



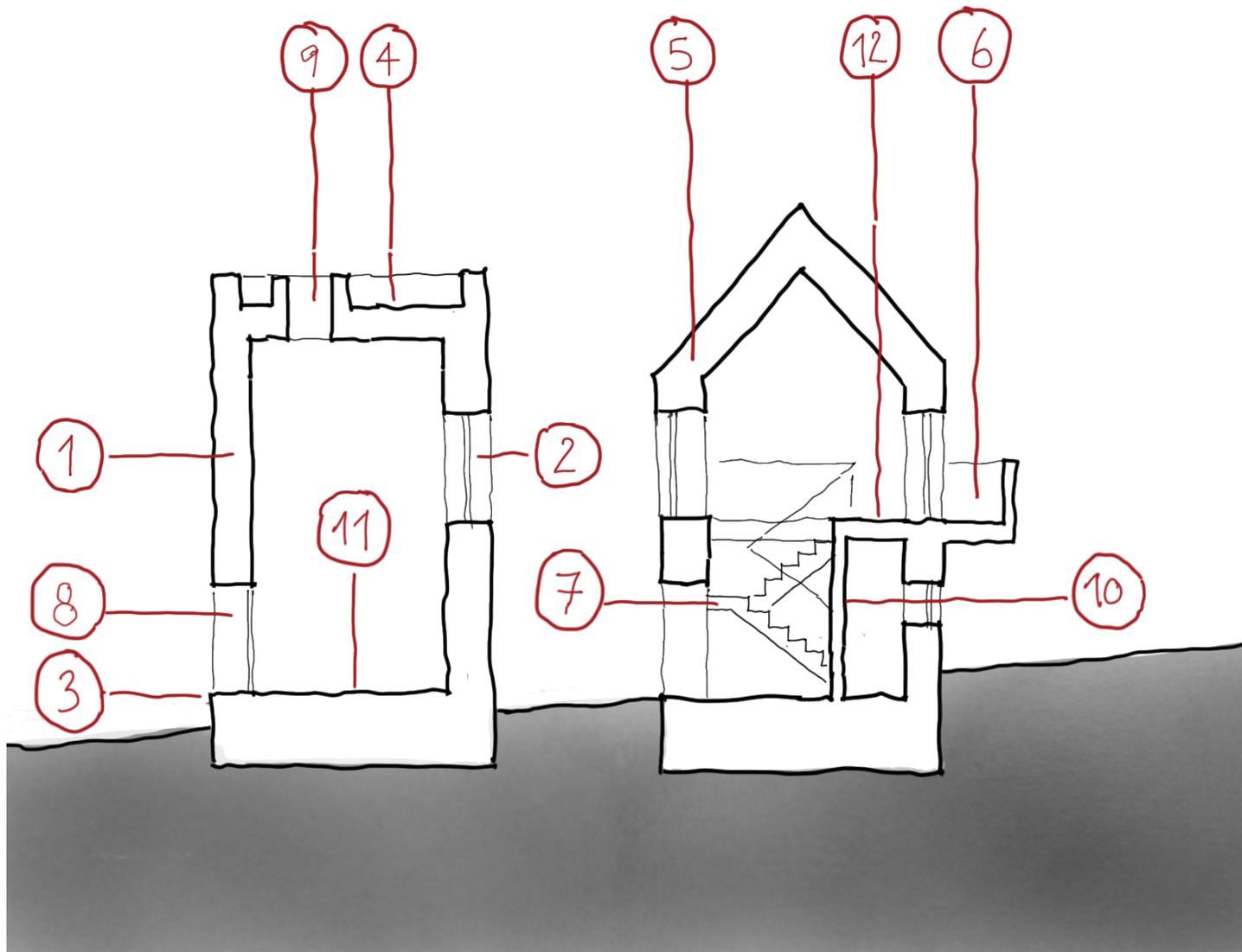
Material  
Konstruktion  
Raum

# Inhalt

<b>Einführung</b>	
12 Themen	6
Das allmähliche Verfertigen der Gedanken beim Zeichnen	8
Vom Anfang der Architektur	10
Mit Kopf und Hand	14
Entwerfen und Konstruieren	15
Konstruktionssysteme	16
Material	17
Fügung	18
Gebäudehülle	19
<b>Wand</b>	<b>21</b>
Mauerwerk	23
Mauersteine	23
Mauermörtel	28
Putzflächen	29
Mauerverband	34
<b>Öffnung</b>	<b>39</b>
Fenster	39
<b>Sockel</b>	<b>48</b>
Boden	50
Fundament	51
<b>Dach, flach</b>	<b>55</b>
Dachabdichtung	62
Dämmstoffe	63
Anschluß an Bauteile	65
Entwässerung	65
Oberlicht	68
<b>Darstellung</b>	<b>72</b>

# 12 Themen

Womit befasst sich Baukonstruktion innerhalb des Gebäudes? Welche Standards müssen beherrscht werden? Wie sich innerhalb dieses Systems orientieren? Dazu sollen die Fragen und Prinzipien zur Baukonstruktion in 12 Themenkomplexe zusammengefasst werden. 12 Themen, die jeweils Detailfragen, Randbedingungen und Vorgehensweisen zusammenfassen und in ihrer Summe dann ein Haus bedeuten, wenn sie in der richtigen Beziehung zueinander stehen. Architektur kann deshalb als ein System interpretiert werden, das sich mit der Ausbildung dieser 12 Themen und die Beziehung dieser Themen zueinander befasst. Diese Themensammlung ist alles andere als vollständig. Sie beschreibt eher Standards, die beherrscht werden sollten und ein gewisses konstruktives „Repertoire“ darstellen. Dies immer mit dem Verweis, die Themen in der weiterführenden Fachliteratur zu vertiefen.



- ① Wand
- ② Öffnung
- ③ Sockel
- ④ Dach, flach
- ⑤ Dach, geneigt
- ⑥ Balkon, Loggia, Altan
- ⑦ Treppe
- ⑧ Tür
- ⑨ Oberlicht
- ⑩ Wand, innen
- ⑪ Boden
- ⑫ Decke

*Heinrich von Kleist: Über die allmähliche  
Verfertigung der Gedanken beim Reden. Eine  
zweispältige Ausgabe von Stefan Klamke-  
Eschenbach und Urs van der Leyn (Designer),  
mit einem Kommentar von Vera F. Birkenbihl,  
Dielmann, Frankfurt am Main 1999*

# Das allmähliche Verfertigen der Gedanken beim Zeichnen

Bei der Bearbeitung der konstruktiven Umsetzung des Entwurfes entstehen im Rahmen der Übungen Skizzen, die sehr gut den Konstruktions- und Entwurfsprozess darstellen. Diese Phase, in der skizzenhaft der Entwurf und dessen konstruktive Entsprechung untersucht wird, scheint ein sehr wichtiger- vielleicht der wichtigste- Arbeitsschritt in dem komplexen Prozess des Entwerfens und Konstruierens zu sein.

Das Denken mit dem Stift- oder: „das allmähliche Verfertigung der Gedanken beim Zeichnen“- eine Formulierung, die in einem Gespräch mit Thomas Zimmermann in Abwandlung eines Zitates von Heinrich von Kleist entstand - stellt eine Methode dar, dass auf das Papier zu bringen, was ohne den Prozess des Zeichnens möglicherweise nie entstehen würde. Das bedeutet nicht, dass Entwerfen und Konstruieren ohne diesen Prozess nicht möglich wäre, soll aber deutlich machen, welchen Stellenwert der Prozess des denkenden Zeichnens für gute Architektur haben kann.

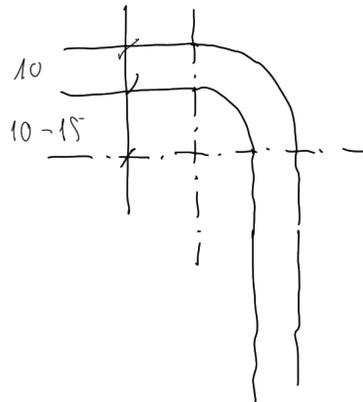
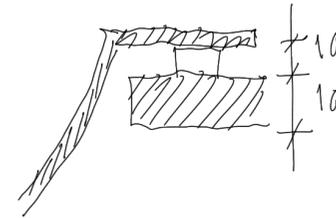
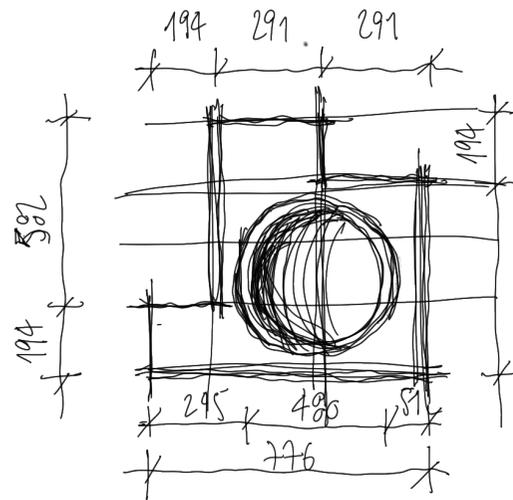
Das Beherrschen dieser Methode kann zum einen die konzeptionelle Tiefe von Entwurf und Konstruktion fördern und beschleunigen, kann darüber hinaus aber auch der Kommunikation mit den Auftraggeber:innen und allen am Bau beteiligten dienen. Die Konkretisierung des Ausführungsprozesses findet sehr oft – vor allem auch effizient – mittels einer Skizze statt. Gerade dann, wenn Details weiter auf ihre Umsetzbarkeit untersucht werden,

stellt das skizzenhafte Zeichnen eine schnell zum Ziel führende Methode dar. Unabhängig davon, kann die Handzeichnung eine ästhetisch anspruchsvolle Darstellung der beabsichtigten Struktur, Ordnung und Materialität eines Projektes bedeuten.

Außerdem tritt eine wichtige Qualität der Darstellung bei der Zeichnung mit der Hand sehr gut in den Vordergrund: das Herausarbeiten des Wesentlichen. Das bezieht sich nicht nur auf die Darstellung sondern auch auf den zeichnenden Denkprozess. Was ist wichtig, was ist weniger wichtig. Die Skizze vermittelt das mit der gleichen Selbstverständlichkeit, mit der sie entstanden ist.

Vor diesem Hintergrund werden innerhalb dieser Publikation alle Details und alle damit verbundenen konzeptionellen Überlegungen mit Handzeichnungen erläutert. Dies ist auch mit einem weiteren Aspekt verbunden: Die Skizze dient auch dem Kommunikationsprozess im Kreis der Student:innen im Zeichensaal und der Diskussion mit den Lehrenden, ist also wesentlicher Teil des Studiums. Darin die eigene Sprache zu finden, die eigene Art der Darstellung, das eigene Vermitteln wesentlicher Inhalte ist sicher ein guter Weg innerhalb des Architekturstudiums.

Das Denken hört nicht im Kopf auf, vielmehr ist es der ganze Körper, der denkt, alle Gliedmaßen, die am Denkprozess beteiligt sind. Die Verbindung von der Hand zum Kopf ist damit unmittelbar, und stellt einen Prozess dar, der mit dieser Wirkungsweise nicht durch andere Werkzeuge ersetzt werden kann. Dennoch ist das Plädoyer für die mit der Hand als Teil des Denkprozesses gefertigte Skizze keinesfalls dazu gedacht, das Zeichnen und Darstellen mit digitalen Werkzeugen in Frage stellen, ist nicht polarisierend gemeint, sondern sieht die Handskizze immer als Teil aller Darstellungs- und Entwicklungskompetenzen.



900mm



# Vom Anfang der Architektur

Vor etwa 8000-9000 Jahren begannen Menschen in Europa sesshaft zu werden. Lange davor haben Menschen schon in Höhlen gelebt. Erste Bauten waren wahrscheinlich Zeltkonstruktionen. Felle die, über Holzstangen gespannt, Räume bilden. Äste mit pflanzlichen Geweben, mit Lehm bekleidet, können Wände gebildet haben. Architektur bildet Raum. Das Architekturstudium ist auf Raumbildung ausgerichtet. Eine Tätigkeit, die sehr weit in die Menschheitsgeschichte zurückgreift.

Während Jäger und Sammler in „Territorien von mehreren Dutzend bis einigen Hundert Quadratkilometern“<sup>1</sup> lebten verbrachten sesshafte Bauern, „dagegen den größten Teil ihres Lebens auf ihrer Scholle oder in ihrem Obstgarten, und ihr eigentliches Zuhause war ein beengter Holz-, Stein- oder Lehmverschlag, der kaum mehr als ein Dutzend Quadratmeter maß – das Haus“. Landwirtschaft, und damit viel von dem, was wir als Landschaft wahrnehmen, der Aussenraum, ist die Folge dieser Sesshaftigkeit des Menschen und nicht etwa deren Ursache, wie man annehmen könnte.

Wo und wie genau das erste Bauen begann, werden wir wohl nie erfahren. Sicher aber ist, die Frage der Konstruktion stand am Anfang. Elemente verschiedener Materialien miteinander dauerhaft zu verbinden, eine Wasserableitung herzustellen, einen Witterungsschutz zu bilden, Räume zu formen, die ihre Bewohner vor Wind und Regen, Tieren und natürlich auch menschlichen Feinden schützen, waren die ersten Problemstellungen der Architektur. Diese sehr grundsätzlichen Fragen haben sich

nicht geändert. Auch heute beschäftigt uns die Frage wie es im inneren von Räumen dauerhaft trocken und warm bleibt, wenn es darum geht, eine architektonische Entsprechung für eine Bauaufgabe zu finden.

Was uns wohl als Menschen seitdem beschäftigt, ist das Spannungsfeld zwischen dem Jäger und Sammler, der „unter dem weiten Himmel“ (Yavari) sein Zuhause hat, sich in weitläufigen Landschaften bewegt und dem Schutzbedürfnis der engen aber vermeintlich sicheren Hütte. Der Bezug zwischen dem geschützten Raum mit seinen klaren Grenzen und der scheinbar grenzenlosen Landschaft ist oft genug Thema in der Raumfindung der Architektur. Hinzu gekommen ist die Frage nach dem Schönen, wobei die Meinungsbildung bezüglich des Schönen immer retrospektiv entsteht. Wir bewerten die Dinge in einem gemeinsamen gesellschaftlichen Erfahrungsprozess, wägen zwischen dem Gebrauch der Dinge und ihrer Gestalt ab und entwickeln damit die Grundlage für das „Schöne“. So kann behauptet werden, dass am Anfang der Architektur die Konstruktion und Raumbildung stand, der Gebrauch, dem unmittelbar die Frage nach der Gestalt, dem „Schönen“ folgt.

Das Sesshaftwerden der Menschen war Ausgangspunkt zu der Entwicklung einer Baukultur, die unsere Städte von heute zur Folge hat. „Kultur“, lateinisch cultura „Bebauung, Bearbeitung, Bestellung, Pflege“ kommt damit aus der Fähigkeit der Menschen Dinge herzustellen, zu bearbeiten und auch vollkommen neu zu erschaffen. Damit ist die Baukultur heute ursprünglich mit der Sesshaftwerdung der Menschen verknüpft und Kultur zeigt sich in hohem Maße durch das Bauen. In dem Bauen heute die ursprüngliche, aktuelle und zukünftige Rolle der Konstruktion zu finden, ist ein wichtiger Aspekt des Architekturstudiums.

Wie Architektur studieren? Der Prozess der Gestaltwerdung von Architektur bildet sich im Architekturstudium wieder ab. Im Diskurs mit den Mitstudierenden können Erfahrungen, wie Orientierung, Findung und das Scheitern zu einer Haltung führen die

uns irgendwann befähigt die Dinge im Bewusstsein von Gesellschaft und Umwelt so oder so zu entwickeln, Qualität zu finden, zu schätzen und zu fördern. Die Hochschule bildet dazu einen Handlungsrahmen. Arbeitsplätze für Studierende, Seminarräume, Werkstätten und Hörsäle ermöglichen diesen Diskurs, der von den Lehrenden angeregt, moderiert, provoziert wird. Nutzen Sie diesen Handlungsrahmen als Ausgangspunkt für Ihre persönliche Entdeckungsreise in die Welt der Architektur. Nutzen sie die Auseinandersetzung mit ihren Kommilitoninnen und Kommilitonen, nutzen Sie die Auseinandersetzung mit den Lehrenden. Nutzen Sie die Räume, die dazu den Handlungsrahmen bilden.

In dem Architekturstudium – wahrscheinlich in jedem Studium – geht es also nicht nur um eine persönliche, von der Gemeinschaft unabhängigen Entwicklung, sondern in hohem Maße um eine Entwicklung durch die Auseinandersetzung innerhalb der Gemeinschaft über die grundsätzlichen Probleme der Architektur, die Prinzipien und ihre Auswirkungen. Es erscheint wesentlich, diesen Handlungsrahmen Hochschule zu erkennen und zu nutzen. Unabhängig davon gab und gibt es immer einige wenige, die diesen Handlungsrahmen nicht brauchen, für die architektonische Phänomene wie ein offenes Buch zu lesen und zu interpretieren sind, und die aus dieser Gabe heraus neue, bedeutende Architektur schaffen können. Dies stellt allerdings den Handlungsrahmen Hochschule nicht in Frage.

### **Konstruktion - Versuch einer Einordnung**

Wenn es in diesem Studium um Baukonstruktion geht, in welcher Beziehung steht dieses Fach zur Architektur? Welche Rolle nimmt die Konstruktion in dem architektonischen Schaffensprozess ein? In wie weit ist sie sichtbar, an der Gestalt des Bauwerkes beteiligt?

Die Prozesse des Entwerfens und des Konstruierens stehen in einer unmittelbaren Beziehung zueinander. Die Konstruktion bestimmt die Gestalt und umgekehrt. Im positiven wie im negativen Sinne tritt die Beziehung zwischen dem Entwerfen und Konstru-

ieren zu Tage. Fraglich ist, ob die Konstruktion in der Gestalt des Bauwerkes sichtbar werden muss, sie durch ihr Wirken maßgeblich bestimmt und bildet, oder ob das Ziel des Prozesses des Entwerfens und Konstruierens ist, genau dies zu vermeiden, die Konstruktion geheimnisvoll im Hintergrund wirken zu lassen, und nicht in Erscheinung zu treten. Dabei bleiben die Konstruktionsprinzipien, die anzuwenden sind, die gleichen.

Der Begriff der Konstruktion beschreibt die Fügung der Teile zu einem Ganzen. „Architektur beginnt, wenn zwei Backsteine sorgfältig zusammengesetzt werden.“ So hat es Mies van der Rohe, einer der bedeutendsten Architekten des 20. Jahrhunderts, ausgedrückt. Es ist der Verweis auf ein Detail, den Fügepunkt zwischen zwei Steinen, die Fuge also und das Material mit dem die Fuge hergestellt wird. Es ist auch der Verweis auf die Gestalt der Fuge, die durch die Tätigkeit des Mauerns bestimmt wird und es ist vor allem der Verweis auf die Tätigkeit des Mauerns, das arbeiten mit der Hand und das kunstvolle aufeinandersetzen der Ziegel.

### **Anmerkungen zur Historie der Konstruktion**

Historisch gesehen, war die Konstruktion ursächlich für die Erscheinung der Architektur und in hohem Maße gestaltgebend. Bereits in der griechischen und römischen Antike wurden Wände und Decken farblich gefasst, Material und konstruktive Fügung traten in den Hintergrund. Typisch für die Neuzeit sind räumliche Interpretationen, die sich vollständig von dem konstruktiven Gefüge des Raums lösen und eine andere, idealisierte Räumlichkeit verkörpern. Wände, Decken, Gewölbe werden als leichte Konstruktionen vor die tragenden Teile des Raums gesetzt um die räumliche Wirkung der Architektur zu verstärken. Damit werden komplizierte räumliche Phänomene möglich, die mit realen Konstruktionen nur schwer herstellbar sind, der Raum löst sich von seinen konstruktiven Bindungen. Stahl und Stahlbeton als Innovationen im 18. Jahrhundert- erste gusseiserne Brücke- und 19. Jahrhundert – Erfindung des Stahlbetonprinzips durch Monier- ermöglichten Architekturen, die bisher geltende konstruk-



Frontispiz der von Laugier's Essai sur l'Architecture. Allegorische Darstellung der Vitruvianischen Urhütte von Charles Eisen (1720–1778).

*Mies van der Rohe  
Gesammelte Schriften  
Merve Verlag GmbH, 2022*

tive Bedingungen wie z.B. Spannweiten von Fassadenöffnungen und Deckenkonstruktionen mit geringem Aufwand überspielen können. Das Tragwerk war jetzt nicht mehr in gleichem Maße für den Raum und seine Öffnungen bestimmend wie vor dem. Tragwerk und Konstruktion gewinnen aber neue Bedeutung, da vorher nicht vorstellbare Dimensionen erreicht werden können wie es der Crystal Palace in London oder die Konstruktion des Eiffelturms unter Beweis stellen konnten.

Im 20. Jahrhundert kommen die Innovationen der Materialien zu einer besonderen Wirkung. Transportmöglichkeiten erlauben Hölzer, Natursteinmaterial über Kontinente hinweg zu transportieren und einzusetzen. Die Verbrechen der Kolonialisierung stehen damit in unmittelbarem Zusammenhang. Ob Pitchpine aus Kanada oder Marmor aus Afrika, fast jedes auf der Erde vorkommende Material ist verfügbar.

Hinzu kommen neue Werkstoffe, die für das Bauen eingesetzt werden. Kunststoffe, ab 1909 Bakelit, kommen vermehrt zum Einsatz. Heute ist die Orientierung innerhalb einer scheinbar unendlichen Vielfalt und Verfügbarkeit von Material zu einer grundlegenden Aufgabe im architektonischen Schaffensprozess geworden. Auch der Konstruktion von Gebäuden scheinen kaum Grenzen gesetzt zu sein. Tragwerke machen Räume möglich, die von der Gravitation unabhängig zu sein scheinen. Konstruktionen überspielen die Notwendigkeiten der Witterung und Naturkräfte, die auf Gebäude einwirken. Aus diesen Möglichkeiten entstehen gleichsam Werke mit höchstem künstlerischem Anspruch während die Qualität des alltäglichen Bauens leidet.

Die Entwicklung des Klimas auf unserem Planeten und die möglichen Folgen zwingen uns – glücklicherweise – dazu, Architektur neu zu denken nicht ohne sich dabei an ihre Herkunft zu erinnern, möglicherweise sogar an dieser Herkunft zu Orientieren. Wir stellen fest, dass Ressourcen nicht unendlich zur Verfügung stehen. Energieverbräuche, aber auch die Materialverwendung bei der Erstellung, dem Betrieb und der Entsorgung von Gebäuden werden künftig eine besondere Rolle spielen. Das kann

bedeuten, dass es Sinn macht viel Energie und Material für die Erstellung eines Gebäudes zu verwenden damit die Grundstruktur für einen langen Zeitraum erhalten bleibt, oder umgekehrt. Der einseitige Fokus auf Ressourcenverbräuche ist dabei fraglich. Es ist gerade vor dem Hintergrund von Historie und Zukunft der Architektur in besonderem Maße interessant sich mit deren Konstruktion auseinanderzusetzen und diese neu einzuordnen.

### **Baukonstruktion anfangen**

Wie sich in diesem komplexen Feld zurechtfinden? Wie orientieren? Die Betrachtung des komplexen Systems der Architektur und deren Konstruktion bleibt zunächst bei der Anschauung von Material und Konstruktion. Es beginnt mit einem einfachen „Räumling“. Aus Ton wird im ersten Schritt ein Körper geformt, der ein Gesamtvolumen an den Außenkanten von  $1000 \text{ cm}^3$  aufweisen soll. Dem Körper wird im zweiten Schritt ein Raum von  $500 \text{ cm}^3$  entnommen. Beide Räume sind für die Betrachtung interessant. Der Außenkörper und der Innenkörper. Die beiden Körper werden neben einander gestellt und gemeinsam betrachtet. In einem dritten Schritt werden Öffnungen in diesen Körper eingebracht, der Innenraum mit dem Außenraum verbunden. Wieviel Öffnungen verträgt der Körper? Wie wenig Öffnung braucht er? Was erlaubt das Material?

Das Material, der Ton, steht für den Urgrund des Bauens, den Anfang der Architektur. Gleichzeitig kann mit dem Material das thematisiert werden, was Architektur bislang ausgemacht hat und was sie möglicherweise auch künftig ausmachen wird. Die Auseinandersetzung mit dem Raum. Das alles passiert ohne das dabei Gebäude, oder Modelle von Gebäuden entstehen. Der Räumling bleibt abstrakt ohne dabei an ein Haus zu erinnern. Es geht um Material, Konstruktion, Raum.

## Konstruktion und Architektur

Mit welchen Fragen beschäftigt sich die Architektur und hier im speziellen die Konstruktion? Wann kann von Architektur gesprochen werden? Ist alles gebaute gleichbedeutend Architektur? Wenn angenommen wird, dass die Kapelle von St. Nepomuk in Oberrealta von Rudolf Fontana Architekten mit Christian Kerez das gleiche Raumvolumen darstellt, aus dem gleichen Material- Stahlbeton- gebaut wurde und die gleiche Masse an Baumaterial repräsentiert, wie die Standardfertiggarage der Fa. Zapf, wird doch deutlich, dass es sich nicht in beiden Fällen um ein vergleichbares räumliches Phänomen handelt. Obwohl alle, den Raum technisch beschreibende Parameter, exakt gleich sein könnten, ist die Erscheinung und die Bedeutung der beiden Gebäude für uns extrem unterschiedlich. Unsere gemeinsamen kulturellen Erfahrungen lassen das eine eindeutig als Kapelle und damit als Sakralraum erscheinen und das andere als eine eher banale Garage. Wir stellen uns dabei vor, dass die Erwartungen an den Raum und der Raum selbst in dem jeweiligen Fall einen sehr unterschiedlichen Einfluss auf unser Befinden haben werden. Woran liegt das? Zunächst weisen wir den sehr unterschiedlichen Gebäuden jeweils andere Bedeutungen zu. Wodurch aber werden diese verkörpert? Da ist zunächst die Proportion, die Form des Gebäudes mit der wir deren Bedeutungen identifizieren, es sind aber auch die Beziehung zum Ort, der Kontext, in dem die Gebäude erscheinen und es ist - durchaus wesentlich - die Behandlung des Materials, der Oberflächen, die Fügung und damit- die letzten Punkte zusammenfassend- die Konstruktion. Der Schlüssel für die Übersetzung der Bedeutung in die Architektur kann also zu einem erheblichen Maße die Konstruktion sein.

*„Was ist Architektur? Es ist eine Kunst! Aber Technik, Konstruktion, Funktion sind ihre Voraussetzungen.*

*Halt! – können das Voraussetzungen für Kunst sein?*

*Alle Welt hält – auch heute noch – Architektur für Kunst. Die Architekten sprechen bei Ihren Arbeiten von „künstlerisch“. Ist das richtig? Nach meiner Ansicht: ja – so können Technik, Konstruktion und Funktion nicht Voraussetzung sein. Sie sind nur die Mittel mit deren Hilfe Architektur zustande kommt.“*

*Bruno Taut*



Kapelle St. Nepomuk, 1994  
Oberrealta  
Architekten: Rudolf Fontana / Christian Kerez



Standardfertiggarage Classic 298, Fa Zapf

[1 Yuval Noah Harari, Eine kurze Geschichte der Menschheit, Pantheon Verlag 2013](#)

[Bruno Taut, Architekturüberlegungen 1935  
In: Arch+ Zeitschrift über Architektur und Städtebau 194/ 2009](#)



Ludwig Mies van der Rohe in: Werner Blaser:  
Mies van der Rohe. Die Kunst der Struktur.  
DVA, Stuttgart 1981, ISBN 3-421-02560-6.

Urs Büttiker: Louis I. Kahn. Licht und Raum.  
Birkhäuser Verlag AG, 1989

Louis I. Kahn, 1972 (Die Architektur und die  
Stille" Basel, 1993)

# Mit Kopf und Hand

## Arbeiten im Maßstab 1:1

### Der Bogen

*„Architektur beginnt, wenn zwei Backsteine sorgfältig zusammengesetzt werden. Architektur ist eine Sprache mit der Disziplin einer Grammatik. Man kann Sprache im Alltag als Prosa benutzen. Und wenn man sehr gut ist, kann man ein Dichter sein.“*

Ludwig Mies van der Rohe

Im Rahmen der Vorlesung und der Übungen im Zeichensaal bleibt das Entwerfen und Konstruieren abstrakte Materie. Die Kraft und Sinnlichkeit des Materials, das was das Material uns abverlangt wenn wir es in einem Fügungsprozess zu einer Einheit verschiedener Materialien zusammenführen wollen, bleibt ein Geheimnis. Was auch ein Geheimnis bleibt, wenn uns die unmittelbare Auseinandersetzung mit dem Material fehlt ist das „Machen“ und der Erkenntnisprozess, der aus dem Bearbeiten des Materials, der Form und des Raumes mit den Händen entsteht. Das Wissen um die Dinge reicht nicht aus, erst das Machen vervollständigt den Erkenntnisprozess. Otl Aicher, Mitbegründer der Hochschule für Gestaltung in Ulm (HfG) und einer der wichtigsten Designer des 20. Jahrhunderts mit ebenfalls großem Einfluss auf die Architektur dieser Epoche hat das Wissen als die „Rückseite des Machens“ bezeichnet. Beides, der analoge und der digitale Prozess, das Arbeiten mit den Händen und das Denken in der abstrakten Zeichnung sind wichtige Wege der Auseinandersetzung mit Material, Ort und Raum. Der Fügungsprozess ist dabei eine grundlegende Komponente der Architektur und braucht das Bewußtsein, dass daraus eine Wand, eine Stütze ein Raum werden soll. Die daraus folgende Fähigkeit zu entwickeln ohne mit diesem Bewußtsein die Auseinandersetzung mit Material gesucht zu haben ist sehr schwer- eigentlich kaum möglich.

Dies bei den Studierenden beobachtend, wurde ein weiteres Format in die Baukonstruktionslehre eingeführt. Das Format ist so alt wie die Menschheit, es ist das Arbeiten am 1:1 Modell. Im ersten Semester Baukonstruktion wird eine kleine Entwurfsaufgabe gestellt, bei der Bedingung ist, dass alle Wandkonstruktionen ausschliesslich mit einem maßlich festgelegten Ziegelstein konstruiert werden müssen. Der Ziegelstein steht dabei für das Modulare allen Bauens. Unabhängig von der Bauweise, dem Material, dem Fügungsprinzip setzt sich das Ganze der Architektur immer aus Teilen zusammen, die durch ihre Beschaffenheit, ihre Struktur und Größenordnung das Denken in Modulen erfordern. Der Ziegelstein macht dies sehr gut anschaulich. Aus der Zusammensetzung einzelner Steine wird die Wand, ein Bogen, der Raum. Die Kraft und Sinnlichkeit des Materials kann durch das Zeichnen allein nicht vermittelt werden. Es braucht die unmittelbare Erfahrung mit dem Material. Der Bogen, vereint die Sinnlichkeit des Materials, mit dem Prinzip der Fügung und der Idee des Raums. Mit den Studierenden des ersten Semesters Baukonstruktion ist deshalb im Sommersemester 2018 ein Ziegelbogen entstanden. Der Bogen überspannt eine Öffnung von 2,5 m, und wird mit einem Profil von 49 x 62,5 cm ausgeführt. Die Studierenden haben den Bogen mit den eigenen Händen gemauert, die Gesetzmäßigkeit eines Mauerwerksverbandes und die daraus folgende notwendige Maßhaltigkeit erfahren.

*„Wenn man mit einem Ziegelstein spricht und ihn fragt, was er sich wünscht, wird er sagen: einen Bogen. Und wenn man dann erwidert: schau mal, Bögen sind teuer, und einfacher ist ein Fenstersturz aus Beton, sagt der Ziegelstein: ich weiß, dass es teuer ist, und ich fürchte, es lässt sich zur Zeit wahrscheinlich nicht bauen, aber wenn du mich fragst, was ich mir wirklich wünsche, so bleibt es beim Bogen.“*

Louis I. Kahn

# Entwerfen und Konstruieren

Das Konstruieren von Bauten ist eng mit dem Entwurfsprozess verbunden. Entwerfen und Konstruieren sind im Idealfall zwei sich gegenseitig bedingende Aspekte eines Denk- und Arbeitsprozesses, die auf ein gemeinsames Ziel ausgerichtet sind – das fertige, und mangelfreie Bauwerk. Der Denkprozess des Konstruierens stellt dabei eine Verbindung zwischen der Idee des Bauwerks und dem fertigen Resultat her. Dabei müssen das Ergebnis und der dazu erforderliche Konstruktionsprozess gleichermaßen antizipiert werden.

Das architektonische Konzept fragt zwangsläufig nach der Konstruierbarkeit und das Konstruieren verlangt unablässig nach der Entwurfsintention als Leitbild. Ohne Entwurf also keine sinnvolle Konstruktion und umgekehrt. Das Material, das Tragwerk, das Fügungsprinzip und die bauphysikalischen Eigenschaften bilden den Begriff der Konstruktion.

Architektur entsteht aus den Voraussetzungen und Bedingungen des Ortes, der jeweiligen Aufgabenstellung und der Konstruktion. Die Gestalt des Bauwerks ist damit ein Resultat aus der Auseinandersetzung mit diesen drei Faktoren und dem damit verbundenen Arbeitsprozess. Im besten Fall ist damit das Ergebnis, gute Architektur, nicht im ersten Gedanken vorweggenommen, sondern ein Destillat aus dem Prozess des Entwerfens und Konstruierens. Keine Ästhetik a priori – sondern Ästhetik als Folge eines Prozesses.

Das Bugrad eines Jumbojet ist unmittelbarer Ausdruck eines Konstruktionsprozesses für ein Bauteil eines Flugzeuges,

das enormen Belastungen ausgesetzt ist. Die Anforderungen von Rollen, Bremsen, der Einfahrbarkeit, Träger der Bugradleuchten, Stoßdämpfung und Drehbarkeit sind vielfältig.

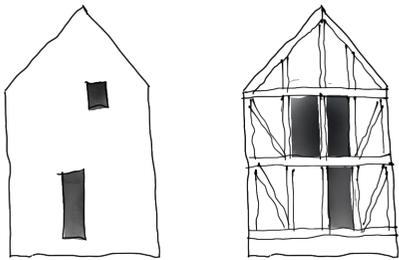
Der Konstruktionsprozess war wohl hier eher auf das Erfüllen dieser technischen Anforderungen ausgerichtet als darauf ein schönes Bugrad zu entwerfen. Dennoch, oder wohl gerade deshalb, ist dem Ergebnis des Prozesses durchaus eine ästhetische Komponente abzugewinnen. Die Qualität der Erscheinung entspringt einer bewährten, für den Fall des Jumbojets, über 40 Jahre lang optimierten Konstruktion. Wenn wir darin eine ästhetische Qualität sehen sollten, dann weil die gewünschten technischen Qualitäten wie zum Beispiel gut rollen, federn, sicher bremsen, gut leuchten im Flugzeugrumpf versenkbar sein, sorgfältig aufeinander abgestimmt mit einem effizienten Materialverbrauch umgesetzt wurden. Der Prozess des sorgsam, technischen Konstruierens, des Optimieren des Materialeinsatzes und das Entsprechen der physikalischen Randbedingungen führen zu einer Gestaltqualität, die diskutabel ist. Aber können dies Kriterien allein für eine gute Gestalt gestaltend gemacht werden?

## Orientierung

Zur Orientierung innerhalb des komplexen Prozesses des Entwerfens und Konstruierens sollten zunächst die Grundtypen der Konstruktionssysteme erkannt und voneinander unterschieden werden. Das Gebäudevolumen eines Skelettbaus hat - begründet durch seinen inneren statischen Aufbau, eine andere äußere Erscheinung zur Folge als das eines Massivbaus gleicher Größenordnung. Ob das eine oder das andere Konstruktionssystem angewandt wird hängt von der örtlichen städtebaulichen, landschaftsräumlichen Situation, der Verfügbarkeit des Materials und den Nutzungsanforderungen ab. Damit stehen Entwerfen und Konstruieren schon in den ersten Überlegungen zum Entwurf im Zusammenhang. Für eine sinnvolle Anwendung und möglicherweise Kombination von Konstruktionssystemen ist es deshalb sinnvoll diese nach ihren Eigenschaften zu unterscheiden. Die



Einordnung hilft dabei Systeme zu erkennen, analysieren und anwenden zu können. Die Unterscheidung der einzelnen Systeme, Bauweisen, Konstruktionselemente und Materialien dient der Orientierung innerhalb der extrem komplexen Welt des Bauens. Nicht anders haben es Botaniker wie zum Beispiel Maria Sibylla Merian bereits im 17. Jahrhundert oder Carl von Linné im 18. Jahrhundert gemacht um sich in der komplexen Welt der Botanik orientieren zu können. Um die komplexe Schönheit einer Blumenwiese beschreiben und erklären zu können ist es zunächst erforderlich sie in ihre Einzelheiten zu zerlegen. Für die Architektur heißt das die Systeme im einzelnen anschauen und erkennen um sie dann zu einem Ganzen zusammensetzen zu können.



## Konstruktions-systeme

Alle Konstruktionssysteme verfolgen das gleiche Ziel: Raumbildung. Zur Raumbildung braucht es ein Tragsystem, das die Standfestigkeit der Konstruktion dauerhaft gewährleistet, ein Dämmsystem, das dafür sorgt, das innerhalb des Raumes eine von den äußeren Bedingungen unabhängige Temperatur möglich ist und ein Schutzsystem, das den Raum und dessen Konstruktion vor äußeren Einflüssen, vor allem Witterung, schützt. Trocken, warm und sicher.

Dieses Ziel kann auf verschiedenen Wegen erreicht werden, die jeweils Vor- und Nachteile haben und deren sinnvolle Anwendung von mehreren Faktoren abhängt. Diese Faktoren können sein: Der Ort und dessen Baugrund, die zur Verfügung stehende

Bauzeit, die Baukosten, das architektonische Konzept, das zur Verfügung stehende Material, der Materialtransport, die klimatischen Bedingungen.

Es ist sinnvoll, das anzuwendende Konstruktionssystem in Abhängigkeit von diesen Faktoren bewusst zu wählen. Das Konstruktionssystem beschreibt das Konzept, nachdem das zur Verfügung stehende Material eingesetzt werden soll um die gewünschten Anforderungen des Bauwerks zu erreichen. Das Konstruktionssystem steht demnach in engem Zusammenhang mit den Eigenschaften des Materials.

Nach dem System des Konstruierens unterscheidet man zunächst zwischen Skelettbau und Massivbau.

### 1. Skelettbau

Das Tragsystem besteht aus stabförmigen Elementen. Der architektonische Raum entsteht erst, nachdem dieses Tragsystem bekleidet und damit geschlossen wird. Nach Gottfried Semper geht das tektonische Prinzip des Skelettbaus auf das Weben, Knüpfen und Flechten als ursprünglichste handwerkliche Technik des Menschen zurück. Die Tragelemente können aus Holz, Stahl oder Beton bestehen. Für das Tragsystem können die Tragelemente für Druck, Zug und Biegung ausgelegt werden. Für dessen Bekleidung und Ausfachungen eignen sich eine Fülle von Materialien. Öffnungen in der Wand sollten dem Tragsystem entsprechen. Skelettbauten können einen hohen Vorfertigungsgrad aufweisen und damit zeit- und kostengünstig erstellt werden. Grundsätzlich sind mehrere Schichten für die Raumbildung notwendig. Typisch für Skelettbauten sind Wandgliederung und eine eher leichte, oft auch offene Erscheinung. Öffnungen in der Wand entsprechen der Struktur des Tragsystems. Typisches, historisches Beispiel für Skelettbauten sind Fachwerkhäuser.

### 2. Massivbau

Charakteristisch für den Massivbau sind beispielsweise Ziegelbauten. Das Mauerwerk der Ziegelbauten kann nur auf Druck belastet werden. Das Tragsystem beruht demnach auf dem

Prinzip der Schwerkraft, die auf die einzelnen Steinschichten wirkt. Die Stabilität des Gebäudes wird durch das Gewicht des Materials und die Dimension der Wände bestimmt. Mit Bezug auf die Fügung kann der Massivbau auf das Prinzip des Gießens und Schichtens reduziert werden. Dementsprechend ist für Massivbauten die Geschlossenheit und Schwere des Baukörpers charakteristisch. Charakteristisch sind auch, im Verhältnis zur Fläche der Wand, eher kleine Öffnungen. Die Erweiterung der Schweizer Botschaft in Berlin ist ein Massivbau. Die fugenlos gegossene Betonfassade, wurde in einem einzigen Betonierabschnitt gegossen. In einem dreißigstündigen Arbeitsgang wurde der Betonkörper hergestellt um dem Ideal des Massivbaus zu entsprechen, dem Monolith.

### 3. Mischbauweisen

Massivbau und Skelettbau sind archetypische Konstruktionssysteme. Aus der Logik der Systeme in ihrer Reinform lassen sich eine Vielzahl von Mischformen ableiten. Der Zwang, sich auf das in der Region zur Verfügung stehende Material und die damit verknüpften Handwerkstechniken beschränken zu müssen, ist aufgehoben. Scheinbar ist alles möglich, alles verfügbar. Mischkonstruktionen kommen heute sehr häufig vor. Gerade deshalb ist es notwendig, die Ursprünglichkeit der Konstruktionssysteme anzuschauen um Wirkungsweisen deutlich werden zu lassen. Mischbauweisen verlangen gleichermaßen nach eigenen Gesetzmäßigkeiten bei ihrer Verwendung die sich aber sehr positiv auf eine wirtschaftliche Verwendung des Materials auswirken können.

# Material

Alles an Architektur ist Material. Neben der Betrachtung des Entwerfens und Konstruierens auf der Grundlage des Konstruktionssystems ist es wesentlich, möglichst am Anfang des Entwurfsprozesses ein Materialkonzept zu entwickeln, das natürlich mit dem Konstruktionssystem in direkter Verbindung steht. Das

Material bestimmt Erscheinung und Atmosphäre, erklärt sich im Idealfall aus dem Ort und ist entscheidend für den gesamten Entstehungsprozess der Architektur. Um eine gute Materialwahl treffen zu können ist es deshalb notwendig Materialkenntnis zu entwickeln. Welche Materialien können an welcher Stelle im Bauwerk zum Einsatz kommen, wie wirkt das Material bauphysikalisch, in welcher Form schafft es Atmosphäre und wie bildet das Material den Raum?

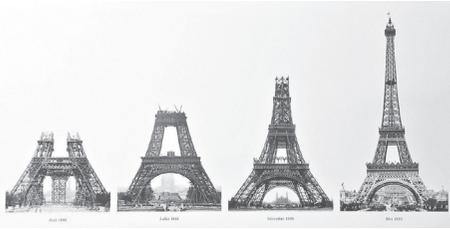
Die Wirkung des Materials hat möglicherweise den größten Einfluss auf die Raumwirkung. Die Materialität des Steins, der Putzflächen, des Stahls und die von Holzoberflächen können, im richtigen Zusammenhang eingesetzt, Ausdruck, Atmosphäre und Charakter von Räumen, Gebäuden oder ganzen Städten – sogar Regionen – entscheidend prägen. Material steht deshalb nicht am Ende des Entwurfs- und Konstruktionsprozesses, etwa bei der Wahl der gewünschten Oberfläche, sondern im Idealfall am Anfang. Als Ausgangspunkt, beginnend mit der Frage nach den zur Verfügung stehenden Ressourcen, kann das Material bereits das Ergebnis vorwegnehmen. Wenn in Bergregionen mit dem örtlich vorhandenen Fels gebaut wurde, bestimmte das Material die Frage der Ressource, die des Entwurfs- und Konstruktionsprozesses und die der Raumwirkung und Identität.

Bei der Frage nach der Wahl des richtigen Materials geht es um dessen Eigenschaften. Von den Eigenschaften ist abhängig, ob das Material für den gewünschten Einsatz brauchbar ist. Neben Oberflächenstruktur und Farbe sind die wesentlichen gefragten Eigenschaften die Druck und Zugfestigkeit, die Rohdichte, der Wärmedämmwert, die Wasseraufnahme und die Frostsicherheit. Nicht alle Parameter sind für jeden Einsatzort überhaupt oder gleichermaßen relevant.



Blumenwiese Wörth, Sempttal

Carl von Linnés botanische Klassifikation des Pflanzenreiches 1735  
Zeichnung Georg Dionysius Ehret



Bau des Eiffelturms 1888- 1889, Gustav Eiffel, Paris



Erweiterung der Schweizer Botschaft, Berlin, 2000 Diener + Diener Architekten, Basel

Manfred Sack in: *Mauerwerk Atlas*  
Autoren: Günter Pfeifer, Rolf Ramcke,  
Joachim Achtziger, Konrad Zilch  
Edition Detail

# Fügung

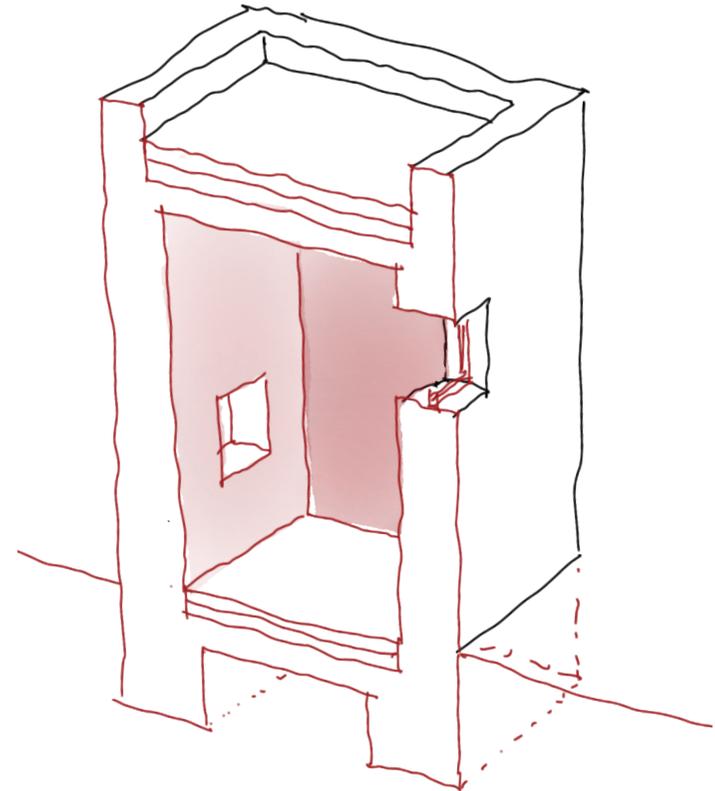
Der Begriff der Konstruktion kommt von dem Lateinischen Verb *construere*. CON „zusammen / mit“ und STRUERE „bauen / schichten“. Konstruieren bedeutet damit so viel wie zusammen – fügen. Das Prinzip der Fügung beschreibt, wie aus Modulen Elemente gemacht werden und wie aus Elementen Strukturen entstehen. Aus Mauerziegeln wird eine Wand und aus Wänden entstehen Gebäude. Mit welcher Dauerhaftigkeit, Logik und welchem ästhetischen Anspruch dies geschieht, ist eine Frage der Fügung.

Das Fügungsprinzip steht dabei in enger Verbindung mit den Eigenschaften des Materials und den gewünschten Eigenschaften der geplanten Elemente. Es trägt entscheidend zur Gestalt bei und bildet zusammen mit dem Material auf der Grundlage der räumlichen Idee den architektonischen Ausdruck.

*„Architektur besteht aus Modulen, Elementen, Strukturen. Technische und konstruktive Grundlagen (anerkannte Regeln der Technik) sind in sich schlüssig, bleiben aber ohne konzeptionell in ein Projekt eingebunden zu sein fragmentarisch, unverbunden und damit sinnlos. Der Charakter des architektonischen Raums hängt davon ab, wie die Dinge gemacht sind.“*

Andrea Deplazes

Fügung kann damit in besonderer Weise zum Erscheinungsbild eines Gebäudes beitragen. Das Fügungsprinzip muss allerdings nicht sichtbar sein. Gerade die verdeckt angeordnete Fügung von Bauteilen kann geheimnis- und reizvoll sein und die Wirkung des Materials verstärken. Neben der architektonischen Wirkung der Fügung geht es auch um die Bedingungen, denen die konstruktive Verbindung der Teile zu einem Ganzen ausgesetzt sind. Die Verbindung eines Fensters mit einer Wand erfordert Fugen. Fu-



Die Gebäudehülle trennt das „Innen“ vom „Aussen“, Schützt die Bewohner:innen vor der Witterung und setzt sie gleichzeitig mit der äusseren Welt in Beziehung

gen, die den unterschiedlichen Maßtoleranzen des Fensters und der Wand entsprechen und die es braucht, um Verbindungs-, Dämm- und Dichtungsstoffe sinnvoll anwenden zu können. Baukonstruktion beschäftigt sich daher vor allem mit den Grenzen der Bauteile und der Erscheinung dessen, was zwischen zwei Werkstoffen das jeweilige Material in seinem Wesen erscheinen lässt.

*Da ist immer wieder die Sinnlichkeit des Stofflichen, des Materials, wie es sich anfasst, wie es aussieht, ob es stumpf ist oder schimmert oder glänzt, welchen Geruch es hat, ob es hart ist, weich, elastisch, kalt oder warm, glatt oder rau, welches seine Farben sind, und die an der Oberfläche preisgegebenen Strukturen.“*

*Manfred Sack*

# Gebäudehülle

Mit dem Begriff der Gebäudehülle ist der Zusammenhang der Bauteile, die den Innenraum vom Außenraum trennen, gemeint. Die Hülle eines Gebäudes hat damit eine besondere Aufgabe, die besondere Anforderungen an das Material und dessen konstruktive Durchbildung stellt. Die Gebäudehülle kann auch die Anforderungen wie Tragen, Dämmen und Schützen nach außen zeigen, und, diese Eigenschaften ausdrückend, die architektonische Wirkung des Gebäudes prägen.

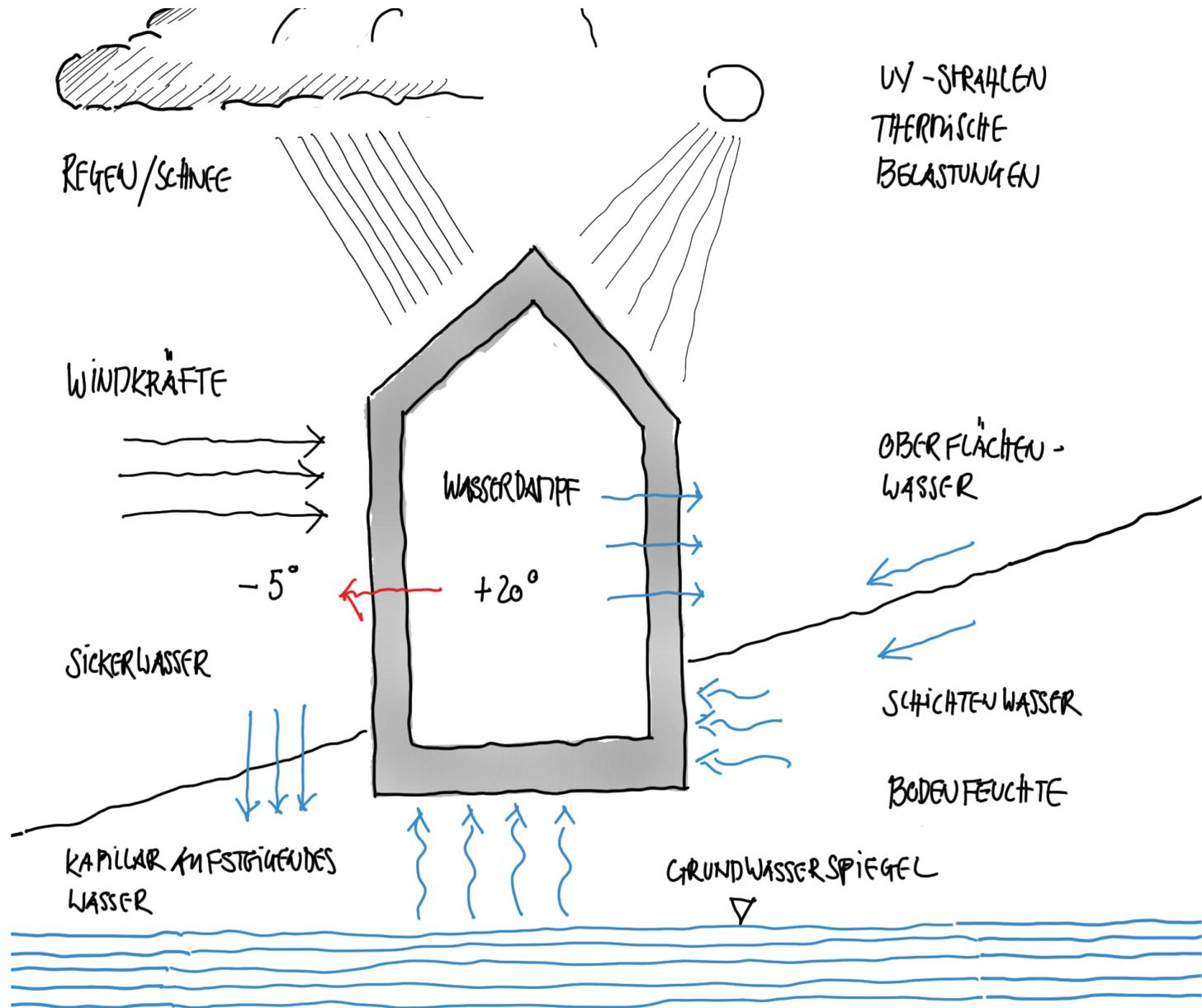
Die Bauteile der Gebäudehülle haben gemeinsam, dass sie Eigenschaften als zusammenhängendes System aufweisen müssen. Während die von außen nach innen wirkenden Einflüsse wie Regen, Wind, Schall, Strahlung, denen Wand, Boden und Dach ausgesetzt sind, sehr verschieden sind, stellen sich die von innen nach außen wirkenden bauphysikalischen Kräfte eher ähnlich dar, und lassen sich auf den Wärmedurchgang und die Wasserdampfdiffusion reduzieren.

Die Idee der Gebäudehülle verfolgt neben der Durchgängigkeit von Dämm- und Abdichtungsebenen auch die Auseinandersetzung mit möglichen Wärmebrücken. Nicht zwingend aber häufig findet in der Ebene der Gebäudehülle auch die Funktion des Tragens statt. Das kann zur Folge haben, dass sich einander widersprechende Anforderungen aufeinander treffen. Für die Lastabtragung sind hohe Festigkeiten erforderlich, hohe Festigkeiten von Werkstoffen weisen aber - soweit es nicht Hochleistungswerkstoffe sind - geringe Dämmeigenschaften auf.

Dieser Zusammenhang führt überall dort zu problematischen Detailpunkten, wo besondere Anforderungen der Lastabtragung und die erforderliche Dämmwirkung im gleichen Detailpunkt gewährleistet sein müssen, wie beispielsweise an einem Deckenanschluss oder einem Fenstersturz.

*Andrea Deplazes*  
*in: Architektur konstruieren*  
*Vom Rohmaterial zum Bauwerk*  
*Herausgeber: Andrea Deplazes*  
*Verlag: Birkhäuser*

*Ludwig Mies van der Rohe*  
*in Mauerwerk Atlas*  
*Autoren: Günter Pfeifer, Rolf Ramcke,*  
*Joachim Achtziger, Konrad Zilch*  
*Edition Detail*



# Wand

## Bauweisen, Eigenschaften, Lastabtragung, Raumwirkung, Aufbau

„Die Wand ist kulturgeschichtlich aufgeladen. Die Redeweisen mit dem Rücken zur Wand stehen“ und „mit dem Kopf durch die Wand gehen“ zeugen von der Wand als wahrnehmbare Begrenzung eines spezifischen Raums und von der kollektiven Übereinkunft, diese gebaute Demarkation als verbindlich und bedeutungstiftend anzusehen.“

Cordula Seger

## Wand Bedeutungen

1. Im Allgemeinen senkrecht aufgeführtes Bauteil als seitliche Begrenzung eines Raumes, Gebäudes
2. Seiten- bzw. rückwärtiges Teil von Schränken
3. Umschließender Teil eines Hohlkörpers
4. Nur kletternd zu überwindende, steil aufragende Felswand
5. Abgetrenntes Gesteinsstück (Bergbau)
6. Wolkenwand, Gewitterwand

mittelhochdeutsch, althochdeutsch, want, winden, also eigentlich = das Gewundene, Geflochtene. Leichtbauwände wurden ursprünglich aus Weidenzweigen geflochten. Bereits in der Bronzezeit wurden zweischalige Wände, bestehend aus zwei lehmbevorfenen Flechtwänden, und einem Zwischenraum mit trockenem Gras hergestellt. Der Dämmwert dieser Wandkonstruktion entspricht der Wärmeschutzverordnung von 1995.

## Unterscheidung von Wand und Mauer

Unterscheidung nach Wand (Skelettbau) und Mauer (Massivbau)  
Wand – flächig und dünn  
Mauer – körperhaft und plastisch  
Mauer als eigenständiges architektonisches Element  
Aus der Mauer wird eine Wand, indem sie durch Bekleidung Bedeutung erhält. Jede gut gebaute Mauer stellt ihrem Fügungsprinzip nach eine Art Geflecht und damit eine Filigranbauweise dar. (Gottfried Semper).

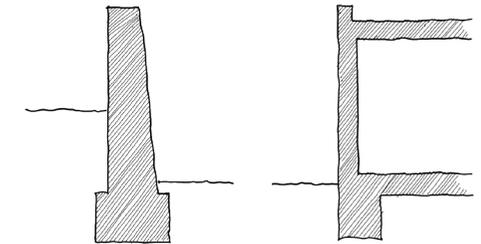
Die Wand tritt zwingend in Verbindung mit Boden und Decke auf, lebt vom Detail der räumlichen Übergänge. Gottfried Semper ordnet die Wand bei seiner grundsätzlichen Unterscheidung der Künste in Textiles, Keramik, Tektonik (bei Semper Holzbau) Stereometrie (Steinschnitt / das Entwerfen von Steinkörpern für die Architektur) – aufgrund seiner Wortherkunft: Wand / Gewand / winden – dem Textilen zu.

Gottfried Semper sieht die Konstruktion als maskierte und bekleidete Realität: „Ich meine, das Bekleiden und Maskieren, sei so alt wie die menschliche Civilisation und die Freude an beidem sei mit der Freude an demjenigen Tun, was die Menschen Bildnern, Malern, Architekten, Dichtern, Musikern, Dramatikern, kurz, zu Künstlern macht, identisch. Jedes Kunstschaffen einerseits, jeder Kunstgenuss andererseits, setzt eine gewisse Faschingslaune voraus, um mich modern auszudrücken – der Karnevalskerzendunst ist die wahre Atmosphäre der Kunst. Vernichtung der Realität, des Stofflichen ist nothwendig, wo die Form als bedeutungsvolles Symbol, als selbständige Schöpfung des Menschen hervortreten soll.“

Schinkel, 35 Jahre vorher, war der Auffassung, dass von der Konstruktion alles Wesentliche sichtbar bleiben muss: „Um das Bauwerk schön zu machen, ist die Annahme folgenden Grundsatzes unerlässlich: Von der Konstruktion des Bauwerkes muss alles Wesentliche sichtbar bleiben. Man schneidet sich die Ge-

Cordula Seger  
in *Architektur konstruieren*  
Vom Rohmaterial zum Bauwerk  
Herausgeber: Andrea Deplazes  
Verlag: Birkhäuser

Gottfried Semper, *der Stil in den technischen und tektonischen Künsten, oder praktische Ästhetik, 1860-1863*





Stadthaus Neu-Ulm:  
Fink + Jocher Architekten Fassadendetail  
Foto © Michael Heinrich

*Fritz Neumeyer/ Jasper Cepi Quellentexte zur  
Architekturtheorie 2002, Quellentexte zur  
Architekturtheorie S.216*

*Das architektonische Lehrbuch / Goerd  
Peschken, München, Berlin : Deutscher Kunst-  
verlag, 1979*

dankenreihe ab, sobald man wesentliche Teile der Konstruktion verdeckt; das überdeckende Mittel führt sogleich auf Lüge, ein anderer Gegenstand tritt an die Stelle der Konstruktion, der Willkür nach Laune ist der Weg geöffnet, der Charakter der Wahrheit und Naivität am Werke verschwunden...“

### **Die gläserne Wand**

Der Crystal Palace, Architekt Joseph Paxton 1851, gilt als erstes Gebäude aus Stahl und Glas. Die Stahlkonstruktion erlaubt die Auflösung der Wand in eine tragende Konstruktion aus filigranen Stahlprofilen und Glasscheiben. Das Reduzieren der Wandkonstruktion auf diese beiden Materialien führte zu einer weitgehenden Entmaterialisierung der Wand. Ausgangspunkt war die Konstruktion von Gewächshäusern, mit denen Paxton als Gartenarchitekt Erfahrungen gesammelt hatte.

### **Curtain Wall**

Walter Gropius wendet zum ersten Mal 1913 das Prinzip der Vorhangfassade (Curtain Wall) bei dem Neubau der Faguswerke in Alfeld (Leine) an. Nach dem ersten Weltkrieg werden für Geschäftshäuser zur besseren Präsentation der Waren nach außen die Fassaden mit Glasvorhängen hergestellt. Damit streben Glasfassaden zunächst eine von außen nach innen gedachte Transparenz an. Erst die Moderne beschreibt die Glasarchitektur als ein positiv verstandenes Sich-Öffnen nach außen. Vorhangfassade als Weiterentwicklung der gläsernen Wand. Wand und Fenster gehen im Sinn einer strukturellen Öffnung ineinander über. Die Wand entfernt sich entsprechend von dem klassischen Verständnis einer in Verbund mit Decke und Boden auftretenden Wand.

### **Von der Wand zur Scheibe**

Auflösung des geschlossenen Raumes durch dünnwandige Stahlbetonscheiben. Damit Aufheben der Hierarchie von primären und sekundären Bauteilen. Farbige Wände und Auflösung der volumenhaften Erscheinung des Baukörpers durch Farbe. Die farbige Wand betont in ihrer Erscheinung als Scheibe die abstrakte Erscheinung des Baukörpers.

### **Fassade**

Äußere Erscheinung des Gebäudes oder: Gebäudehülle- Außenhaut – Oberflächenstruktur.

Unterscheidung nach:

1. Außenwand – Skelettbau
2. Außenmauer – Massivbau

Verweis auf das konstruktive Wesen der Fassade. Das konstruktive System der Fassade bildet die konstruktive Grundlage der Oberflächenstruktur.

### **Funktion:**

Tragen / Dämmen / Schützen

Tragen: Je nach Tragwerk werden Lasten aus Decke und Dach über die Fassade abgetragen.

Dämmen: Thermische Regulierung des Innenraumes.

Schützen: Schutz des Gebäudes und der Fassadenkonstruktion selbst vor äusseren Witterungseinflüssen.

Die Fassade als Teil der Gebäudehülle ist damit, je nach Ausführungsvariante, das komplexeste Bauteil am Bau mit vergleichsweise hohen Herstellungs- und Unterhaltungskosten. Koordination der Funktionen Tragen, Dämmen, Schützen zu einem leistungsfähigen Gesamtsystem.

### **Prinzip der ruhenden Luftschichten**

Die Motivation für den Einsatz von Dämmstoffen entstand Anfang des 20. Jahrhunderts durch Kühlhäuser, die mit der Entwicklung der Kältetechnik möglich wurden. (siehe Dämmung S. 62)

### **Unterscheidung nach dem Wandaufbau**

#### **Synthetisches System**

Strukturelle und bauphysikalische Funktionen der Fassade innerhalb einer homogenen Schicht wie Dämmbeton oder Mauerwerk, wobei der Wandaufbau aus einem einzigen Material besteht, das ohne zusätzliche Trag-, Schutz- oder Dämmschichten auskommt.

# Mauerwerk

Als Verbundwerkstoff aus Mauersteinen und Mauermörtel hängen die Eigenschaften des Mauerwerks zunächst von den Eigenschaften der zum Mauern zur Verfügung stehenden künstlichen oder natürlichen Mauersteine, sowie dem Mauermörtel, der das Fugenmaterial darstellt, ab. Fast noch wichtiger ist das Prinzip des Schichtens und Verzahnens der einzelnen Steine im Verbund miteinander. Dieser Verbund oder Verband ist entscheidend für die Festigkeit, Steifigkeit und damit Tragfähigkeit des Mauerwerks. Entscheidend für die Tragfähigkeit ist ausserdem das Überbindemaß. Damit ist der horizontale Abstand der Vertikalfugen der jeweils nächsten Schicht gemeint. Ist dieses Maß null, dann würde das bedeuten, dass die Steine direkt übereinander gestapelt sind, diese Stapel weisen keine Stabilität auf. Je größer das Maß um so mehr Quersteifigkeit entsteht in dem Mauerwerk. Diese Erkenntnis findet sich systematisiert in den Mauerwerksverbänden wieder. Das System der Mauerwerksverbände sichert zum einen die Steifigkeit des Mauerwerks-längs und quer zur Wand gesehen und ermöglicht darüber hinaus unterschiedliche Ausdrucksweisen seiner Struktur. Das Prinzip der Steifigkeit und der Lastabtragung innerhalb der Wand gilt gleichermaßen für ein Mauerwerk aus Kunststeinen wie für ein Mauerwerk aus Natursteinen.

*„Der Backstein ist ein anderer Lehrmeister. Wie geistvoll ist schon das kleine, handliche, für jeden Zweck brauchbare Format. Welche Logik zeigt sein Verbandgefüge. Welche Lebendigkeit sein Fugenspiel. Welchen Reichtum besitzt die einfachste Wandfläche. Aber welche Zucht verlangt dieses Material.“*

*Ludwig Mies van der Rohe*

# Mauersteine

Grundsätzlich wird nach künstlich hergestellten oder Natursteinen unterschieden. Die Einsatzmöglichkeiten von Natursteinen sind begrenzt, ihre bauphysikalischen Eigenschaften reichen, vor allem in Bezug auf die Wärmeleitfähigkeit, für die derzeitigen Anforderungen an Außenwände nicht aus und können deshalb nur dort verwendet werden, wo beispielsweise keine Dämmwirkung erforderlich ist, oder wo sie im Verbund mit anderen Materialien eingesetzt werden können. Künstliche Mauersteine wurden bereits vor über 5.000 Jahren eingesetzt und ständig weiterentwickelt. Heute lassen sich aus künstlichen Mauersteinen sehr leistungsfähige Gebäudehüllen herstellen, die den teilweise widersprüchlichen Anforderungen an Außenwände sehr gut entsprechen.

## Mauerwerk aus natürlichen Mauersteinen

Anlass für das Herstellen eines Mauerwerkes aus natürlichen Mauersteinen ist, zumindest historisch gesehen, das Vorhandensein des Naturstein als Ressource am Ort. Deshalb wurden und werden im Alpenraum Gebäude aus Gneis und Granit hergestellt, am Mittelrhein finden sich vornehmlich Gebäude aus Taunusquarzit oder Hunsrückschiefer, südlich des Rheins in Rheinhessen, kommt Kalkstein vor und ist in vielen historischen Bauten zu finden, im Odenwald am Main ist der Mainsandstein das prägende Material, in der Vulkaneifel das, durch die Vulkan-tätigkeit entstandene Basaltlavamaterial. Entscheidend für die Verwendbarkeit des Natursteins sind seine Materialeigenschaften, vor allem die Druckfestigkeit und die Wasseraufnahme und damit Frostsicherheit des Materials. Natursteine, die viel Wasser aufnehmen, können unter dem Einfluss eines Frost- Tauwechsels zerstört werden. Das Volumen von Wasser nimmt mit fallender Temperatur bis zu einer Temperatur von 0° ab. Sinkt die Temperatur weiter, und das Wasser wird zu Eis, nimmt das Volumen



Ein Steinhaufen mit dem Ausgangsmaterial für eine Natursteinwand. Das Foto zeigt die Struktur der Steine ohne jede Ordnung. Darunter die Wand, die mit diesen Steinen gemauert wurde. Die gleichen Steine erscheinen in der Ordnung eines Mauerverbandes, der die Dauerhaftigkeit sicherstellt.





Taunusquarzit  
 Rohdichte: 2600 kg/m<sup>3</sup>  
 Wasseraufnahme: 0,21 Gew. %  
 Druckfestigkeit: 200 N/mm<sup>2</sup>  
 Oberfläche: Bruchrauh

wieder geringfügig zu. Deshalb schwimmt Eis auf einer Wasseroberfläche. Der Effekt der Volumenzunahme kann eine gewaltige Sprengwirkung entfalten, die das Steinmaterial zerstört. Die Wasseraufnahme und der Laborversuch in dem die Frost-Tauwechsel simuliert werden sind deshalb wichtige Materialeigenschaften, wenn das Material in einem Bereich des Bauwerkes eingesetzt wird in dem mit Frosteinwirkung zu rechnen ist.

### **Bearbeitung**

Natursteine müssen von Hand oder maschinell bearbeitet werden, um die gewünschte Größe und Ebenheit der Oberflächen zu erfüllen. Es sollten nur „gesunde“ Natursteine verwendet werden, Material, das kein Struktur- und Verwitterungsschäden



Mainsandstein  
 Rohdichte: 2200 kg/m<sup>3</sup>  
 Wasseraufnahme: 3 Gew. %  
 Druckfestigkeit: 107 N/mm<sup>2</sup>  
 Oberfläche: gesägt und geschliffen

aufweist. Wichtig für die Herstellung eines Mauerwerkes aus Natursteinen ist die Gestalt des Natursteinmaterials. Die Steinhöhe sollte nicht größer sein als die Steinlänge sein, die Mindestdruckfestigkeit und die Frostsicherheit müssen gegeben sein. Zur Verwendung von Natursteinen als Mauerstein ist immer eine Bearbeitung von Hand und / oder maschinell erforderlich, deshalb werden Natursteine auch nach der Bearbeitbarkeit unterschieden:

1. Helle Hartgesteine (Granit, Gneis, Rhyolith)
2. Dunkle Hartgesteine (Diorit, Gabbro)
3. Weichgesteine (Sandstein, Kalkstein, Tuff)

Grundsätzlich sind Natursteine, die ein hohes spezifisches Gewicht und eine hohe Druckfestigkeit aufweisen schwerer zu



Kalkstein, Rheinhessen  
 Rohdichte: 2700 kg/m<sup>3</sup>  
 Wasseraufnahme: 0,4 Gew. %  
 Druckfestigkeit: 120 N/mm<sup>2</sup>  
 Oberfläche: ursprünglich scharriert, mittlerweile bewittert

bearbeiten als Natursteine mit geringerem spezifischen Gewicht und Druckfestigkeit. Sandstein und Basaltlava beispielsweise sind sehr gut bearbeitbare Gesteine, die gut gesägt und Steinmetzmäßig bearbeitet werden können.

Die Oberflächenbearbeitung des Natursteinmaterials ist entscheidend für dessen Wirkung. Ob eine Natursteinoberfläche gesägt, geschliffen, geflammt, scharriert oder bossiert ausgeführt wird, ist entscheidend für die Erscheinung des Materials. Die Struktur der Oberflächenbeschaffenheit kann allein durch die veränderte Lichtbrechung die Materialwirkung sehr stark verändern. zum Erscheinungsbild des Mauerwerks trägt auch der Steinschnitt bei. Horizontalfugen betont mit gleichmäßigen Steinhöhen oder eine Kombination unterschiedlicher Steinhö-



Basaltlava  
 Rohdichte: 2150 kg/m<sup>3</sup>  
 Wasseraufnahme: 5,8 Gew. %  
 Druckfestigkeit: 88 N/mm<sup>2</sup>  
 Oberfläche: gesägt

hen, Steinmaß gleichbleibend mit einem regelmäßigen Fugenbild oder in form eines „wildes Verbandes“? Bei der Auswahl des Materials und dessen Verarbeitung sind einige Fragen zu klären, die für die Erscheinung des Mauerwerkes entscheidend sind:

- Material
- Festigkeit
- Oberflächenbeschaffenheit
- Steingrößen
- Steinschnitt



„Wenn man mit einem Ziegelstein spricht und ihn fragt, was er sich wünscht, wird er sagen: einen Bogen. Und wenn man dann erwidert: Schau mal, Bögen sind teuer, und einfacher ist ein Fenstersturz aus Beton, sagt der Ziegelstein: ich weiß, dass es teuer ist, und ich fürchte, es lässt sich zur Zeit wahrscheinlich nicht bauen, aber wenn du mich fragst, was ich mir wirklich wünsche, so bleibt es beim Bogen.“  
(Louis I. Kahn, 1972, aus: „Die Architektur und die Stille“ Basel, 1993)



Ziegel Kunstmuseum Basel  
Nr. 254 | Kolumba K11 / D91 | FF  
228 x 108 x 40 mm

### Künstliche Mauersteine

#### Mauerziegel

Gebrannte Ziegel gibt es nachweislich seit 5.000 Jahren. (Mohenjo – Daro, Pakistan) Ziegel gelten damit als die ältesten künstlichen Mauersteine. Bevor Lehmziegel zu Ziegelsteinen gebrannt wurden, gab es nur luftgetrocknete Steine, die auch heute noch verwendet werden. Adobe – spanisch für ungebrannte Ziegel. Die Farbe der Ziegel ist vorrangig abhängig vom Gehalt an Metalloxiden in den Ausgangsstoffen sowie der umgebenden Luft beim Brennvorgang. Rote Ziegel: bestimmter Gehalt an Eisenoxiden + sauerstoffreiche Luft. Gelbe Ziegel: geringer Eisenoxidgehalt. Dunkle Färbung: sauerstoffarme Luft. Auch der Ausgangsstoff für den Ziegel, der Lehm hat einen Einfluss auf die Farbe des



Recyclingziegel, Raketenstation Hombroich

gebrannten Ziegels. Künstliche Mauersteine müssen der Normung für Mauersteine entsprechen. Die Normung bezieht sich auf den Lochanteil und Lochform, Oberfläche, Abmessungen, Rohdichte und die Festigkeit in N/mm<sup>2</sup>.

#### Mauersteinen werden unterschieden nach:

1. Geometrie bzgl. Größe, Lochanteil, Lochbild, Lochform.
2. Festigkeit
3. Verformungsverhalten
4. bauphysikalischen Eigenschaften
5. Oberflächenbeschaffenheit

Unterschiede entstehen durch die Ausgangsmaterialien und den Produktionsprozess.



Hochlochziegel 42,5 / 24,9 / 24,9 cm  
 Druckfestigkeitsklasse 4-6 = 4-6 N/mm<sup>2</sup>  
 Rohdichte: 550 kg/m<sup>3</sup> = geringer Schallschutz  
 Wärmeleitfähigkeit:  $\lambda = 0,07 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

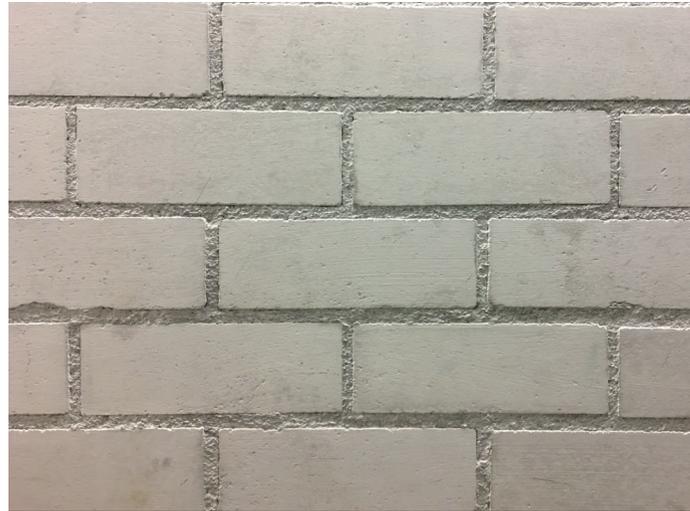
**Unterscheidung nach der Lochung:**

1. Vollsteine bzw. Blocksteine bis 15% Lochanteil
2. Lochsteine

Lochungen entweder für die bessere Handhabung (Griffaschen) oder zur Verbesserung der bauphysikalischen Eigenschaften.

**Unterscheidung von Mauersteinen nach der Vermörtelungsart in der Lagerfuge:**

1. Dünnbettmauerwerk
2. Mittelbettmauerwerk
3. Dickbettmauerwerk



Kalksandstein NF 7,1 / 24 / 11,5 cm  
 Druckfestigkeitsklassen 4-60  
 Rohdichte 1000-2000 kg/m<sup>3</sup>  
 Wärmeleitfähigkeit 0,38-1,32  $\lambda$  in W/(m x K)

**Unterscheidung nach der Art der Ausbildung der Stoßfuge:**

1. Vermörtelung mit Stoßfuge
2. Vermörtelung ohne Stoßfuge

Mauersteine für Dünnbettmauerwerk werden als Plansteine bzw. Planelemente bezeichnet. Höhere Anforderungen an die Höhen- und Längenmaß. Vermörtelung der Stoßfuge ganz, teilweise oder kein Mörtel (Knirsch). Diese Art wird aus bauphysikalischen und aus Gründen der Rationalisierung zunehmend verwendet.



Forschungsgebäude in Säynätsalo, Finnland  
 Architekt: Alvar Aalto, Fassadendetail

# Mauermörtel

Der Wahl des richtigen Mauermörtels ist nicht nur für die Festigkeit des Mauerwerks relevant, sondern auch für die bauphysikalischen Eigenschaften des Mauerwerks und- nicht zuletzt- für dessen Erscheinungsbild. Neben der Anordnung der Mörtelfuge, vertieft, flächenbündig oder erhaben ist auch die Farbigkeit des Mauermörtels für das Erscheinungsbild der Wand entscheidend.

Mauermörtel: Gemisch aus Sand, Bindemittel(n) und Wasser, ggf. auch Zusatzstoffen und Zusatzmitteln. Größtkorn Sand 4 mm, Dünnbettmörtel 1 mm.

Für Mauerwerk nach DIN 1053 darf nur Mauermörtel verwendet werden, der den Bedingungen des Anhangs A von DIN 1053-1 entspricht. Der Sand muss aus natürlichen oder künstlichen, dichten oder porigen, mineralischen Stoffen in gebrochener oder ungebrochener Form bestehen. Er sollte gemischtkörnig sein und darf keine den Mörtel oder das Mauerwerk schädigende Bestandteile wie Ton oder organische Stoffe haben.

Bindemittel: Kalk, Zement, und/oder Putz- und Mauerbinder (auf Zement-Acryl Basis).

Bindemittel sind Stoffe, durch die Feststoffe mit einem feinen Zerteilungsgrad (z. B. Pulver) miteinander bzw. auf einer Unterlage verklebt werden. Zusatzstoffe (Luftporenbildner, Verflüssiger, Dichtungsmittel, Erstarrungsbeschleuniger, Verzögerer, Haftungsverbesserer) verändern die Mörtel Eigenschaften und dürfen nur in geringen Mengen zugegeben werden.

Unterscheidung von Mauermörtel nach:

1. Festigkeit
2. der verwendeten Zuschläge
3. der bauphysikalischen Eigenschaften

4. Einsatzbereich im Mauerwerk
5. Herstellungs- und Lieferform

Einteilung entsprechend der vorgenannten Kriterien in Mörtelgruppen:

	Druckfestigkeit DIN 18555 T3 $\beta_D$ N/mm <sup>2</sup>	Trockenrohdichte DIN 18555 T3 pd kg/dm <sup>3</sup>
MG I	keine Angabe	$\geq 1,5$
MG II	$\geq 3,5$	$\geq 1,5$
MG IIa	$\geq 7,0$	$\geq 1,5$
MG III	$\geq 14,0$	$\geq 1,5$
MG IIIa	$\geq 25,0$	$\geq 1,5$
Leichtmörtel LM 21	$\geq 7,0$	$\geq 0,7$
Leichtmörtel LM 36	$\geq 7,0$	$\geq 1,0$
Dünnbettmörtel	$\geq 14,0$	keine Angabe

Herstellungs- und Lieferform

Baustellen oder Werkmörtel, Handmischung oder Maschinenmischung, bei Herstellung auf der Baustelle nur Rezeptmörtel möglich um gewünschte Eigenschaften sicherzustellen.

Die Zusammensetzung von Werkmörtel erfolgt gleichmäßiger, als das auf der Baustelle möglich ist, und unterliegt Qualitätsprüfungen.

Mörtelarten werden unterteilt nach:

- der Dicke der Mörtelfuge
- der Trockenrohdichte
- Verwendeten Ausgangsstoffe (Zement, Kalk + Zuschlagsstoffe)

Normalmörtel (NM)

- Trockenrohdichte  $\geq 1,5$  kg/dm<sup>3</sup>
- Dicke der Lagerfuge 12mm
- Nach steigender Mindestdruckfähigkeit Mörtelgruppen I, II, IIa, III, IIIa. (MG III, IIIa nur mit Zement)

#### Leichtmörtel (LM)

- Trockenrohdichte  $< 1,5 \text{ kg/dm}^3$  (wird durch Verwendung von Leichtzuschlag, Blähton, Blähschiefer, Bims usw. erreicht)
- Wärmeleitfähigkeit  $\lambda 0,21-0,36$  in  $\text{W}/(\text{m} \times \text{K})$
- Lagerfuge wie Normalmörtel

#### Dünnbettmörtel (DM)

- Verwendung für Vermauerung von Plansteinen mit Steinhöhentoleranz von  $\pm 1 \text{ mm}$
- Lagerfugendicke 1-3 mm, Größtkorn 1 mm
- Trockenrohdichte  $\geq 1,5 \text{ kg/dm}^3$
- Mörtelgruppe III

#### Mittelbettmörtel (MM)

Nicht genormt aber bauaufsichtlich zugelassen

- Lagerfugen 5-7mm,
- für Hochlochziegel mit Steinhöhentoleranz von  $\pm 2 \text{ mm}$  Vormauermörtel (VM)
- nicht genormt
- geeignet für Verblendmauerwerk und den damit verbundenen Anforderungen an Witterungsschutz und optischer Gestaltung

## Putzflächen

Putze dienen dazu, unregelmäßiges Mauerwerk zu glätten und eine ebene Grundlage für Farbaufträge zu bilden. Eine Putzoberfläche muss aber nicht grundsätzlich einen Anstrich erhalten. Das Material kann auch durch seine Zuschlagstoffe an Sand und Körnung einen sehr starken Ausdruck entwickeln, der keinerlei Farbbeschichtungen braucht und durch die Struktur und unterschiedliche Beschaffenheit der Zuschlagstoffe eine besondere Wirkung der Putzoberfläche zur Folge hat. Putzoberflächen kön-

nen darüber hinaus durch die Bearbeitung der Oberfläche eine besondere Struktur erhalten. Dabei geht es zum einen darum die Körnung der Zuschlagstoffe offenzulegen wie beispielsweise bei einem Kratzputz, oder um eine besondere Oberflächengestalt zu erreichen wie zum Beispiel bei einem Besenstrichputz. Die Möglichkeiten der Oberflächengestaltung sind sehr vielseitig und können, wie bei einer Natursteinfassade, zu einer hochwertigen Erscheinung des Gebäudes ausgebaut werden. Aussenputze werden mehrlagig in Stärken von 3- 30 mm aufgetragen und erfordern eine Trocknungszeit von ca. 1 Tag / mm. Unterputze werden in der Regel mineralisch ausgeführt, Oberputze können mineralisch beschaffen sein oder als Kunstharz- Silikonharz- oder Silikatputze ausgeführt werden.  
Innenputz

Auch Innenputze dienen zunächst dazu eine ebene Oberfläche auf einer Mauerwerksoberfläche herzustellen, müssen aber nicht Witterungsbeständig sein, deshalb kommen in der Regel auch andere Materialien zum Einsatz. Sehr verbreitet sind Gipsputze, die kostengünstig aber nicht feuchtigkeitsbeständig sind. Üblich sind ausserdem Kalk- und Kalkzementputze, in feuchtebelasteten Räumen auch reine Zementputze. Besonders Feuchteregulierend sind Lehmputze, die sehr gut Luftfeuchtigkeit aufnehmen und wieder abgeben können.

#### **Aufgaben von Putzflächen:**

##### Oberflächengestaltung

- Schaffung von ebenen und fluchtgerechten Flächen als Sichtflächen (z.B. Struktur und Farbe)
- Untergrund für Anstriche Tapeten und Beschichtungen

##### Erfüllung von bauphysikalischen Eigenschaften

- Witterungs- und Feuchteschutz (Regenschutz) durch wasserhemmende und wasserabweisende Putze
- Wärmeschutz, durch Leicht- oder Wärmedämmputz

- Verbesserung des Schall- und Brandschutzes (Putz als Brandschutzbekleidung)
- Speicher zur vorübergehenden Aufnahme von überhöhter Luftfeuchtigkeit
- Kann Anforderungen an mechanische Beanspruchbarkeit bzw. Abriebfestigkeit und an eine erhöhte Strahlungsabsorption erfüllen.

#### **Unterscheidung zwischen:**

##### 1. Putzmörtel

Gemisch aus einem oder mehreren mineralischen Bindemitteln, Zuschlagstoffen mit Kornanteil zwischen 0,25 – 4 mm und Wasser ggf. + Zusätze.

Unterscheidung nach dem Zustand

- Frischmörtel
- Festmörtel

Unterscheidung nach dem Herstellort

- Werkmörtel
- Baustellenmörtel

##### 2. Beschichtungsstoffe

Putz mit organischen (größtenteils Verbindungen, die Kohlenstoff mit sich selbst und anderen Elementen eingeht) Bindemitteln in Form von Dispersionen oder Lösungen und Füllstoffen/Zuschlägen mit überwiegendem Kornanteil > 0,25 mm.

#### **Fachbegriffe**

Putzsystem: Die Lagen eines Putzes, die in ihrer Gesamtheit und in Wechselwirkung mit dem Putzgrund die Anforderungen an den Putz erfüllen. Putzlagen: Putz der in einem Arbeitsgang durch einen oder mehrere Anwürfe des gleichen Mörtels entsteht.

#### **Unterscheidung nach:**

Unterputz (alle unteren Lagen)  
Oberputz (oberste Lage)

#### **Unterscheidung nach der Wasseraufnahme**

Wasserhemmend:

Wasseraufnahmekoeffizient < 2.0 kg/(m<sup>2</sup> x h<sup>0,5</sup>)

Wasserabweisend, hydrophob:

Wasseraufnahmekoeffizient ≤ 1.0 kg/(m<sup>2</sup> x h<sup>0,5</sup>)

#### **Mörtelgruppen für Putzmörtel und Beschichtungsstoffe**

Mörtelgruppen unterscheiden Putze nach ihren Ausgangsstoffen, der Druckfestigkeit und der Wasseraufnahme, mit dem Ziel den richtigen Putz an der richtigen Stelle im Bauwerk einsetzen zu können.

#### **Unterscheidung nach dem Aufbringort am Bauwerk und der damit verbundenen Beanspruchungsart:**

##### **Außenputz**

wichtiger Bestandteil der Außenwand, aufgrund seiner Hauptaufgabe den Putzgrund vor Umwelt- und Witterungseinflüssen zu schützen.

- Außenwandputz auf über dem Sockel liegenden Flächen
- Kellerwandaußenputz im Bereich der Erdanschüttung
- Außensockelputz im Bereich oberhalb der Erdanschüttung bis 30cm oberhalb GOK
- Außendeckenputz auf der Witterung ausgesetzten Deckenunterseiten

### **Anforderungen:**

Beständigkeit gegen Regen + Schlagregen:

Regen wird durch Wind aus seiner lotrechten Fallrichtung gebracht. Außenputz muss der Durchfeuchtung widerstehen, um die bauphysikalischen Eigenschaftverschlechterung des Wandkörpers zu vermeiden. Der Außenputz muss deshalb je nach Einbauort wasserhemmend bzw. wasserabweisend sein.

Dampfdiffusionsfähigkeit: möglichst hohe Wasserdampfdurchlässigkeit um eine Durchfeuchtung der Wand durch innere Kondensation zu vermeiden.

Optische Gestaltung der Fassade:

Wirkung der Fassade und des Baukörpers durch Beschaffenheit von Oberflächenstruktur und Farbe.

Verbesserung des Wärmeschutzes:

Dazu kann der Putz als Wärmedämmputz oder als Wärmedämmverbundsystem ausgeführt werden.

### **Innenputz**

#### **Unterscheidung nach dem Aufbringort am Bauwerk:**

1. Innenwandputz
2. Innendeckenputz

#### **Unterscheidung nach der Luftfeuchte:**

1. Innenputz für Räume üblicher Luftfeuchte einschließlich häuslicher Küchen und Bäder
2. Innenputz für Feuchträume

#### **Innenputze dienen:**

1. Herstellung ebener und fluchtgerechter Flächen
2. Speicher zur vorübergehenden Aufnahme überhöhter Raumfeuchte
3. Verbesserung des Schall- und Brandschutzes

### **Putzsysteme**

#### **Leichtputze**

##### **Anwendung**

Abgestimmt auf ein Mauerwerk mit hoher Wärmedämmung und geringer Festigkeit.

##### **Anforderungen**

Festigkeit des Leichtputzes ist nach unten wie nach oben begrenzt:  $\geq 2,5 \text{ N/mm}^2$  /  $\leq 5 \text{ N/mm}^2$ .

##### **Eigenschaften**

Leichtputze weisen ein besonders hohes „Entkopp-lungsmaß“ auf, d.h. sie entkoppeln den Oberputz vom Untergrund und wirken damit rissmindernd.

#### **Wärmedämmputze, Wärmedämmputzsysteme**

##### **Anwendung**

Wärmeschutztechnische Verbesserung von einschaligen Außenwänden bei Neubauten sowie bei der Sanierung von Altbauten. Aufgrund der geringen Anforderungen an den Putzgrund auch zum Ausgleich größerer Unebenheiten der Außenwand geeignet. Einsatz auch bei weniger festem Putzgrund z.B. Leichtmauerwerk.

##### **Eigenschaften**

Herstellung aus Zuschlägen mit geringer Rohdichte  $\lambda_R \leq 0,2 \text{ W}/(\text{m} \times \text{K})$ , wird in der Regel mit einer Trockenrohddichte des Mörtels von  $\rho_{tr} \leq 0,6 \text{ kg/dm}^3$  erfüllt. 20-100 mm Putzstärke des Wärmedämmunterputzes mit Zuschlag aus expandiertem Polystyrol (EPS) Oberputz 8-15 mm, wasserabweisend, auf Unterputz abgestimmt.



Aussenputz, Kratzputz



Aussenputz, Besenstrich

### **Wärmedämmverbundsysteme (WDVS)**

#### **Anwendung**

Einsatz bei Neubauten aus einschaligem Mauerwerk und zur Verbesserung der wärmeschutztechnischen Eigenschaften von Mauerwerk im Bestand.

#### **Eigenschaften**

Aus drei Schichten bestehend: Klebemörtel, Wärmedämmung (Polystyrol Hartschaum oder Mineralwolle) und Putz, der sich aus Armierungsmörtel und Oberputz zusammensetzt. Befestigung auf dem Untergrund durch Kleben, Dübeln oder Montage mittels Schienen. Als Klebe- Armierungsmörtel und Oberputz werden dispersionsgebundene, silikat- und zementgebundene Mörtel eingesetzt.

### **Sanierputzsysteme**

#### **Anwendung**

Zum Verputzen feuchter und/oder salzhaltiger Mauerwerke.

#### **Eigenschaften**

Baustoffschädigende Salze werden im Putz eingelagert und gelangen nicht an die Oberfläche. Eine hohe Wasserdampfdurchlässigkeit bewirkt günstige Austrocknungsbedingungen des Mauerwerks. Sanierputze weisen im erhärteten Zustand eine Porosität und Wasserdampfdurchlässigkeit bei gleichzeitig stark verminderter Kapillarität auf.

#### **Putzausführung**

Der Putzgrund muss einen dauerhaften und festen Verbund



Innenputz, Ziegelmauerwerk, geschlämmt  
Aussegnungshalle Ingelheim,  
Bayer Strobel Architekten, Kaiserslautern

zum Putz gewährleisten. Ist dies nicht der Fall, muss der Putzgrund vorbehandelt werden. Dazu gehört Vornässen, Auftragen von Putzhaftbrücken, Grundierungen und das Ausgleichen von Fehlstellen. Ungeeigneter Putzgrund muss mit einem Putzträger aus z.B. Metallgewebe, Gipskarton-Putzträgerplatten oder Rohrmatten überspannt werden. Der Putzträger muss die auf die Putzschale wirkenden Lasten in die tragende Konstruktion ableiten können. Stoßüberlappung und Überspannung auf den geeigneten Putzgrund von 100 mm muss gewährleistet sein.  
Putzdicke DIN 18550, Teil 2  
Außenputz im Mittel: 20 mm  
Innenputz im Mittel: 15 mm

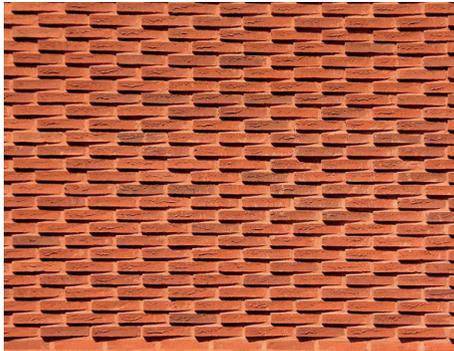


Innenputz, Filzputz

#### **Putzweise**

Bezieht sich auf die Ausführung des Oberputzes und der dabei entstehenden Oberflächenstruktur.

- Filzputz, feine Oberflächenstruktur, Körnung 1-1,5 mm,
- Reibputz, Körnung ab 1,5 mm
- Besenstrichputz
- Kellenwurfputz
- Kellenstrichputz
- Spritzputz
- Kratzputz



Fassade Wohn- und Geschäftshaus, Neu-Ulm,  
Fink + Jocher Architekten

# Mauerverbände

Um bei dem Herstellen einer Wandkonstruktion aus Mauersteinen die notwendige Stabilität erreichen zu können, ist es erforderlich, dass Steine nicht übereinander gestapelt, sondern versetzt geschichtet werden. Dabei entsteht ein Verband. Um diesen Schichtungsprozess beherrschen und steuern zu können, wurden Verbandsregeln entwickelt. Der Verband im Mauerwerk hat die Aufgabe, die Festigkeit des Mauerwerks, die Widerstandsfähigkeit gegen Rissbildung und Witterungseinflüsse, und die gleichmäßige Verteilung der Lasten und Kräfte im Mauerkörper zu gewährleisten. Ausgangspunkt für jede Verbandsregel und für die Organisation von Mauerwerksverbänden ist der einzelne Stein mit seinen Abmessungen.

Die äußerliche Wirkung von Mauerwerkswänden, die nach Verbandsregeln hergestellt sind, verdanken ihre ästhetische Wirkung der inneren Logik des Verbandes, dessen Ursprung in der Verbesserung der physikalischen Eigenschaften des Mauerwerks zu suchen ist.

## Formate

Ausgangsmaß für historische Steinformate ist die Spannweite der Hand mit 12 cm. Einführung des Reichsformates mit 12 / 25 / 6,5 cm durch den deutschen Zollverein 1871. Heute sind die Formate von Mauersteinen in Deutschland in der Regel aus der „oktametrischen“ Maßordnung nach DIN 4172 abgeleitet. Aus dem achten Teil eines Meters, 1/8 m = 12,5 cm, bildet das Maß von 12,5 cm das Grundmodul für die Steinabmessungen der kleinsten Steinformate (Kleinformat):

1. Dünnsformat (DF): 240 / 115 / 52 mm
2. Normalformat (NF): 240 / 115 / 71 mm

Alle größeren Steinformate werden unter Berücksichtigung der

Fugendicke aus diesen Grundmodulen zusammengesetzt.

Beispiel Planziegel 248 x 425 x 249 mm = 14 DF

Alle kleineren Formate werden als Teilformate eines ganzen Steins gebildet: Dreiviertel Stein, Halber Stein, Viertel Stein und Riemchen.

## Großformatige Elemente

Um Mauerwerk rationell und kostengünstig herstellen zu können hat die Steinindustrie größere Steinformate hergestellt, die ebenfalls dem oktametrischen Maßsystem entsprechen. Z. B.:

1. KS Quadro-System (max. 365 / 498 / 623)
2. Porenbetonsteine (max. 365 / 615 / 240)
3. Porenbetonplanelemente (max. 999 / 365 / 623)

## Sonderformate

Formsteine als Winkelsteine, mit abgeschrägten Stirnseiten, abgerundet usw., Verschiebeziegel, Schalungssteine, U-Schalen, Flachstürze, Rolladenkästen.

## Zusammenhang zwischen Maßordnung und Steinformat

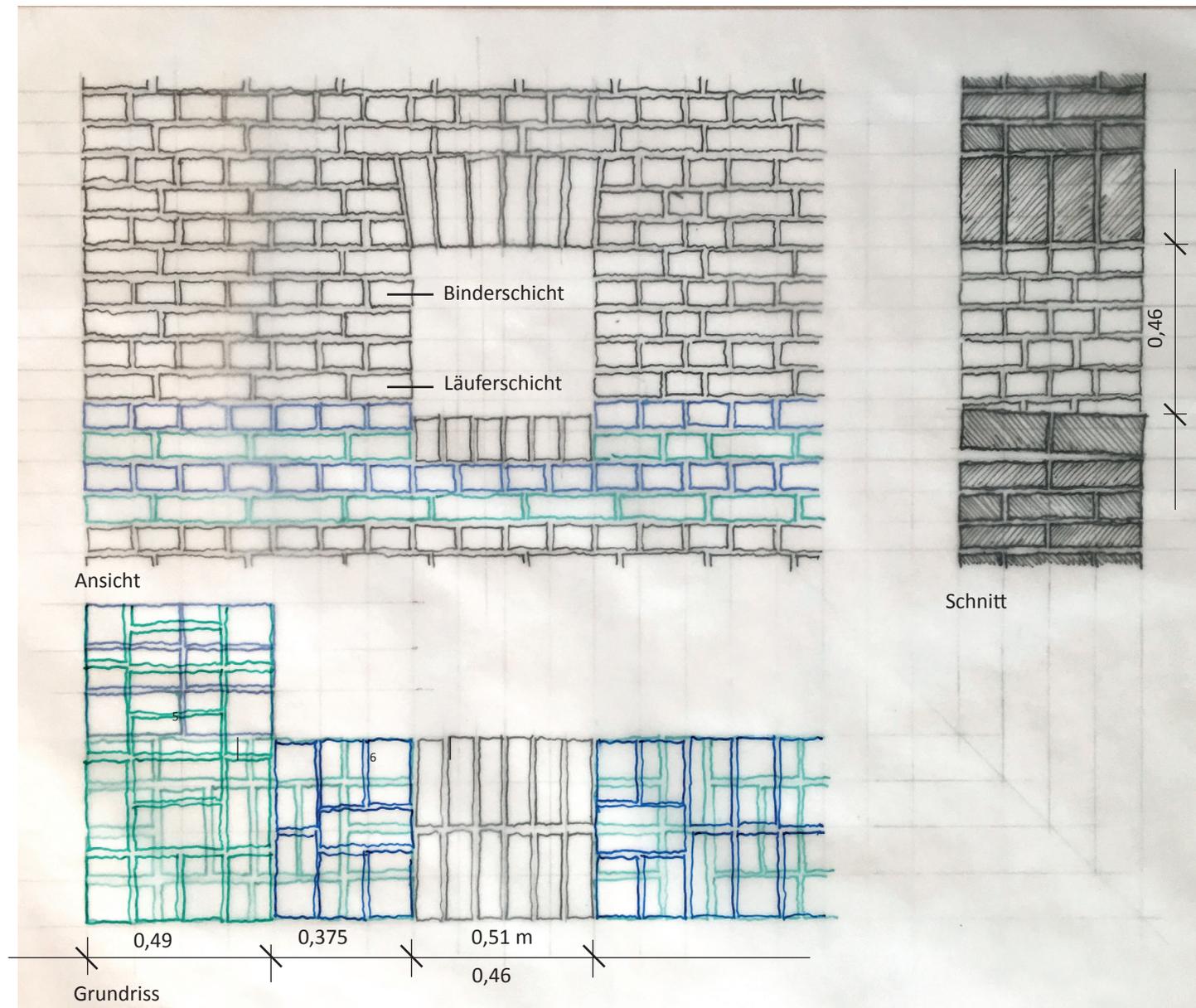
1. Maßordnung bestimmt das Steinformat, um Mauerwerk mit vollständigen Elementen herstellen zu können, ohne Steine auf der Baustelle anpassen zu müssen.
2. Die Maßordnung dient der Austauschbarkeit und Kompatibilität von Produkten wie Türen und Fenster.

## Maßordnungen in Deutschland:

1. Maßordnung im Hochbau (Oktametersystem, Modul 12,5 cm)
2. Modulordnung im Bauwesen (dezimetrische Modulordnung, Modul 10 cm – hat sich bisher nicht durchgesetzt)

Ziegelmauerwerk mit Normalformatziegel im Blockverband. Öffnung in der Wand mit Verwendung eines scheinrechten Sturzes. Darstellung als Dreitafelprojektion.

*Mauerwerk Atlas*  
Autoren: Günter Pfeifer, Rolf Ramcke,  
Joachim Achtziger, Konrad Zilch  
Edition Detail



### Maßtoleranzen

Ungenauigkeiten bei der Herstellung von Bauteilen und Bauwerken sind unvermeidbar und je nach Gewerk sehr unterschiedlich. Bei Rohbauarbeiten können

Maßtoleranzen, je nach Größe des Bauteils, von einigen Zentimetern zulässig sein, während ein Fenster nur Maßtoleranzen von einigen Millimetern aufweisen dürfen. Maßtoleranzen sind abhängig vom jeweiligen Material und dem Herstellungs- und/oder Montageprozess. Da es praktisch kaum möglich ist, die Fensteröffnung im Mauerwerk und das Fenster selbst exakt mit dem gleichen Maß herzustellen und eine Montage des Fensters bei gleichem Maß nicht mehr möglich wäre, müssen zum einen Montagefugen, zum anderen Maßtoleranzen eingeplant werden.

1. Nennmaß (wird als Kennzeichnung von Größe, Gestalt, und Lage des Bauteils in die Zeichnung eingetragen)
2. Istmaß (durch Messung festgestelltes Maß)
3. Istabmaß (Differenz zwischen Ist- und Nennmaß)
4. Größtmaß (größte zulässige Maß)
5. Kleinstmaß (kleinste zulässige Maß)
6. Grenzabmaß (Differenz zwischen Größtmaß und Nennmaß oder Kleinstmaß und Nennmaß)
7. Maßtoleranz (Differenz zwischen Größtmaß und Kleinstmaß)
8. Ebenheitstoleranz (Bereich für die zulässige Abweichung einer Fläche von der Ebene)

Beispiel: Maße im Grundriss z.B. Längen, Breiten, Achs- und Rastermaße: Grenzabmaße in mm bei Nennmaßen in m

bis 3 m	> 3-6 m	> 6-15 m	> 15-30 m	> 30 m
± 12	± 16	± 20	± 24	± 30

Genauigkeiten die über die Anforderungen der DIN 18201 und 18202 hinausgehen müssen entsprechend vertraglich vereinbart werden.

### Verbandsregeln

Mauerverband ist eine regelgebundene, waage- und fluchtrechte Aneinanderreihung und Lotrechtschichtung von Steinen zu Mauerwerk.

Unterscheidung für das tragende Mauerwerk nach:

1. Läuferschicht
2. Binderschicht
3. Rollschicht
4. Grenadierschicht

Zierschichten:

1. Stromschicht
2. Schränkschicht
3. Zahnschicht

### Aufgabe des Mauerwerksverbandes

Der Mauerverband hat die Aufgabe die auf dem Mauerwerk wirkenden Lasten gleichmäßig im Mauerwerk zu verteilen. Dazu müssen Stoß- und Lagerfugen übereinanderliegender Schichten um das Überbindemaß „ü“ gegeneinander versetzt werden.

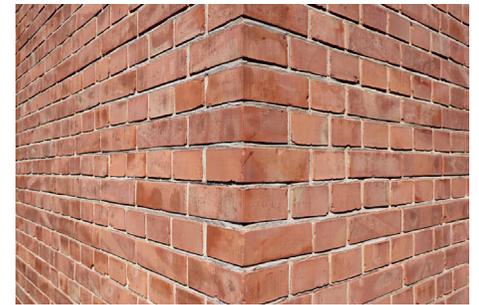
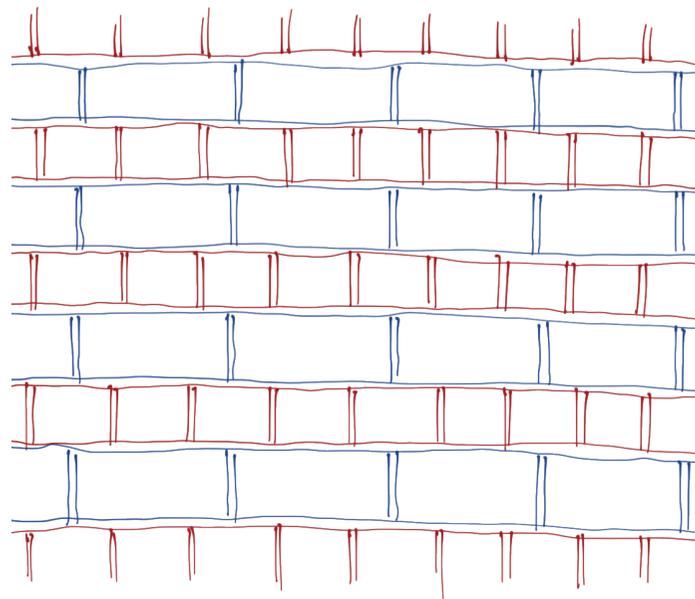
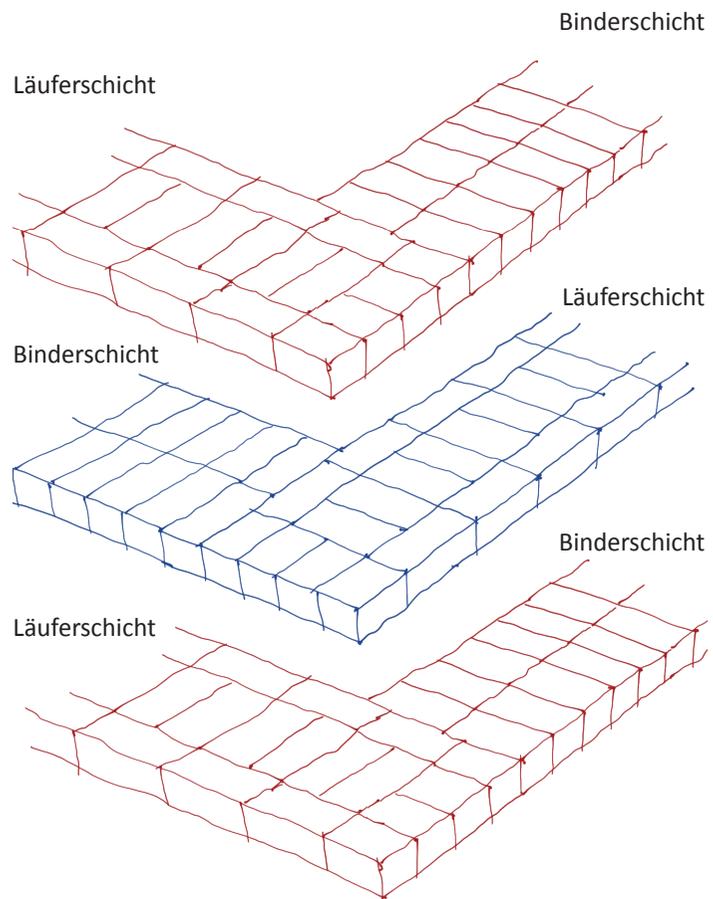
Überbindemaß nach DIN 1053-1, Abschnitt 9.3:

$\bar{u} \geq 0,4 \times h \geq 4,5 \text{ cm}$  (h = Sollmaß der Steinhöhe)

Das Überbindemaß legt außerdem fest, wie weit die Stoßfuge einer einbindenden oder durchbindenden Wand von der Innenecke bei Ecken, Kreuzungen und Stößen entfernt liegen muss.

### Verbandsregeln:

1. Steine einer Schicht sollen die gleiche Höhe haben, an Wandenden und unter Stürzen ist in jeder 2. Schicht eine zusätzliche Lagerfuge zulässig.
2. Bei der Vermauerung mehrerer Steine in einer Schicht zur Herstellung einer zusammengesetzten Wand darf die Steinhöhe nicht größer als die Steinbreite sein. Ausnahme bei einer Aufstandsweite des Steins von mind. 11,5 cm, hier darf die Steinhöhe



Mauerecke Blockverband Haus Lemke, Berlin  
1933 Architekt Mies van der Rohe



*Mauerverbände: Mauerwerkatlas Ausgabe 2001, Institut für Internationale Architektur Dokumentation, München.*

*Silence and Light  
Louis I. Kahn, Lecture Februar 12, 1969 ETH  
Zürich, Park Books, Zürich, 2013*

he 240 mm sein.

3. Bei gleichzeitiger Verarbeitung verschieden hoher Steine müssen die Schichthöhen in der aussteifenden und auszustreifenden Wand eingehalten werden, um das Einbinden zu ermöglichen.

#### **Ergänzende Verbandsregeln für Schulverbände**

1. Jede Schicht muss waagrecht liegen und durch das ganze Mauerwerk hindurchgehen.

2. Einschalige Außenwände aus Sichtmauerwerk müssen mindestens zwei Steinreihen aufweisen.

3. Binderschichten zeigen in ihrer Ansichtsfläche nur Köpfe. An Mauerenden beginnt jede Läuferschicht mit so viel  $\frac{3}{4}$  Steinen, als die Mauerdicke Köpfe zählt.

4. An Mauerecken, Mauerkreuzungen und Mauerstößen laufen die Läuferschichten stets durch, während die Binderschichten anschließen.

5. Es sind möglichst viele ganze Steine zu verwenden. (Verringerung des Fugenanteils, Erhöhung des Überbindemaßes und der Druckfestigkeit).

6. Gleichlaufende (parallele) Mauern sollen in gleicher Schichtenfolge angelegt werden.

#### **Um die Ecke denken**

Versucht man den Blockverband mit einem 49 cm starken Mauerwerk um die Ecke zu entwickeln, wird eines der grundlegenden Prinzipien des Entwerfen und Konstruierens deutlich: Material und Fügung müssen um die Ecke herum gedacht und entwickelt werden.

#### **Mauerverbände**

1. Läuferverband (als mittiger oder schleppender Verband – Versatz um  $\frac{1}{3}$  oder  $\frac{1}{4}$  der Steinlänge

2. Binderverband, nur für 1 Stein dicke Wände, besteht in allen Schichten aus Bindern, die um eine halbe Steinbreite versetzt sind (wegen der geringen Überdeckung geringe Tragfähigkeit, Neigung zu Schrägrissen).

3. Blockverband, Mauerwerk besteht abwechselnd aus Läuferschicht und Binderschicht. Die Stoßfugen der Läufer- und Binderschichten liegen jeweils senkrecht übereinander.

4. Kreuzverband, Mauerwerk besteht ebenfalls abwechselnd aus Läuferschicht und Binderschicht. Die Läuferschichten sind jedoch gegeneinander so versetzt, dass sie sich erst nach vier Schichten wiederholen (empfindlich gegen Schrägrisse).

# Öffnung

In der Wand werden die Anforderungen an die Gebäudehülle vereint. Die Gebäudehülle trägt die Konstruktion, dämmt das Gebäude und schützt die Außenwände. Öffnungen in der Außenwand sind deshalb zunächst Störungen in der Gebäudehülle und Störungen der die Wand bildenden Struktur. Die Wirkungen von Tragen, Dämmen und Schützen werden unterbrochen. Wenn eine Öffnung in der Außenwand eine Verbindung mit einem Innenraum des Gebäudes herstellt, ergeben sich daraus eine Reihe von baukonstruktiven Fragestellungen, denn die Anforderungen an die Öffnung, nämlich Belichten und Belüften der Innenräume, widersprechen den Anforderungen an die Außenwand.

Öffnungen in der Wand müssen deshalb offen und trotzdem tragend, transparent und trotzdem dämmend, offenbar, und trotzdem schützend sein. Die Funktionen der Wand, üblicherweise in einem Bauteil von 40-50 cm Stärke in einer einteiligen oder mehrteiligen Schicht untergebracht, müssen in einem Bauteil von nur 8-10 cm realisiert werden, ohne die Aufgabe der Gebäudehülle dabei grundsätzlich in Frage zu stellen.

Dies ist nur mit einem erheblichen, konstruktiven Aufwand möglich. Anordnung, Größe und Wirkungsweise von Öffnungen sollten deshalb genau überlegt sein. Größe und Proportion der Öffnungen tragen zudem wesentlich zur Wirkung des Gebäudes sowie dessen Innenräume bei und stehen in direkter Beziehung mit der Konstruktion. Öffnungen unterscheiden sich in Skelett und Massivbauten, stehen in Beziehung zum jeweiligen Konstruktionsmodul und sind abhängig vom Tragwerk des Gebäudes. Anordnung, Größe, Proportion und Detaillierung der Öffnung tragen zur Wirkung von Fassade und Gebäudekörper bei. Gebäudekanten und Ecken verbessern das Tragverhalten von Massivbauten.

Dies ist bei der Anordnung von Öffnungen in diesem Bereich zu bedenken. Hohe und schlanke Öffnungen sind typisch für den Mauerwerks- und Fachwerkbau. Entsprechende Proportionen haben ihren Ursprung in der Baugeschichte. Erst mit der Etablierung von modernen Baumaterialien wie Stahlbeton und Stahl wurde die Herstellung von großen Öffnungen in der Wand wirtschaftlich möglich. Damit verließen im 20. Jahrhundert Öffnungen die Konvention des stehenden Formates auf der Suche nach idealen Belichtungsmöglichkeiten, aber auch neuen Ausdrucksformen.



Walter Benjamin, *Gesammelte Schriften*.  
Suhrkamp-Verlag, Frankfurt am Main 1982

## Fenster

*„Nun aber reißt Corbusiers Langfenster eine Bresche in die „Schutzhülle des privaten Menschen“, und die Außenwelt bezwingt das Interieur. Im winzigen Wohnraum der Villa am See ist plötzlich die Natur greifbar nahe in ihrer ganzen Großartigkeit, mit dem Zyklus der Witterung und der Jahreszeiten. Ein Fenster von 11 m Länge stellt eine Beziehung her, lässt Licht herein (...) und füllt das Haus mit der Weite einer einzigartigen Landschaft. Die des Sees mit ihren Wandlungen und die der Alpen mit ihrem wundervollen Lichtspiel.“*

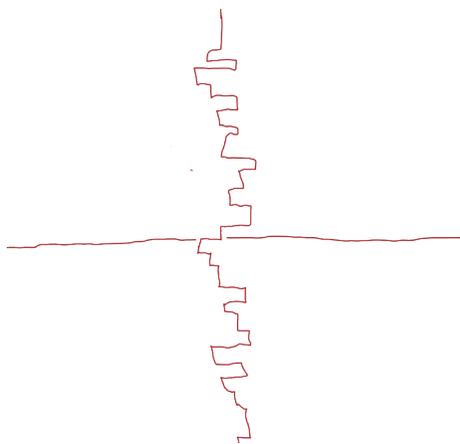
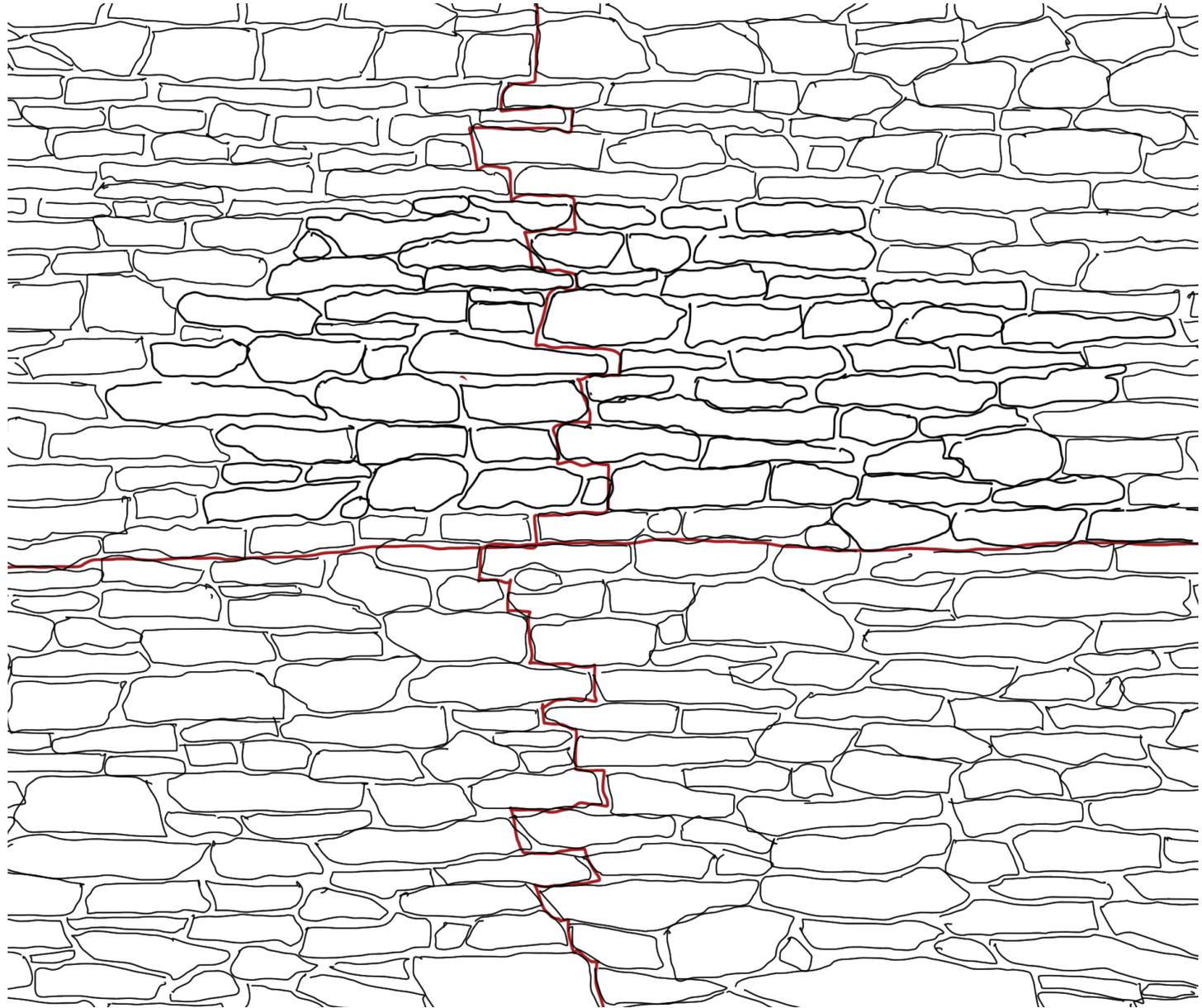
Walter Benjamin

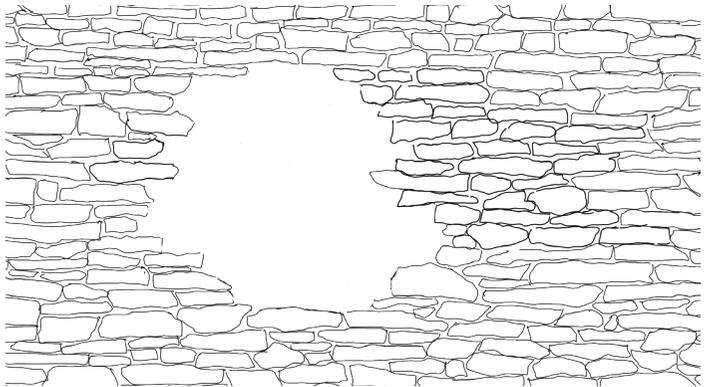
Wie aber soll die Öffnung beschaffen sein? Kontroverse zwischen Auguste Perret und Le Corbusier bezüglich des Langfensters.

Beeobachtung zum System Mauerwerk:

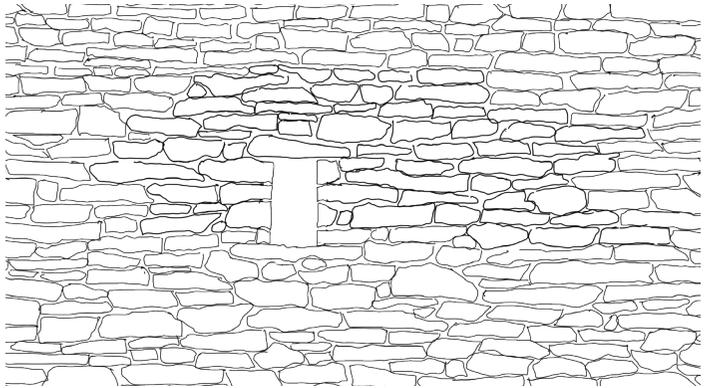
1. Das Mauerwerk besteht aus horizontalen Schichten, die durchlaufende horizontale Fugen aufweisen.
2. die Größenordnungen der Steine weisen eine gewisse Ähnlichkeit auf.
3. es werden vorwiegend liegende Formate verwendet, die der horizontalen Ausrichtung der Schichten entsprechen
4. Die vertikalen Fugen laufen nicht durch, sondern weisen an jeder horizontalen Fuge einen Versatz auf.

Die Stabilität und Widerstandsfähigkeit der Mauer erfordert dieses Prinzip des horizontalen Schichtens und vertikalen Versetzens der Steinfugen. In dieser Ansicht nicht erkennbar sind die regelmäßigen in die Tiefe der Wand einbindenden Steine (Binder) von denen in der Zeichnung nur die „Köpfe“ zu sehen sind und die den Wandkörper in der Tiefe stabilisieren.

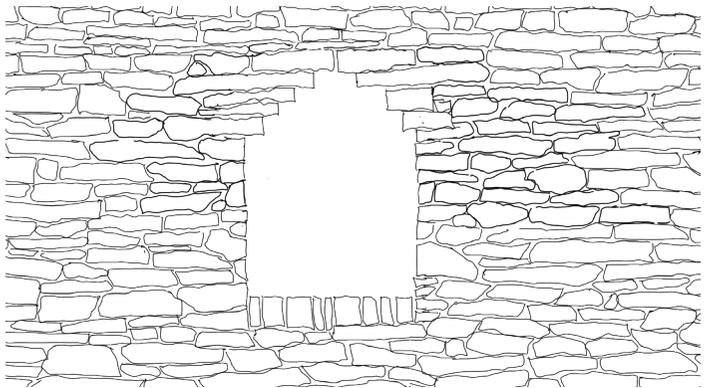




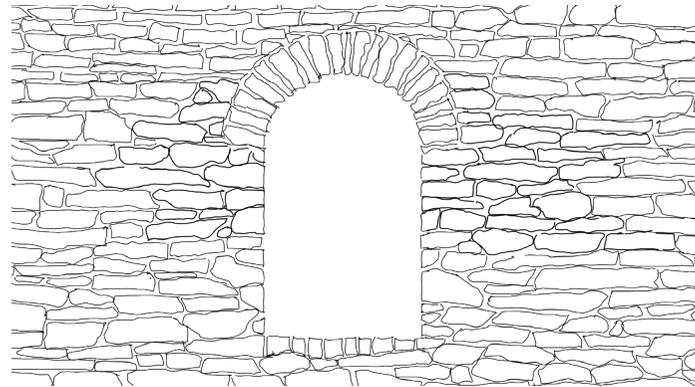
1



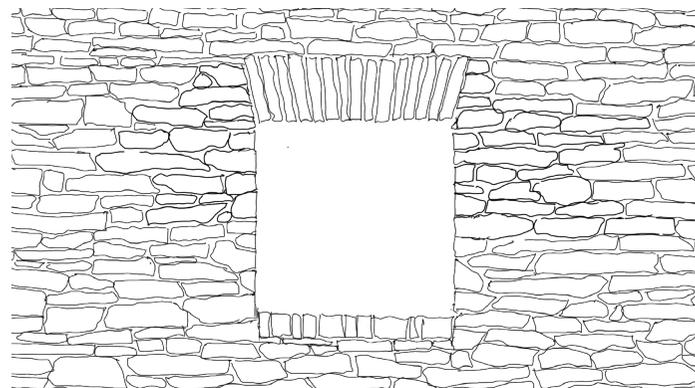
2



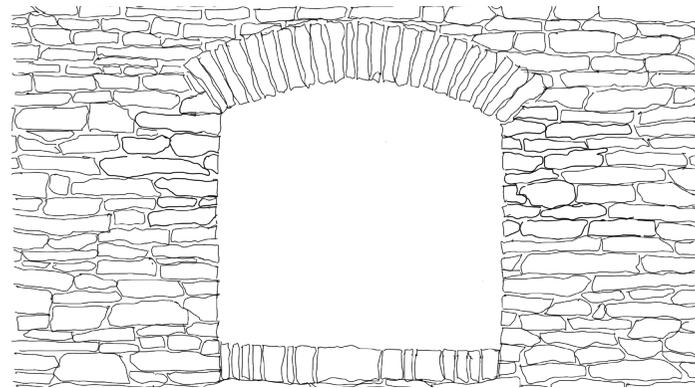
3



4



5



6

*The wall did well for man. In its thickness and its strength it protected him against destruction. But soon, the will to look out made man make a hole in the wall, and the wall was very pained, and said, "What are you doing to me? I protected you, I made you feel secure – And now you put a hole through me!" And man said, "But I will look out! I see wonderful things, and I want to look out!" And the wall still felt very sad. Later, man didn't just hack a hole through the wall, but made a discerning opening, one trimmed with fine stone, and he put a lintel over the opening. And, soon, the wall felt pretty well." Louis I. Kahn*

1 „a hole in the wall“

2 Ein Sturz, der lediglich durch einen Stein gebildet wird und nur eine sehr kleine Öffnung ermöglicht

3 Kragbogen, auch „flascher Bogen“ genannt. Erfordert keine Schalung / Gerüst, ermöglicht nur Öffnungen in begrenztem Maß.

4 Rundbogen, bereits bei den Ägyptern bekannt. Sehr leistungsfähige Methode um eine Öffnung zu überspannen.

5 Schtrechter Bogen. Lastabtragung wie bei einem Segmentbogen, allerdings mit horizontalem Abschluss

6 Segmentbogen, braucht weniger Höhe als ein Rundbogen, hat aber höhere Horizontalkräfte zur Folge



Fenster zum Genfer See im Aussenraum, La Petite Maison, Corseaux, Schweiz 1924  
Architekt: Le Corbusier



Fensteröffnung Stallgebäude Vrin, Schweiz

*August Perret 1923 in: Architektur konstruieren. Vom Rohmaterial zum Bauwerk*  
Herausgeber: Andrea Deplazes  
Verlag: Birkhäuser

„Nun ist bei Le Corbusier die Tendenz zu beobachten, dass er, um Volumen zu bewirken, seine Fenster gruppenweise zusammenfasst und große, dazwischen liegende Wandflächen völlig blind lässt; oder er schafft aus einer gestalterischen Laune heraus gequälte Fensterformen, in dem er zu sehr die Fenster in die Länge oder in die Breite zieht. Von außen macht das zwar einen originellen Eindruck, aber ich fürchte, der Eindruck im Inneren ist weniger originell, denn mindestens die Hälfte der Räume muss folglich völlig ohne Licht auskommen, und das heißt etwas zu weit gehen mit der Originalität.“

August Perret 1923

Auf welcher Grundlage entsteht die Öffnung in der Wand? Welche Rolle spielt das Licht, die Reflexion der Wand? Welche der Raum, welche die Konstruktion?

Loch in der Wand oder strukturelle Öffnung?  
Höhenlage des Fensters in der Wand?  
Absturzsicherung / Brüstung / Sturz?

Herstellen der Öffnung, Abfangen der Lasten,  
Unterscheidung nach dem Herstellungsprinzip:

1. Kragbogen
2. Rundbogen
3. Korbbogen
4. Scheitrechter Sturz / Entlastungsbogen
5. Gerader Sturz

#### **Begriffe der Öffnung:**

1. Das Tympanon oder Tympanum ist in der Architektur eine Schmuckfläche in Giebeldreiecken oder im Bogenfeld von Portalen
2. Laibung oder Leibung, senkrechte Schnittfläche
3. Brüstung und Sturz, horizontale Schnittflächen des Mauerwerks

Fenster trennen im Bereich der Öffnung in der Wand den Innenraum vom Außenraum. Dabei wird in der Regel eine größtmögli-

che Öffnung zwischen Innen und Außen, gleichzeitig größtmöglicher Schutz gewünscht.

#### **Anforderungen an die Fensterkonstruktion**

##### **1. Wärmedämmung**

Der Wärmedämmwert von Fensterkonstruktionen setzt sich aus der Konstruktion der Gläser, der Konstruktion des Rahmens und der Beschaffenheit des Randverbundes der Gläser zusammen.

U-Wert-Berechnung bei Fenstern:

$U_w$  (w = window) – der Gesamtwert des Fensters  
setzt sich zusammen aus:

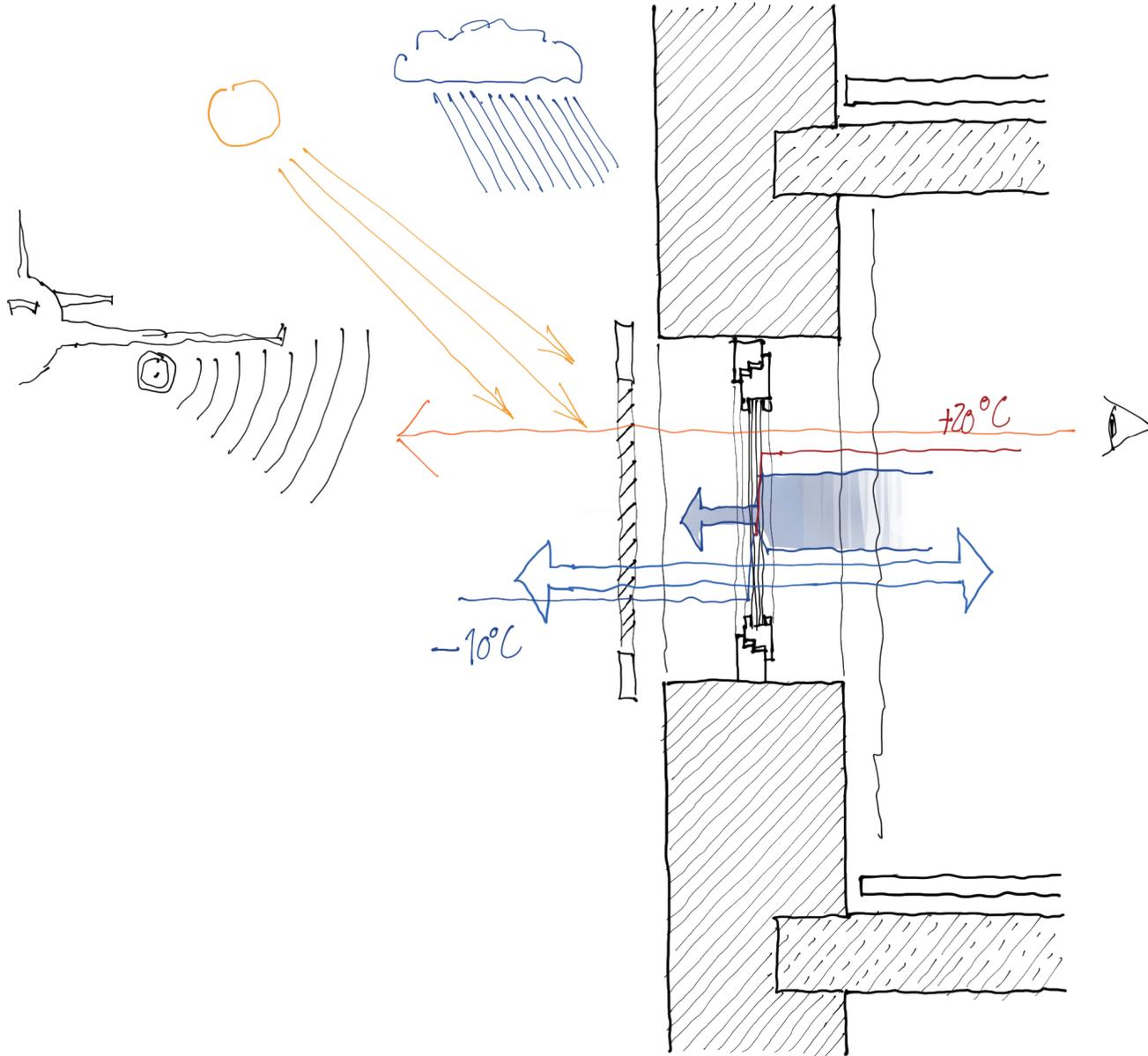
1.  $U_g$  (g = glazing) – der U-Wert der Verglasung
2.  $U_f$  (f = frame) – der U-Wert des Rahmens

Der Wert  $\psi_g$  für den Randverbund der Verglasung wird hauptsächlich durch das Material des verwendeten Isolierglasabstandhalters beeinflusst.

Als warme Kante wird bei Mehrscheiben-Isolierglas ein Rand bezeichnet, bei dem der Abstandhalter zwischen den Glasscheiben aus Materialien mit geringer Wärmeleitfähigkeit besteht. Bei Fenstern und Türen wird der Begriff auch übergreifend für eine verbesserte Wärmedämmung im Bereich des Glaseinstandes am Flügelelement verwendet (besonders bei dreifach-Verglasung relevant). 3-fach Isolierglas 36 mm mit Argon Füllung: 0,7 W/m<sup>2</sup>K. Nach der EnEV 2009 darf bei normaler Verglasung der U-Wert 1,3 W/m<sup>2</sup> x K nicht überschreiten. Als passivhaustauglich gelten Fenster mit einem U-Wert von 0,8 W/m<sup>2</sup>K oder besser. Vergleich Hochlochziegel Planstein 42,5 cm: U-Wert = 0,20 W/m<sup>2</sup> x K

##### **2. Regenschutz**

Wasser wird über den Wetterschenkel (oder die Regenschutzschiene) auf die Fensterbank geleitet. Fensterfalze müssen deshalb so ausgebildet werden, dass Wasser nicht eindringen oder auf der Konstruktion stehenbleiben kann.



Fensteröffnungen Metzgerei in Vrin, Schweiz  
Architekt Gion Caminada

*Basics Baukonstruktion  
Fassaden Öffnungen  
Roland Krippner, Florian Musso  
Birkhäuser Verlag*



### 3. Sonnenschutz

Verhindert den Eintritt von Wärmestrahlung. Der Energiedurchlassgrad (auch g-Wert) ist ein Maß für die Durchlässigkeit von transparenten Bauteilen für Energie. Der g-Wert als Gesamtenergiedurchlassgrad ist die Summe aus der direkten Transmission solarer Strahlung, sowie die Wärmeabgabe nach innen durch Strahlung und Konvektion.

#### Typische Werte für den Energiedurchlassgrad

Einfache Weißglasscheibe: Ein g-Wert von 0,85 oder 85 % bedeutet, dass 85 % der eingestrahnten Energie in den Raum hinter der Glasscheibe gelangen kann.

Sonnenschutzglas: Ein g-Wert von 0,30- 0,50 bedeutet, dass nur 30 %- 50 % der eingestrahnten Energie den Raum hinter der Glasscheibe erreichen. Diese Gläser werden häufig bei vollverglasten Fassaden eingesetzt, um den Wärmeeintrag ohne Sonnenschutz zu minimieren.

KSD-Glas: Hierbei wird der g-Wert durch das Drehen einer speziellen Scheibe verändert, im Sommer beträgt der g-Wert beispielsweise 0,39. Durch das Drehen der Glasscheibe um 180° beträgt der g-Wert im Winter 0,65.

Schaltbare Gläser: g-Wert wird durch die Veränderung der Lichtdurchlässigkeit der Glasscheibe geändert. Bei elektrochromen Gläsern kann der g-Wert zum Beispiel stufenlos zwischen 0,45 und 0,1 bei thermochromen Gläsern zwischen 0,5 und 0,25 variieren.

#### Flexible Sonnenschutzsysteme außenliegend:

Raffstore, Aluminiumlamellen drehbar, Lamellenpaket im Sturz integriert oder außen auf der Fassade montiert. Pakethöhe ca. 10 % der Abdeckhöhe. Windbelastung beachten. Ggf. Windsicherung erforderlich.

Rolladen aus Holz, Alu, Kunststoff. Lamellen starr und seitlich geführt. Max. Größe ca. 10 m<sup>2</sup>, max. Breite und Höhe ca. 4,5 m.

Falt- Klapp- oder Schiebeläden, Material Holz oder Aluminium, optional ausstellbar.

Markisen, Senkrechtmarkise, Markisolette, Fallarm Markise, Knickarm- oder Gelenkarmmarkise, Material Stoff. Reflexionsgrad und Blendwirkung materialabhängig.

Einbausituation: Die meisten Systeme können additiv vor der Fassade, im Sturzbereich integriert oder unter dem Sturz eingebaut werden. Zu beachten sind dabei Wartungsmöglichkeiten, durchgehende Wirkung der Wärmedämmschicht und ggf. die Möglichkeit einer Hinterlüftung.

Festmontierte Sonnenschutzsysteme außenliegend:

- Vordach, horizontale und vertikal Blenden (brise-soleil)
- Loggien
- Fest montierte Lamellen.

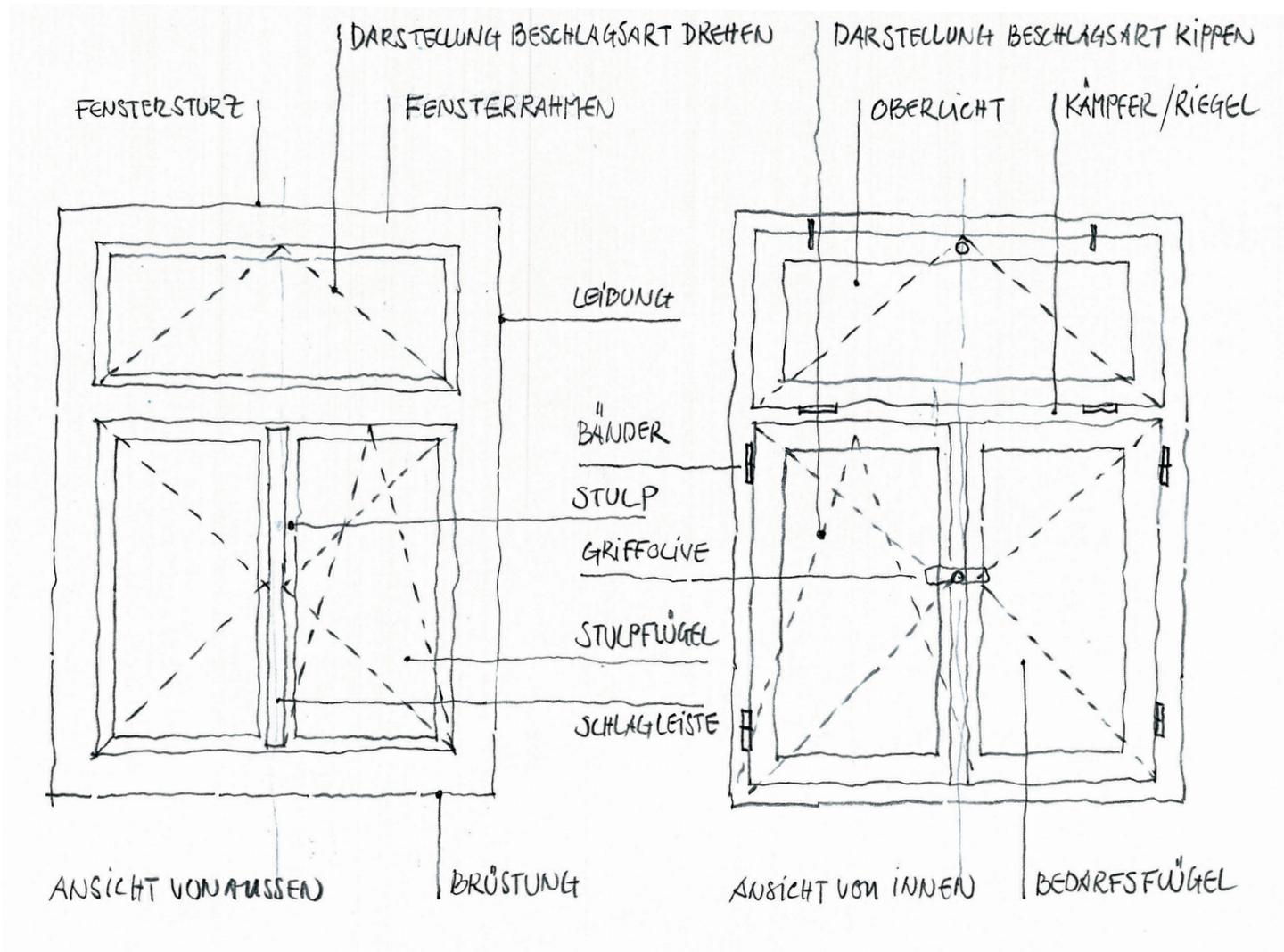
Durch raumhaltige Sonnenschutzsysteme kann zwischen Fenster und Sonnenschutz eine nutzbare Zwischenschicht entstehen, die wesentlich zum Ausdruck der Fassade beiträgt. Festmontierte Systeme können allerdings nur bedingt auf Tages- und Jahreszeiten reagieren.

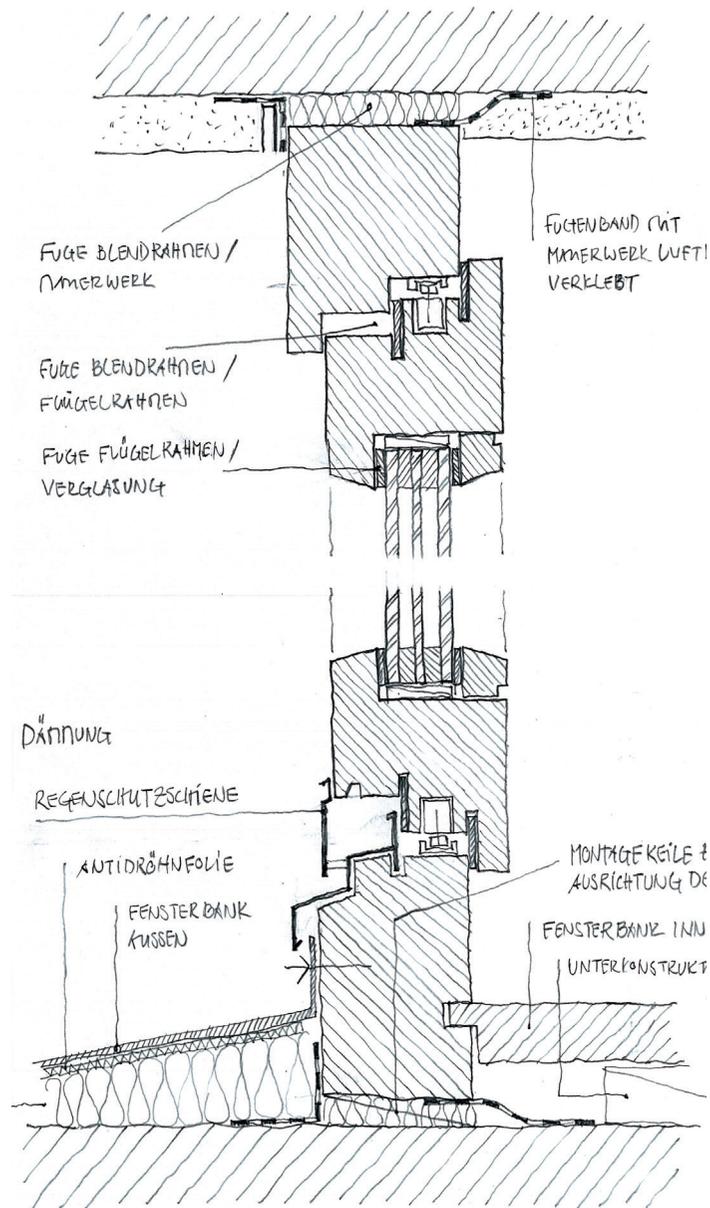
### 4. Blendschutz

Blendung entsteht durch direkte Sonneneinstrahlung aber auch durch Reflektion außerhalb und innerhalb des Raums. Das Maß der verträglichen Blendung hängt auch von der Tätigkeit ab. Bei Schreibtätigkeit anders als bei Bildschirmtätigkeit. Flexibler Blendschutz auf der Rauminnenseite erlaubt Solare Energiegewinne auch während der Heizperiode.

- Vorhänge, als Blendschutz nur vollflächig verwendbar, da Vorhänge horizontal verschoben werden. Mehrschichtig möglich (Tag-Nachtvorhänge)

- Storen, Senkrechtstoren mit entsprechend licht- und durchlässiger Beschichtung erlauben präzise Regulierung des Lichts und Lichtführung mit Außenraumbezug. Material: Stoff, Holz, Aluminium,





mit jeweils unterschiedlichen Auswirkungen auf Licht- und Raumwirkung.

### 5. Sichtschutz

Fensterkonstruktionen müssen in speziellen Fällen so beschaffen sein, das Belichtung und / oder Belüftung möglich, eine Sichtschutz jedoch trotzdem gegeben ist. Das bedeutet, dass Fenster nicht immer alle Anforderungen bezüglich der Wahrnehmung, nämlich Belichtung, Belüftung und Blickbeziehung gleichermaßen erfüllen müssen. Das Anforderungsprofil hat damit entscheidenden Einfluss auf Konstruktion und Gestalt des Fensters.

### 6. Feuchteschutz / Dampfdiffusion

Die Fugen der Fensterkonstruktionen müssen Innen luftdicht, im Bereich des Rahmens wärmegeklämt und Außen winddicht und regenfest angeschlossen werden.

### 7. Schallschutz

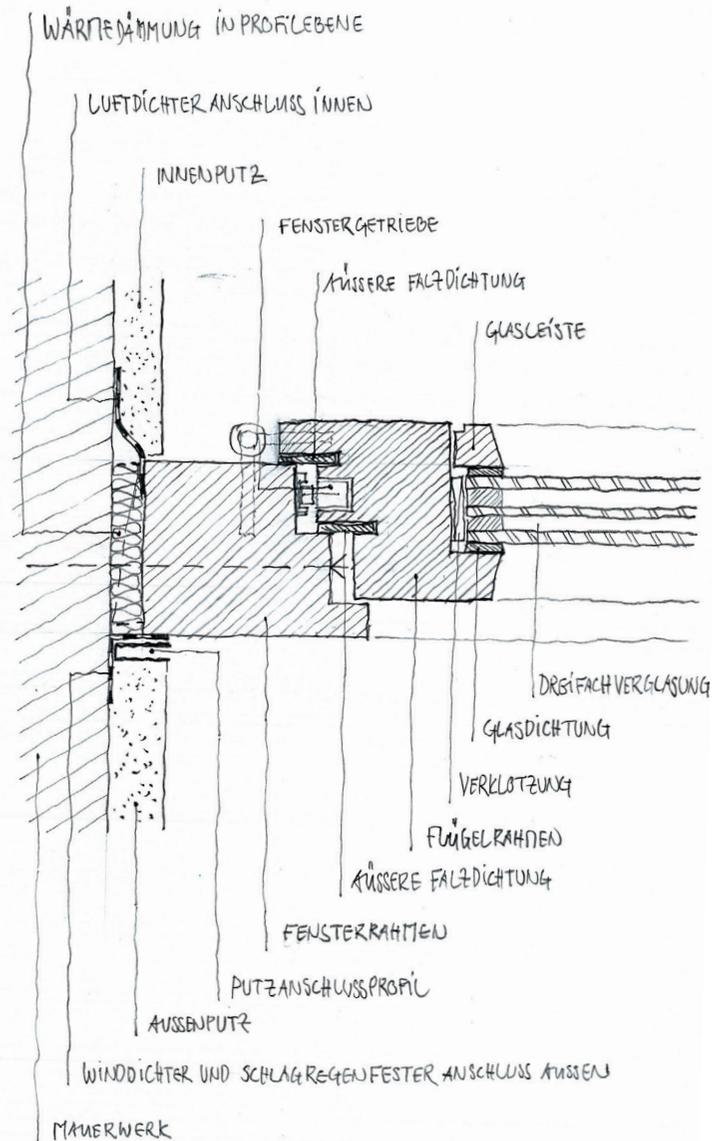
Durch verschieden starke, schwere Gläser, besondere Anforderungen an die Ausbildung der Fugen, Schalldämmmaß wird durch die Einbausituation beeinträchtigt. Einteilung in Schallschutzklassen 1-6.

### 8. Einbruchschutz

Grundsätzlich unterscheidet die DIN EN 1627 ff. zwischen 7 Widerstandsklassen (resistance class = RC). Während die Klassen RC 1 bis RC 3 im privaten Bereich Anwendung finden, werden die Klassen RC 4 bis RC 6 insbesondere für den gewerblichen Bereich von der Polizei empfohlen. Regelempfehlung: RC-2-Fenster. Die erforderliche Widerstandsklasse sollte demnach mit dem Nutzer und der örtlichen Polizei abgestimmt werden.

### 9. Brandschutz

Brandschutzanforderungen bei Fenstern sind aufwändig und teuer. Für die Verwendung einer Brandschutzverglasung ist eine entsprechende Zulassung des Bauteils erforderlich.



### Begriffe der Fensterkonstruktion:

1. Blendrahmen
2. Flügelrahmen
3. Falz
4. Beschläge
5. Glasleiste
6. Isolierverglasung

### Die Fugen der Fensterkonstruktion:

1. Blendrahmen / Leibung
2. Blendrahmen / Flügelrahmen
3. Flügelrahmen / Glas

Unterscheidung nach der Einbauart / Anschlagsart des Fensters:

#### 1. Innenanschlag:

Montage in der Regel von innen, gesamte Rahmenbreite von innen sichtbar, Außenansicht kann auf die Breite des Flügelrahmens reduziert werden. Fenster ist wettergeschützt, Anschlüsse sind unproblematisch, da sie durch den Anschlag geschützt werden.

#### 2. Außenanschlag:

gesamte Rahmenbreite ist von außen sichtbar, Fenster kann von außen bündig in der Fassadenebene liegen. Glas und Rahmen sind allerdings starken Witterungseinflüssen ausgesetzt. An die Anschlüsse werden bezüglich Ästhetik und Qualität erhöhte Anforderungen gestellt, da sie sehr gut sichtbar sind.

#### 3. Einbau ohne Anschlag:

Grundsätzlich möglich, es muss jedoch besonders auf eine sorgfältige Ausführung der umlaufenden Abdichtung der Fensterkonstruktion an den Rohbau geachtet werden. Heute eher Standard,

kann bei weiterer Verschärfung der Wärme-schutzanforderungen diese Anschlagsart problematisch werden.

#### **Ausbildung des Sturzes**

Leichtziegel U-Schale

Sturzausbildung mit Leichtziegel U-Schale im einschaligen Mauerwerk. U-Schale ca. 4cm stark, Dämmung an der Wandaussenseite auf der Innenseite der U-Schale erforderlich. Tragender Sturz als Ortbetonkonstruktion innerhalb der U-Schale

#### **Zweischaliges Mauerwerk**

Sturzausbildung als Ortbetonkonstruktion, ggf. im Verbund mit der Decke. Deckenstirnseite und Außenseite des Sturzes gedämmt. In der Ebene der Hinterlüftung und Dämmung ist dann der Einbau einer Jalousie möglich. Sturzausbildung der Außenschale als scheinrechter Bogen bis zu einem Öffnungsmaß von 2m möglich, alternativ Stahlkonstruktion oder Sichtbetonsturz.

#### **Kerndämmung**

Bei zweischaligem Mauerwerk mit Kerndämmung ist zu beachten, dass die Fensterkonstruktion (wie bei allen Systemen mit einer Dämmschicht) in der Dämmebene eingebaut wird.

#### **Sturzausbildung mit Rolladenkastenelement**

Einbau des Rolladenkastenelementes hinter der Vormauerschale. Bei zweischaligem, hinterlüftetem Mauerwerk ist eine Abdichtung der Hinterlüftungsebene oberhalb des Rolladenkastens erforderlich.

#### **Darstellung in der Ausführungsplanung**

Stürze werden als über der Darstellungsebene liegende Kanten gestrichelt, Brüstungshöhen beziehen sich auf Oberkante Fertigfußboden (OKFF). In der Maßkette wird unter dem Öffnungsmaß das Maß der lichten, vertikalen Öffnung angegeben. Anzugeben ist außerdem die Seite, an der Dreh- und / oder Kippflügel ange-

schlagen werden. Der Anschlag DIN-links oder DIN-rechts wird immer von der Bandseite aus (die Seite, zu der Fenster oder Tür geöffnet werden und wo sich demnach auch das Band befinden muss) angegeben. Mit anzugeben sind auch die bauphysikalischen Eigenschaften des Fensters wie der U-Wert von Glas und Rahmen und das Material der Fensterkonstruktion.

## Sockel

Bezogen auf ein Gebäude stellt der Sockel als Teil einer Gliederung der Fassade in Sockel-, Wand-, und Dachzone die Basis des Gebäudes dar. Die Basis trägt das darüberstehende Gebäude und ist – zumindest historisch gesehen – deshalb besonders solide ausgebildet. Über die Erfordernisse der Konstruktion hinaus wird die Sockelzone deshalb auch oft seiner Bedeutung entsprechend schwer und geschlossen gestaltet. Oder, als Reaktion auf dessen Bedeutung bewußt offen und leicht, wie Haus W in Hamburg von Kraus Schönberg Architekten. Innerhalb der Sockelzone kommt das Gebäude auch auf den Boden, oder versinkt darin. Damit wirken auf den Sockel nicht nur Vertikalkräfte sondern auch, je nach Eindringtiefe, Horizontalkräfte ein.

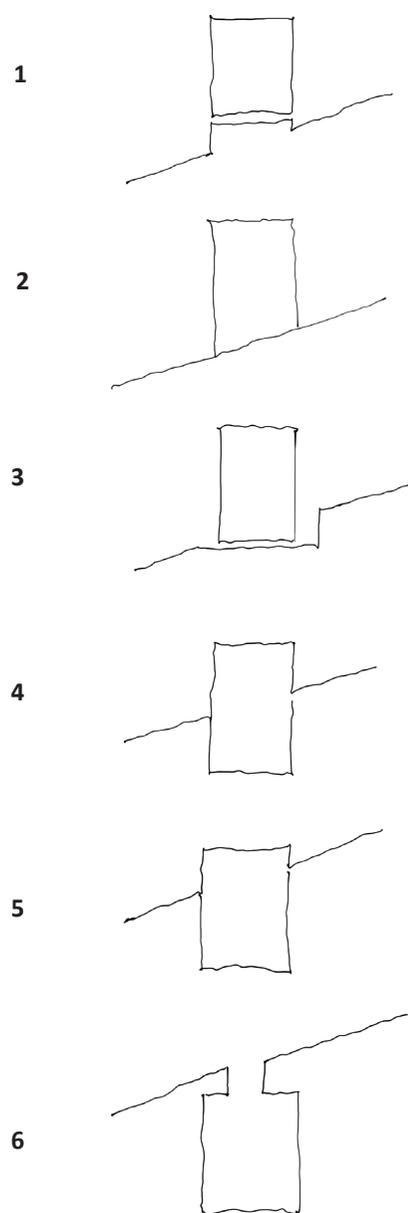
Außerdem ist die Sockelzone der Feuchtigkeit aus dem Baugrund ausgesetzt. Damit ist der Sockel, mit dem Dach, ein sehr stark belastetes Bauteil, das besondere Sorgfalt bei der Konstruktion des Gebäudes erfordert und in besonderem Maße eine Reaktion auf die topographischen und geologischen Verhältnisse des Ortes verlangt.

Der Sockel steht auch für das Bauen unter der Erde. Räume unterhalb der Geländeoberfläche werden aufgrund des fehlenden Lichts und mangelnder Belüftungsmöglichkeiten gemeinhin für untergeordnete Nutzungen verwendet. In der Geschichte gerne mit verborgenen Orten wie Bunker, Kerker, oder Schatzkammer verknüpft, möglicherweise feuchte und dunkle Keller, stehen Räume unter der Erde heute, möglich durch hochwertige Bautechnik, für willkommene, lichtdurchflutete, räumliche Erweiterungen mit hohem Qualitätsanspruch. Die Erweiterung des Städel-Museums in Frankfurt oder des Louvre in Paris ermöglichen notwendige räumliche Expansion ohne dabei die Erscheinung des Bestandes wesentlich zu verändern. Gewaltige Architekturen entstehen dabei unter der Erde aber scheinbar kein Gebäude. Das Bauen unter der Erde bestätigt und erhält zum einen den Bestand und spielt zum anderen gleichzeitig mit dem Reiz des Verborgenen, Unsichtbaren.

Das Bauen unter der Erde fragt zunächst nach einer konzeptionellen Überlegung, die das Verhältnis des Baukörpers zur Topographie klärt. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage nach der Erfahrbarkeit des Unterirdischen als etwas, das sich unter der Oberfläche befindet. In jedem Fall ist, selbst beim oberirdischen Bauen ein Bodenaushub erforderlich um das Gebäude auf frostsicheren Boden gründen zu können.

Damit stellt sich die Frage, wie weit das Gebäude unter die Erdoberfläche reicht. Mit der Gebäudetiefe unterhalb des Geländes wachsen die Belastungen auf die Konstruktion durch Horizontalkräfte aus dem Erddruck und Wasser aus dem Baugrund. Diese Kräfte treten schon beim Bauen auf und wirken sich auf Abstützmaßnahmen der Baugrube und die Wasserhaltung während des Bauens aus. Das Bauen unter der Erde ist teuer und hat beträchtliche Auswirkungen auf die Baukosten.

Aus diesen Überlegungen können unterschiedliche Konzepte in Bezug auf das Verhältnis zwischen Baukörper und Baugrund entstehen:



Haus W, Hamburg, 2008  
Architekten Kraus Schönberg

1. Gebäude steht auf einem Sockel (Neue Nationalgalerie, Mies van der Rohe)
2. Gebäude und Topographie nehmen keinen Einfluss aufeinander
3. Gebäude steht frei in der Wanne (Tadao Ando, Weil am Rhein)
4. Erdwall umschließt das Gebäude (Nutzung des Erdaushubs)
5. Gebäude steckt in der Erde (Einschlag)
6. Kleine Öffnung oberirdisch, großer Baukörper unterirdisch (Städel-Erweiterung, Schneider-Schumacher Architekten)

### **Beziehung zur Oberwelt**

Unterirdische Räume sind zunächst mit Mangel an Licht und Luft verbunden, deshalb ist der Bezug des unterirdischen Raums zur „Oberwelt“ von besonderer Bedeutung. Der entsteht vor allem durch die Lichtführung, die – je nach Konzept – seitlich durch einen Lichtschacht oder mit einer Belichtung durch die Decke hergestellt werden kann. Zusammen mit der Belichtung kann auch die räumliche Verknüpfung mit der „Oberwelt“ hergestellt werden. Eine Belichtung von oben unterstützt den Eindruck eines introvertierten Raumes unter der Erde. Zenitlicht durch ein Oberlicht wirkt als „reines“ Licht ohne Reflexionen, und damit ohne Farbveränderungen, über benachbarte Gebäude oder Vegetation.

## Boden

### **Konstruktive Bedingungen**

**Erddruck:** Herstellung der Baugrube als Wanne oder mit Bohrpfahlwand, Berliner Verbau, Spundwand. Ableitung des Erddruckes in der Konstruktion.

**Baugrund:** Beschaffenheit des Bodens in Bezug auf die Druckfestigkeit, Wasseraufnahme und Verformungen.

**Wasser:** Bodenfeuchte, Kapillarwasser, nichtstauendes Sickerwasser, aufstauendes Sickerwasser, drückendes Wasser, von innen drückendes Wasser.

### **Baugrund:**

Die Beschaffenheit des Baugrundes wird in Bodenklassen angegeben. Festgestellt werden kann die jeweilige Beschaffenheit des Bodens am Bauort durch einen Geologen. Ein Bodengutachten gibt Aufschluss über Bodenklasse, Tragfähigkeit, ggf. Kontamination, Höhenlage der Boden- ggf. Felsschichten. Wichtige Information ist auch ggf. der Grundwasserspiegel oder anfallendes

Schichtenwasser. Die Kenntnis über die Bodenbeschaffenheit ist wichtig für den Tragwerksplaner, der einem Bodengutachten die Belastungsfähigkeit des Bodens in KN / m<sup>2</sup> und dessen Konsistenz entnehmen kann. Die Bodenklasse ist außerdem wichtig für die Erdarbeiten, da der Preis für Abbruch, Verladen und Transport von Böden unterschiedlicher Bodenklassen erheblich voneinander abweichen kann.

### **Bodenklassen nach DIN 18300**

Bodenklasse 1: Oberboden (Mutterboden); oberste Bodenschicht, die neben anorganischen Stoffen auch Humus und Bodenlebewesen enthält.

Bodenklasse 2: Fließende Bodenarten (Schöpfungsboden); von flüssiger bis zähflüssiger Beschaffenheit, die das Wasser schwer abgeben.

Bodenklasse 3: Leicht lösbare Bodenarten; nichtbindige bis schwachbindige Sande, Kiese und Sand-Kies-Gemische mit bis zu 15 Gewichtsprozent Beimengungen an Schluff und Ton.

Bodenklasse 4: Mittelschwer lösbare Bodenarten; Gemische von Sand, Kies, Schluff und Ton mit einem Anteil von mehr als 15 Gew.-%, sowie bindige Bodenarten von leichter bis mittlerer Plastizität

Bodenklasse 5: Schwer lösbare Bodenarten; Bodenarten nach den Bodenklassen 3 und 4, jedoch mit mehr als 30 Gew.-% Steinen

Bodenklasse 6: Felsarten, die einen inneren, mineralisch gebundenen Zusammenhalt haben, jedoch stark klüftig, brüchig, bröckelig, schiefrig, weich oder verwittert sind, sowie vergleichbare verfestigte bindige und nichtbindige Bodenarten.

Bodenklasse 7: Schwer lösbarer Fels; Felsarten, die einen inneren, mineralisch gebundenen Zusammenhalt und hohe Gefügesteifigkeit haben und die nur wenig klüftig oder verwittert sind.

### **Lastfall Wasser**

DIN 18195 unterscheidet nach vier Arten der Abdichtung in Abhängigkeit von der Einwirkung des Wassers im Boden auf unterirdische Räume.

### 1. Nichtstauendes Sickerwasser (durchlässige Böden).

Dickbeschichtung in 3 mm Auftragsstärke oder eine Bahn, wie zum Beispiel Kunststoffbahn (Folie) oder Bitumenschweißbahn. In diesem Fall ist keine Drainage erforderlich.

### 2. Aufstauendes Sickerwasser (erkennbar an Pfützenbildungen, tritt zum Beispiel bei lehmigen Boden auf). Das ist der häufigste Fall, abgesehen von Grundwasser.

Hier ist eine Dickbeschichtung in zwei Lagen erforderlich, wobei dazwischen ein Gewebe eingebettet sein muss, sofern dies im Prüfzeugnis für das Material erforderlich ist. Die Trockenschichtdicke muss mindestens 4 mm betragen. Material schrumpft sehr stark. Je nach Nutzungsanforderung besteht außerdem die Möglichkeit, die Abdichtung mit WU-Beton („Weiße Wanne“) vorzunehmen. Voraussetzungen sind die sachgemäße Ausführung der Wanne und eine übliche Belüftung der unterirdischen Räume. Geringe Durchfeuchtungserscheinungen werden bei WU-Beton nicht ausgeschlossen.

**3. Drückendes Wasser** (gilt dann, wenn der höchste jemals gemessene Grundwasserstand weniger als 30 cm von der Oberkante Bodenplatte entfernt ist). Eine Dickbeschichtung gegen drückendes Wasser muss entsprechend den Herstellervorschriften in mind. 2 Arbeitsgängen aufgeführt werden und eine Trockenschichtdicke von mind. 4 mm aufweisen. Außerdem: Bitumendickbeschichtung/Bitumenbahnen (Schwarze Wanne)/PVC/Vlies-Bahn (K-Wanne).

### 4. Von innen drückendes Wasser

Dieser Lastfall trifft für Flachdächer, Schwimmbäder, Wasserbecken zu.

### Erdaushub

Wie der Erdaushub einer Baugrube abläuft, wird ist naturgemäß schwer voraussehbar, da sich fast alle Informationen für die Randbedingungen nicht sichtbar unter der Erde befinden. Ab einer gewissen Größenordnung werden Erdarbeiten deshalb von Tiefbauingenieuren und Geologen geplant.

1. Humusabtrag ca. 30 cm
2. Nach Möglichkeit Zwischenlagern des Erdaushubs auf der Baustelle
3. Arbeitsraum erforderlich
4. Böschung der Baugrube abhängig von der Bodenbeschaffenheit

Einmessen des Gebäudes / Schnurgerüst

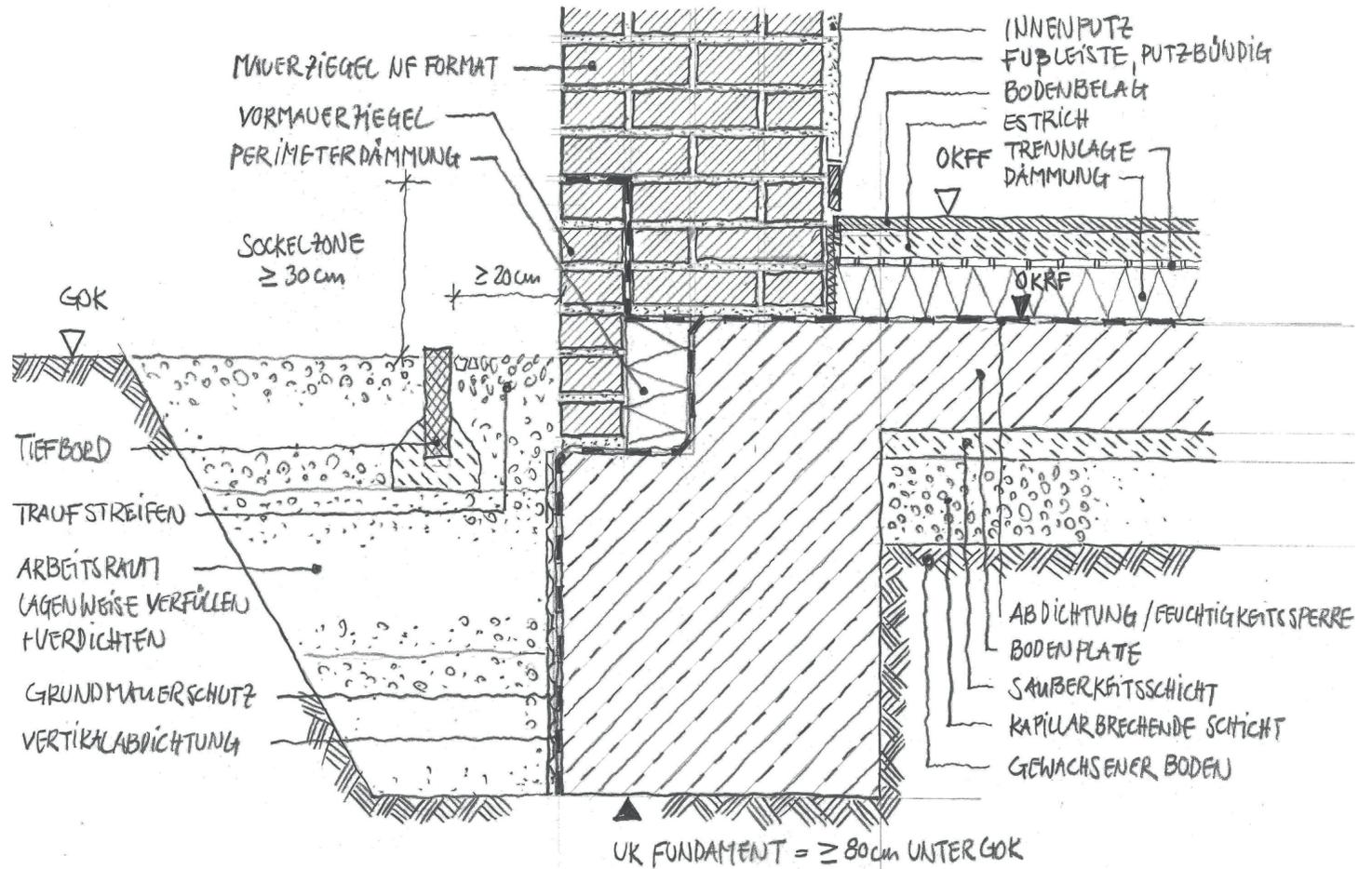
Einmessen der Gebäudefluchten und der tatsächlichen Grundstücksgrenzen durch einen Vermessungsingenieur

### Einbau der Grundleitungen

Vor dem Fundamentaushub werden die Grundleitungen, die in der Regel tiefer als die Fundamentsohle liegen und diese queren, verlegt. Grundleitungen befördern das im Bereich des Gebäudes anfallende Abwasser in die öffentlichen Entwässerungsleitungen. Unterschieden wird dabei nach Regenwasser und Schmutzwasser (Abwasser aus Toiletten, Bad und Küchenabläufen). Geklärt werden muss dabei, ob der vor Ort vorhandene Kanal Teil eines Mischsystems (Regen- und Schmutzwasser wird gemeinsam abgeführt) oder ein Trennsystems ist, da die Leitungsführung entsprechend geplant werden muss.

# Fundament

Entscheidend für die Dimensionierung der Fundamente sind zwei Faktoren: 1. Die zulässige Bodenpressung, das bedeutet die zulässige Druckkraft, die auf den Boden ausgeübt werden kann ohne dass er sich verformt. 2. Die Addition der Lasten, die aus dem Bauwerk auf der Fundamentsohle abgetragen werden sollen. Aufgrund der Bodenpressung ist das Fundament in der Regel breiter als das aufgehende Mauerwerk.



### **Unterschieden wird nach**

1. Einzelfundament (punktförmig)
2. Streifenfundament (linienförmig)
3. Plattenfundament (flächig)

### **Unterscheidung des Fundamentkörpers nach:**

1. Flachgründung (anstehender Boden ist gleichmäßig tragfähig) Gründungstiefe = Frosttiefe (Ausnahme Frostschräge)
2. Tiefgründung (bei unregelmäßiger und ungenügender Tragfähigkeit des Bodens Gründungstiefe = tragfähige Bodenschicht

Frostschräge verhindert, dass die Bodenplatte im Frostbereich liegt. Ggf. Einbau einer Dämmplatte im Fundament. Einbau eines Fundamentersders aus feuer-verzinkter Bandstahl oder Edelstahl.

### **Expositions- und Feuchtigkeitsklassen**

Die ,Expositionsklassen des Betons lösen Anforderungen an die erforderliche Betonüberdeckung aus. Das Mindestüberdeckungsmaß beträgt 3 cm.

X0 Kein Korrosions- oder Angriffsrisiko unbewehrte Fundamente ohne Frost, unbewehrte Innenbauteile Bewehrungskorrosion, ausgelöst durch Karbonatisierung.

XC1 Trocken oder ständig nass, Bauteile in Innenräumen mit üblicher Luftfeuchte (Küche, Bad in Wohngebäuden o.ä.).

XC2 Nass, selten trocken, Teile von Wasserbehältern, Gründungsbauteile.

XC3 Mäßige Feuchte, Bauteile mit häufigem oder ständigem Kontakt zur Außenluft (offene Hallen), Innenräume mit hoher Luftfeuchtigkeit (gewerblichen Küchen, Bädern, Wäschereien), in Feuchträumen von Hallenbädern und Viehställen.

XC4 Wechselnd nass und trocken Außenbauteile mit direkter Beregnung, Bauteile in Wasserwechselzonen.

### **Bodenplatte**

1. Sauberkeitsschicht ca. 5 cm aus C 8/10 (Druckfestigkeit (N/

mm<sup>2</sup>) ) dient dazu, nach dem Erdaushub eine ebene, saubere Fläche zu schaffen, auf der die Abstandshalter der Bewehrung aufgestellt werden, um die erforderliche Mindestbetondeckung (Expositionsklasse) sicherzustellen. Betongüte C20/25, XC2.

2. Randschalung der Bodenplatte erforderlich
3. Einbau der Unter- und Oberbewehrung

### **Betongüte**

C 20/25 hat danach die charakteristische Zylinderdruckfestigkeit von 20 N/mm<sup>2</sup> sowie eine charakteristische Würfeldruckfestigkeit von 25 N/mm<sup>2</sup>. Das C in der Nomenklatur steht für englisch concrete (deutsch: Beton).

### **Außenwand**

Das Mauerwerk der Außenwand steht auf einer Sperrschicht, der Horizontalabdichtung. Diese kann auch zusätzlich in der zweiten Steinlage, 25 cm über dem Rohfußboden, eingebaut werden.

Die Vertikalabdichtung wird bis zur zweiten Sperrschicht hochgeführt.

### **Grundmauerschutz**

Bitumendickbeschichtung / Bitumenbahnen (Schwarze Wanne), WU Beton (Weiße Wanne). Die Abdichtung, der Grundmauerschutz wird mindestens bis 5 cm über GOK (Geländeoberkante) geführt. Vor dem Verfüllen des Arbeitsraumes muss die Abdichtung durch eine Noppenfolie oder Perimeterdämmung vor Schäden beim Verfüllen des Arbeitsraumes geschützt werden.

### **Sockelputz**

Im Bereich der Sockelzone muss der Außenputz als wasserabweisender Sockelputz ausgeführt werden. (Zementputz, Putzgruppe P3). Der Sockelputz wird bis 10 cm unter GOK und 30 cm über GOK aufgebracht.

### **Traufstreifen**

An der Fassade ablaufendes Wasser und Spritzwasser im Sockelbereich muss unmittelbar in den Untergrund abgeleitet werden um Schäden der Sockelzone durch Stauwasser zu vermeiden. Der Traufstreifen wird deshalb mit Kies oder Schotter hergestellt und dient der Wasserableitung im Sockelbereich. Breite des Traufstreifens mind. 20 cm.

### **Außenwandputz**

Außenwandputz z.B. als Kalkzement oder Kalkputz (Putzgruppe P2), wasserhemmend.

### **Estrich**

Estriche sind Mörtelschichten, die als Fußboden auf einem tragfähigen Untergrund oder auf zwischenliegenden Trenn- oder Dämmschichten aufgebracht werden. Sie sind nach dem Erhärten unmittelbar nutzfähig oder können einen Belag erhalten (Zement-Merkblatt Betontechnik).

Sehr häufig werden Zementstriche eingebaut. Der Estrich ist als Nutzestrich oder Belagestrich ein hoch belastetes Bauteil. Bei der Planung sollte deshalb darauf geachtet werden, dass die für den jeweiligen Anwendungsfall erforderlichen Qualitäten sichergestellt werden. Auf die folgenden Punkte ist dabei zu achten:

#### **1. Estrichart:**

Grundsätzlich unterschieden werden fünf verschiedene Estricharten:

CT = Zementestrich (früher ZE)

CA = Calciumsulfatestrich

MA = Magnesiaestrich

AS = Gussasphaltestrich

SR = Kunstharzestrich

#### **2. Druckfestigkeitsklasse:**

Diese ist abhängig von der beabsichtigten Nutzung und Belastung. Angegeben wird die charakteristische Druckfestigkeit in  $[N/mm^2]$ .

#### **3. Biegezugfestigkeit:**

Ebenfalls abhängig von der jeweiligen Nutzung ist die Biegezugfestigkeit in  $[N/mm^2]$ .

#### **4. Einbauart und Schichtdicke:**

Angegeben wird die Einbauart, ob als Verbundestrich (V), Estrich auf Trennschicht (T) oder schwimmend auf einer Dämmschicht (S).

#### **5. Zusätzliche Angabe bei Heizestrichen:**

Mindestüberdeckung der Heizelemente in mm

Beispiel: Estrich DIN 18560 – CT – C20 – F4 – S70 – H45

Dabei bedeutet:

CT = Zementestrich

C20 = Druckfestigkeitsklasse

F4 = Biegezugfestigkeitsklasse

S70 = schwimmend, Nenndicke 70 mm

H45 = als Heizestrich mit einer Überdeckung der Heizelemente von 45 mm

# Dach, flach

*„Betonbau und Flaches Dach - Die natürliche Form aller Betonbauten ist der flach abgedeckte kubische Baukörper. Ein Flachdach stellt den einfachsten und natürlichsten oberen Abschluß eines Betonbaues dar. Natürlich wird dadurch zunächst ein Gegensatz zu den spitzen Dächern und Giebeln geschaffen, wie sie der deutschen Überlieferung entsprechen. Steile Dächer und spitze Giebel stimmen aber nicht überein mit der Betonkonstruktion, es sei denn, dass sie ganz unabhängig davon als besondere Bedachungen aufgebracht werden, die mit dem Beton in Form und Werkstoff kontrahieren. Auf diese Weise können steile oder flach gelagerte Dächer verwendet werden. Es ist noch immer so gewesen, dass neue Formen zwischen den alten emporkommen müssen.“*

*(...) Es steht allerdings noch nicht fest, ob der Beton das ideale Material für die Dachkonstruktion in nördlichen Breiten ist. Gegenden mit viel Schnee und Eis und sehr starken Temperatur- und Feuchtigkeitsunterschieden erfordern hohle Wände und den Schutz dieser Wände durch ein vorspringendes Dach, das aus Materialien hergestellt sein muß, die ihrer Natur nach dauernd wasserdicht sind. (...) Es ist zweifellos möglich, das flache Dach dauerhaft und warm auszubilden, aber es sind dabei einige Schwierigkeiten zu überwinden, weil die Dichtung auf künstlichem Wege erreicht werden muß“.*

Frank Lloyd Wright, Architekt, Taliesin U.S.A.

Der Text von Frank Lloyd Wright vermittelt zum einen etwas vom Stand der Debatten zu Anfang des 20. Jahrhunderts, die Frage geneigtes Dach, versus flaches Dach betreffend, und weißt zum anderen auf die konstruktiven Probleme einer Flachdachkonstruktion hin, die sich seit 1926 nicht geändert haben. Während im 20. Jahrhundert die Frage nach der geeigneten Dachform noch sehr dogmatisch diskutiert wurde, ist die Frage heute mit Blick auf den Kontext vorurteilsfrei zu stellen.

Wenn gestern das Flachdach der Avantgarde und das geneigte Dach den Traditionalisten zugeschrieben wurde, gibt es heute weder ein konstruktives noch ein in der Form begründetes Argument für oder wieder die eine oder andere Dachform. Nach wie vor verlangt es allerdings eine Haltung, die einer angemessenen Form der Dachausbildung zu Grunde liegt.

Neben der kulturellen Bedeutung des Daches als Schutz, Krone, und einem, alles darunterliegende, zusammenfassender Mantel, trägt das Dach sehr wesentlich zur Prägung des Ortes bei. Die Trennung von Dach und dem darunterliegenden Gebäude ist dabei mitunter nicht wahrnehmbar, oder, wie hier bei der Neuen Nationalgalerie von Ludwig Mies van der Rohe, sie wird zum Konzept und damit einzigartigem Ausdruck.

Wo hört also die Wand auf, wo fängt das Dach an und welche Rolle spielt das Dach als wesentlicher Teil der Gebäudegestalt? Damit geht es zum einen um die Symbolik und den Mythos des Daches und zum anderen um dessen Konstruktion und die damit verbundenen Anforderungen an Tragwerk, Witterungsschutz, Nutzung und Raumwirkung. Immer wird es, auch dann, wenn es überhaupt nicht in Erscheinung tritt, als Teil der zusammenwirkenden Elemente von Fuß, Rumpf und Kopf zu sehen sein.

## Anforderungen

Wie die Wand bestehen die Anforderungen an das Dach im Tragen, Dämmen und Schützen. Wichtigste Anforderung in konstruktiver Hinsicht ist – nach dem Tragen – der Witterungsschutz. Das Dach hat damit die Aufgabe, die Konstruktion des Gebäudes darunter vor Durchfeuchtung zu schützen. Dazu muss es in der Lage sein, anfallendes Regenwasser abzuleiten, Schneelasten, ggf. Nutzlasten und die des Eigengewichtes aufzunehmen und in die darunterliegende Konstruktion ableiten zu können. Neben dem Schutz gegen äußere Witterungseinflüsse wie Wind und Regen, stellt das Dach auch ein wichtiges Bauteil der Gebäudehülle für den Wärmeschutz des Gebäudes dar. Je nach Konstruktion

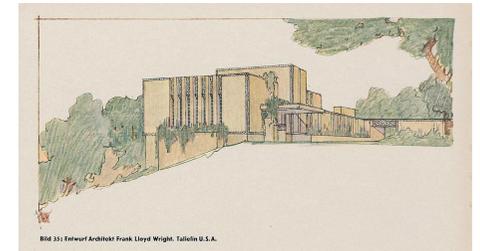


Bild 35 Entwurf Frank Lloyd Wright

*Frank Lloyd Wright in: Das neue Frankfurt, Monatszeitschrift für die Fragen der Großstadtgestaltung. Schriftleiter Ernst May, Verlag Englert und Schlosser, Frankfurt am Main, Jahrgang 1 1926-27 Heft 7: S. 186 Das flache Dach*

kann dabei das Bestreben, eine Wasserdampfdiffusion von innen nach außen zuzulassen, der Anforderung nach einer von außen wasserdichten Konstruktion entgegenstehen. Grundsätzlich steigen die Anforderungen an die wasserführende Schicht des Daches mit abnehmender Dachneigung.

#### **Kaltdach / Warmdach / Umkehrdach**

Unterschieden werden Kaltdach- von Warmdachkonstruktionen. Die Unterscheidung von kalt und warm bezieht sich dabei auf die Dachhaut. Ist diese direkt mit der Konstruktion des Daches verbunden, beispielsweise auf der Dämmung aufliegend und damit „warm“ – handelt es sich um ein Warmdach. Da hier eine Wasserdampfdiffusion nicht, oder- je nach Typ der Dachhaut- nur begrenzt stattfinden kann, ist eine auf den Schichtenaufbau abgestimmte Dampfsperre oder Dampfbremse zwingend erforderlich. Die Dachhaut eines Warmdaches ist –systembedingt – fugenlos.

Bei einer Kaltdachkonstruktion ist die Ebene der wasserführenden Schicht grundsätzlich hinterlüftet und damit „kalt“. Anfallendes Kondensat kann durch die Hinterlüftung abgeführt werden, ohne dass die Konstruktion Schaden nimmt. Damit können Kaltdachkonstruktionen grundsätzlich diffusionsoffener ausgebildet werden als Warmdachkonstruktionen. Es muss allerdings gewährleistet sein, dass Tauwasser im Bereich der Hinterlüftung und Feuchtigkeit, die durch Schneeverwehungen dort hin gelangt, nicht in die Konstruktion diffundieren kann.

#### **Flachdach / Steildach**

In Deutschland werden Dächer bis zu einer Dachneigung von 25° als Flachdächer bezeichnet. Dächer mit Neigungen größer als 25° sind demnach Steildächer. Hier soll im folgenden das Flachdach behandelt und das Thema Dach auf diesen Bautyp begrenzt werden.

#### **Vorteile des Flachdaches im Vergleich mit dem Steildach**

Geringer Materialverbrauch. Brandschutz besser realisierbar. Nutzbarkeit der Dachfläche als hochwertigen Aussenraum. Begrüntes Flachdach als klimatischer Mikrokosmos und als Wasserspeicher. Optimierung der Gebäudehülle bezüglich A/V Verhältnis.

#### **Tragwerk**

Bemessung der Verformungsgrenzen ist bei Flachdächern wichtig um stehendes Wasser auf der Konstruktion durch dann nicht mehr ausreichendes Gefälle oder Schäden an leichten Trennwänden und Fassadenkonstruktionen zu vermeiden. Die Auswahl des Tragwerks hat ausserdem Einfluss auf den Schall- und Brandschutz.

#### **Schneelast**

Eine besondere Auswirkung haben Schneelasten auf Flachdächern, da der Schnee nicht abrutschen kann. Es muss damit gerechnet werden, dass Entwässerungen durch Schnee oder Eis blockiert sind. Wenn zusätzlich damit gerechnet werden muss, dass Schnee von höher gelegenen Dächern auf ein Flachdach abrutscht, können sich die Schneelasten auf das vierfache erhöhen. Die Lastannahmen von Schneelasten sind in Deutschland in der Schneelastzonenkarte festgelegt.

#### **Windlast**

Auf Flachdächern entstehen grundsätzlich wesentlich höhere Wind- als Winddrucklasten. Abdichtungssysteme auf Flachdächern sind deshalb grundsätzlich mit der tragenden Unterkonstruktion oder durch entsprechend schwere Auflasten gegen Abheben zu sichern.

#### **Anerkannte Regeln der Technik**

Die Konstruktion von Flachdächern ist anhand der Flachdachrichtlinien zu entwickeln, die seit 1962 von den Verbänden des Dachdeckerhandwerks und der Bauindustrie herausgegeben werden.

### **Tragschicht**

Flächige, tragende Dachkonstruktion liegen auf dem Primärtragssystem oder auf den Aussenwänden des Gebäudes auf. Material der Tragschicht ist in der Regel Stahlbeton, Holz, Metall oder Glas. Die Tragschicht kann gleichzeitig Aufgaben der Abdichtung, Wärmedämmung, des Schall- oder Brandschutzes übernehmen. Häufig muss die Tragschicht nicht nur als Platte sondern auch als Scheibe wirken können.

### **Beton**

**Ortbetonkonstruktionen:** Formgebung ist durch die Ausbildung der Schalung theoretisch beliebig möglich, Lastabtragung kann mehrachsig erfolgen, Scheibentragwirkung ist in der Regel gegeben.  $l/h = 35$

**Betonfertigteile:** Grundsätzlich ebenfalls alle Formen möglich, jedoch begrenzt durch die Transportierbarkeit. Scheibenwirkung kann durch Fugenverguss und Ringanker erzeugt werden. Elementbreite max. 4,5m.

**Elementdecke:** 4-6 cm starke Fertigteilplatte mit örtlich aufgebrachtem Oberbeton. Untersicht mit hoher Oberflächenqualität, Stöße müssen allerdings verspachtelt werden. Elementdecke kann zweiachsig gespannt werden. Elementbreite max. 3,0 m.

### **Stahl-Beton-Verbundplatten**

Unterseitige Bewehrung wird durch ein Trapezblech, das gleichzeitig als Schalung für die Ortbetonschicht dient, hergestellt.

### **Spannbetonhohlplatten**

Vorgespannte Fertigteillemente, Elementdicke 15-40 cm, Elementbreite 50-120 cm. Gewichtersparnis von bis zu 40% gegenüber Massivplatten durch einbetonierte Hohlkörper. Damit ist ein schlanker Querschnitt möglich:  $l/h = 45$

### **Rippendecken**

Rippendecken können als Ortbetonkonstruktionen oder als Betonfertigteilkonstruktionen in verschiedenen Varianten- als Doppelsteg- oder Trogplatten- eingesetzt werden. Fertigteillemente können mit Ortbeton ergänzt für eine bessere Scheibenwirkung und querverteilung der Lasten ergänzt werden. Vorgespannte Konstruktionen erlauben Spannweiten bis 25m, nicht vorgespannte Konstruktionen bis 17,5m.

### **Stahltrapezbleche**

Mit Trapezblechen sind wirtschaftliche Konstruktionen mit Spannweiten bis 14 m möglich.

### **Sandwichelemente**

Bei üblichen Spannweiten bis zu 5m können Sandwichelemente aus Stahlprofiltafeln mit einem Stützkern aus PU-Schaum oder Mineralwolle eingesetzt werden.

### **Tragschicht als Holzkonstruktion**

Von der klassischen Holzbalkendecke bis zum Hohlkastenelement sind vielfältige Tragschichten möglich. Siehe dazu Holzbau.

### **Tragschicht als Glaskonstruktion**

Glaskonstruktionen vereinen in der Regel das Tragen, Dämmen und Schützen in einem Bauteil. Glaskonstruktionen sind sehr komplex in Bezug auf die bauphysikalischen und statischen Anforderungen. Siehe dazu Glasbau.

### **Wärmeschutz**

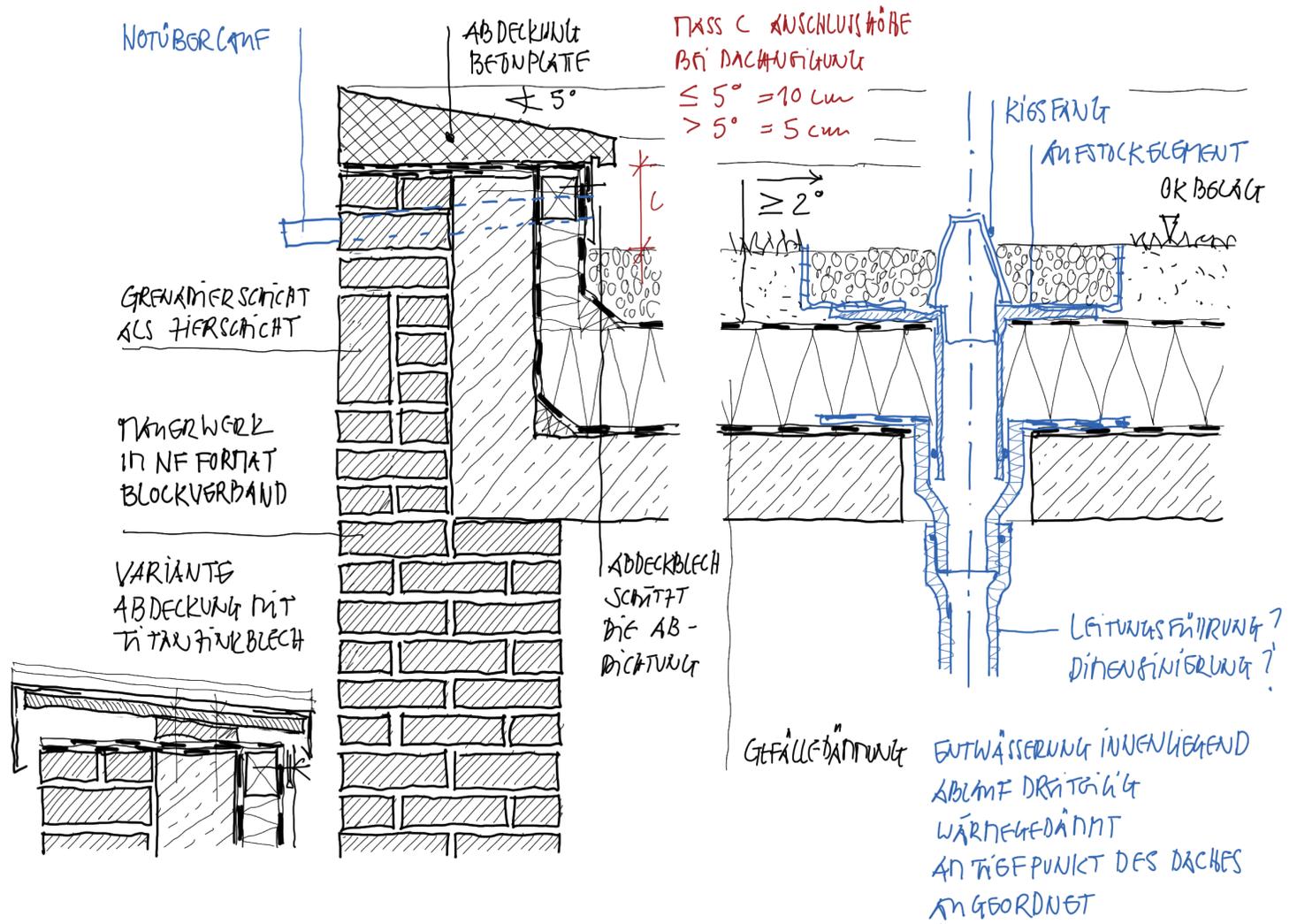
Dachkonstruktionen trennen als Bauteil Bereiche unterschiedlicher Temperatur voneinander ab. Es kommt dabei zu einem Wärmestrom in Richtung des Temperaturgefälles. Eine Wärmeübertragung erfolgt über:

- Wärmeleitung
- Wärmekonvektion
- Wärmestrahlung

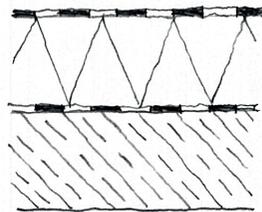
Die thermische Beanspruchung von Flachdächern ist erheblich. So



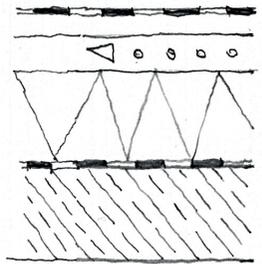
Neue Nationalgalerie Berlin 1968  
Architekt Ludwig Mies van der Rohe



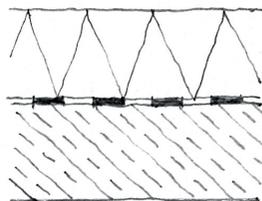




WARMDACH



KALTDACH



UMKEHRDACH

des gewünschten Feuchttransportes innerhalb der Konstruktion aufeinander abgestimmt sein. Der  $s_d$  Wert der Schichten muss gewährleisten, dass in der Winterperiode eindringende Feuchtigkeit aufgrund eines  $s_d$  Wertes, der Dampfdiffusion in geringem Maße zulässt, in der Sommerperiode, wenn sich die Wasserdampfdiffusion umkehrt, wieder austrocknen kann (Trocknungsreserve – gilt vor allem für Leichtbaukonstruktionen). Bei einer Dämmung auf einer Stahlbetondecke ist allerdings mit Feuchteintrag durch die Austrocknung der Baufeuchte zu rechnen. Deshalb ist hier eine Dampfbremse mit einem  $s_d$  Wert von 100 sinnvoll, um eine Durchfeuchtung der Dämmung zu vermeiden, da eindringende Feuchte durch die Dachhaut nicht oder nur kaum austrocknen kann.

#### Brandschutz

Dächer müssen so ausgebildet sein, dass Feuer nicht z.B. durch Funkenflug oder Wärmeübertragung, durch Strahlung auf andere Gebäudeteile oder Nachbargrundstücke übertragen werden kann. D.h.:

Ausbildung des Brandwandanschlusses mit einer Höhe von 30 cm über der Dachhaut. Wärmedämmung und Dachhaut nicht brennbar. Mindestabstand von Lichtkuppeln und Öffnungen in Dächern 1,25 m von der Brandwand.

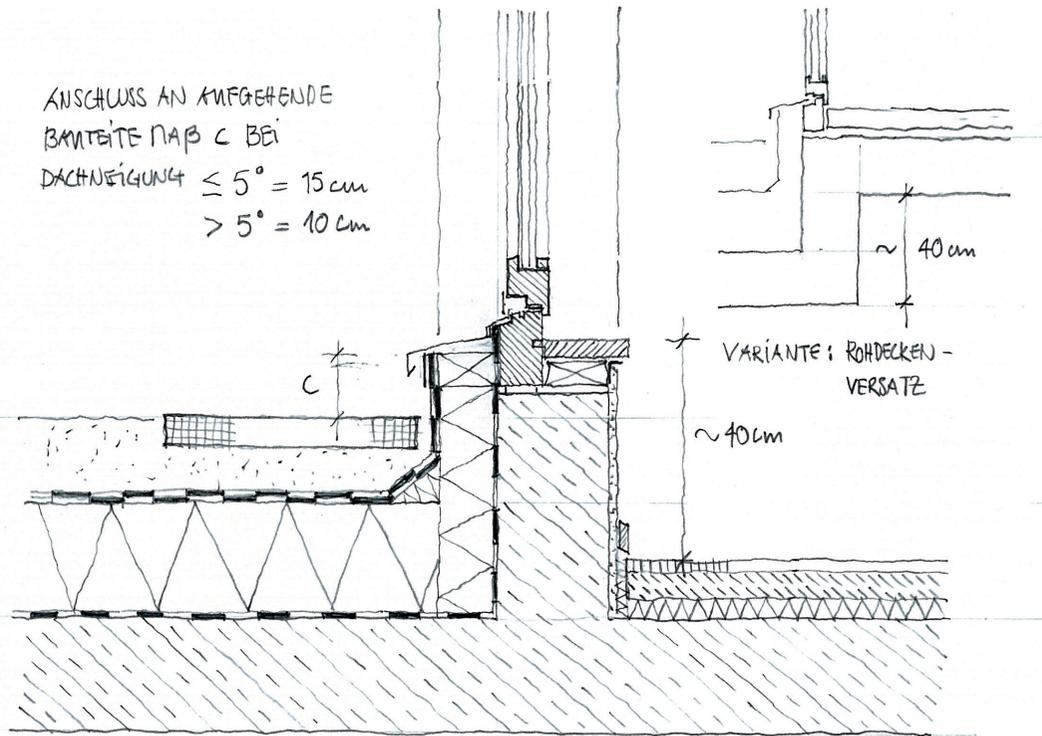
#### Schallschutz

Die Dachkonstruktion muss bezüglich der Luftschallübertragung, der Auswirkungen von Gebäudetechnik auf dem Dach und ggf. Trittschall ausgelegt werden. Regengeräusche z. B. auf Oberlichtern können als störend empfunden werden und müssen ebenfalls berücksichtigt werden.

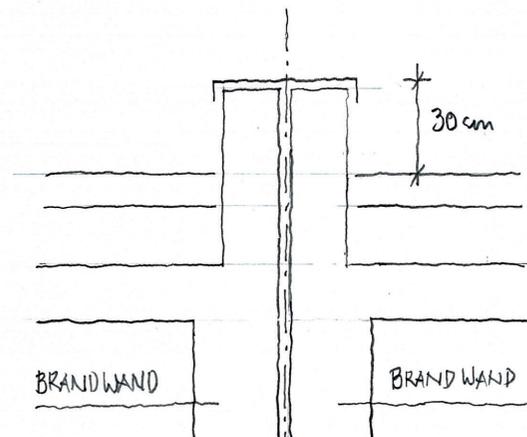
#### Dachauflast

Die Windsogkräfte auf Flachdächern können, besonders am Dachrand, das Abheben der Dachhaut bewirken. Um dies zu

Beispiel Anschluss an aufgehende Bauteile

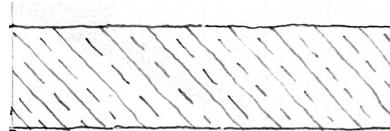


Ausbildung Dachrand bei Brandwänden

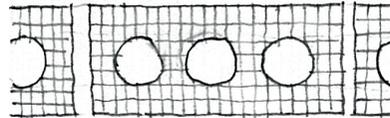


## Beispiele möglicher Tragschichten

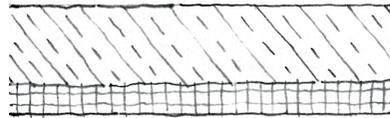
Ortbetondecke als  
Flachdecke



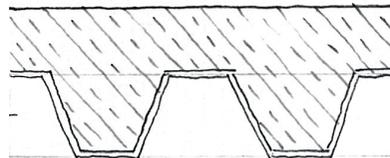
Fertigteildecke als  
Hohlkörperdecke



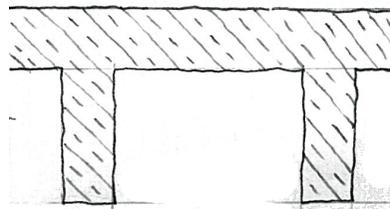
Elementdecke bestehend aus einer  
Fertigteilplatte ca. 5 cm stark mit örtlich aufge-  
brachtem Aufbeton



Stahltrapezblech mit örtlich  
aufgebrachtem Aufbeton. Das Blech trägt in  
der Zugzone und übernimmt die Funktion der  
Schalung (verlorene Schalung)



Rippendecke in Ortbetonbauweise



verhindern, braucht es eine Auflast von mindestens 8 cm. Sollte es keine Auflast durch Kies oder Dachbegrünung geben, muss die Dachhaut vollflächig mit dem Untergrund verklebt werden.

# Dachabdichtung

## Werkstoffe

Um die Konstruktion vor Niederschlagswasser dauerhaft schützen zu können, müssen die Materialien hohen Temperaturschwankungen (bis zu 80 K in zwölf Stunden) und UV Belastungen aufgrund der Solarstrahlung standhalten. Bei der Anwendung von Dachbegrünungen muss außerdem ein Wurzelschutz gewährleistet sein.

## Material

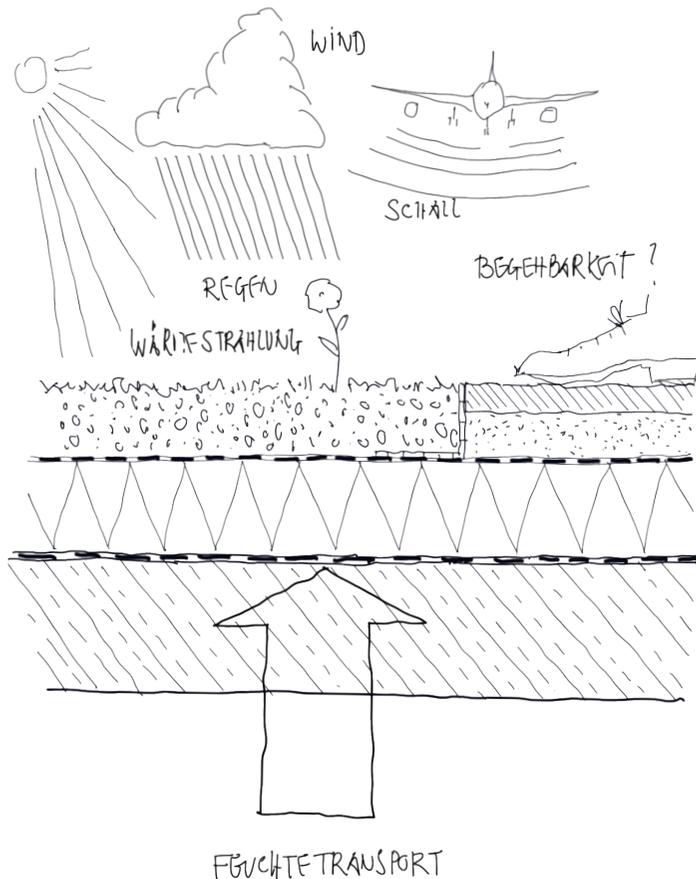
Bitumenabdichtungsbahnen: Verlegung mindestens zweilagig. Verlegung mit offener Flamme oder mittels Heizgas (thermoplastisches Verhalten). Bitumenabdichtungsbahnen werden in Rollen mit 1 m Breite geliefert.

## FPO (flexible Polyolefine)

Kunststoffdachbahn, Verlegung im Heißklebverfahren. Bahnenbreite 2 m, Befestigung im Randbereich mittels Schienen am Untergrund.

## EPDM (

Ethylen-Propylen-Dien-(Monomer)-Kautschuk. Gummielastischer Werkstoff) EPDM-Bahnen gehören zur Gruppe der Kautschukabdichtungsbahnen und werden häufig werkseitig vorgefertigt und als weitgehend fertiges System auf die Baustelle geliefert.



Anforderungen an  
Flachdachkonstruktionen

### Metalleindeckungen

Bedingt durch die Fügungstechnik an den Stößen nur regendicht und nicht wasserdicht. Siehe „Fachregeln für Metallarbeiten im Dachdeckerhandwerk“. Metalleindeckungen kommen beim Flachdach vor allem bei der Schutzabdeckung der Attika zum Einsatz. Hierbei wird häufig Titanzink in einer Stärke von 0,65 mm eingebaut.

### Oberflächenschutz

Die Lebensdauer von Dachabdichtungen kann durch einen Oberflächenschutz erheblich verlängert werden, da so die Dachhaut vor thermische Spannungen und UV-Strahlungen geschützt wird.

**Leichter Oberflächenschutz:** Besplittung zum Schutz vor UV-Strahlung, kommt nur bei Bitumenabdichtung zum Einsatz.

**Schwerer Oberflächenschutz:** Kiesschüttung, Plattenbelag, begrüntes Dach.

**Dämmung als Oberflächenschutz:** Ein Umkehrdach stellt ebenfalls einen Oberflächenschutz dar.

## Dämmstoffe

Der Einsatz von Dämmstoffen um die Belange des Wohnens zu unterstützen hat eine lange Geschichte. Bereits in der Bronzezeit erreichten zweischalige Wände aus Lehm und Flechtwerk mit einer Grasfüllung zwischen der äusseren und der inneren Schale Dämmwerte, die erst durch die Wärmeschutzordnung von 1995 wieder erzielt wurden. Auch im 19. Jahrhundert war es üblich zweischalige Wände zu bauen, die eine Luftschicht einschlossen um eine Entkopplung der Innenschale von der Aussenschale zu erzielen und mit der eingeschlossenen Luftschicht einen Teme-

peraturausgleich zwischen dem Innen und dem Aussenraum zu verringern. Die Energiekrise der 70er Jahre des 20. Jahrhunderts führte dazu das Prinzip der mehrschaligen Wand verstärkt aufzugreifen und die ruhende Luftschicht zu optimieren. Glaswolle und Steinwolle dienten jetzt verstärkt dazu die Luftschicht zwischen den Wänden in kleinen Zellen zu organisieren, die keine Konvektion zulassen und damit keinen Austausch von kalter und warmer Luft bremsen. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurden erste Dämmkonzepte für das Betreiben von Kühlhäusern entwickelt. Für das Bauen stellte die Energiekrise zu Anfang der 70er Jahre und die erste Wärmeschutzverordnung von 1977 eine neue Grundlage für die Wärmedämmung von Gebäuden dar. Mehrschalige Wände mit einem Kern aus Dämmstoffen erhalten eine neue Bedeutung und die Entwicklung des Wärmedämmverbundsystems verändert das Bauen und die Stadt- und Landschaftsräume grundlegend.

#### **Ökobilanz von Dämmstoffen**

Während Schafwolle, Hanf, Jute und Baumwolle mit einem geringen Energieverbrauch für die Herstellung auskommen, führen Holzweichfaser, PUR (Polyurethan-Hartschaum), und Schaumglas die Tabelle des Energieverbrauchs für die Herstellung an. Das sollte für die Wahl des Dämmstoffs allerdings nicht das einzige Kriterium sein. Der Einbauort, die Nutzung und die Dauerhaftigkeit des Materials sowie die Frage, wieviel Dämmung tatsächlich notwendig ist, sollten weitere Kriterien sein.

#### **Geschlossenzellig / Hygroskopisch**

Grundsätzlich basiert das Prinzip der Dämmung auf eingeschlossene, trockene, ruhende Luftkammern. Hygroskopische Dämmstoffe, beispielsweise Holzweichfaser- oder Mineralfaserdämmstoffe können Luftfeuchtigkeit aufnehmen und wieder abgeben. Das ist in Bereichen, die sich unter Lufteinschluss befinden, wie im Sockelbereich der Fassade und unterhalb des Geländes nicht möglich. Deshalb müssen hier geschlossenzellige Dämmstoffe, auch als Perimeterdämmung bezeichnet, wie beispielsweise Schaumglas oder XPS Dämmung verwendet werden.

#### **Druckbelastungsklassen**

Die Druckbelastungsklassen geben Aussage über die Druckfestigkeit von Dämmstoffen. Das ist vor allem dort relevant, wo Dach- oder Deckenaufbauten begehbar und / oder befahrbar hergestellt werden müssen.

**dm** - mittlere Druckbelastbarkeit, Mindestanforderung bei Flachdachkonstruktionen, nicht genutztes Dach

**dh** - hohe Druckbelastbarkeit

**ds** - sehr hohe Druckbelastbarkeit

**dx** - extrem hohe Druckbelastbarkeit

#### **Schaumkunststoffe:**

**EPS** - Expandiertes Polysterol

**XPS** - Extrudiertes Polystyrol, Einsatz bei Umkehrdächern, sowie Sockeldämmung im Erdreich (Perimeterdämmung, geschlossenzellig)

**PUR** Polyurethan-Hartschaum

#### **Mineralische Dämmstoffe**

**Glaswolle**, hygroskopisch

**Steinwolle**, hygroskopisch

#### **Schaumglas**

Wird wie Extrudiertes Polystyrol (XPS) als Perimeterdämmung bei Umkehrdächern und im erdberührten Bereich des Gebäudesockels eingesetzt.

**Blähton**

**Perlite**

**Silikat**

**Holzfaserdämmstoffe**

Wird als Holfaserleichtbauplatte hergestellt und eignet sich zur Aufdach- und Fassadendämmung.

## Anschluß an Bauteile

Die einzuhaltenden Mindest- Anschlusshöhen bei dem Herstellen von Wandanschlüssen an aufgehende Bauteile und bei dem Anschluss der Dachhaut am Dachrand sind in den Flachdachrichtlinien geregelt. Anschlüsse müssen in Verbindung mit der regulären Entwässerung und den Notabläufen grundsätzlich so hergestellt werden, dass in jedem Fall verhindert wird, dass Feuchtigkeit in Bauteile oder den Innenraum eindringen kann. Dabei sind die folgenden Fälle eines Anschlusses an aufgehende Wände und den Dachrand zu beachten:

**Aufgehende Bauteile / Wände**

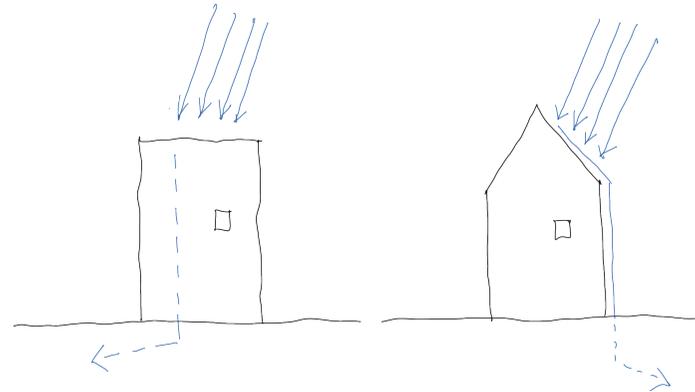
Bei einer Dachneigung von  $\leq 5^\circ$  Anschlusshöhe mind. 15 cm, bei einer Dachneigung  $> 10^\circ$  ist eine Anschlusshöhe von 10 cm ausreichend

**Dachrand**

Bei einer Dachneigung von  $\leq 5^\circ$  Anschlusshöhe mind. 10 cm, bei einer Dachneigung  $> 10^\circ$  ist eine Anschlusshöhe von 5 cm ausreichend. Die Anschlusshöhe wird dabei jeweils ab OK Belag gemessen.

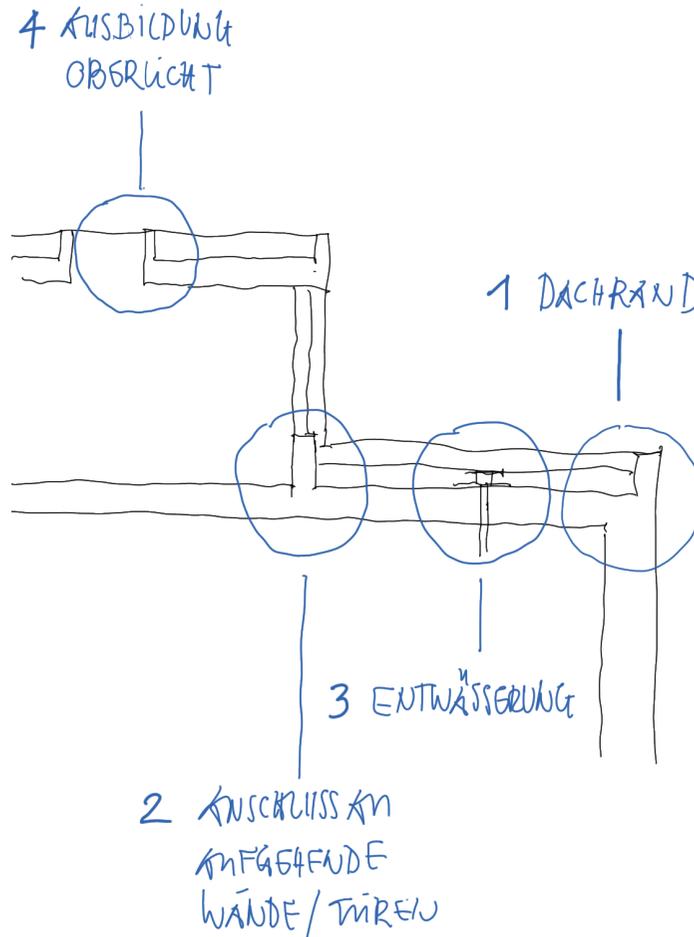
Diese Maße können durch zusätzliche Maßnahmen, wie Rinnen,

die vor der Fassade oder am Dachrand geführt werden oder Dachüberstände, die Anschlusspunkte vor einer unmittelbaren Bewitterung schützen, wie beispielsweise eine Loggia, unterschritten werden.



## Entwässerung

Die Dimensionierung und Konzeption der Entwässerung von Flachdächern sollte mit einem Fachingenieur oder zumindest mit der ausführenden Firma und dem Tragwerksplaner zusammen geplant werden. Grundlage für die Bemessung ist die örtlich zu erwartende Regenspende. Die kann regional unterschiedlich ausfallen. Zu den „anerkannten Regeln der Technik“ für die Planung von Flachdächern und deren Entwässerung gehören die Flachdachrichtlinien. Hier sind die wesentlichen technischen Anforderungen behandelt.



Für die Planung der Entwässerung sind folgende Grundsätze maßgeblich:

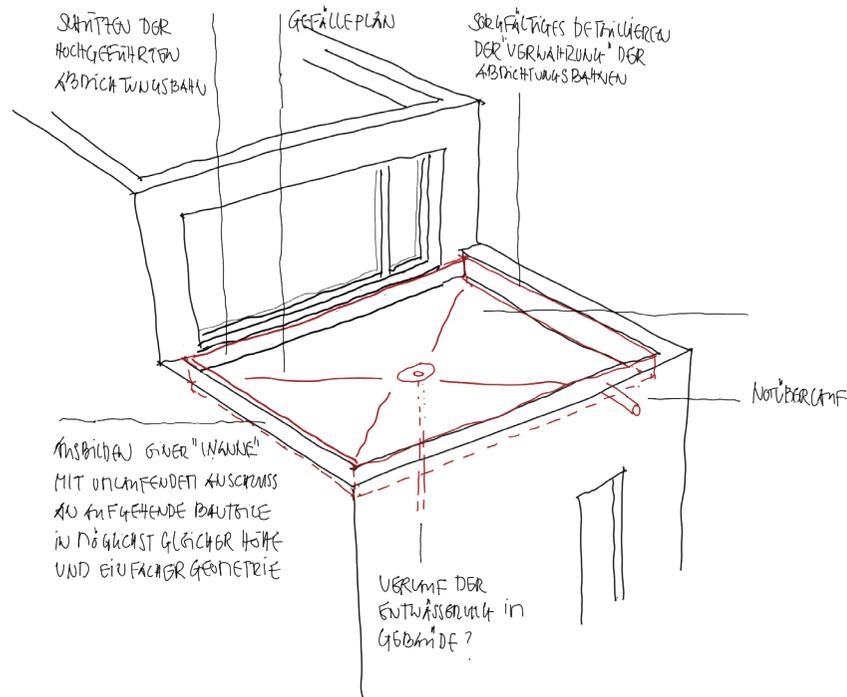
1. Langfristige Überstauung ist zu vermeiden
2. Ablaufwerte der Dacheinläufe und Falleleitungen müssen an die zu erwartenden Wassermengen angepasst werden.
3. Es muss ein Notüberlauf eingeplant werden.

Um diese Randbedingungen einhalten zu können ist es erforderlich bei der Ausbildung von Flachdächern die dargestellten vier Details zu beherrschen.

1. Dachrand
2. Anschluß an aufgehende Wände / Türen
3. Innenliegende Entwässerung
4. Ausbildung Oberlicht

Für die Entwässerungen von Flachdächern ist es sinnvoll Punkteinläufe zu verwenden. Dazu müssen die Gefälle des Daches zu einem Punkt geführt werden, an dem der Ablauf, oder die Abläufe angeordnet werden. Dazu ist ein Gefälleplan erforderlich, der den Verlauf des Gefälles und die Größe der Einzugsflächen für die Entwässerung klärt. Für die Dimensionierung der Abläufe muss geklärt werden wieviel Wasser der Ablauf im Höchstfall aufnehmen können muss.

In Bezug auf die Gebäudegestalt ist zu klären, ob das Regenfallrohr aussen an der Fassade oder innenliegend geführt wird. Bei größeren Flachdächern ist eine innenliegende Entwässerung nicht vermeidbar. Bei einer innenliegenden Entwässerung muss der Verlauf des Regenfallrohres untersucht werden. Wo ist dies in den unterhalb des Flachdaches liegenden Räumen möglich? Regenfallrohre müssen innerhalb des Gebäudes in einer wärmedämmten Ausführung eingebaut werden. Kaltew Regenwasser kann im Winter sonst zu Kondensatbildung an der Aussen-seite des Rohres führen. ausserdem ist auf den Schallschutz zu achten, damit keine störenden Fließgeräusche im Wohnraum auftreten können. Zu empfehlen ist eine Revisionsöffnung, die



eine Wartung des Fallrohrstranges möglich macht.

### **Versickerung**

Mit der Einführung der Kanalsysteme in den 60er und 70er Jahren des 20. Jahrhunderts wurde eine Entwässerung sämtlichen Regenwassers in die Kanalsysteme verpflichtend. Dies hatte zur Folge, dass bei Starkregenereignissen die Wasserstände in den Entwässerungssystemen und in Folge Bäche und Flüsse sehr stark und sehr schnell anstiegen und zusätzlich Grundwasserstände gesunken sind. Heute wird versucht, möglichst alles Regenwasser auf dem Grundstück des Gebäudes in den Boden zurückzuführen.

In vielen Städten und Gemeinden ist deshalb eine vollständige Versickerung des anfallenden Regenwassers bei Neubauten obligatorisch. Dazu müssen Rigolen oder ähnliche Bauwerke geschaffen werden, die das anfallende Regenwasser in den Baugrund ableiten.



James Turrell  
Space That sees  
Billy Rose Art Garden  
Israel, Jerusalem 1992

*Ich erzeuge nicht das Licht, das wir normalerweise mit geöffneten Augen sehen, sondern Farben, die wir aus unseren Träumen kennen. Der Raum des Traums interessiert mich, seine Regeln sind anders. Ich will das zeigen.*

James Turrell

# Oberlicht

Die Installation „Space that sees“ von James Turrell im Aussenbereich des Israel Museums in Jerusalem stellt ein Ideal der Belichtung aus dem Zenit, aber auch der Blickbeziehung in den Himmel dar. Die Abgrenzung zwischen der Untersicht der Decke und dem blauen Himmel erscheint unwirklich. Ein Blick auf das Dach löst das Rätsel dieser eindrucksvollen Inszenierung des Himmels. Der Dachrand wird durch ein messerscharfes Stahlprofil gebildet, das bei dem Blick nach oben dafür sorgt, dass der Dachrand nicht erkennbar wird. Die Open-Air Installation lässt sich nicht mit gleichen Qualitäten in eine Situation mit beheizten und wettergeschützten Räumen übertragen, macht aber das Potential einer Belichtung von Räumen über den Zenit deutlich.

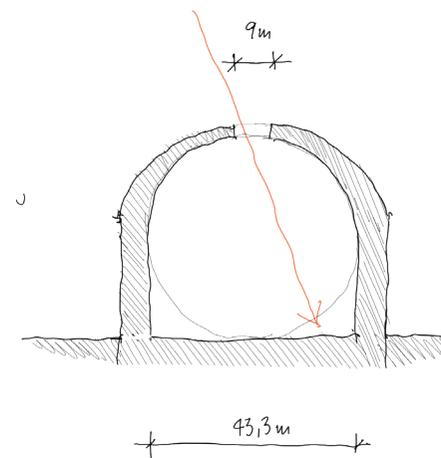
Das Licht, das senkrecht aus dem Zenit auf ein Gebäude trifft ist sehr viel intensiver, als das Licht, welches horizontal einen langen Weg durch die Erdatmosphäre nehmen muss. Ausserdem ist die Farbtemperatur des Zenitlichtes eine andere als die des Horizontallichtes. Wenn Zenitlicht mit 100 % gleich gestzt wird, liegt die Lichtausbeute des Horizontallichtes bei 30 %. Um den kreisrunden Raum des Pantheon mit über 43 m Durchmesser mit Tageslicht zu versorgen reicht eine Öffnung im Zenit von 9 m Durchmesser.

Es gibt also gute Gründe eine Belichtung über den Zenit in Betracht zu ziehen und als Teil der Tageslichtversorgung einzusetzen. Der Ausblick in den Stadt- oder Landschaftsraum kann damit natürlich nicht ersetzt werden. Es braucht also ein tragfähiges Konzept für die Belichtung und Belüftung von Innenräumen wobei eine Belichtung über den Zenit nur ein Teil dessen darstellen kann.

Für alle Öffnungen gilt es das richtige Maß zu finden. Einen angemessenen Teil der Öffnungen für die Belichtung, einen Teil für die Belüftung und / oder den Blick in den Aussenraum einzusetzen.

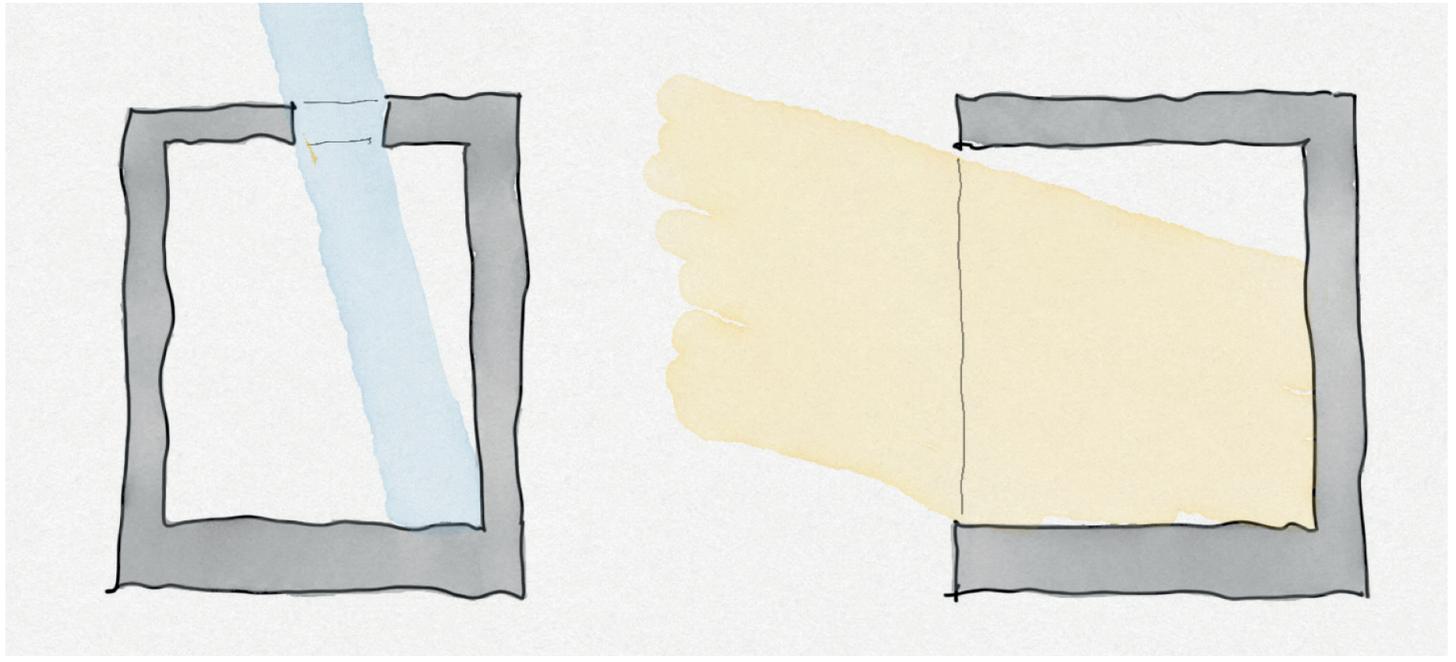
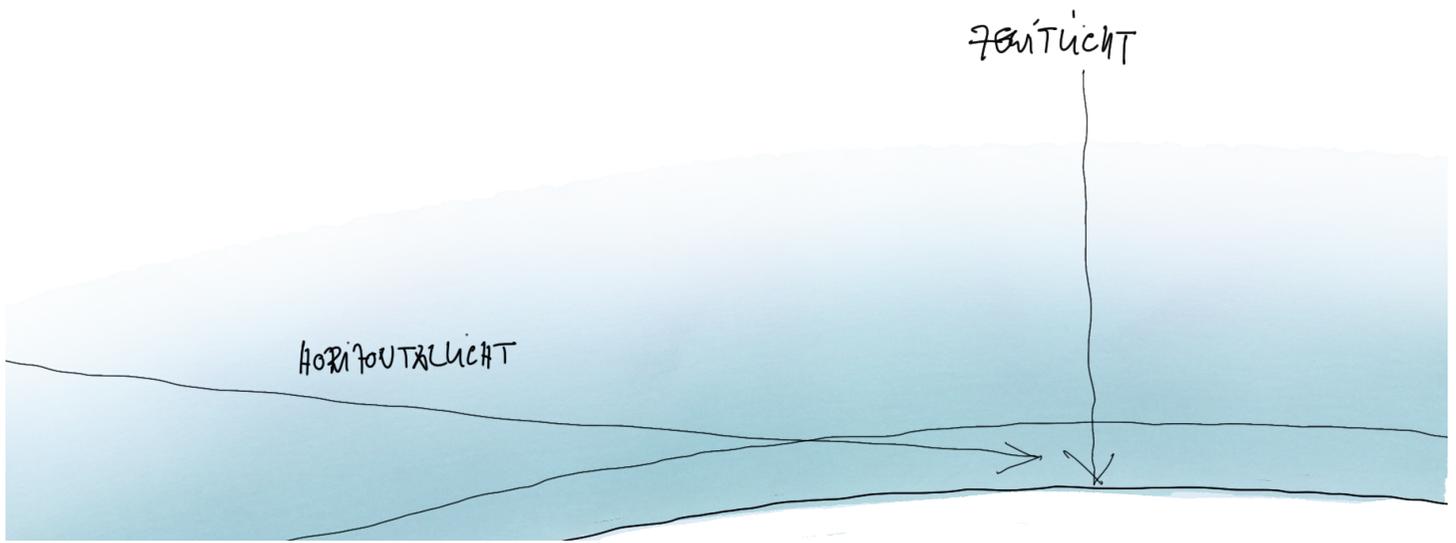
zen. Für die Konstruktion eines Oberlichtes sind drei Varianten dargestellt, bei denen jeweils der Anschluss der konstruktiv erforderlichen Ebenen dargestellt ist. Die Abfolge von Tragsystem, Dampfsperre, Dämmebene und Abdichtung wiederholt sich und sollte immer als zusammenhängendes System verstanden werden.

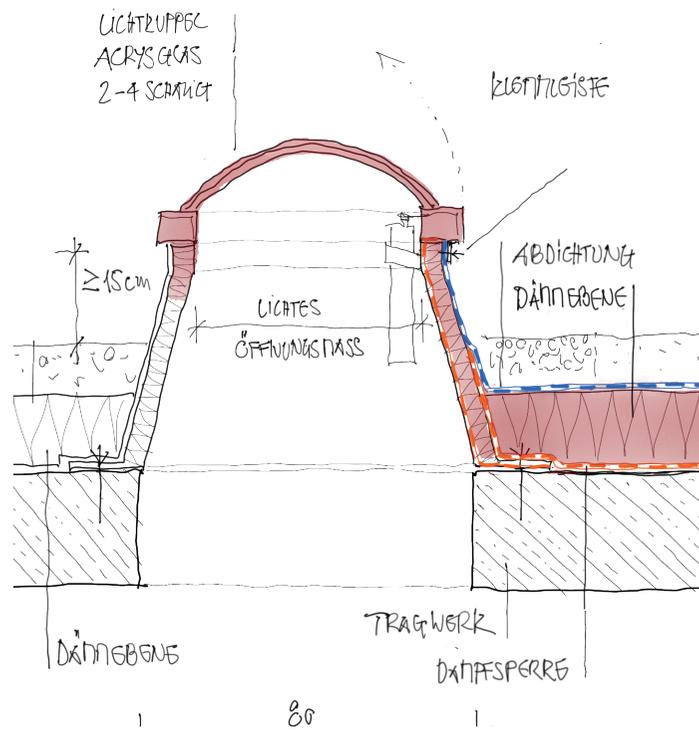
Das konstruktive Prinzip des Tragens, des Kontrollierens der Dampfdiffusion, der Dämmung und der Abdichtung von aussen kann so auf beliebige Geometrien und Materialien übertragen werden. Um das System zu vervollständigen kommt noch die Schutzschicht auf der Aussenseite hinzu, die gleichzeitig der Gestalt des Baukörpers, von aussen betrachtet, entspricht, während die Innenbekleidung wesentlich für die Atmosphäre des Innenraums verantwortlich ist.



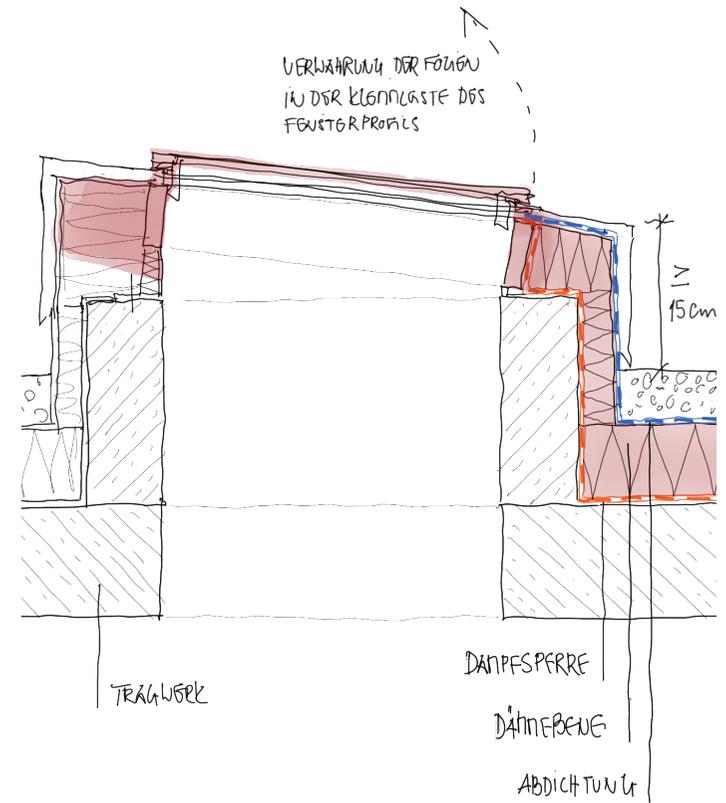
Pantheon, Rom- Bauzeit 124- 128 n.Chr.

Altgriechisch: pan = alles, Theos = Gott = Allen Göttern gewidmet

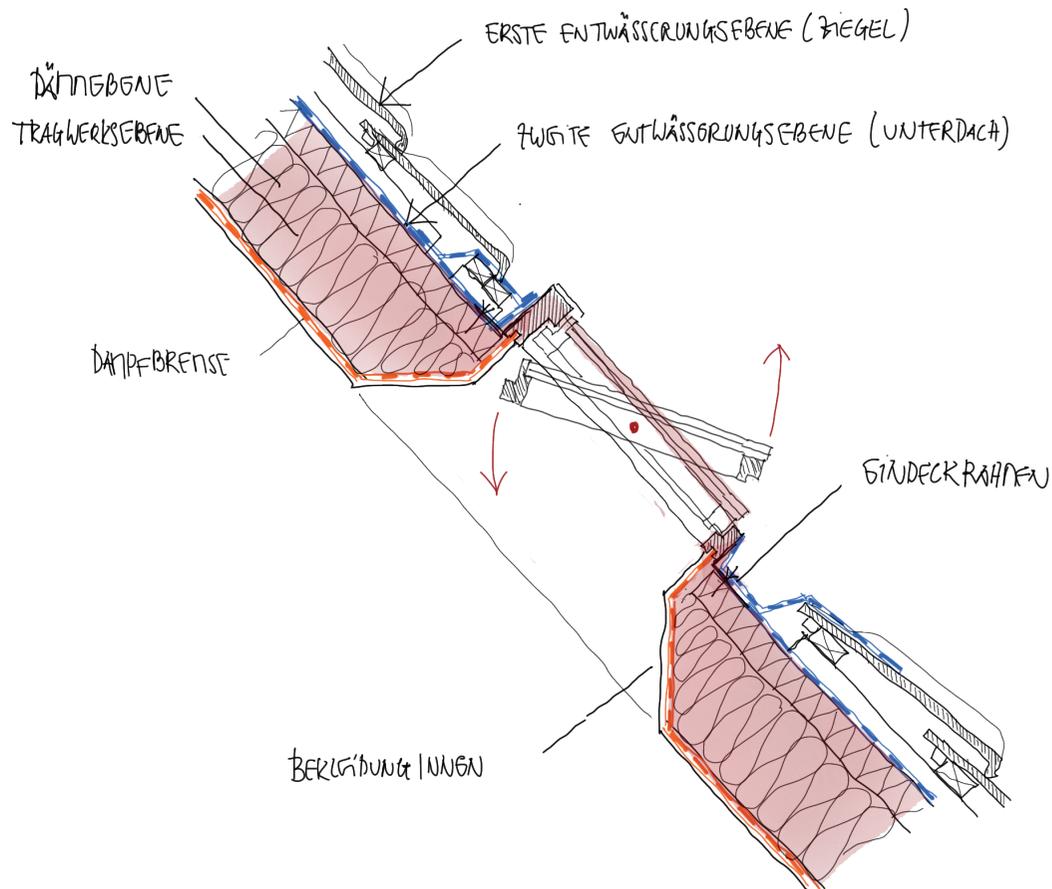




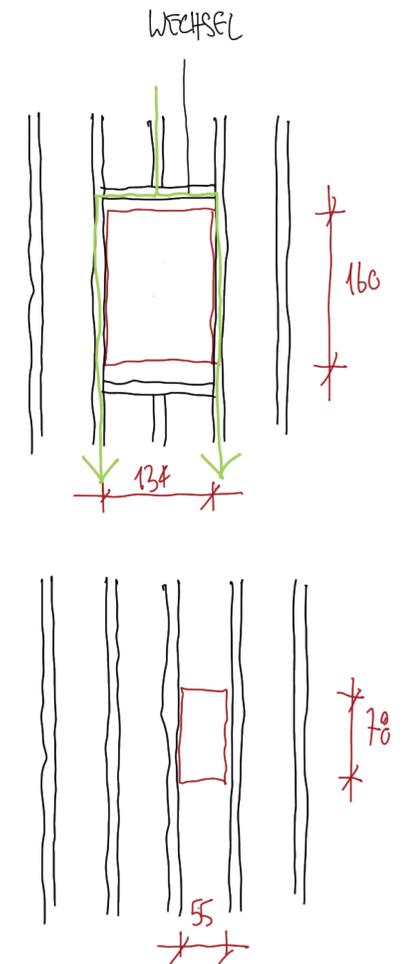
Oberlichtkuppel aus Glasfaserverstärktem Kunststoff für den Aufsatz auf eine Aussparung in der Stahlbeton oder Holzbalkendecke



Variante Oberlicht mit einem Aufsatzkranz aus Stahlbeton. Die eigentliche Fensterkonstruktion entspricht dem Pfosten-Riegelprinzip. Beispiel: Fluchttreppenhäuser Geb. 1 Fra-UAS.



Prinzipzeichnung eines Dachflächenfensters. Die Fensterkonstruktion wird auf das Unterdach aufgesetzt und dort verschraubt. Unterschiedliche Eindeckrahmen machen das Dachflächenfenster mit dem jeweiligen Deckungsmaterial kompatibel.



Ein kleines Format des Dachflächenfensters erlaubt den Einbau zwischen den bestehenden Sparren. Größere Formate machen einen Wechsel erforderlich, der die Umleitung des Kraftverlaufes zur Folge hat.

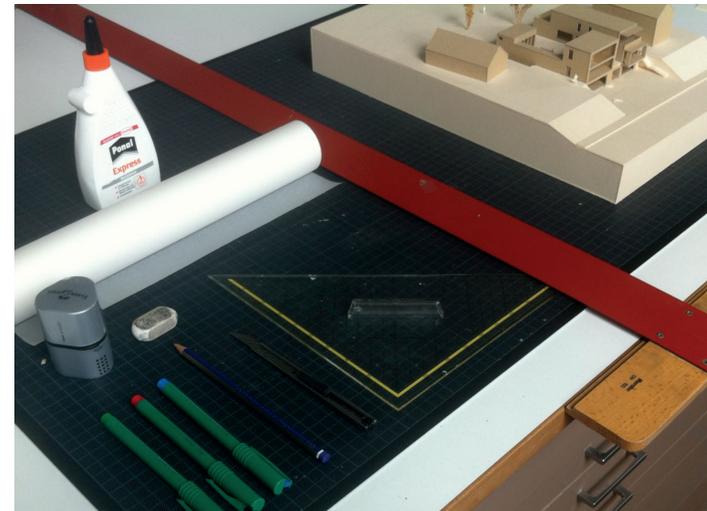
# Darstellung

Für die Darstellung ihres Projektes in Form einer Bleistiftzeichnung braucht es das richtige Werkzeug. Zunächst werden Bleistifte mit einem unterschiedlichen Härtegrad benötigt, um unterschiedliche Strichstärken herstellen zu können. Härtegrade H - 4h eignen sich für Vorzeichnungen und das Darstellen von Ansichtslinien, Maßlinien, Schnittlinien. Mit Bleistiften mit dem Härtegrad HB- 2B können fettere Linien für Materialbegrenzungslinien oder Beschriftungen hergestellt werden.

Um zueinander parallel angeordnete und rechtwinklig zueinander geordnete Linien zeichnen zu können, ist eine Reißschiene erforderlich, die mit einem Anschlag an der Tischkante die Führung des Stiftes erlaubt. Ein Geodreieck mit einer Seitenlänge von 30 cm braucht es für rechtwinklig dazu angeordnete Linien.

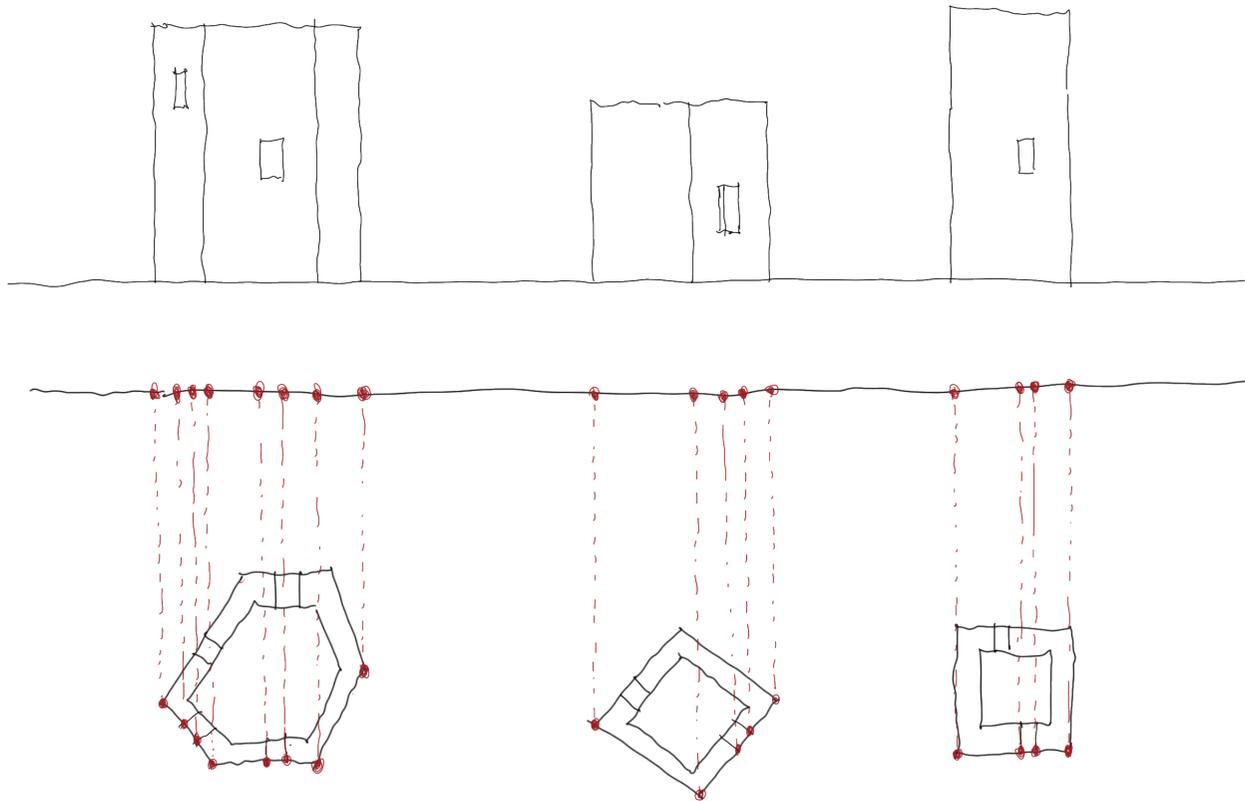
Wichtig für die Qualität der Darstellungen ist ausserdem die Qualität des Papiers. Die Struktur, Oberflächenbeschaffenheit und die Stärke des Papiers sind wichtige Voraussetzungen für die Erscheinung des Zeichnungsbildes. Die Stärke des Papiers wird in g / m<sup>2</sup> ausgedrückt. Die „Grammatur“ sollte 220 g/ m<sup>2</sup> oder mehr betragen.

Darstellungen wie Grundrisse, Schnitte und Ansichten werden als Parallelprojektionen dargestellt. Das bedeutet, dass die Bildpunkte auf der Bildebene durch Strahlen erzeugt werden, die senkrecht zur Bildebene und zueinander parallel die darzustellenden Punkte im Gebäude schneiden. Bei dieser Darstellungsmethode werden alle Teile des Gebäudes, im Gegensatz zu einer Perspektive oder Isometrie, maßstäblich in ihrer wahren Dimension gezeichnet. Räumliche Tiefe, Unterscheidung von geschnittenen Bauteilen von Bauteilen in der Ansicht erfolgen ausschliesslich durch die Strichstärke und die Verwendung von Schraffuren.



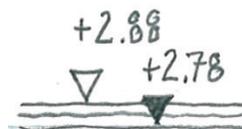
Bauteilkanten und Materialbegrenzungslinien werden grundsätzlich mit durchgezogenen Linien dargestellt. Eine Ausnahme stellen verdeckte Kanten dar. Bauteilkanten die durch andere Bauteile oder den Baugrund verdeckt werden, aber für die Verständlichkeit der Geometrie des Bauwerkes wichtig sind, werden gestrichelt gezeichnet. Das gleiche gilt für Bauteilkanten, die sich ausserhalb der Bildebene befinden, aber für das räumliche Verständnis erforderlich sind, wie beispielsweise die Kante einer Galerie im Obergeschoss, die im Erdgeschossgrundriss gestrichelt dargestellt wird.

Maßketten werden grundsätzlich ausserhalb der Zeichnung angeordnet. Sollte dies nicht möglich sein, oder die Bedeutung von Maßen innerhalb des Grundrisses dieses erfordern, können zusätzliche Maßketten innerhalb der Zeichnung angeordnet werden. Die Abfolge der Maßketten erfolgt von innen nach aussen. Maße im inneren Bereich des Grundrisses werden demnach als erste Maßkette ausserhalb der Zeichnung angeordnet, danach



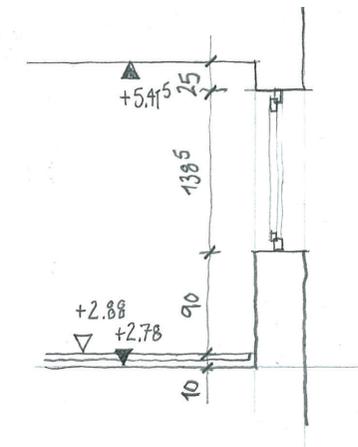
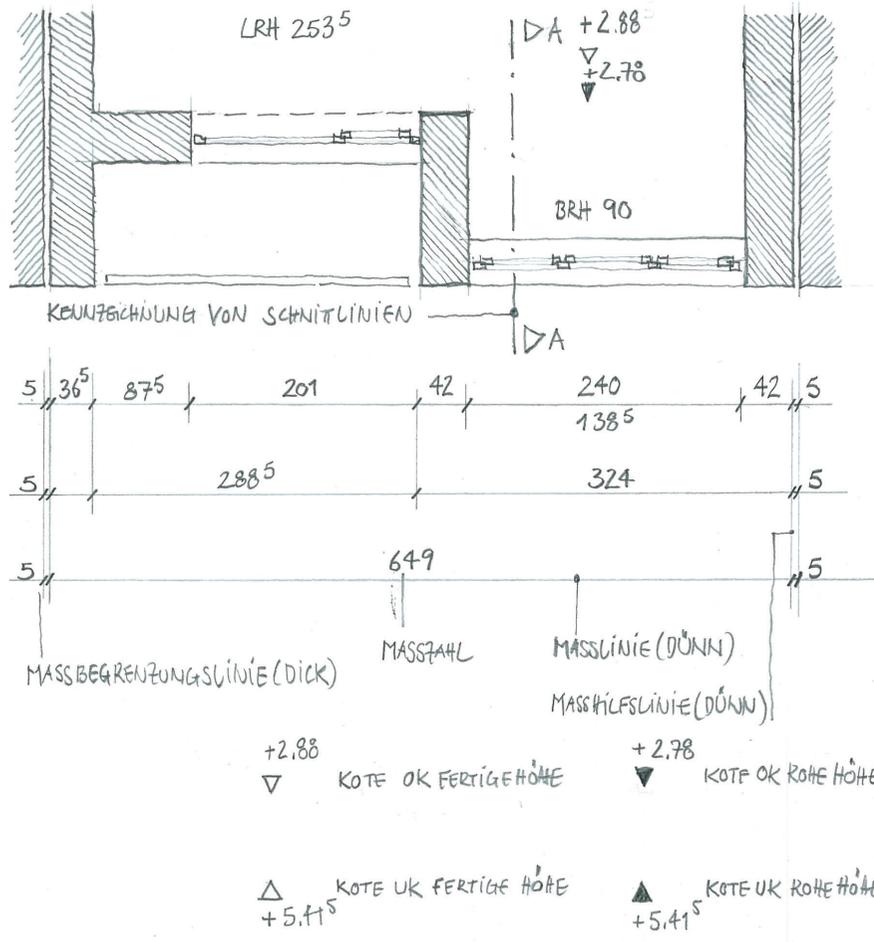
kommen die Maßketten, mit der Vermaßung der Fassaden, ganz aussen die Maßkette des Gesamtmaßes.

Zusätzlich zu der Vermaßung von Grundrissen und Schnitten mit der Hilfe von Maßketten ist die Angabe von wichtigen Höhen



unterschieden nach Höhenquoten für die fertige Höhe und die Höhe des Rohbaus erforderlich. Höhen des fertigen Bauteils werden mit einem Dreieck dargestellt, das nicht gefüllt ist, Rohbauhöhen mit einem gefüllten Dreieck. Die Angabe der Höhe des Fertigfußbodens im Erdgeschoss wird in der Regel mit 0.00 bezeichnet und gleichzeitig als NN Höhe angegeben. Die übrigen Höhen beziehen sich auf diese Höhe als positives und negatives Zählsystem.

Im Grundriss wird an Fensteröffnungen die Brüstungshöhe auf der Innenraumseite der Brüstung angegeben. Die Angabe zur



SCHNITT 4-A

LINIEN STÄRKE

SEHR BREIT	BEGRENZUNG VON SCHNITTFLÄCHEN
BREIT	SICHTBARE KANTEN UND UMRISSE VON BAUTEILEN
SCHMAL	SCHRAFFUREN, MASSLINIEN
STRICHUNIE BREIT	VERDECKTE KANTEN UND UMRISSE VON BAUTEILEN

Höhe der Fensteröffnung erfolgt unterhalb der Maßkette und unterhalb des Maßes für die Breite der Fensteröffnung.

Schraffuren dienen der Differenzierung von Flächen, unterscheiden grundsätzlich geschnittene Bauteile von Bau- oder Gebäudeteilen, die in der Ansicht dargestellt werden. In den Maßstäben, die üblicherweise der Ausführungsplanung dienen, 1:50, 1:20, 1:10

bis zum Maßstab 1:1 transportieren Schraffuren zusätzlich die Information der Materialität. Mauerwerk kann so von Stahlbeton, Holz von Stahl usw. unterschieden werden.

MAUERWERK		HOLZ QUER ZUR FASER		ERDREICH	
MAUERWERK HOHE FESTIGKEIT		HOLZ PARALLEL ZUR FASER		STAHL	
STAHLBETON		HOLZWERKSTOFF		GLAS	
BETON UNBEWEHRT		QUERSCHNITT KONSTRUKTIONS HOLZ		PUTZ	
BETON FERTIGTEIL		DÄMMUNG WEICH		KIES	
SCHOTTER / SUBSTRAT ZUR DACHBEGRIFFUNG		DÄMMUNG DRUCKFEST		ABDICHTUNG TRENNLAGE FILTERFLIES	