

## MATERIALIEN wählen

Auswahlkriterien

Umweltverträglichkeit

### — EIN MIX VERSCHIEDENER ELEMENTE —

Die ausschlaggebenden Kriterien für den Kauf von Baustoffen sind der Preis und die Verfügbarkeit, doch sollten unbedingt auch ihre Qualität und ihre Umweltverträglichkeit berücksichtigt werden.

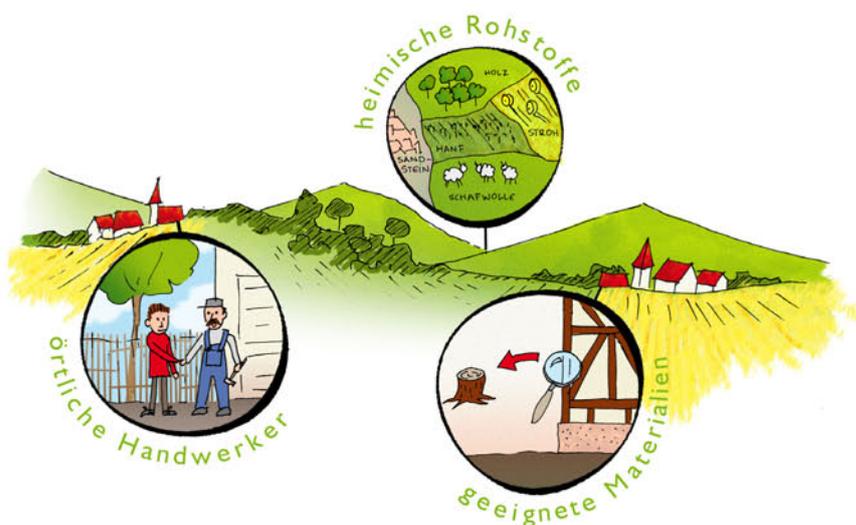
### ■ Baustoffe RICHTIG KOMBINIEREN

Manche Materialien sollte man besser nicht miteinander kombinieren, weil sie im Verbund physikalische Vorgänge auslösen, die unkontrollierbare Feuchtigkeit oder sogar angestauten Wasserdampf nach sich ziehen. Das führt dann nicht nur zu unschönen Spuren und langfristig zu Schäden, es kann auch die Raumluftqualität und die Gesundheit nachteilig beeinflussen.

Um keine neuen Gebäudeschäden auszulösen, sollte man sich kundig machen und Baustoffe richtig einordnen lernen. Es gibt in diesem Zusammenhang ein paar einfache Begriffe, auf die sich alle Beteiligten als gemeinsame Grundlage verständigen können: Wärmewiderstand, Kondensierung, Sättigung, graue Energie, Dichte, biogen, VOC, Formaldehyde usw.

Allgemein gesprochen kann der Einzelne durch die Wahl der Baustoffe auch etwas bewirken:

- Umweltbelastungen vermeiden
- lokale Ressourcen stärken
- Beschäftigung und Handwerk in der Region unterstützen



### ■ Bauliche Einzelheiten GENAU BEDENKEN

Man sollte gerade bei einem ökologischen Sanierungsvorhaben schon ab der Planungsphase ganz bewusst und für alle Bereiche des Bauprojektes, vom Rohbau bis zur Inneneinrichtung, eine präzise Auswahl vornehmen.

Eine genaue Planung unter Einbeziehung der spezifischen Nutzung und der geeigneten Lösungen ist umso wichtiger, als die Anforderungen der Energieeffizienz und unser Wohnverhalten das ursprünglich im Altbau vorhandene Gleichgewicht stören können. Alle genannten Qualitäts-, Effizienz- und Nachhaltigkeitskriterien müssen deshalb von vornherein in die Überlegungen zu den baulichen Detailfragen einbezogen werden.



# Wie sucht man ein geeignetes Baumaterial aus?

## FÜR EIN EFFIZIENTES VORGEHEN

Vor 1948 stand nur eine begrenzte Zahl von Baumaterialien zur Verfügung: Holz, Stein, Strohlehm, Sand, Kalk, roher und gebrannter Lehm, Gips und Teile aus Schmiedeeisen.

Für eine effiziente, gut konzipierte Altbauanierung, die mit den auf die Situation zugeschnittenen Materialien arbeitet und auch keine neuen Schäden hervorruft, sollte man sich im Vorfeld drei Fragen stellen:

- **Wie dicht/durchlässig soll der Baustoff sein**, wenn man den Aufbau der Wände die beabsichtigte Nutzung berücksichtigt?
- **Welche Dämmwerte muss er aufweisen**, um einen vorgegebenen Stand der Energieeffizienz zu erreichen?
- **Sind seine physikalischen Eigenschaften** (v.a. das Verhalten gegenüber Feuchte und Temperatur) **für dieses Objekt geeignet?**

Auf diese Fragen gibt es keine vorgefertigten Antworten. Die Wahl wird bestimmt durch die Besonderheiten jedes einzelnen Hauses und durch die Art, wie die Menschen darin leben möchten (s. Merkblatt Gebäudetypologie und Bauweise 🏠 und Bestandsaufnahme 🔍).

### MATERIALgruppen

Unterscheidungen kann man nach folgenden Kriterien treffen:

- **industriell gefertigt:** recycelte Faserstoffe (Steinwolle, Glaswolle), Kunststoffe (Styropor, Polyurethane, PVC, PE), poröse Baustoffe (Multipor Mineraldämmplatten, Zellbeton, Schaumglas), zementhaltige Baustoffe (Betonformsteine und Beton), Rigipsplatten, dünne Folien, Metalle
- **natürlich und halb-industriell gefertigt:** gipsverwandte Stoffe, Gips-Zellulose, Hanfwolle, Zellstoffwatte, Holzwolle, Schafwolle, Flachswolle, gebrannter Ton, Schichtholz, Kork
- **natürlich:** Strohlehm, Stroh, Lehm, Sand, Kalk, Naturstein, Massivholz, Schäben, Hanf

### Kombination zusätzlicher EIGENSCHAFTEN

Durch Kombination der drei folgenden Kennzahlen lassen sich die Eigenschaften der Wände, die Behaglichkeit in den Räumen sowie die Langlebigkeit der verwendeten Materialien ausreichend beschreiben.

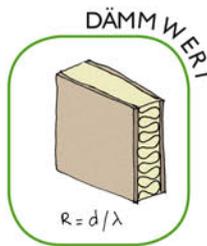


**Sd und μ** bezeichnen die Dampfdurchlässigkeit eines Materials, seine Porosität.

- der μ-Wert drückt den Wasserdiffusionswiderstand aus. Je höher die Zahl, desto „dichter“ ist der Baustoff.
- der sd-Wert beziffert die wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke. Er wird in Metern angegeben und bezieht auch die Stärke der Wand mit ein:  $sd = \mu \times \text{Wandstärke}$ . Je grösser der sd-Wert, desto undurchlässiger ist das Material.

„Lambda, R und U“ bezeichnen die Dämmeigenschaften eines verarbeiteten Materials.

- Lambda bezeichnet die Wärmeleitfähigkeit eines Materials in  $W/m \cdot K$ . Je kleiner der Wert, desto dämmender ist das Material.
- R ist der Wärmewiderstand einer Wand in Abhängigkeit von der Wandstärke und ihrer Leitfähigkeit:  $R = \text{Stärke} / \text{Lambda}$  in  $m^2 \cdot K/W$ . Je grösser der R-Wert, desto besser isoliert die Wand.
- U bezeichnet die Wärmedurchlässigkeit, ist also der Umkehrwert seines Wärmewiderstands:  $U = 1/R$  in  $W/m^2 \cdot K$ . Je kleiner der U-Wert, desto besser isoliert die Wand



**TS/Dichte/%Wassergehalt:** bezeichnen den physikalischen Aufbau des Materials an sich.

- TS bezeichnet die Trockensubstanz eines Stoffes, also nachdem ihm alles Wasser entzogen wurde
- die Dichte bezieht sich auf das Gewicht (die Masse) einer Wand und damit auf deren Wärmespeicherfähigkeit
- %RF steht für relative Feuchtigkeit, also den Anteil an Wasser oder Feuchtigkeit, den ein Material im Vergleich zu seiner Umgebung enthält. Dieser permanent vorhandene Wert fluktuiert und kann bis zu einer sog. Sättigung ansteigen.

Tabelle der wichtigsten Kennzahlen einiger ausgewählter Dämmstoffe: (Quelle: la Maison EcologiqueH s.a. Quelle INIES im ANHANG ☺):

Dämmstoffe	Wärmeleitfähigkeit Lambda in $W/m \cdot K$	Wasserdampfdiffusionswiderstand $\mu$	Kapillarität für 20cm Sd in m	Graue Energie $KWh/Primärenergie/$ Funktionseinheit	Allgemeine Einschätzung
Holzfasernplatten	0,036 bis 0,046	1 bis 5	0,2 bis 1,0	43 bis 122	☺☺
Schafwolle	0,035 bis 0,042	1 bis 2	0,2 bis 0,4	16	☺☺☺
Styropore	0,029 bis 0,038	20 bis 200	4 bis 40	81 bis 185	☹
Glaswolle, unbeschichtet	0,036 bis 0,042	1 bis 2	0,2 bis 0,4	62	☹
Zellulosewatte	0,038 bis 0,043	1 bis 2	0,2 bis 0,4	21 bis 76	☺☺
Strohballen	0,04 bis 0,08	1 bis 2	0,2 bis 0,4	5	☺☺☺
Kalziumsilikat-Platten	0,04	0,7 (Herstellerangaben)	0,14	NC	☺



## hier spricht der Fachmann

**Folgen einer unsachgemäßen Verarbeitung**  
„Durchfeuchtete Baustoffe verursachen die meisten Bauschäden und den Verfall der Baustoffe. Um dem vorzubeugen, sind im Vorfeld gründliche Untersuchungen anzustellen, und die Verarbeitung auf der Baustelle muss sehr exakt erfolgen. Da sind Hintergrundwissen, Sauberkeit, Wetterschutz und ordentlich ausgeführte Enderarbeiten gefragt.“

Es ist sicherzustellen, dass die Verarbeitung vorschriftsmäßig und nach dem Stand der Technik umgesetzt wird – auch um später eventuelle Probleme mit der Versicherung zu vermeiden. Weiter muss man dafür sorgen, den Hausbewohnern die Materialeigenschaften und baulichen Zusammenhänge richtig zu erklären, damit sie im Anschluss eine sachgemäße Wartung, Reinigung und Unterhaltung durchführen.“  
**Zurück zum Kalk**

„Brennkalk, Wasserkalk und Luftkalk werden verwendet für die Herstellung von Putzen, Tünchen, Strohlehm, Kalkmörtel und als Beimischung zu Lehm, Hanf und Stroh. Kalk ist so wichtig, dass er ein eigenes Merkblatt verdienen würde!“

Mit natürlichem Material wie Holz, Naturstein, mineralischen Farben usw. arbeite ich gerne. Ihre Verarbeitung verlangt mir echtes Fachwissen ab, ansonsten ist das verlangte Ergebnis gar nicht zu erzielen.

Aus der Sicht von Denkmalschutz und Umweltbewusstsein liegen Kalk und andere biogene Naturbaustoffe eindeutig in der „Pole position“!

# Bauphysikalische Erscheinungen

## FeuchteMIGRATION

Luft und in geringerem Maß auch Materialien enthalten und transportieren ununterbrochen Wasserdampf in Form von Tröpfchen, abhängig vom Druck- und Temperaturgefälle. Dabei interagieren:

gesättigte Luft und Oberflächendruck: Das nebenstehende Mollier-Diagramm (s. Anhang ☁️) stellt die Faktoren dar, die einen Transfer der Feuchtigkeit bewirken, weil die Luft aufgrund von Veränderungen der Temperatur und der relativen oder absoluten Luftfeuchtigkeit mehr oder weniger gesättigt ist.

durchfeuchtete Materialien: Hier ist auf einen ständigen Ausgleich zu achten, damit ein eventueller Nässeüberschuss abgeführt werden kann und nicht stagniert.

Wasserdampfdiffusionswiderstand: Jedes Material hat diesbezüglich verschiedene Eigenschaften: wasserabstoßend, feuchtigkeitsregulierend, saugfähig, wasserbeständig, Sättigungsgrad.

### Das Phänomen der Sättigung und des Oberflächendrucks

Legenden:

- Dampfdruck
- Sättigungsdampfdruck
- Temperatur

## andere SCHLÜSSELBEGRIFFE

### Flüchtige Organische Verbindungen (VOCs) und Formaldehyde

Diese zunehmend bekannten und verbreiteten chemischen Verbindungen werden von unterschiedlichen Baustoffen in die Atmosphäre emittiert, aber auch von Tabak, Holzschutzmitteln, Farben, Lacken, Klebern, Kunststoffen usw. abgegeben. Sie sind in der Regel toxisch und können bei hoher Konzentration und anhaltendem Kontakt Krankheiten auslösen. Um sie zu vermeiden und sich ggf. für weniger schädliche Produkte zu entscheiden, kann man bei den Herstellern die entsprechenden Informationen (Sicherheitsdatenblätter) anfordern.

### Unterhalt/Recyclingfähigkeit/Entsorgung

Bei jedem Bauvorhaben, bei späteren Renovierungsarbeiten, beim Innenausbau und beim Unterhalt kommen Umweltverschmutzungs- und Nachhaltigkeitsüberlegungen ins Spiel. Daher sollte man in seine Planung auch Überlegungen zu Produktlebenszyklen, Schadstoffemissionen, guter Recyclingfähigkeit und Entsorgbarkeit einbeziehen.

# Das merke ich mir !

## INDIKATOREN

**DAMPFDIFFUSION:** Feuchtigkeitsmigration in den Wänden muss möglich sein und sogar unterstützt werden. Damit die Feuchtigkeit nach außen abgegeben werden kann, müssen Materialien und Dampfbremsen nach ihrem Sd-Wert ausgesucht werden.

Bevorzugen sollte man Dampfbremsen mit einem eher niedrigen Sd-Wert, der auch noch jahreszeitlich variiert: Sd = 0,25-10m oder sogar bis 18m, darüber hinaus wird die Dampfbremse zur Dampfsperre und die Wände können nicht mehr abtrocknen.

**Die Faustregel lautet:** der Sd-Wert muss von innen nach außen im Verhältnis 1 zu 5 abnehmen und entsprechend sind die verschiedenen Baustoffschichten von der diffusionsdichtesten (innen) zur diffusionsfreundlichsten (außen) anzuordnen.

**DÄMMUNG:** Um das anvisierte Ziel des Faktors 4 zu erreichen, sind folgende Mindestwerte einzuhalten:

- Wärmewiderstand (R)** für opake Wände: Wände >5m<sup>2</sup>/KW, d.h. ungefähr 20cm (U < 0,2W/m<sup>2</sup>.K)
- Bodenplatten > 3,5m<sup>2</sup>/KW, d.h. ungefähr 15cm (U < 0,3W/m<sup>2</sup>.K)
- Dachflächen, Dachgeschoss > 7,5m<sup>2</sup>/KW, d.h. ungefähr 30 cm (U < 0,15W/m<sup>2</sup>.K)

## INNEN- oder AUSSENDÄMMUNG?

Altbauten sind attraktiv, solange ihr ursprüngliches Aussehen erhalten bleibt.

Die oft bevorzugte Innenwärmedämmung birgt gewisse Risiken: Verstärkung der Wärmebrücken, Verlagerung des Taupunktes zwischen Dämmmaterial und Tragwerk, Behinderung der Dampfdiffusion, Verringerung der Wärmespeicherfähigkeit.

**ACHTUNG:** Damit es nicht zu einer Schädigung der Wände kommt, sind 10 bis 12 cm Dämmstärke nicht zu überschreiten, d.h. R < 2,5 sollte reichen. Zum Ausgleich sind dann noch andere Elemente oder Vorrichtungen vorzusehen.

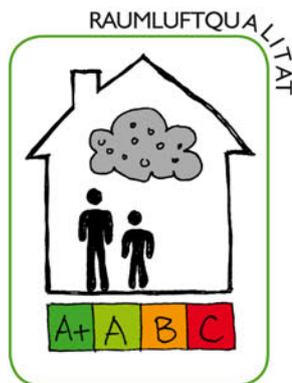
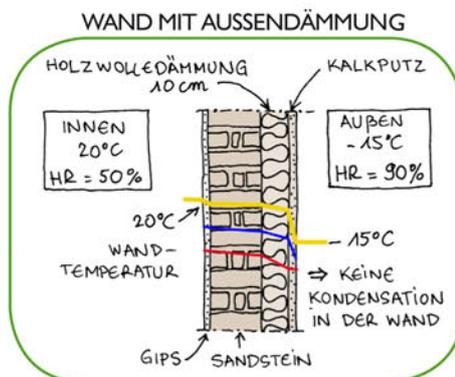
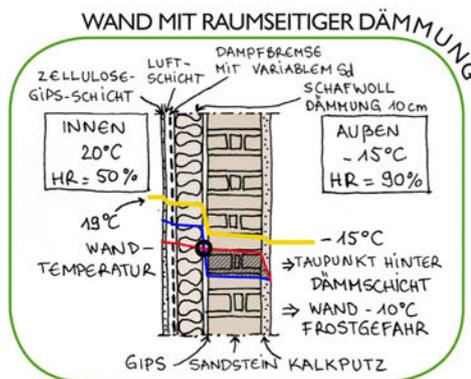
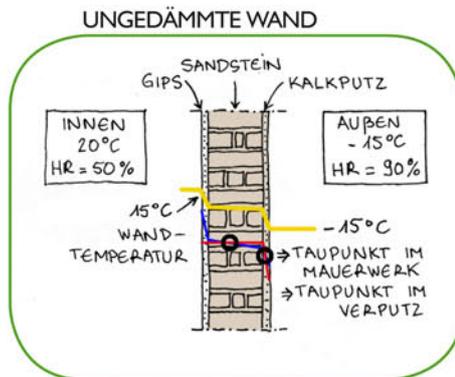
Zur Ergänzung kann ebenfalls eine Außendämmung in Form von mechanischem Fassadenschutz (Außenwandverkleidung, Fassadenpaneele) auf der Wetterseite vorgenommen werden.

## VORSICHT

Bei der Bewertung der vorgeschlagenen Maßnahmenpakete sollte man jeweils die Vor- und Nachteile der verschiedenen Möglichkeiten auflisten, wie zum Beispiel:

- Will man die Gebäudehülle abdichten oder neue Fenster einbauen, muss unbedingt gleichzeitig eine Lüftungsanlage installiert werden und umgekehrt macht eine solche Anlage nur bei einer dichten Gebäudehülle Sinn.
- Entscheidet man sich für eine kombinierte Zu- und Abluftanlage, ist ein regelmäßiges Auswechseln der Filter und noch besser ein entsprechender Wartungsvertrag vorzusehen.
- Die häufig empfohlenen Dämmfolien können nur bei exakter, haltbarer Verlegung ihre Rolle als Dämmungsergänzung und Dampfbremse spielen. Gleichzeitig kann aber gerade das zu einer Schädigung anderer Materialien führen.

**Deshalb ist bei einer ökologischen Altbauseanierung von Dämmfolien dringend abzuraten.**

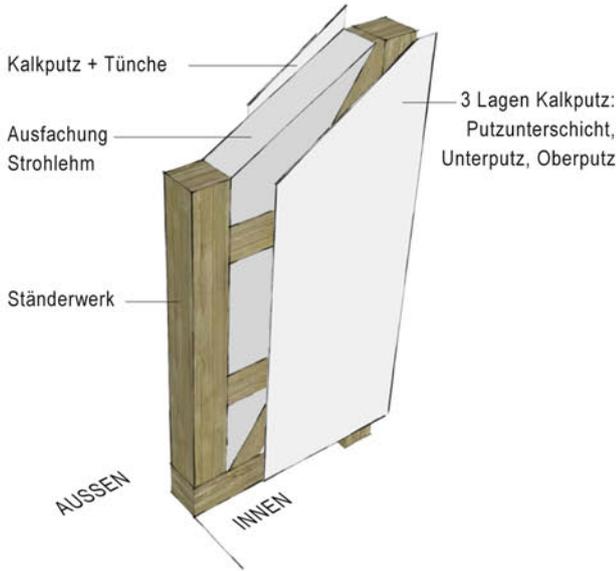


# Wandaufbau, vorher/nachher

>@ Alle Detailstudien stehen im Anhang und lassen sich downloaden (s. Link auf der Außenhülle)

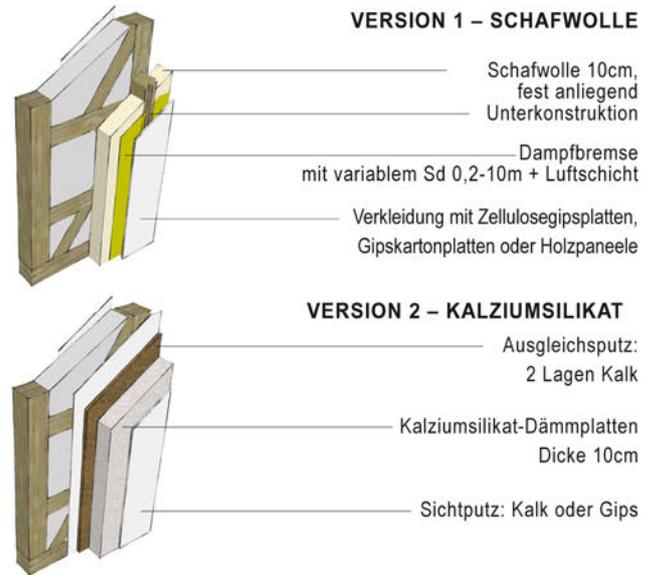
## DREISEITHOF IN HUNSPACH, FACHWERK

### VORHER



Das Fachwerkhaus wurde in klassischer Bauweise errichtet: Ständerwerk aus Nadelholz, Ausfachung aus Strohlehm, beidseitig verputzt (Putzunterschicht, Unterputz, Oberputz). Die Wand ist mehrlagig aufgebaut, diffusionsoffen und durch Dachüberstände und Vordächer witterungsgeschützt.

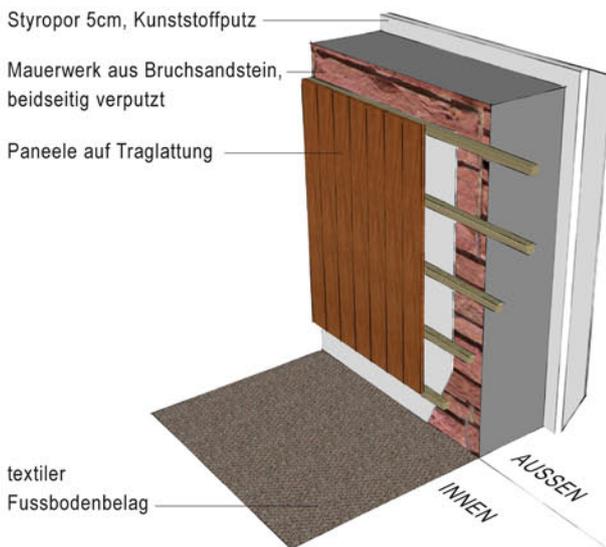
### NACHHER



In beiden Fällen wird die Dämmung raumseitig angebracht. Sie verhindert Wärmebrücken. Sie ist nicht zu dick, damit der neue Wandaufbau zu jeder Jahreszeit und unter allen Bedingungen die Feuchtigkeit richtig reguliert. Die Dämmstoffe müssen eng auf dem Untergrund anliegend und ohne jeden Luftpfeinchluss verlegt werden.

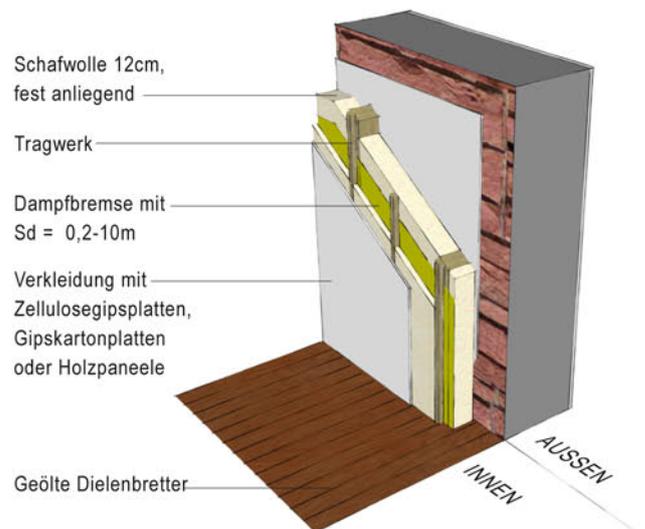
## EINDACHHAUS IN LUDWIGSWINKEL, NATURSTEIN

### VORHER



Das Mauerwerk besteht aus Sandbruchstein und ist beidseitig verputzt (Putzunterschicht, Unterputz, Oberputz). Ursprünglich war der Wandaufbau monolithisch, die Wand war diffusionsoffen und durch Dachüberstände witterungsgeschützt. Zum jetzigen Zeitpunkt besteht eine Außendämmung aus Styroporplatten unter Kunststoffputz, innen wurden Paneele angebracht.

### NACHHER



Die Dämmung wird nach innen verlegt, das Styropor entfernt und der Außenputz komplett erneuert. Auf der Innenseite wird zunächst ein Ausgleichsputz aufgebracht, damit die Dämmstoffe dicht anliegen und eine durchgehende Kapillarität gewährleistet ist. Die Dämmschicht ist auf 10cm begrenzt und durch eine feuchtevariable Dampfbremse sowie eine Verblendung vor der Installationsebene (Platten oder Paneele auf Unterkonstruktion) geschützt.