscheinbar.
- Blatt** Fünflappig, früher Austrieb Ende April; sattgrün; Herbstfärbung prächtig gelborange, gelegentlich rot, Oktober-November.
- Wurzel** Flach- bis Herzwurzler, empfindlich gegen Bodenverdichtung, leicht verpflanzbar und sehr gut anwachsend.
- Ansprüche** Sonne bis lichter Schatten; hitzeverträglich, frosthart; sehr anpassungsfähig und anspruchslos; stadtklimaverträglich, windfest.
- Boden** Auf allen Substraten außer armen, sauren Sandböden.
- Hinweis** Nicht im Frühjahr schneiden, da stark blutend; anfänglich nur in Ausnahmefällen sparsam düngen um Rotpustelbefall zu vermeiden.¹

¹ <http://lve-baumschule.de/acer-platanoides> [Abruf 07.03.2013]

4.4.2.2 ROT-BUCHE (*FAGUS SYLVATICA*)

- Wuchs** Großer, mächtiger, dicht belaubter Baum, 25-30 (40) m hoch, 10-15 (25) m breit, breitgewölbte Krone, meist durchgehender Hauptstamm mit bogenförmig bis waagrecht ausgebreiteten Ästen; Zweige im Einzelstand bis zum Boden überhängend; mäßig bis starkwüchsig, Jahrestrieb 40-60 (80) cm.
- Rinde** Glatt, silbergrau.
- Früchte** Dreieckige Bucheckern in weich-dornigen Kapseln, Blüten unauffällig.
- Blatt** Eiförmig, etwas wellig, früher Austrieb im April, frischgrün; später mittelgrün, fest; Herbstfärbung prachtvoll gelborange ab Anfang Oktober; braune Blätter teilweise den Winter über haftend.
- Wurzel** Herzwurzler oder Flachwurzler mit der höchsten Feinwurzel dichte aller europäischen Baumarten; aggressiv, aber gegen Eingriffe jeglicher Art empfindlich.
- Ansprüche** Sonne bis Schatten, kann lange im Schatten anderer Bäume auf eine Lichtlücke warten; als älterer Baum empfindlich gegen plötzliches Freistellen (Rindenbrand); hitzeempfindlich, durchschnittlich frosthart; etwas spätfrostgefährdet; meidet Boden- und Lufttrockenheit; windfest; empfindlich gegen Industrieabgase.
- Boden** Alle etwas nährstoffreichen Substrate frisch bis feucht, schwach sauer bis alkalisch, lehmig; empfindlich gegen Salz und Bodenverschmutzungen aller Art.
- Hinweis** Geschnitten wird die Rot-Buche fast ausnahmslos als Hecke eingesetzt. Durch ihre Ausschlagsfähigkeit und dem Haften des Herbstlaubes bis in das Frühjahr bietet sie viele weitere Möglichkeiten der Verwendung.²

² <http://lve-baumschule.de/fagus-sylvatica> [Abruf 07.03.2013]

4.4.2.3 SOMMER-LINDE (TILIA PLATYPHYLLOS)

- Wuchs** Großbaum mit imposanter, sehr tief angesetzter Krone, 30-40 m hoch, 15-25 m breit; anfänglich kegel- oder breit-eiförmig, später rund; Hauptäste aufrechtstrebend, Zweige bogig aufgerichtet bis waagrecht, in den unteren Partien locker überhängend; in den ersten 10-20 Jahren schnellwüchsig, Jahrestrieb 40-60 cm, dann zunehmend langsamer, 15-25 cm pro Jahr.
- Blüte** Hängende Trugdolden, gelb, Ende Juni bis Anfang Juli; stark duftend.
- Früchte** Unscheinbar.
- Blatt** Früher Austrieb; herzförmig, groß, matt-dunkelgrün, im Oktober kräftiggelb.
- Wurzel** Herz- bis Tiefwurzler, empfindlich gegen Einpflastern, Überfüllen und Bodenverdichtungen.
- Ansprüche** Sonne bis Halbschatten; wärmeliebend, spätfrostgefährdet, aber frosthart; Hitze und Trockenheit nicht vertragend, sonst früher Laubfall; gut in kühlen oder milden luft- und bodenfeuchten Lagen; sehr anspruchsvoll, windverträglich.
- Boden** Nährstoffreiche, tiefgründige Böden, möglichst lehmig, schwach sauer bis alkalisch, kalkliebend; salzempfindlich.
- Hinweis** Gut schnittverträglich; für hohe Baumhecken bestens geeignet; Schnittmaßnahmen Juli bis August. Idealer Parkbaum für Alleen, geschnittene Arkaden und Kasten-Formen. Linden vertragen Schnitt sehr gut, bei gutem Ausschlagvermögen.³

³ <http://lve-baumschule.de/tilia-platyphyllos> [Abruf 07.03.2013]



Abb. 4.9 | Faltwerktreppe

4.5 HAUSTYPEN

Es werden Haustypen in drei verschiedenen Größen angeboten:

- Typ A – 117,23 m² mit 4 Zimmern
- Typ B – 145,55 m² mit 5 Zimmern
- Typ C – 176,33 m² mit 7 Zimmern

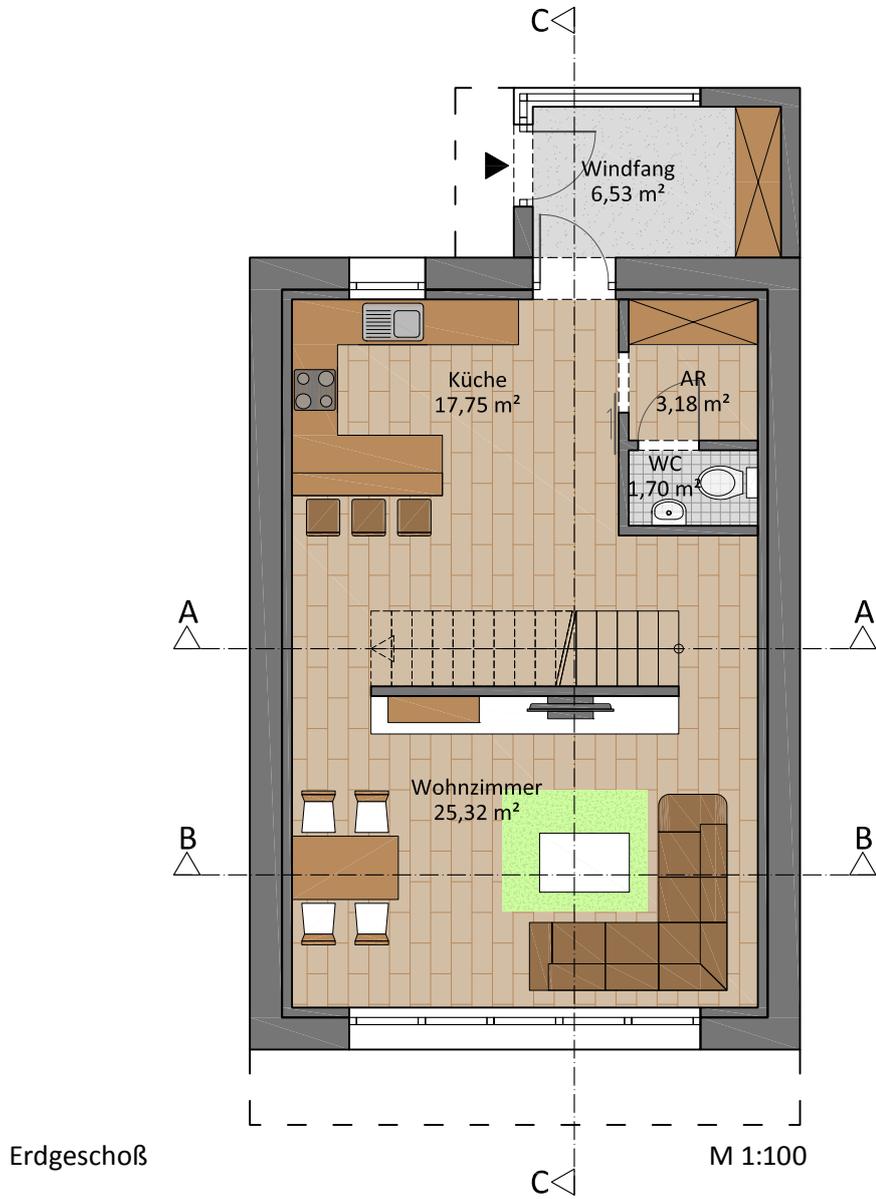
Typ A ist der Basis-Typ, der durch einschieben einer Zimmerachse erweitert werden kann. Der L-förmige Typ B ermöglicht das Einpassen des Haustechnikraums in die Reihenhauszeile und ist daher in jeweils in der Mitte jeder Zeile angeordnet.

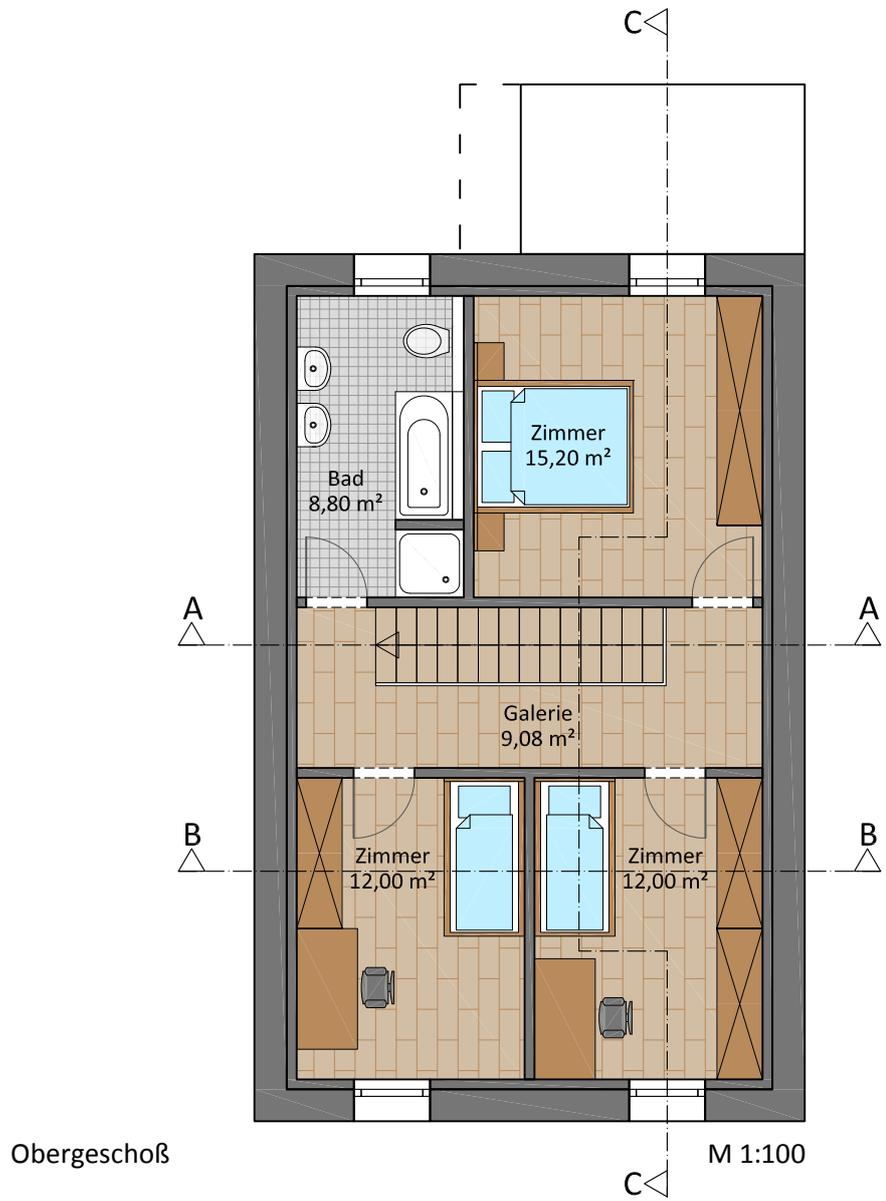
Alle Haustypen werden von Norden über einen Windfang betreten. Er hat die Funktion einer Pufferzone zwischen Innen und Außen und wird im Winter auf 15°C beheizt. Auf der Nordseite sind Küche, Abstellraum und WC angeordnet. Der Wohnbereich liegt südseitig und öffnet sich durch die großflächige Verglasung zum Garten hin. Das Erdgeschoß ist offen gestaltet. Lediglich die quer liegende Falwerkterappe und eine halbhohe Wand bilden die Trennung zwischen Küche und Wohnbereich. Auf Wunsch kann die Küche jedoch auch als getrennter Raum ausgeführt werden. Durch die offenen Raumbeziehungen im Erdgeschoß ist die Einbindung eines weiteren Zimmers (Typ C) problemlos möglich.

Im Obergeschoß befinden sich die Individualräume. Die Breite der Zimmer von mindestens drei Metern erlaubt eine gute Nutzbarkeit. Auch hier ist durch die breite Flurzone eine einfache Einbindung weiterer Zimmer in den Typen B und C gegeben. Das Obergeschoß krägt auf der Südseite einen Meter aus um im Sommer die großzügigen Glasflächen im Erdgeschoß zu verschatten. Die südseitigen Fenster im Obergeschoß sind zur Verschattung mit Schiebeläden aus Holz versehen.

4.5.1 TYP A

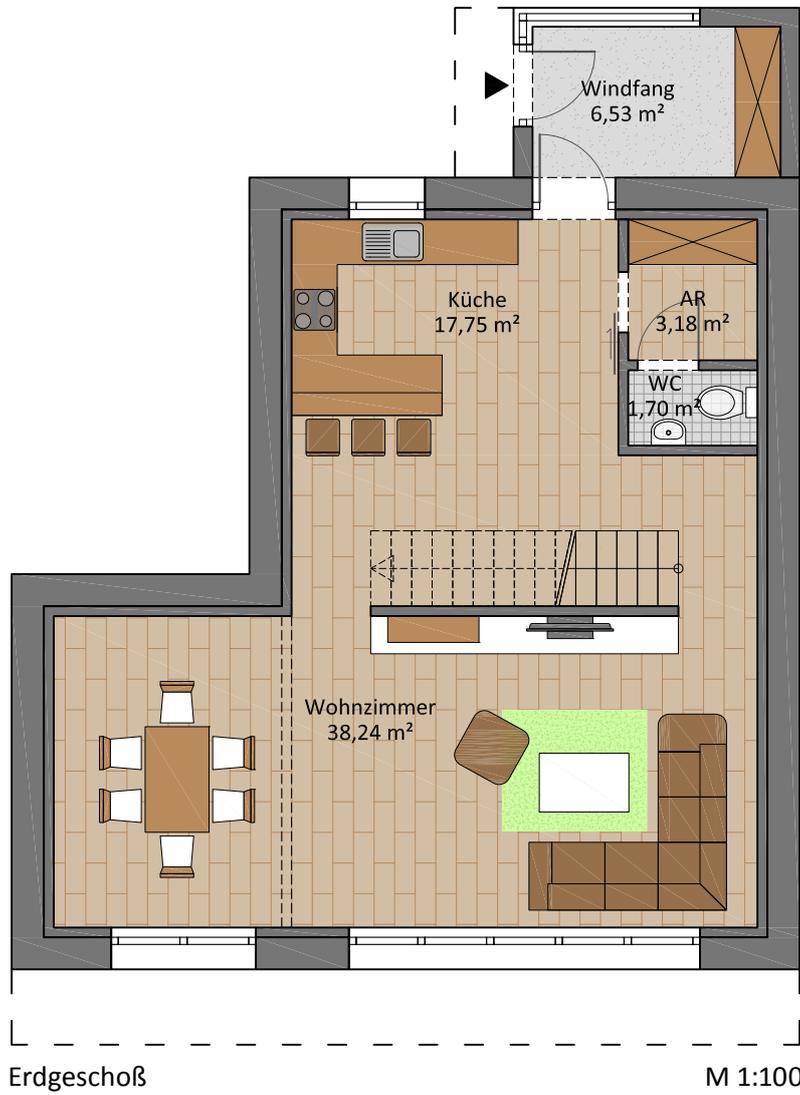
117,23 m²

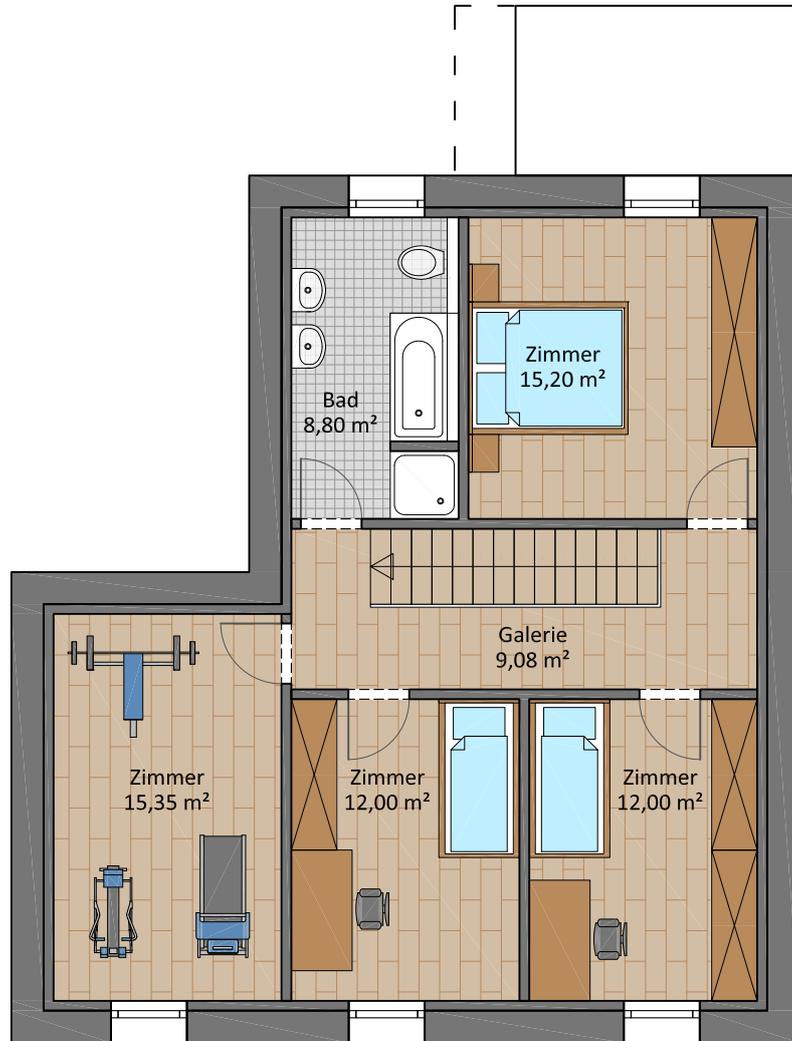




4.5.2 TYP B

145,55 m²



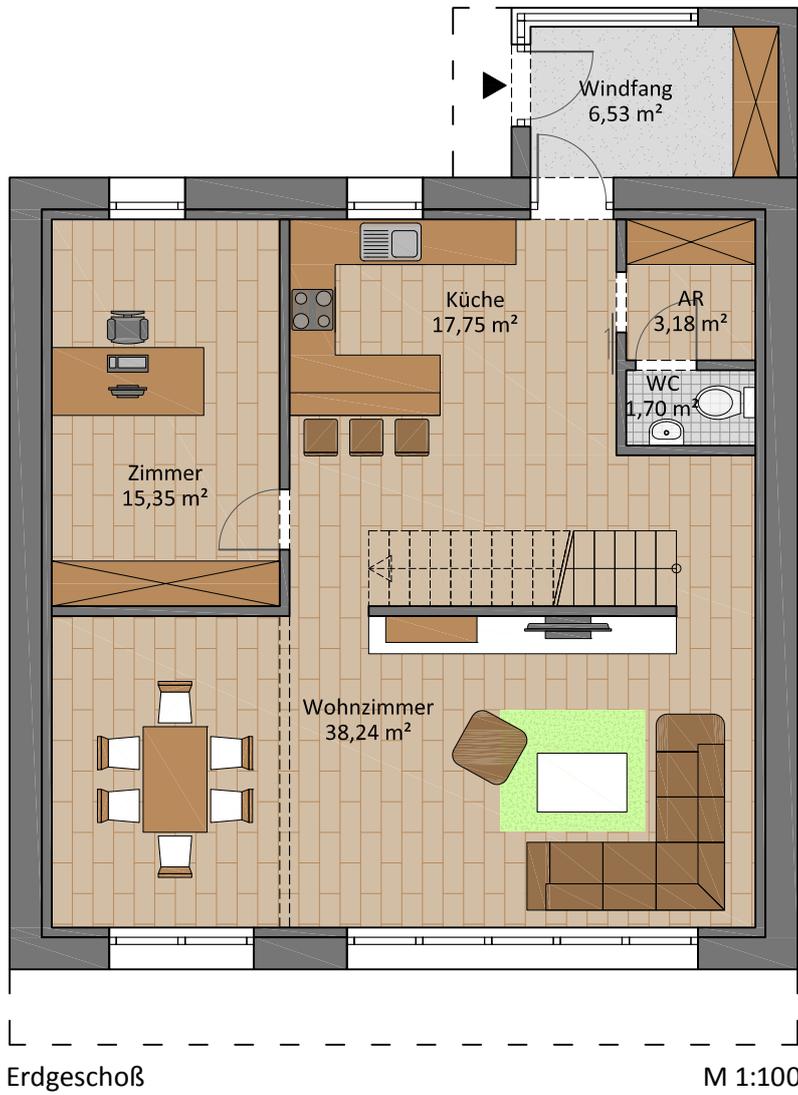


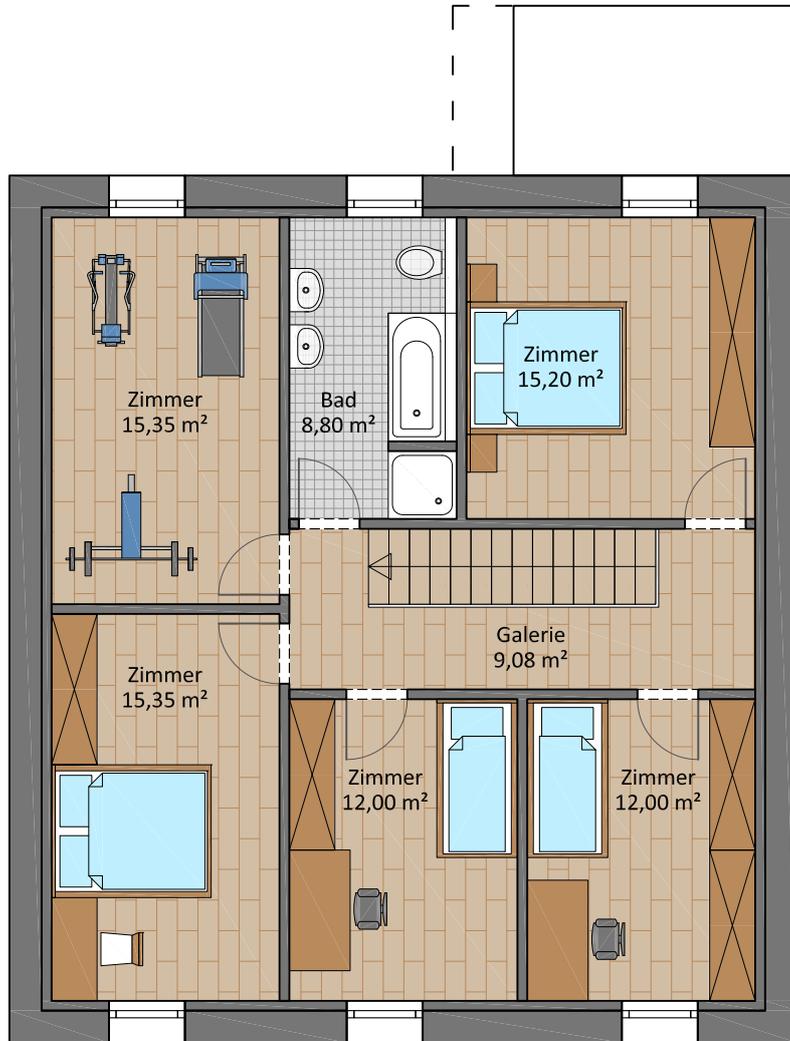
Obergeschoß

M 1:100

4.5.3 TYP C

176,33 m²

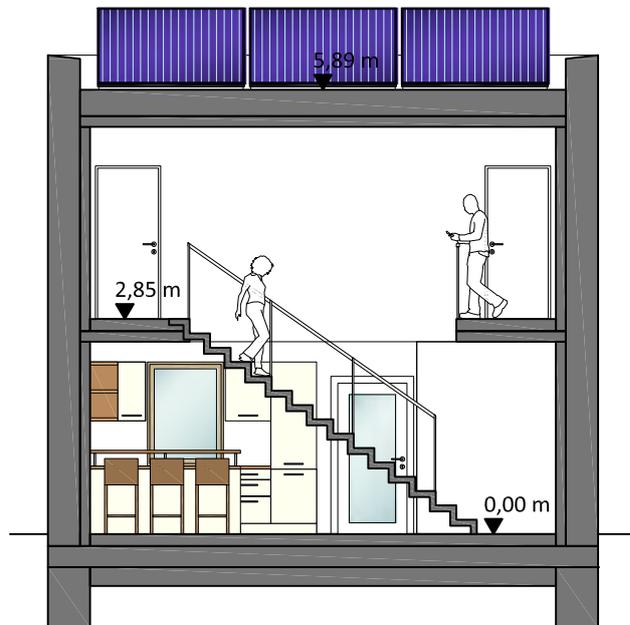




Obergeschoß

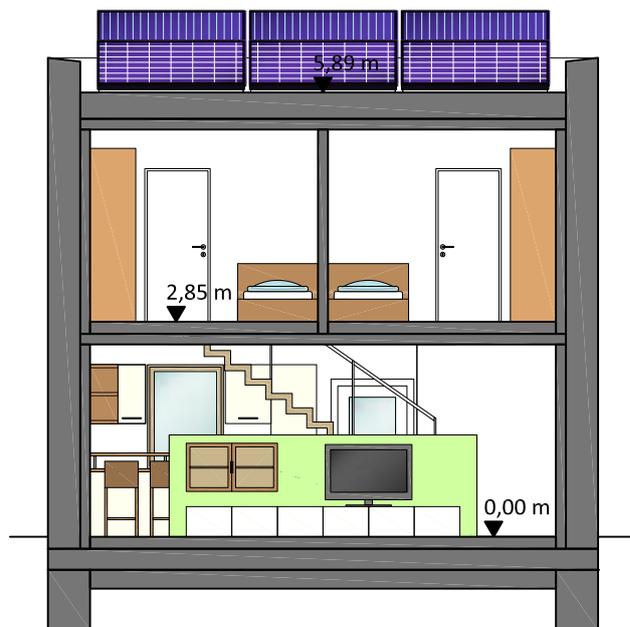
M 1:100

4.5.4 SCHNITTE



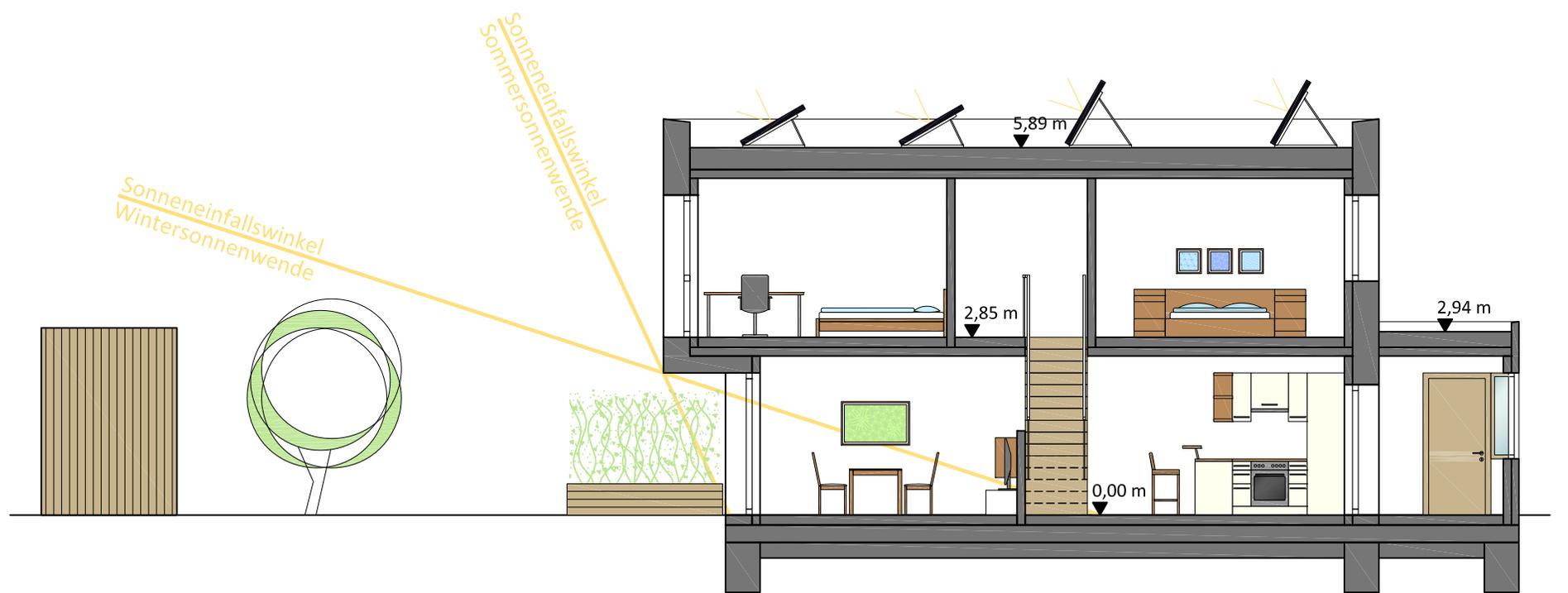
Schnitt A-A

M 1:100



Schnitt B-B

M 1:100

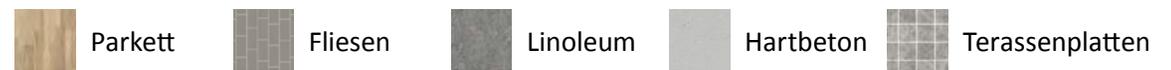


Schnitt C-C

M 1:100

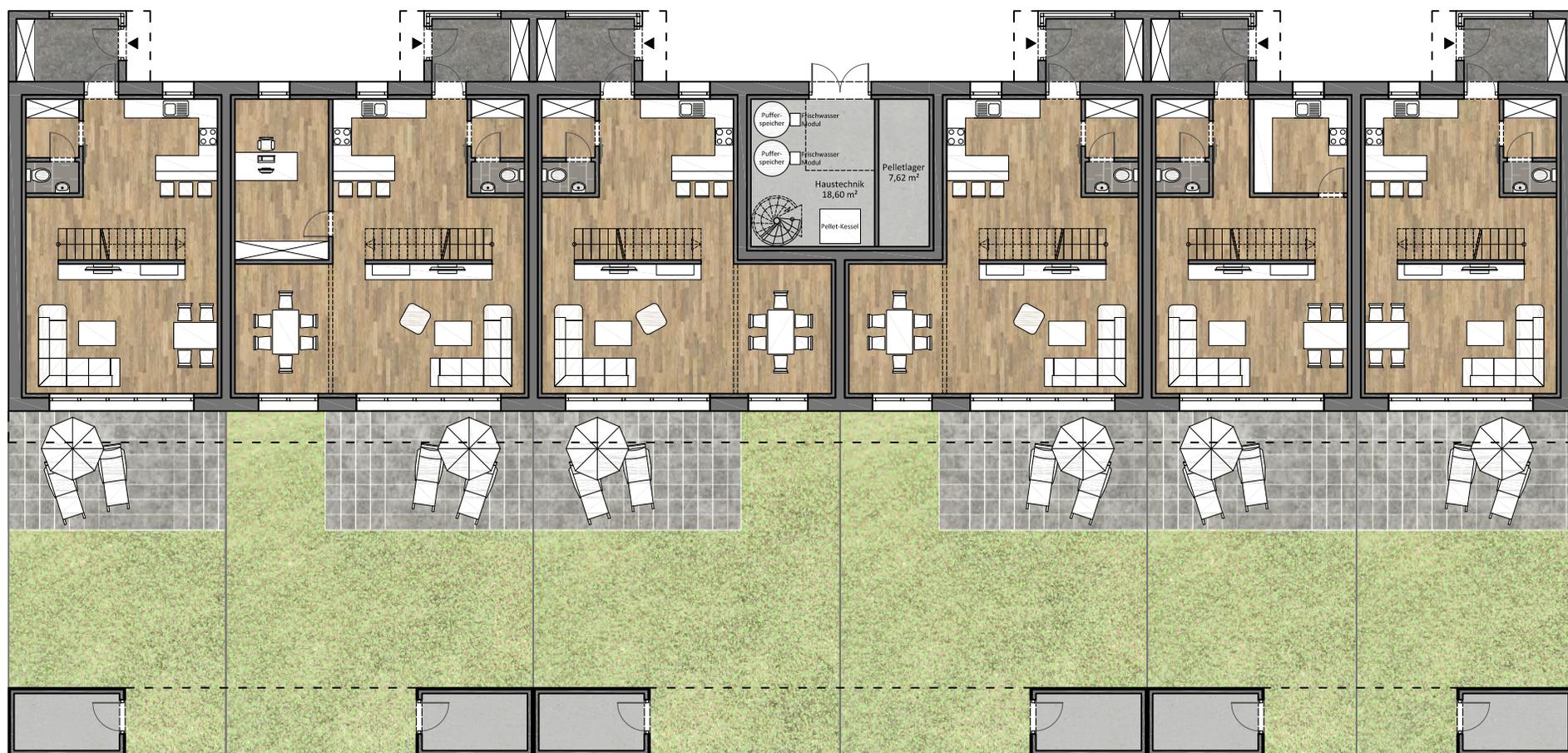
4.5.5 KOMBINATION DER TYPEN

Kombinationsbeispiel A-C-B-B-A-A



Obergeschoß

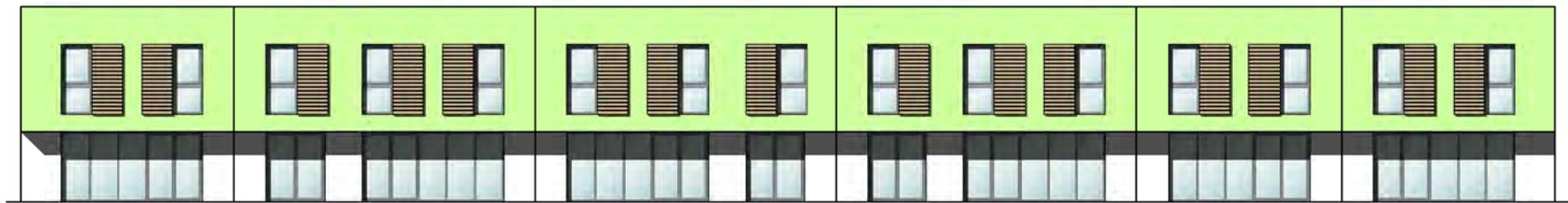
M 1:200



Erdgeschoß

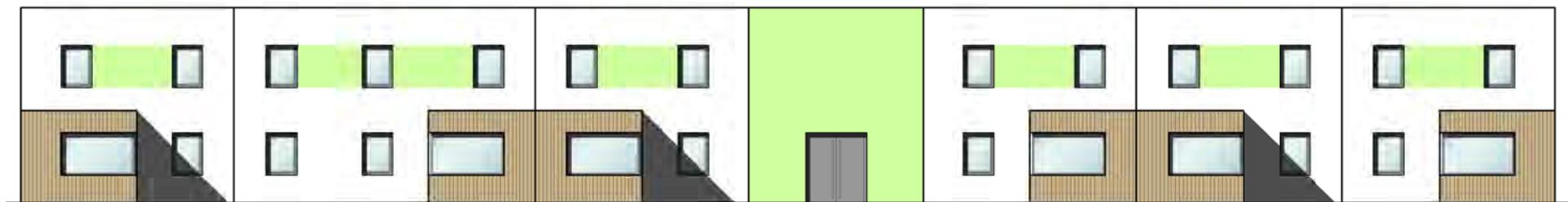
M 1:200

4.5.6 ANSICHTEN



Ansicht Süd

M 1:200



Ansicht Nord

M 1:200



M 1:50

4.6 HAUSTECHNIKKONZEPT

Im Sinne einer nachhaltigen und umweltschonenden Energieversorgung wird beim Haustechnikkonzept auf die Nutzung erneuerbarer Energieträger gesetzt. Als Energielieferant für die Wärmeversorgung und Warmwasserbereitung wurde eine Pelletsanlage in Kombination mit einer thermischen Solaranlage gewählt. Der Strombedarf der Heizungsanlage sowie der Wohnraumlüftung wird durch eine Photovoltaikanlage abgedeckt.

Raumheizung und Warmwasserbereitung werden für je sechs Wohneinheiten (bzw. eine Reihenhauszeile) im zentralen Haustechnikraum zusammengefasst. Dafür wurde ein System des österreichischen Herstellers Eder ausgesucht.

Als zentraler Energiespeicher dient der Pufferspeicher „akku-Solar“. Seine extrastarke Thermodämmung sorgt für die Minimierung der Wärmeverluste. Der Pufferspeicher ist mit verschiedenen Wärmequellen kombinierbar und ideal für die Einbindung einer Solarthermieanlage geeignet, da ein Solarregister bereits integriert ist.

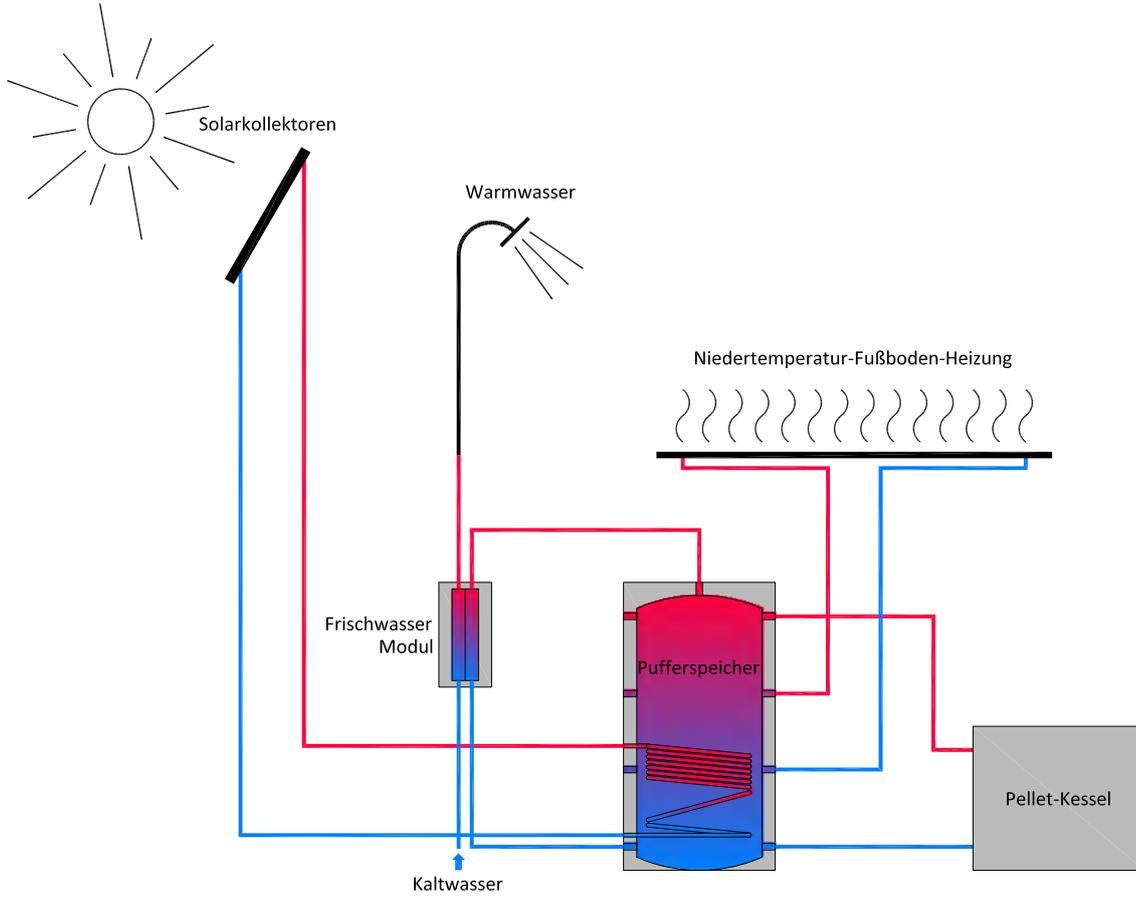
Als Wärmequelle dient der vollautomatische Pelletskessel „Pellement-M Spiro“ mit einem Wirkungsgrad von 95,5%. Die Pellets werden mittels Spiralförderung aus dem angrenzenden Pelletslager in die Brennkammer gebracht. Zündung, Steuerung, Kesselreinigung und Entaschung erfolgen vollautomatisch.

Die thermische Solaranlage ist eine ideale Ergänzung zur Pelletsheizung. Damit kann im Sommer auf den Pelletsbetrieb zur Brauchwassererwärmung verzichtet werden. In den Übergangszeiten ist außerdem die Heizungsunterstützung gewährleistet. Auch die Lebensdauer des Heizkessels wird durch die kürzeren Laufzeiten deutlich erhöht.

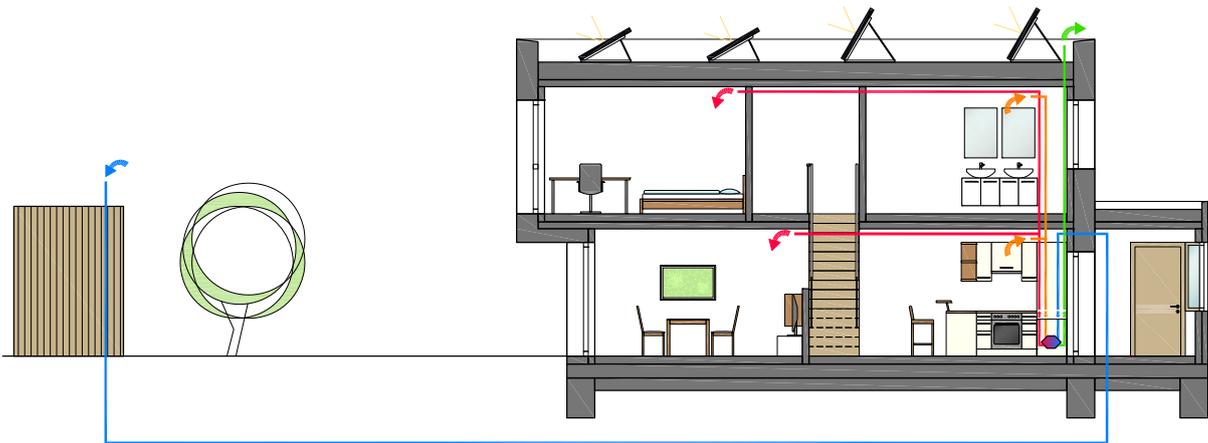
Die Wärmeabgabe an die Räume erfolgt über eine Niedertemperatur-Fußboden-Heizung.

Für jederzeit frisches Warmwasser ist durch das Frischwassermodul „EFM-30“ gesorgt. Es bereitet hygienisches Warmwasser mit konstanter Temperatur und funktioniert nach dem Durchlaufprinzip. Mittels Umwälzpumpe gelangt heißes Heizungswasser vom Puffer in einen Plattenwärmetauscher, welcher das Brauchwasser erwärmt.

Haustechnikkonzept



Kontrollierte Wohnraumlüftung – schematische Darstellung



Die thermische Solaranlage wird auf dem Flachdach in einem Winkel von 60° aufgeständert, um besonders im Winter einen optimalen Wirkungsgrad zu erreichen. Die Photovoltaikanlage wird mit einem Aufstellwinkel von 30° montiert. Diese relativ flache Neigung wurde gewählt um ganzjährig optimalen Stromertrag zu erzielen.

Die kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung ist dezentral, d.h. für jede Wohneinheit getrennt, angelegt. So werden Schallübertragungen über die Lüftungsleitungen („Telefonie-Effekt“) zwischen den einzelnen Wohneinheiten ausgeschlossen und eine individuelle Regelung der Zuluftmenge ermöglicht. Das kompakte Komfortlüftungsgerät „aerosilent primus“ der Firma Drexel und Weiss mit 85% Wärmerückgewinnung wird im Abstellraum untergebracht. Die Vorerwärmung der Außenluft erfolgt über einen Erdreichwärmetauscher, so ist im Sommerbetrieb auch eine Vorkühlung der Außenluft möglich. Die Zuluftöffnungen befinden sich im Wohnbereich sowie in den Schlafräumen, die Abluftöffnungen in der Küche, im Bad und im WC.

4.7 BAUTEILE

Die Siedlung wurde in Fertigbauweise mit Bauteilen der Firma Griffner konzipiert. Die Verwendung atmungsaktiver Baustoffe wie Holz, Zellulose und Kork sorgt für ein gesundes Raumklima. Holz wird durch die Fähigkeit Luftfeuchtigkeit zu regulieren und die Tatsache, dass die Oberflächentemperatur des Holzes der des Menschen entspricht, als ein sehr angenehmer Baustoff empfunden. Zellulose-Dämmung zeichnet sich besonders durch ihren hervorragenden Wärme- bzw. Kälteschutz, sehr gute Schallschutzwerte und Dampfdiffusionsoffenheit aus. Die von der Firma Griffner eingesetzten Dämmplatten sind ein Recyclingprodukt aus Zeitungspapier. Kork besticht durch besonders geringe Leitfähigkeit von Wärme und Schall und ist zudem feuchtigkeitsresistent und diffusionsoffen. Er ist daher ein idealer Putzträger für diffusionsoffene Außenwände.

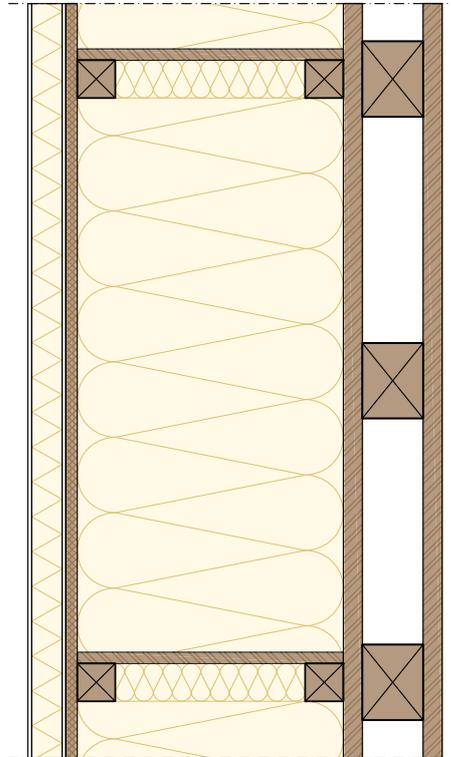
Die luftdichte Ebene der Außenwand wird durch die OSB-Platte gebildet. Es muss daher besonders darauf geachtet werden, dass sämtliche Plattenstöße luftdicht abgeklebt werden um die Dichtheit des Gebäudes sicherzustellen und Bauschäden zu vermeiden.

Bei den Fenstern handelt es sich um Passivhausfenster in HolzAlu mit Dreifachverglasung und einem Gesamt-U-Wert von 0,67 W/(m²K).

U _w (Glas mit Rahmen)	0,67 W/(m ² K)
U _f (Rahmen)	0,85 W/(m ² K)
ψ Glasrand mit Swisspacer (PHI Zert.)	0,025 W/(mK)
U _g (Verglasung)	0,50 W/(m ² K)
g-Wert Verglasung	49 – 59%
LT Lichttransmission	69 – 71%

4.7.1 AUSSENWAND

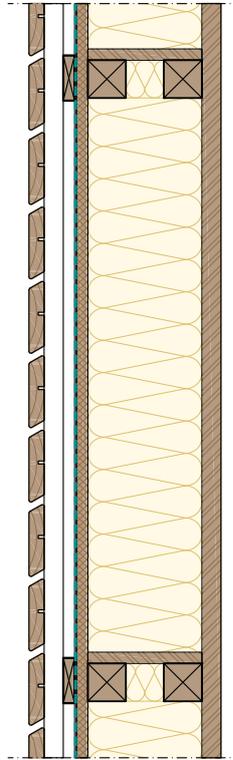
U-Wert 0,096 W/(m²K)



	Dicke d [m]	Wärmeleit- fähigkeit λ [W/mK]	Wärme- durchlass- widerstand R [m²K/W]
Außen / kalt			0,040
Dünnputz, Spachtelmasse + Gewebe	0,005	0,900	0,006
Fassadendämmplatte (Kork)	0,040	0,050	0,800
Kleber + mechanische Befestigung	0,005	0,540	0,009
Holzwerkstoffplatte (DHF)	0,015	0,100	0,150
Stegträger dazw. Wärmedämmung (Zellulose)	0,350	0,040	8,750
OSB-Platte als Dampfbremse (luftdichte Ebene)	0,025	0,130	0,192
Staffel 80/100 dazw. Luft (Installations Ebene)	0,080		0,180
OSB-Platte	0,025	0,130	0,192
Innen / warm			0,130
	0,545		10,449

4.7.2 AUSSENWAND WINDFANG

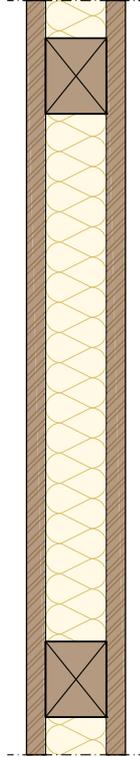
U-Wert 0,232 W/(m²K)



	Dicke d [m]	Wärmeleit- fähigkeit λ [W/mK]	Wärme- durchlass- widerstand R [m²K/W]
Außen / kalt			
Holzschalung mit offener Fuge Vertikal	0,020		
Lattung 25/60 waagrecht schwarz gestrichen	0,025		
Lattung 15/60 senkrecht schwarz gestrichen - Hinterlüftung	0,015		0,080
Winddichte Fassadenfolie schwarz	---	---	---
Holzwerkstoffplatte (DHF)	0,015	0,100	0,150
Stegträger dazw. Wärmedämmung (Zellulose)	0,150	0,040	3,750
OSB-Platte als Dampfbremse (luftdichte Ebene)	0,025	0,130	0,192
Innen / warm			0,130
	0,250		4,302

4.7.3 INNENWAND

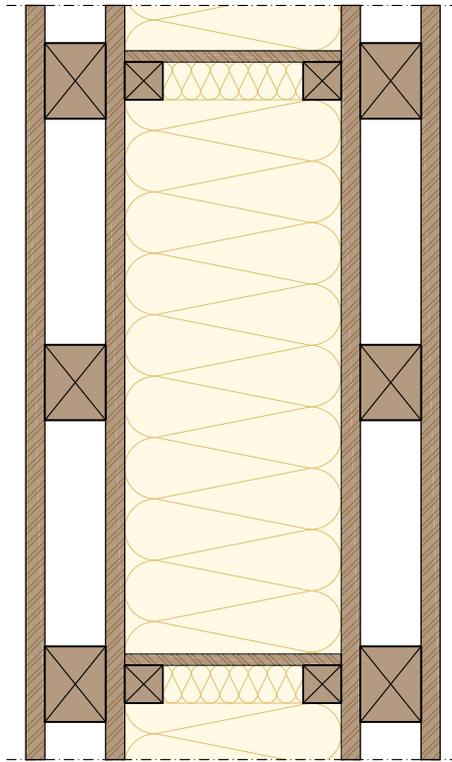
U-Wert 0,378 W/(m²K)



	Dicke d [m]	Wärmeleit- fähigkeit λ [W/mK]	Wärme- durchlass- widerstand R [m ² K/W]
Innen / warm			0,130
OSB-Platte	0,025	0,130	0,192
Staffel 80/100 dazw. Zellulosedämmung	0,080	0,040	2,000
OSB-Platte	0,025	0,130	0,192
Innen / warm			0,130
	0,130		2,645

4.7.4 TRENNWAND ZWISCHEN ZWEI WOHN-EINHEITEN

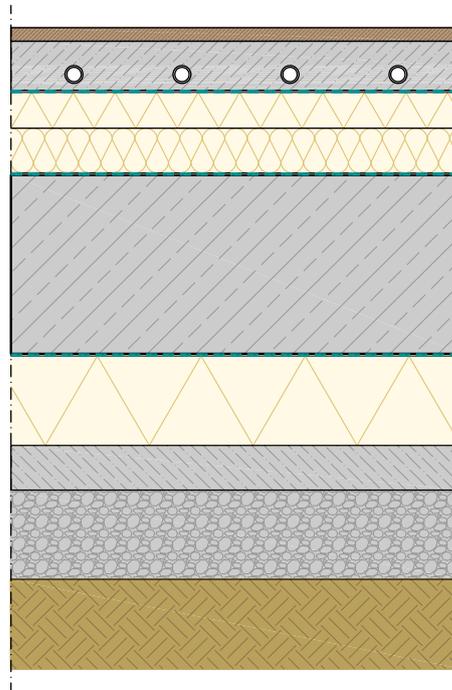
U-Wert 0,117 W/(m²K)



	Dicke d [m]	Wärmeleit- fähigkeit λ [W/mK]	Wärme- durchlass- widerstand R [m ² K/W]
Innen / warm			0,130
OSB-Platte	0,025	0,130	0,192
Staffel 80/100 dazw. Luft (Installations Ebene)	0,080		0,180
OSB-Platte	0,025	0,130	0,192
Stegträger dazw. Wärmedämmung (Zellulose)	0,285	0,040	7,125
OSB-Platte	0,025	0,130	0,192
Staffel 80/100 dazw. Luft (Installations Ebene)	0,080		0,180
OSB-Platte	0,025	0,130	0,192
Innen / warm			0,130
	0,545		8,514

4.7.5 ERDBERÜHRENDER FUSSBODEN

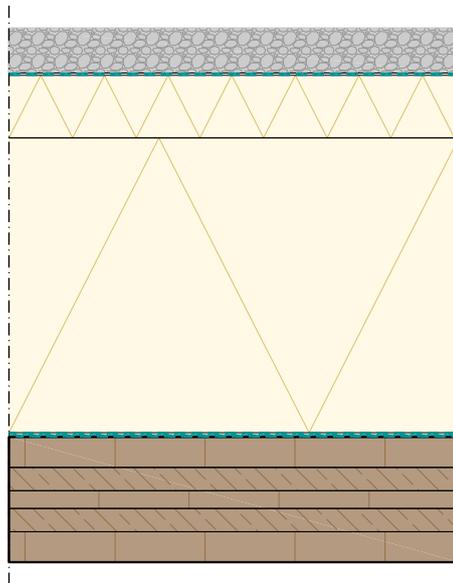
U-Wert 0,161 W/(m²K)



	Dicke d [m]	Wärmeleit- fähigkeit λ [W/mK]	Wärme- durchlass- widerstand R [m²K/W]
Innen / warm			0,170
Bodenbelag (Parkett)	0,015	0,150	0,100
Calziumsulfat Fließestrich + Fußbodenheizung	0,055	1,400	0,039
PE-Estrichfolie	---	---	---
Trittschalldämmung EPS	0,040	0,037	1,081
Wärmedämmung EPS	0,050	0,037	1,351
Feuchtigkeitsisolierung (Flämmpappe)	---	---	---
Fundamentplatte Stahlbeton	0,200	2,300	0,087
Trennlage	---	---	---
Wärmedämmung unter Fundamentplatte XPS	0,100	0,033	3,030
Sauberkeitsschichte (Magerbeton)	0,050	1,500	0,033
KapillARBrechende Schicht (Rollierung)	0,200	0,700	0,286
Erdboden			0,040
	0,710		6,218

4.7.6 FLACHDACH

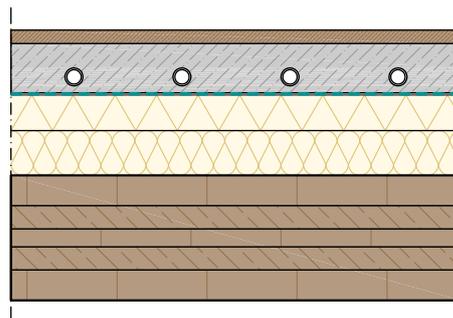
U-Wert 0,083 W/(m²K)



	Dicke d [m]	Wärmeleit- fähigkeit λ [W/mK]	Wärme- durchlass- widerstand R [m ² K/W]
Außen / kalt			0,040
Bekiesung	0,050	0,700	0,071
Dachabdichtungsbahn	0,002	0,170	0,012
Wärmedämmung Gefällekeil EPS	---	---	---
Wärmedämmung Basislage EPS	0,400	0,037	10,811
Dampfsperre	0,001	0,220	0,002
Schutzvlies 150 g	---	---	---
Massivholzdecke	0,140	0,130	1,077
Innen / warm			0,100
	0,593		12,113

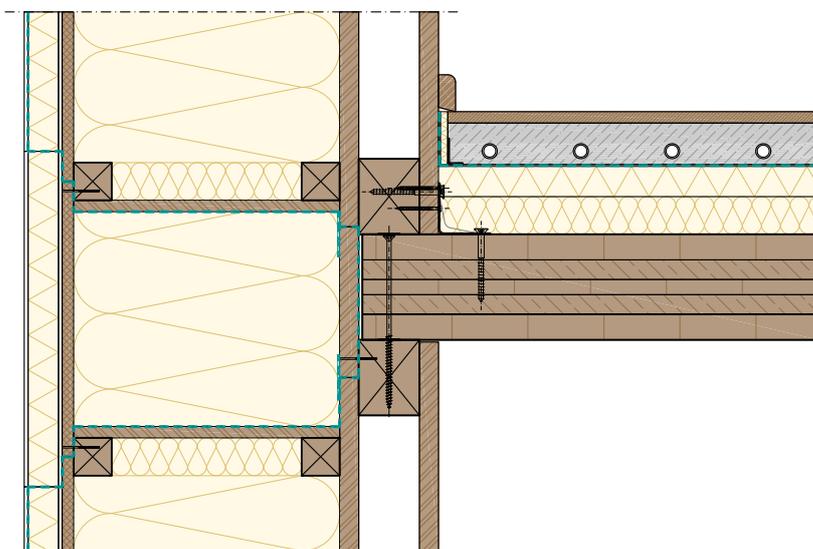
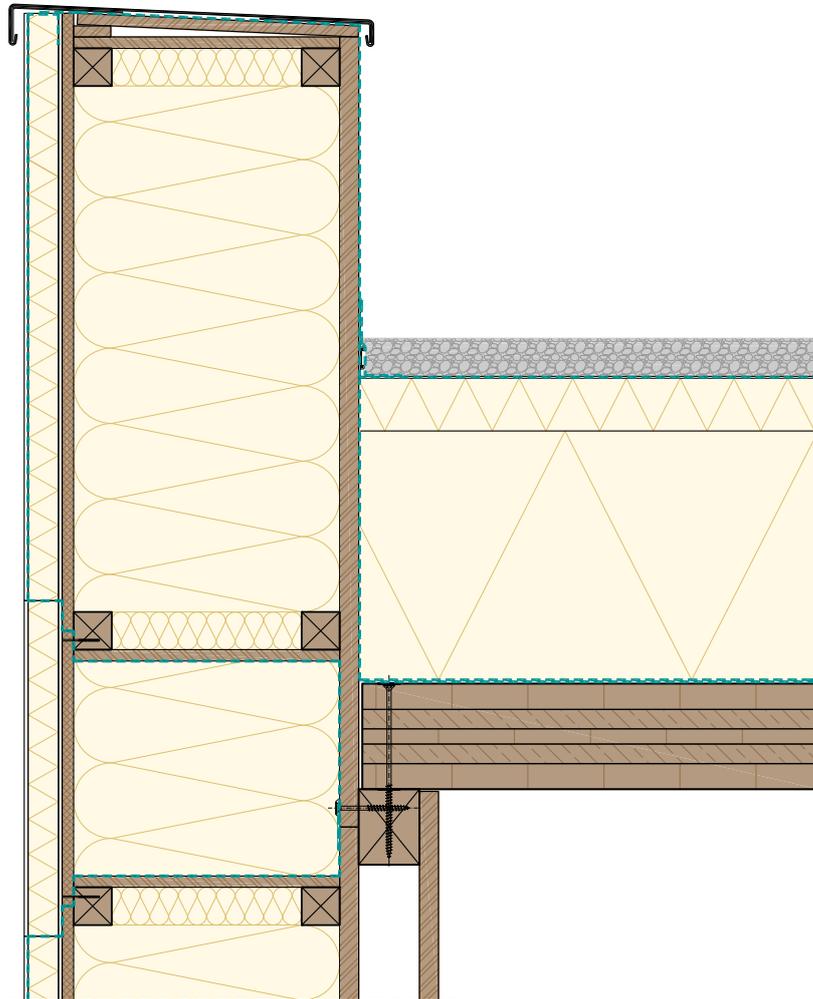
4.7.7 GESCHOSSDECKE

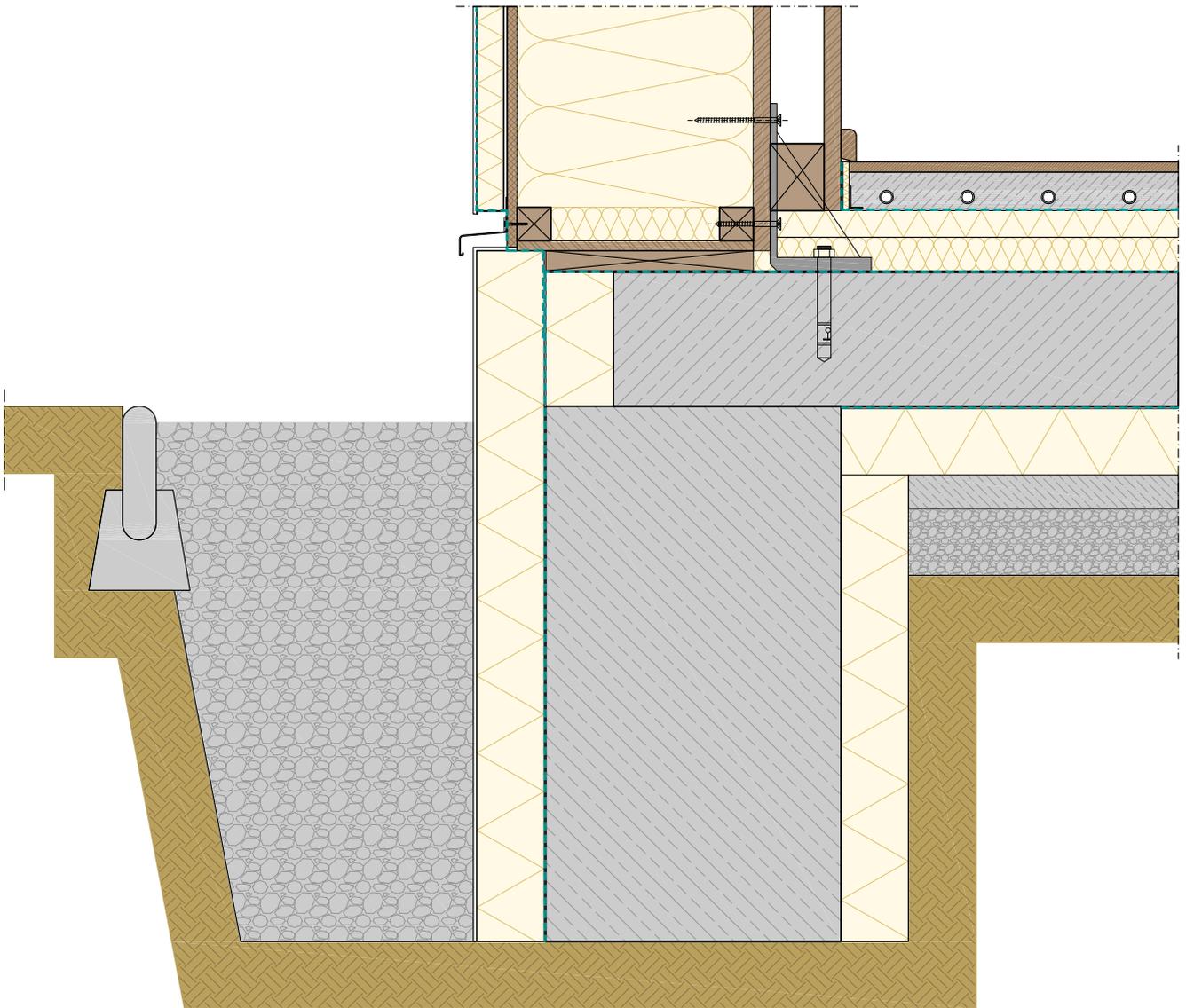
U-Wert 0,255 W/(m²K)



	Dicke d [m]	Wärmeleit- fähigkeit λ [W/mK]	Wärme- durchlass- widerstand R [m ² K/W]
Innen / warm			0,170
Bodenbelag (Parkett)	0,015	0,150	0,100
Calziumsulfat Fließestrich + Fußbodenheizung	0,055	1,400	0,039
PE-Estrichfolie	---	---	---
Trittschalldämmung EPS	0,040	0,037	1,081
Wärmedämmung EPS	0,050	0,037	1,351
Massivholzdecke	0,140	0,130	1,077
Innen / warm			0,100
	0,300		3,919

4.7.8 BAUTEILANSCHLÜSSE



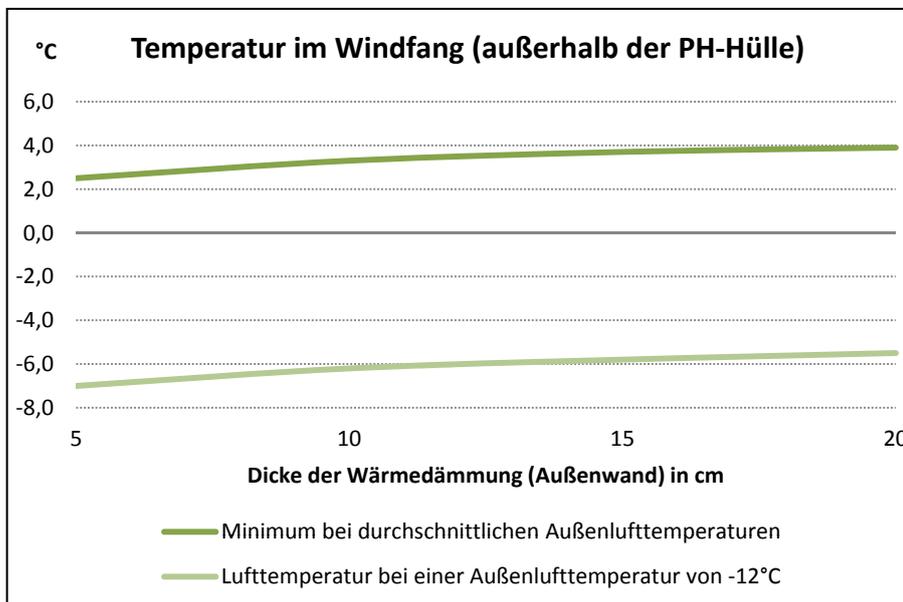


M 1:10

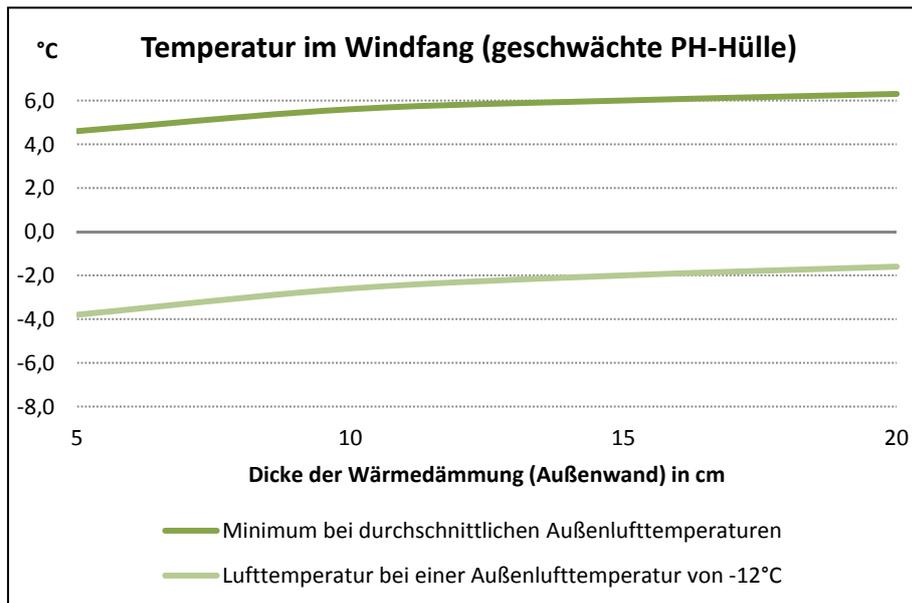
4.8 GEBÄUDESIMULATION

4.8.1 UNTERSUCHUNGEN ZUM WINDFANG

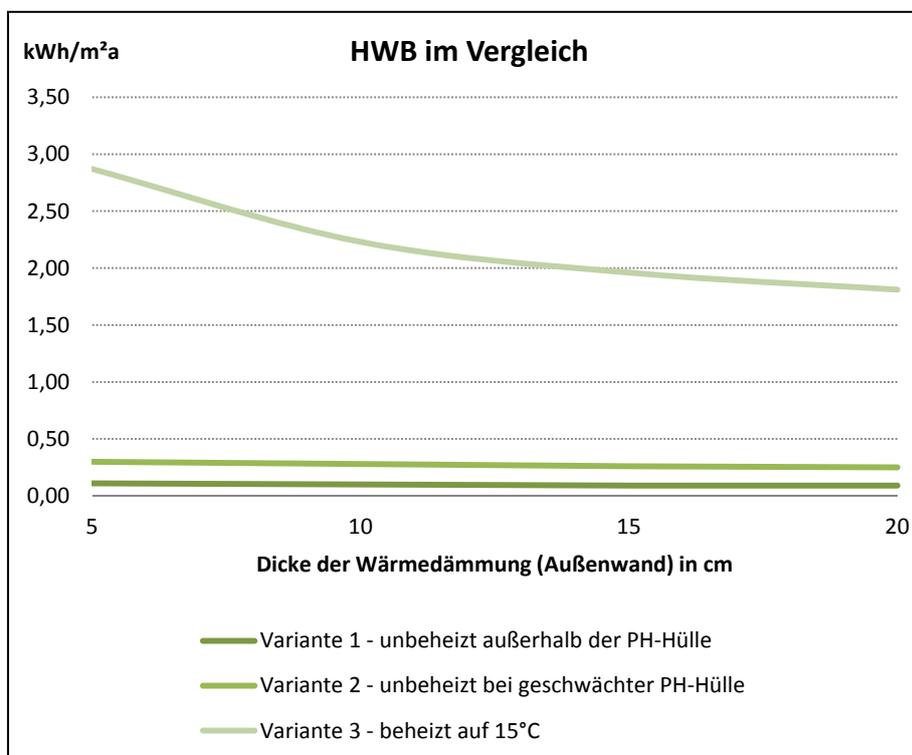
Der Windfang wurde ursprünglich als unbeheizter Raum außerhalb der Passivhaushülle konzipiert. Nach der Simulation der Temperaturverläufe in diesem unbeheizten Windfang wurde jedoch schnell klar, dass er auf Grund mangelnder Innenwärmen im Winter eindeutig zu kalt wird.



Als nächster Schritt wurde die Passivhaushülle zum Windfang hin etwas geschwächt. Anstatt der Passivhaus-Türe mit U-Wert $0,72 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ wurde nun eine gewöhnliche Türe mit U-Wert $1,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ gewählt. Außerdem wurde zwischen Windfang und beheiztem Volumen statt einer Außenwand mit U-Wert $0,096 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ eine Wohnungs-Trennwand mit U-Wert $0,117 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ eingesetzt. Diese Maßnahmen führten zwar zu einem Temperaturanstieg von etwa $2 - 3 \text{ °C}$, die Temperaturen blieben jedoch immer noch zu niedrig. Die beim öffnen der Türe einströmende warme Luft aus dem beheizten Volumen würde zu Tauwasserbildung (Kondensationsfeuchte) an Wänden und in weiterer Folge zu Schimmelbildung führen.



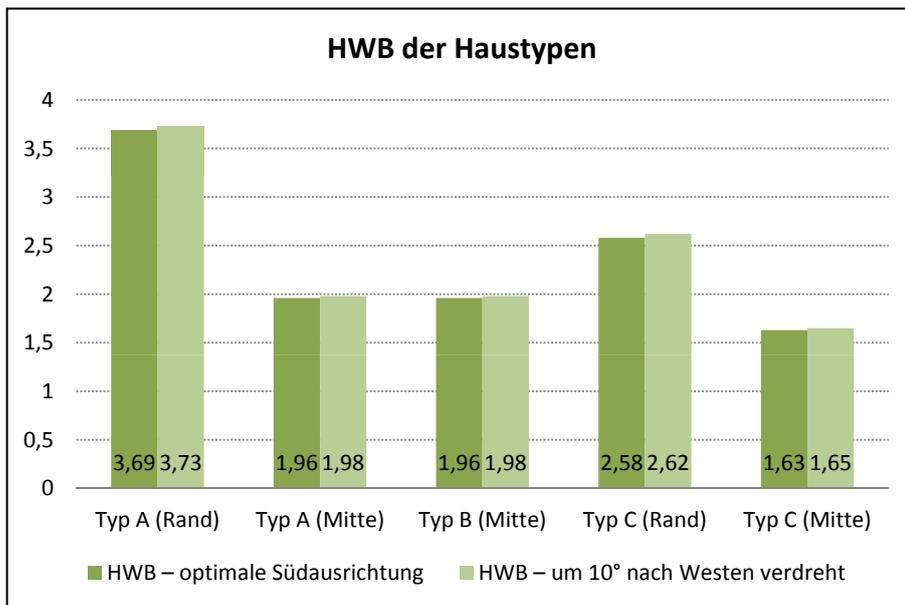
Um Bauschäden aufgrund von Schimmelbildung zu vermeiden wird der Windfang auf 15 °C beheizt. Der Heizwärmebedarf steigt dadurch zwar deutlich an, liegt aber immer noch weit unter der Grenze von 10 kWh/m²a.



4.8.2 HEIZWÄRMEBEDARF

Nachfolgend der Heizwärmebedarf der einzelnen Haustypen. Der Typ B liegt aufgrund seiner L-Form immer in der Mitte einer Zeile weshalb nur der HWB des Mitten-Typs berechnet wurde.

Wie der Grafik zu entnehmen ist, wirkt sich die Verdrehung der Zeilen um 10° nach Westen kaum auf den Heizwärmebedarf der Haustypen aus.



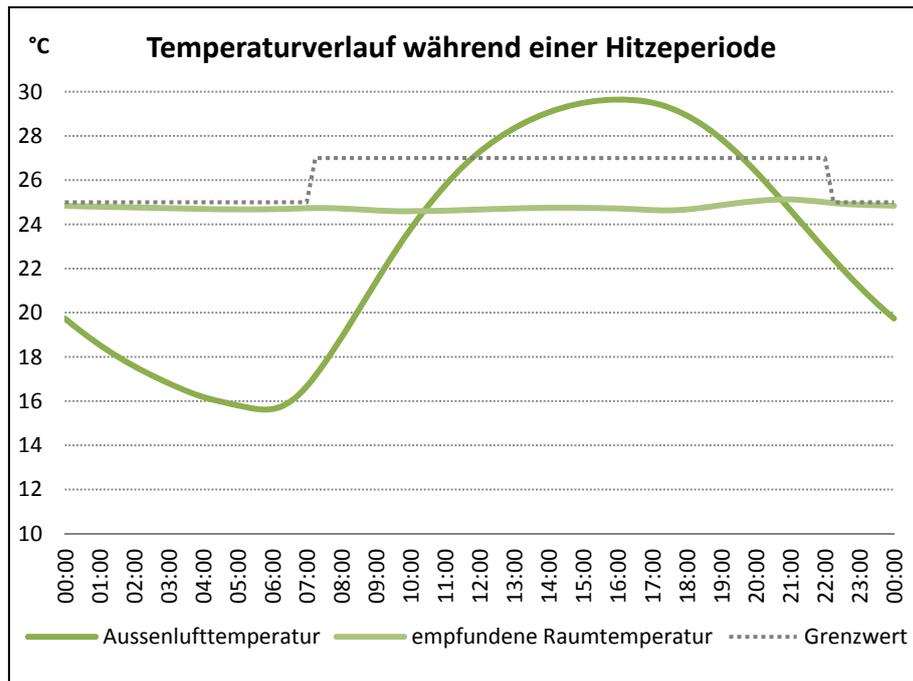
4.8.3 SOMMERTAUGLICHKEIT

Für den Nachweis der Sommertauglichkeit wurde ein kritischer Raum beispielhaft untersucht. Bei dem untersuchten Raum handelt es sich um ein Kinderzimmer im Obergeschoß eines Rand-Typs mit Außenwand nach Westen.



Es wurde angenommen, dass das Kind die schönen Sommertage während einer Hitzeperiode nicht in seinem Zimmer verbringt, sondern draußen spielt oder schwimmen geht. Ab etwa 18 Uhr ist es wieder in seinem Zimmer und spielt zusammen mit einer weiteren Person (Bruder/Schwester/Freund etc.). Von 21 Uhr bis 8 Uhr ist es allein im Zimmer.

Das Haus verfügt über eine kontrollierte Wohnraumlüftung mit Erdreichwärmetauscher. So kann im Sommer die Zuluft passiv über das Erdreich vorgekühlt werden. Wird dieser Kühleffekt berücksichtigt, so liegt die empfundene Temperatur während einer Hitzeperiode über den Tag ziemlich konstant bei etwa 25 °C. Der Raum gilt somit als sommertauglich, da die Grenzwerte von 27 °C am Tag und 25 °C in der Nacht nicht überschritten werden.



4.9 VISUALISIERUNGEN



Abb. 4.10 | Wohnweg



Abb. 4.11 | Gartenseite



Abb. 4.12 | Blick auf den Platz



Abb. 4.13 | Blick auf den Platz



Abb. 4.14 | Typ A Ansicht Südseite

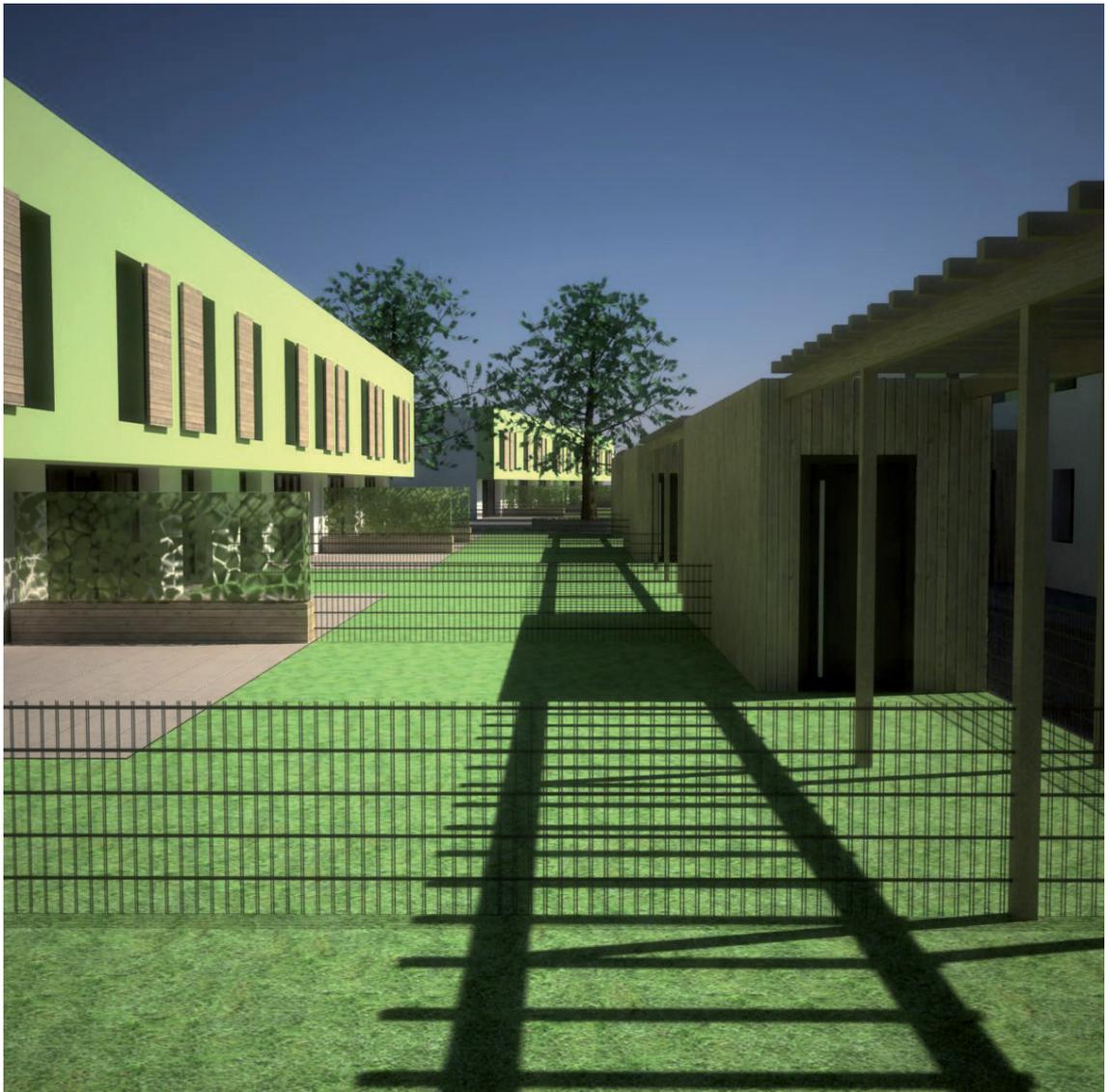


Abb. 4.15 | Blick durch die Gärten

ABBILDUNGSNACHWEIS

- Abb. 1.1 http://presse.hausderzukunft.at/haus_der_zukunft_pressebereich/Bildmaterial_-_Gebäude_und_Projekte/Neubau,_Tattendorf,_Lehm-Passivbürohaus/ [Abruf 11.03.2013]
Quelle: Arch. Reinberg
- Abb. 1.2 http://presse.hausderzukunft.at/haus_der_zukunft_pressebereich/Bildmaterial_-_Gebäude_und_Projekte/Neubau,_Mödling,_SOL4/ [Abruf 11.03.2013]
Quelle: Thomas Kirschner, SOL 4
- Abb. 1.3 http://presse.hausderzukunft.at/haus_der_zukunft_pressebereich/Bildmaterial_-_Gebäude_und_Projekte/Neubau,_Hochschwab,_Schiestlhaus/ [Abruf 11.03.2013]
Quelle: Robert Freund, ÖGUT
- Abb. 1.4 http://www.passivhaustagung.de/Passivhaus_D/energieeffizienz.html [Abruf 28.09.2011]
- Abb. 1.5 nach: SOM, 2011, S. 28
- Abb. 1.6 nach: SOM, 2011, S. 28
- Abb. 1.7 nach: SOM, 2011, S. 28
- Abb. 1.8 nach: SOM, 2011, S. 28
- Abb. 1.9 nach: SOM, 2011, S. 28
- Abb. 1.10 Hakima Hariri
- Abb. 1.11 Hakima Hariri
- Abb. 1.12 Hakima Hariri
- Abb. 1.13 <http://www.umweltschutz-bw.de/?lvl=713> [Abruf 09.11.2011]
- Abb. 1.14 <http://www.mussy.at/blowerdoor.html> [Abruf 15.07.2011]
- Abb. 1.15 <http://de.wikipedia.org/wiki/Differenzdruck-Messverfahren> [Abruf 14.07.2011]
- Abb. 1.16 <http://www.ken-muenchen.de/leistung/blower-door-messung/index.html> [Abruf 14.07.2011]
- Abb. 1.17 <http://www.passivhaus-euregio.eu/index.php?id=237> [Abruf 30.09.2011]

- Abb. 1.18 <http://www.passivhaus-euregio.eu/index.php?id=237> [Abruf 30.09.2011]
- Abb. 1.19 SOM, 2011, S. 26
- Abb. 1.20 SOM, 2011, S. 26
- Abb. 1.21 nach: SOM, 2011, S. 39
- Abb. 1.22 SOM, 2011, S. 41
- Abb. 1.23 SOM, 2011, S. 41
- Abb. 1.24 SOM, 2011, S. 43
- Abb. 1.25 SOM, 2011, S. 43
- Abb. 1.26 SCHU, 2007, S. 78
- Abb. 1.27 SCHU, 2007, S. 79
- Abb. 1.28 SOM, 2011, S. 151
- Abb. 1.29 SOM, 2011, S. 145
- Abb. 1.30 SOM, 2011, S. 145
- Abb. 1.31 SOM, 2011, S. 145
- Abb. 1.32 SOM, 2011, S. 147
- Abb. 1.33 SOM, 2011, S. 147
- Abb. 1.34 SOM, 2011, S. 147
- Abb. 1.35 SOM, 2011, S. 147
- Abb. 1.36 http://www.waermepumpen-portal.de/funktionsweise_waermepumpe.html [Abruf 18.04.2012]
- Abb. 1.37 <http://www.hk-energy.eu/index.php?id=8> [Abruf 18.04.2012]
- Abb. 1.38 SOM, 2011, S. 163
- Abb. 1.39 SOM, 2011, S. 164
- Abb. 1.40 <http://www.hk-energy.eu/index.php?id=10> [Abruf 18.04.2012]
- Abb. 1.41 <http://www.hk-energy.eu/index.php?id=9> [Abruf 18.04.2012]
- Abb. 1.42 <http://www.heizvision.de/concrete/index.php/produkte/waermepumpen/> [Abruf 18.04.2012]
- Abb. 1.43 <http://www.hk-energy.eu/index.php?id=11> [Abruf 18.04.2012]
- Abb. 1.44 <http://www.hk-energy.eu/index.php?id=12> [Abruf 18.04.2012]
- Abb. 1.45 <http://www.energie-lexikon.info/sonnenkollektor.html> [Abruf 25.04.2012]

- Abb. 1.46 <http://www.energie-lexikon.info/sonnenkollektor.html> [Abruf 25.04.2012]
- Abb. 1.47 http://www.effiziento.de/funktionsschema_luft-wasser-waermepumpe_lueftung_heizung_4kw.html [Abruf 27.04.2012]
- Abb. 1.48 <http://www.drexel-weiss.at/> [Abruf 11.03.2013]
- Abb. 1.49 <http://www.masdarcity.ae/en/48/resource-centre/image-gallery/> [Abruf 25.11.2012]
- Abb. 1.50 <http://www.masdarcity.ae/en/48/resource-centre/image-gallery/> [Abruf 25.11.2012]
- Abb. 1.51 <http://www.masdarcity.ae/en/48/resource-centre/image-gallery/> [Abruf 25.11.2012]
- Abb. 1.52 <http://www.masdarcity.ae/en/48/resource-centre/image-gallery/> [Abruf 25.11.2012]
- Abb. 1.53 <http://www.aspern-seestadt.at/downloads/aspern-visualisierungen-fotos-plaene/> [Abruf 25.11.2012]
- Abb. 1.54 <http://www.aspern-seestadt.at/downloads/aspern-visualisierungen-fotos-plaene/> [Abruf 25.11.2012]
- Abb. 1.55 <http://www.aspern-seestadt.at/downloads/aspern-visualisierungen-fotos-plaene/> [Abruf 25.11.2012]
- Abb. 1.56 <http://www.aspern-seestadt.at/downloads/aspern-visualisierungen-fotos-plaene/> [Abruf 25.11.2012]
- Abb. 2.1 <http://fischerhaus.de/ueber-uns/termine-und-aktuelles/baustellenuebersicht/details/article/baustellenuebersicht.html> [Abruf 05.03.2013]
- Abb. 2.2 <http://fischerhaus.de/hp72551/Montage-eines-Fischerhauses.htm> [Abruf 05.09.2011]
- Abb. 2.3 <http://www.flickr.com/photos/cymro76/3109865360/> [Abruf 10.09.2012]
- Abb. 2.4 http://de.wikipedia.org/wiki/Peter_Norman_Nissen [Abruf 10.09.2012]
- Abb. 2.5 <http://de.wikipedia.org/wiki/Nissenhütte> [Abruf 10.09.2012]
- Abb. 2.6 <http://www.detail.de/architektur/termine/wendepunkte-im-bauen-ndash-ausstellungsbesuch-000762.html> [Abruf 10.09.2012]
- Abb. 2.7 <http://www.buss-holzbau.de/holzrahmenbau/> [Abruf 10.09.2012]
- Abb. 2.8 <http://de.wikipedia.org/wiki/Fertighaus> [Abruf 10.09.2012]

- Abb. 2.9 <http://arch329downs.blogspot.co.at/> [Abruf 05.03.2013]
- Abb. 2.10 <http://www.themodernist.co.uk/2012/03/le-corbusier-modernist-of-the-month/> [Abruf 05.03.2013]
- Abb. 2.11 DET, 2008, S. 24
- Abb. 2.12 DET, 2008, S. 25
- Abb. 2.13 DET, 2008, S. 27
- Abb. 2.14 DET, 2008, S. 26
- Abb. 2.15 SIM, 2005, S. 354
- Abb. 2.16 SIM, 2005, S. 355
- Abb. 2.17 SIM, 2005, S. 355
- Abb. 2.18 SIM, 2005, S. 362
- Abb. 2.19 SIM, 2005, S. 361
- Abb. 2.20 SIM, 2005, S. 364
- Abb. 2.21 http://www.icollector.com/Matti-Suuronen-Futuro-house_i8513327 [Abruf 05.03.2013]
- Abb. 2.22 SIM, 2005, S. 372
- Abb. 2.23 SIM, 2005, S. 372
- Abb. 2.24 <http://www.huf-haus.com/de/das-huf-haus/architektur.html> [Abruf 07.10.2012]
- Abb. 2.25 <http://www.huf-haus.com/de/das-huf-haus/architektur.html> [Abruf 07.10.2012]
- Abb. 2.26 SIM, 2005, S. 374
- Abb. 2.27 SIM, 2005, S. 377
- Abb. 2.28 SIM, 2005, S. 376
- Abb. 2.29 SIM, 2005, S. 378
- Abb. 2.30 SIM, 2005, S. 378
- Abb. 2.31 <http://www.kampa.at/haeuservielfalt/stadtvilla/stadtvilla-112/stadtvilla.html> [Abruf 26.10.2012]
- Abb. 2.32 SIM, 2005, S. 380
- Abb. 2.33 SIM, 2005, S. 380
- Abb. 2.34 <http://www.design-report.de/Fachartikelarchiv/30513075/Viel-lch-fuers-Geld.html> [Abruf 26.10.2012]
- Abb. 2.35 <http://www.reinberg.net/architektur/75/fotos> [Abruf 26.10.2012]

- Abb. 2.36 <http://plusminusnull.wordpress.com/2011/05/01/option-von-weberhaus/> [Abruf 26.10.2012]
- Abb. 2.37 <http://plusminusnull.wordpress.com/2011/05/01/option-von-weberhaus/> [Abruf 26.10.2012]
- Abb. 2.38 <http://www.elk.at/index.php?id=fertighaus-produktion> [Abruf 05.03.2013]
- Abb. 2.39 <http://www.schoener-wohnen.de/bauen/fertighaus/96217-so-entsteht-ein-fertighaus.html> [Abruf 05.03.2013]
- Abb. 2.40 <http://www.hanlo.de/2012-11-06-pressemeldung-lange-wartezeiten-sind-passe.html> [Abruf 05.03.2013]
- Abb. 2.41 <http://www.schoener-wohnen.de/bauen/fertighaus/96217-so-entsteht-ein-fertighaus.html> [Abruf 05.03.2013]
- Abb. 2.42 <http://www.flickr.com/photos/griffner/3443815855/in/gallery-quistorp-72157623746403949/> [Abruf 05.03.2013]
- Abb. 3.1 <http://www.faz.net/aktuell/rhein-main/region/boklok-grundsteine-fuer-erste-ikea-fertighaeuser-1622500.html> [Abruf 25.07.2012]
- Abb. 3.2 http://www.archimag.de/wp-content/uploads/2010/04/BoKlok_Reihenhaus_Garten.jpg [Abruf 25.07.2012]
- Abb. 3.3 FSW, 2001, S. 9
- Abb. 3.4 DET, 2006, S. 10
- Abb. 3.5 <http://de.wikipedia.org/wiki/Gartenstadt> [Abruf 27.05.2012]
- Abb. 3.6 http://www.weissenhof.ckom.de/o2_gebaeude/index1.php [Abruf 25.07.2012]
- Abb. 3.7 SCHR, 2008, S. 121
- Abb. 3.8 http://www.weissenhof.ckom.de/o2_gebaeude/index1.php [Abruf 25.07.2012]
- Abb. 3.9 SCHR, 2008, S. 118
- Abb. 3.10 http://www.werkbundsiedlung.at/haus19_20.html [Abruf 27.05.2012]
- Abb. 3.11 SCHR, 2008, S. 124
- Abb. 3.12 <http://www.wikiartis.com/arne-jacobsen/werke/sholm-i-terraced-houses/> [Abruf 27.05.2012]
- Abb. 3.13 SCHR, 2008, S. 50
- Abb. 3.14 http://www.wohnbau.tuwien.ac.at/downloads/Wohnbau_VO/VO_02.pdf [Abruf 25.07.2012]
- Abb. 3.15 SCHR, 2008, S. 158

- Abb. 3.16 SCHR, 2008, S. 58
- Abb. 3.17 SCHR, 2008, S. 156
- Abb. 3.18 SCHR, 2008, S. 59
- Abb. 3.19 SCHR, 2008, S. 164
- Abb. 3.20 SCHR, 2008, S. 168
- Abb. 3.21 http://www.wohnbau.tuwien.ac.at/downloads/Wohnbau_VO/VO_02.pdf [Abruf 25.07.2012]
- Abb. 3.22 PFEI, 2008, S. 66
- Abb. 3.23 PFEI, 2008, S. 64
- Abb. 3.24 PFEI, 2008, S. 72
- Abb. 3.25 SCHR, 2008, S. 124
- Abb. 3.26 SCHR, 2008, S. 166
- Abb. 3.27 PFEI, 2008, S. 81
- Abb. 3.28 PFEI, 2008, S. 100
- Abb. 3.29 PFEI, 2008, S. 101
- Abb. 3.30 FSW, 2001, S. 26
- Abb. 3.31 FSW, 2001, S. 26
- Abb. 3.32 FSW, 2001, S. 26
- Abb. 3.33 FSW, 2001, S. 27
- Abb. 3.34 FSW, 2001, S. 27
- Abb. 3.35 FSW, 2001, S. 27
- Abb. 3.36 http://www.architectureweek.com/2007/1107/environment_1-2.html [Abruf 09.06.2011]
- Abb. 3.37 <http://www.halen.ch/4613.html> [Abruf 18.09.2011]
- Abb. 3.38 <http://www.halen.ch/4613.html> [Abruf 18.09.2011]
- Abb. 3.39 <http://www.halen.ch/4613.html> [Abruf 18.09.2011]
- Abb. 3.40 <https://maps.google.at/> [Abruf 17.07.2012]
- Abb. 3.41 http://www.rupertsteiner.com/image.php?media_id=130559 [Abruf 16.09.2011]
- Abb. 3.42 http://www.rupertsteiner.com/image.php?media_id=130576 [Abruf 16.09.2011]
- Abb. 3.43 SCHR, 2008, S. 156
- Abb. 3.44 SCHR, 2008, S. 156

- Abb. 3.45 http://www.rupertsteiner.com/image.php?media_id=130575
[Abruf 16.09.2011]
- Abb. 3.46 http://www.rupertsteiner.com/image.php?media_id=130570
[Abruf 16.09.2011]
- Abb. 3.47 <https://maps.google.at/> [Abruf 17.07.2012]
- Abb. 3.48 <http://www.beatrothen.ch/main.php?n=HE3459.p.wohnungsbau..text..7FN8C3>. [Abruf 14.06.2011]
- Abb. 3.49 <http://www.beatrothen.ch/main.php?n=HE3459.p.wohnungsbau..text..7FN8C3>. [Abruf 14.06.2011]
- Abb. 3.50 <http://www.beatrothen.ch/main.php?n=HE3459.p.wohnungsbau..text..7FN8C3>. [Abruf 14.06.2011]
- Abb. 3.51 <http://www.beatrothen.ch/main.php?n=HE3459.p.wohnungsbau..text..7FN8C3>. [Abruf 14.06.2011]
- Abb. 3.52 <http://www.beatrothen.ch/main.php?n=HE3459.p.wohnungsbau..text..7FN8C3>. [Abruf 14.06.2011]
- Abb. 3.53 <http://www.beatrothen.ch/main.php?n=HE3459.p.wohnungsbau..text..7FN8C3>. [Abruf 14.06.2011]
- Abb. 4.1 Hakima Hariri
- Abb. 4.2 Hakima Hariri
- Abb. 4.3 Hakima Hariri
- Abb. 4.4 <http://www.wien.gv.at/stadtplan/> [Abruf 20.03.2013]
- Abb. 4.5 Hakima Hariri
- Abb. 4.6 http://www.evermotion.org/modelshop/show_product/acer-platanoides-plant-35-am58/884/o/o/ [Abruf 07.03.2013]
- Abb. 4.7 http://www.evermotion.org/modelshop/show_product/carpinus-plant-46-am58/895/o/o/ [Abruf 07.03.2013]
- Abb. 4.8 http://www.evermotion.org/modelshop/show_product/tilia-plant-43-am58/892/o/o/ [Abruf 07.03.2013]
- Abb. 4.9 <http://www.treppenbau-voss.de/faltwerktruppe.html> [Abruf 05.03.2013]
- Abb. 4.10 Hakima Hariri
- Abb. 4.11 Hakima Hariri

Abb. 4.12 Hakima Hariri

Abb. 4.13 Hakima Hariri

Abb. 4.14 Hakima Hariri

Abb. 4.15 Hakima Hariri

QUELLENVERZEICHNIS

- ARI, 2002 Arieff, Allison / Burkhart, Bryan: Prefab. Layton, Utah: Gibbs Smith, 2002.
- DET, 2006 Schittich, Christian [Hrsg.]: Im Detail: Reihen- und Doppelhäuser. Basel [u.a.]: Birkhäuser, 2006.
- DET, 2008 Staib, Gerald / Dörrhöfer, Andreas / Rosenthal, Markus: Edition Detail – Elemente + Systeme – Modulares Bauen. Basel [u.a.]: Birkhäuser, 2008.
- FSW, 2001 Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Inneren [Hrsg.]: Flächensparende Wohngebiete – Arbeitsblatt Nr. 13 - 2. Auflage. München: 2001.
- GRG, 2011 Lenzinger, Thomas [Hrsg.]: Griffen Green – Energieautarkie ist möglich. Griffen, Wien: GriffnerHaus AG, 2011
- HAL, 2010 Zumbühl, Heinz J. [Hrsg.]: Siedlung Halen - Meilenstein moderner Siedlungsarchitektur. Bern [u.a.]: Haupt, 2010.
- KEF, 2011 Klima- und Energiefonds: Smart Cities – Städte mit Zukunft. Wien: August 2011.
- KRÄ, 2005 Krämer, Karl H. [Hrsg.]: Reihenhäuser und Wohnanlagen. Stuttgart und Zürich: Krämer, 2005.
- KRO, 2008 Kronenburg, Robert: Mobile Architektur – Entwurf und Technologie. Basel [u.a.]: Birkhäuser, 2008
- ÖFV, 2012 Pressemappe von der Pressekonferenz des Österreichischen Fertighausverbandes am 27. April 2012
- PFEI, 2008 Pfeifer, Günter / Brauneck, Per: Reihenhäuser – Eine Wohnbautypologie. Basel [u.a.]: Birkhäuser, 2008.
- SCHR, 2008 Schramm, Helmut: Low Rise - High Density – Horizontale Verdichtungsformen im Wohnbau – 2. Auflage. Wien: Springer, 2008.
- SCHU, 2007 Schuck, Judith: Passivhäuser – Bewährte Konzepte und Konstruktionen. Stuttgart: Kohlhammer, 2007.
- SIEG, 2007 Siegele, Dietmar: Passivhaus – Das Bauen der Zukunft. Norderstedt: BoD, 2007.

SIM, 2005	Simon, Katja: Fertighausarchitektur in Deutschland seit 1945. Oberhausen: Athena, 2005.
SOM, 2011	Sommer, Adolf Werner: Passivhäuser – Planung, Konstruktion, Details, Beispiele – 2. Auflage. Köln: Müller, 2011.
WWW-BAU	http://www.bau.net/forum/lueftung/810.htm [Abruf 25.03.2012]
WWW-BHC	http://www.bauherren-checkliste.de/bauherren-infos/bauherren-ratgeber/fertighaus/vorteile_nachteile-fertighaus.html [23.08.2011]
WWW-BW-RH	http://www.bauwesen.de/reihenhaus/reihenhaus.html [Abruf 09.06.2012]
WWW-DACH	http://www.dach.de/services/dachlexikon/reihenhaus [Abruf 09.06.2012]
WWW-EL	http://www.energie-lexikon.info/sonnenkollektor.html [Abruf 25.04.2012]
WWW-EN-PR	http://www.netzwerk-energieberater.de/wiki/Primärenergiebedarf [Abruf 16.12.2011]
WWW-ENSP-BD	http://www.energiesparhaus.at/fachbegriffe/blowerdoor.htm [Abruf 14.07.2011]
WWW-ENSP-FH	http://www.energiesparhaus.at/gebaeudehuelle/fertighaus/fertighaus.htm [Abruf 23.08.2011]
WWW-FEN	http://www.forumenergie.ch/pub/events/docs/Referat_Moor_000.pdf [Abruf 16.12.2011]
WWW-FH	http://www.fertighaus.org/index.php/fertighaeuser [Abruf 3.8.2011]
WWW-FH-BW	http://www.fertighaus.org/index.php/bauweisen [Abruf 3.8.2011]
WWW-FT	http://www.fenster-tipps24.de/fenstertechnik/energieeffizienz/der-u-wert-bestimmt-die-energieeffizienz-von-fenster-und-rolllaeden.html [Abruf 16.12.2011]
WWW-GLAS	http://www.glasfandel.de/uploads/media/Verglasung_oder_Fenster.pdf [Abruf 16.12.2011]
WWW-HL	http://www.halen.ch/ [Abruf 03.09.2011]
WWW-IG	http://www.igpassivhaus.at/ [Abruf 12.07.2011]
WWW-NOE	http://www.no-e-gestalten.at/serien/passivhaus.htm [Abruf 12.07.2011]

WWW-NR	http://www.nextroom.at/building.php?id=2591 [Aufruf 01.09.2011]
WWW-NZZ	http://www.nzz.ch/nachrichten/zuerich/mit_mut_zu_weniger_1.686803.html [Abruf 12.09.2011]
WWW-PHP	http://www.passivhaus-plattform.de/Standort-und-Orientierung.170.0.html [Abruf 17.07.2011]
WWW-PP-TBH	http://passipedia.passiv.de/passipedia_de/grundlagen/bauphysikalische_grundlagen/thermische_behaglichkeit/einflussgroessen_auf_die_thermische_behaglichkeit [Abruf 08.10.2011]
WWW-PP-ZLG	http://passipedia.passiv.de/passipedia_de/zertifizierung/passivhausgeeignete_komponenten/zertifizierung_von_lueftungsgeraeten#qualitaetsanforderungen_fuer_das_zertifikat_„passivhaus_geeignetes_waermerueckgewinnungsgeraet“ [Abruf 25.03.2012]
WWW-WBS19	http://www.werkbundsiedlung.at/haus19_20.html [Abruf 28.05.2012]
WWW-WIK-BD	http://de.wikipedia.org/wiki/Differenzdruck-Messverfahren [Abruf 14.07.2011]
WWW-WIK-NH	http://de.wikipedia.org/wiki/Nissenhütte [Abruf 10.09.2012]
WWW-WN	http://www.wohnet.at/begriffsdefinition.htm [Abruf 3.8.2011]