# Klimagerecht und ökologisch Sanieren: Dämmung der Gebäudehülle

Was können wir tun, das Klima zu schützen und die Klimakatastrophe zu verringern?

Energiewende ER(H)langen e.V.

# Zu meiner Person

Mein Name: Johannes Kollinger

2. Vorsitzender im Energiewende ER(H)langen e.V

Sprecher Arbeitskreis Energie der Agenda 21 Herzogenaurach

In der Agenda 21 Herzogenaurach seit 1998 tätig im Bereich Energie

Hauptthemen zur Zeit:

- Photovoltaikberatungen, Stromsparberatungen
- Mitarbeit im Energiewendeverein
- Zusammenarbeit mit der Stadt Herzogenaurach bei Nachhaltigkeit und Energie (Erstellung Klimaschutzkonzept, Nachhaltigkeitsbericht, …)

# Disclaimer

Diese Präsentation wurde mit größter Sorgfalt erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte können wir jedoch keine Gewähr übernehmen.

Die Überlassung der Präsentation erfolgt nur für den internen Gebrauch des Empfängers. Die Veröffentlichung des Vortrags ist nicht gestattet. D.h. Sie dürfen den Vortrag NICHT öffentlich zugänglich machen und (z.B.) im Internet weiterverbreiten.

Die Präsentation gibt unsere auf langjähriger Erfahrung basierende Meinung wieder und stellt keine technische, Rechts- oder Steuerberatung dar. Diese muss individuell unter Berücksichtigung der Umstände des Einzelfalls erfolgen.

Die dargestellten Rahmenbedingungen und die daraus abgeleiteten Empfehlungen beruhen auf dem Kenntnisstand zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Präsentation. Die zugrundeliegenden Rahmenbedingungen und die darauf basierenden Einschätzungen und Empfehlungen können daher zukünftigen Veränderungen unterliegen.

Energiewende ER(H)langen e.V.

# Klimagerecht und ökologisch sanieren: Dämmung der Gebäudehülle

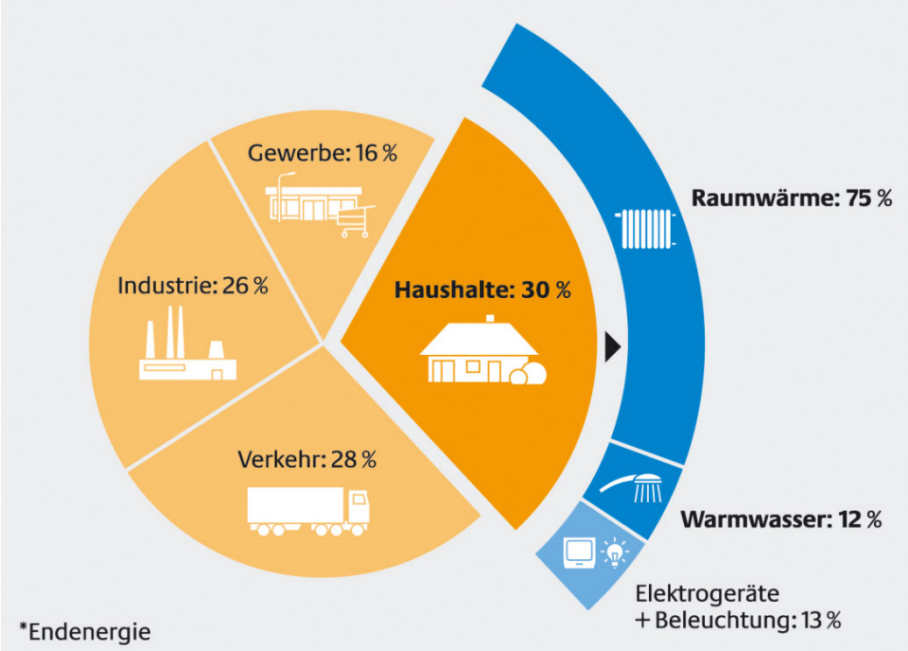
Ihr Haus ist in die Jahre gekommen?
Die Kosten für die Heizung sind zu hoch?
Sie wollen Ihren CO2-Fußabdruck verkleinern?

In diesem Vortrag stellen wir Ihnen folgende Themen vor:

- Höhe des Heizenergieverbrauches, Spezifischer Energiebedarf
- Energetisches Optimierungspotenzial
- Technische Hinweise zur Dämmung von Wänden, Dach, Keller und Austausch der Fenster
- Kosten- und Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen
- Vorgehensweise, Sanierungsfahrplan
- Hinweise zu ökologischen Dämmstoffen

Energiewende ER(H)langen e.V.

# Motivation zum klimagerechten Sanieren




- Ca. 40 % der Energie wird in Europa im Gebäudebestand verbraucht
- Ca. 3/4 der im Wohnhaushalt verbrauchten Energie wird für die Beheizung benötigt
- Die Energiekosten steigen stetig
- Energieeffiziente Sanierungen rechnen sich und sind heute die sicherste und beste Kapitalanlage
- Im Bereich Wohnen / Heizen wird ca. 1,8 t pro Jahr und Person an CO2 in Deutschland emittiert

Quelle: dena / Energiedaten BMWi

# Ist Ihr Energieverbrauch hoch oder niedrig ?

Energiekennwert: Vergleichswert, um die thermische Qualität der Gebäudehülle zu beschreiben.

**kWh / m² a** **Endenergiebedarf pro Quadratmeter Wohnfläche im Jahr**

| | | | |
|---|---|---|---|
| 20.000 kWh / 100 m² | = | 200 kWh / m² a | → ist sehr viel ! |
| 5.000 kWh / 100 m² | = | 50 kWh / m² a | → ist sehr wenig bei einem Bestandsgebäude |
| 1.500 kWh / 100 m² | = | 15 kWh / m²a | → ist sehr wenig bei einem Neubau |

| | | |
|---|---|---|
| 2.000 Liter Öl | ~ 20.000 kWh | ca. 6,2 t $CO_2$ |
| 2.000 m³ Gas | | ca. 4,8 t $CO_2$ |
| 4 Tonnen / 6,15 m³ Pellets | | ca. 1,4 t $CO_2$ |

Quelle: $Co_2$ Emissonsrechner LFU

# Ermittlung des spezifischem Energieverbrauchs

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| a) | Einfamilienhaus mit beheiztem Keller | Wohnfläche | $m^2$ x 1,35 = | $m^2$ | Nutzfläche |
| b) | Andere Gebäudearten: | Wohnfläche | $m^2$ x 1,2 = | $m^2$ | Nutzfläche |

Durchschnittlicher Brennstoffverbrauch der letzten Jahre (Öl, Gas, Pellets, Holz):

Verbrauch pro Jahr:
Verbrauchsmenge x Umrechnungsfaktor = kWh/a

Spezifischen Verbrauch des Gebäudes:
Verbrauch kWh/a : Nutzfläche $m^2$ = $kWh/m^2a$

**Umrechnungsfaktoren**
Öl EL (extra leicht) 10,2 kWh/l , Erdgas H (high) 10,0 $kWh/m^3$, Erdgas L (low) 9,0 $kWh/m^3$, Flüssiggas 13,0 kWh/kg
Holzpellets 5,0 kWh/kg, Holz 4,1 kWh/kg

Energiewende ER(H)langen e.V.

## Beispiel zur Ermittlung des spezifischem Energieverbrauchs

Einfamilienhaus Nutzfläche: 120 $m^2$

Durchschnittlicher Brennstoffverbrauch der letzten Jahre: 1.200 $m^3/a$ Erdgas

Spezifischen Verbrauch in kWh/a: 1200 $m^3$ Erdgas x 10 $kWh/m^3$ = 12.000 kWh/a

Spezifischen Verbrauch des Gebäudes: 12.000 kWh/a : 120 $m^2$ = 100 $kWh/m^2a$

Die Rechnung gilt auch für Heizöl, d.h. 1.200 Liter Heizöl pro Jahr bei 120 $m^2$ Nutzfläche entspricht ebenfalls ca. 100 $kWh/m^2a$

**Umrechnungsfaktoren**

Öl EL (extra leicht) 10,2 kWh/l , Erdgas H (high) 10,0 $kWh/m^3$, Erdgas L (low) 9,0 $kWh/m^3$, Flüssiggas 13,0 kWh/kg
Holzpellets 5,0 kWh/kg, Holz 4,1 kWh/kg

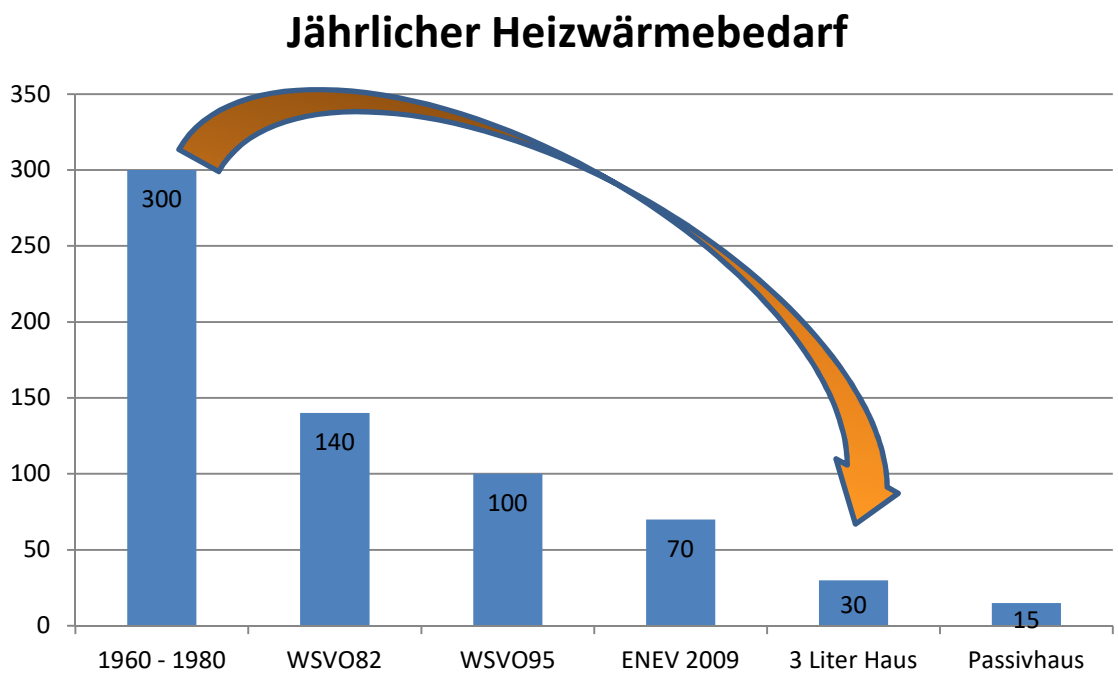
# Spezifischer Energiebedarf im Vergleich

**Ist Ihr Haus im grünen Bereich ?**

# Effizienzstandards, Merkmale

| | |
|---|---|
| Niedrigenergiehaus<br>Max. 60 kWh/m²a | Existiert seit 1995. Alle Neubauten in Deutschland müssen diesem Standard gerecht werden. Entspricht in etwa den Richtwerten der EnEv 2009 |
| Drei-Liter-Haus<br>Max. 34 kWh/m²a | Kategorie des Niedrigenergiehauses, noch effizientere Bauweise |
| Passivhaus<br>Max. 15 kWh/m²a | Merkmale: Wärmerückgewinnungssystem, sehr gute Isolierung und Wärmedämmung, Luftdichtheit, Südausrichtung, kompakte, Bauform |
| Nullenergiehaus<br>0 kWh/m²a | Erweiterung des Passivhauses. Bei einem solchen Haus produzieren Sie genauso viel Energie wie Sie verbrauchen. Bauweise wie Passivhaus |
| Plusenergiehaus | produziert mehr Energie als Sie verbrauchen, z.B. durch Photovoltaik. Es gilt in Deutschland als innovatives Zukunftsmodell |

# Spezifischer Energiebedarf: Einsparpotenzial



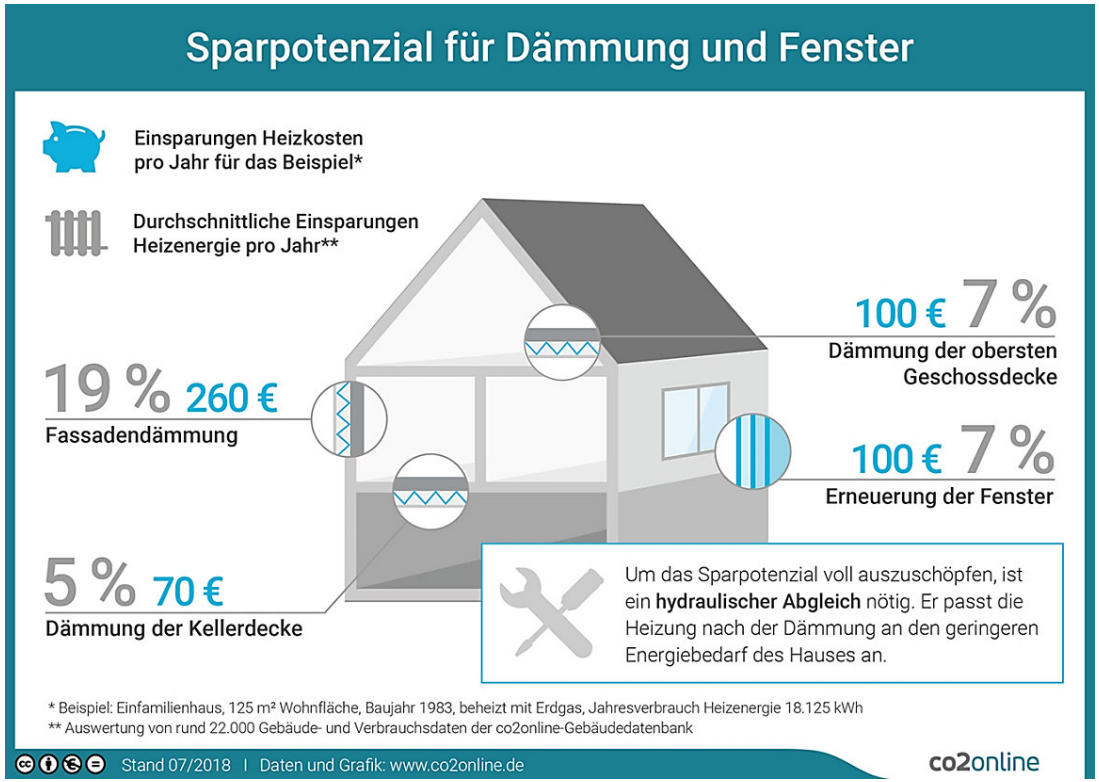

Bei konsequenter energetischer Sanierung kann der Energiebedarf auf ein Zehntel des bisherigen Wertes reduziert werden.

Dies hängt aber von der Ausgangssituation ab.

Es erfordert einen erhöhten Aufwand im gesamten Gebäude.

Realistisch ist ein Einsparpotential von 40 – 70% (je nach Situation und Aufwand)

# Energetisches Optimierungspotenzial




Je nach Alter / Dämmstandard und bereits durchgeführten Maßnahmen ist das Einsparpotential unterschiedlich hoch.

Beispielhaus:

- 125 m² Wohnfläche
- Baujahr 1983
- Jahresverbrauch Heizenergie ca. 18.125 kWh (Erdgas)

Einsparpotenzial gesamt: 38%

Quelle: www.co2online.de

# Wände

Ein Altbau verliert bis zu 35 Prozent der erzeugten Wärme über nicht gedämmte Außenwände.
Daher lässt sich der Energieverbrauch und die Heizkosten durch eine gute Dämmung der Fassade deutlich senken.
Die relativ kostspielige Fassadendämmung ist gerade dann sinnvoll, wenn **ohnehin** Fassadenarbeiten wie Verputzen oder Streichen anstehen.

Die **Amortisationsdauer** ist bei der Fassadendämmung schwer pauschal zu benennen und hängt stark von den Preisen für Heizenergie ab.

Sicher ist hingegen:
Eine fachlich angebrachte Fassadendämmung hält viele Jahrzehnte und erwirtschaftet in diesem Zeitraum durch eingesparte Heizkosten mehr, als sie kostet.

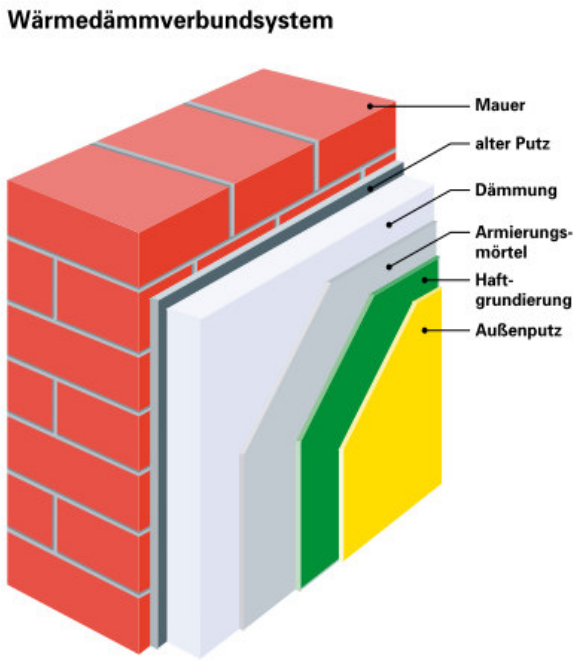
Energiewende ER(H)langen e.V.

# Wärmedämmverbundsystem

Grundsätzlich sind alle Untergründe (z. B. Ziegel, Kalksandstein, Beton, verputzte Bestandsfassaden) geeignet.

Aufbau:

- Auf das Mauerwerk wird die Dämmschicht aufgebracht.
- Bei ausreichender Tragfähigkeit des Untergrundes können die Dämmplatten direkt aufgeklebt werden.
- Bei nicht ausreichender Tragfähigkeit des Untergrundes müssen die Platten zusätzlich mit Tellerdübeln rückverankert werden.
- Bei sehr unebenen Untergründen werden Schienensysteme eingesetzt, an denen die Platten befestigt werden.
- Darauf wird ein Putzträger (armierter Unterputz) und der Putz aufgetragen.




Quelle: Landeshauptstadt München, Referat für Gesundheit und Umwelt

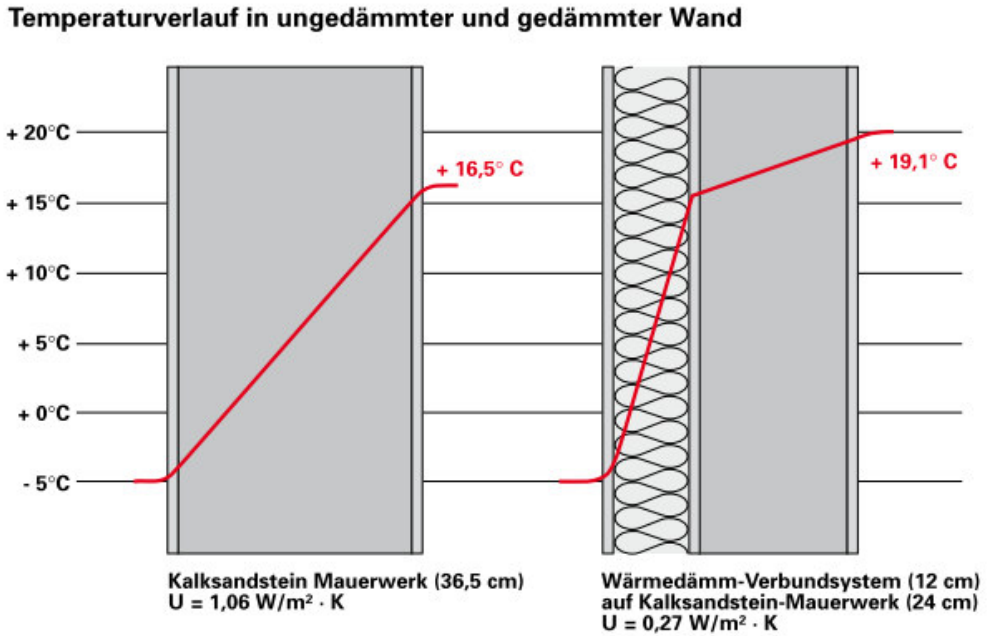
# Wärmedämmverbundsystem

Der Temperaturverlauf in einer ungedämmten und einer gedämmten Wand:

Die Wandtemperatur der gedämmten Wand ist hoch und gleichmäßig.

Dadurch entsteht eine behagliche Atmosphäre, während die Gefahr von Schimmel- und Rissbildung sinkt.

Zudem speichert die Wand die Wärme.




Quelle: Landeshauptstadt München, Referat für Gesundheit und Umwelt

# Wärmedämmverbundsystem

WDVS gelten in baurechtlichem Sinne als ein Baustoff mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung.
Dabei werden sämtliche Komponenten (Dämmplatten, Dübel und Putz) vom Deutschen Institut für Bautechnik geprüft.

Die Herstellerfirmen erhalten die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung.

**WDVS müssen als Ganzes von einer Herstellerfirma bezogen werden . Ein Austausch einzelner Komponenten führt zum Verlust der Zulassung.**

Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung sollte vor Beginn der Dämmarbeiten vom ausführenden Handwerksbetrieb vorgelegt werden.

# Wärmedämmverbundsystem

Folgende Dämmstoffe stehen als Wärmedämm-Verbundsysteme zur Auswahl:

- Polystyrol-Hartschaum EPS, XPS
- Polyurethan-Hartschaum (PUR)
- Mineralwolle (Stein- und Glaswolle)
- Mineralschaum, Gipsschaum, Calciumsilikat-Platte (Calciumsilikat-Hydrate)
- Holzweichfaser
- Resolharzdämmplatten
- Vakuumdämmplatten (VIP)

Die Unterschiede der einzelnen Dämmstoffe bestehen zum einen in der Wärmeleitfähigkeit, dem Brandschutz, dem Schallschutz sowie der Wärmespeicherfähigkeit.

# Schäden beim Wärmedämmverbundsystem

Schäden beim Wärmedämmverbund-System (WDVS) entstehen durch Ausführungsfehler, z.B.

- Verklebung: ungenügende Haftung durch ungenügende Vorbereitung oder feuchtem Untergrund
- UV-Schädigung von Polystyrol: zu lange Lagerung in der Sonne
- Bewegungen in der Tragkonstruktion: Risse, Durchfeuchtung, Ausbeulen oder Abblättern des Putzes bei fehlenden Dehnungsfugen
- Beulen und Feuchteschäden: Nicht bündig eingebaute Dübel (Dübelteller)
- Mangelhaft aufgetragener Putz: Falten im Gewebe, Feuchteeintritt zwischen Ober- und Unterputz

Auf fachgerechte Ausführung muss daher geachtet werden.

Allerding sind WDVS seit ca. 1965 auf dem Markt, Schäden treten relativ selten auf.

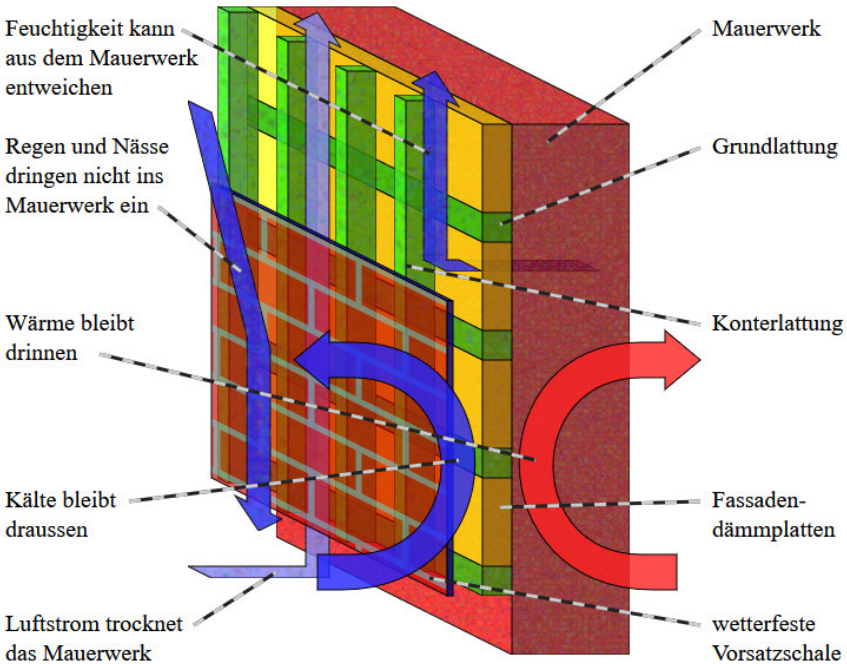
# Weitere Möglichkeiten zur Dämmung

Es gibt weitere Verfahren zur Dämmung der Außenwand

- Vorgehängte, hinterlüftete Fassade z.B. Klinker, Schiefer (mehr in Norddeutschland)
- Verblendmauerwerk mit Kerndämmung: Zweischalige Wände mit dem Dämmstoff zwischen den Mauerschalen
- Innendämmung (wenn die Fassade außen erhalten werden soll).

# Vorgehängte, hinterlüftete Fassade

Eine vorgehängte hinterlüftete Fassade (VHF) ist eine mehrschichtige Außenwandkonstruktion




Die äußerste Schicht (Regenschutz) ist durch eine Luftschicht von den dahinterliegenden Schichten getrennt.

Die Konstruktion besteht aus Fassadenbekleidung, Hinterlüftungszone, Dämmung und Unterkonstruktion.

Voraussetzung ist ein statisch tragender Verankerungsgrund. Die Wärmedämmung wird hinterlüftet, um eine Abtrocknung von Kondenswasser zu ermöglichen.

# Vorgehängte, hinterlüftete Fassade

Prinzip / Vorteile / Nachteile:

- in der Regel erheblich teurer als andere Außenwandkonstruktionen (z.B. WDVS)
- Feuchtigkeit kann durch Dampfdiffusion oder durch Kapillaren oder Haarrisse in die Dämmsubstanz gelangen. Dies saugt sich die Baustoffe voll Feuchtigkeit, verliert einen Teil ihrer Wärmedämmwirkung.
- Aus diesen Gründen werden Wärmedämmungen, vor allem solche mit Poren und Lufthohlräumen, "hinterlüftet" um das Abtrocknen einer Vernässung zu ermöglichen.
- Die "Hinterlüftung" ist dabei zwischen Außenschicht und Dämmschicht.
- Vorgehängte Fassaden können bei unsachgemäßer Verarbeitung Brandrisiken implizieren: ein Fassadenbrand kann ein Kamineffekt bewirken

Energiewende ER(H)langen e.V.

# Dachdämmung

**Aufsparrendämmung:**
Dämmung oberhalb der Sparren. Eine Dampfbremse auf der Unterseite der Dämmung verhindert eine Durchfeuchtung. Von oben schützt ein Unterdach die Dämmschicht vor Wind und Wetter. Darauf folgt zum Abschluss die Dacheindeckung.

**Zwischensparrendämmung:**
Dämmung von innen (raumseitig) fugendicht zwischen die Dachsparren. Reicht die Sparrenhöhe nicht aus, wird die Sparrenhöhe mit einer Aufdopplung angepasst. Die Dämmung von der Innenseite wird durch eine so genannte luftdicht verklebte Dampfsperre vor Feuchtigkeit geschützt. Dies verhindert, dass warme Luft in die Dachdämmung eindringt, dort abkühlt und kondensiert.

**Untersparrendämmung:**
Hier wird die Dämmung unterhalb der Sparren angebracht. Im Gegensatz zur Zwischensparrendämmung wird verhindert, dass die Dämmung durch die Sparren unterbrochen wird und keine durchgehende Dämmschicht vorhanden ist.

Energiewende ER(H)langen e.V.

# Aufsparrendämmung

Optimale Lösung, wenn das Dachgeschoss bereits ausgebaut ist oder die Sparrenhöhe nicht ausreicht.

Vorteile:

- Als vollflächige, lückenlose Dämmschicht ist die Aufsparrendämmung besonders effektiv hinsichtlich Wärmedämmung und Hitzeschutz.
- Es entstehen keine Wohnraumverluste im Dachgeschoss. Während des Umbaus bleibt das Dachgeschoss bewohnbar.
- Keine Wärmebrücken mehr durch die Sparren
- ersetzt aufwändige Aufdopplung der Sparren

Nachteile:

- Neue Dacheindeckung ist notwendig, daher aufwändige Dacharbeiten und hohe Materialkosten
- bei Altbauten (z. B. Reihenhaus) entsteht zum Nebenhaus eine Höhendifferenz je nach Dicke des Dämmmaterials.

# Zwischensparrendämmung

Vorteile:

- Wirtschaftliche Maßnahme: Geringer Aufwand mit hohem Einsparpotenzial
- Anders als bei der Aufdachdämmung ist eine Zwischensparrendämmung ohne umfangreiche Dachsanierung auch nachträglich umsetzbar.
- Das Dach muss nicht abgedeckt werden.

Nachteile:

- freiliegenden Holzsparren sind ungedämmt, dadurch entstehen Wärmebrücken
- problematisch können zu kleine Dachsparren sein, sodass die Dicke der Dämmung nicht ausreicht.

Foto: Landeshauptstadt München, Referat für Gesundheit und Umwelt

# Untersparrendämmung

Aufwändiger aber effektiver als eine Aufdopplung der Sparren ist die Anbringung einer zusätzlichen Dämmschicht in Form einer Untersparrendämmung.

Vorteile:

- Möglichkeit das Dach nachträglich zu dämmen
- Reduzierung von Wärmebrücken durch die Sparren.
- Systeme mit Verkleidung ersparen das nachträgliche Verkleiden der Dachsparren.
- Vergleichsweise niedrige Kosten

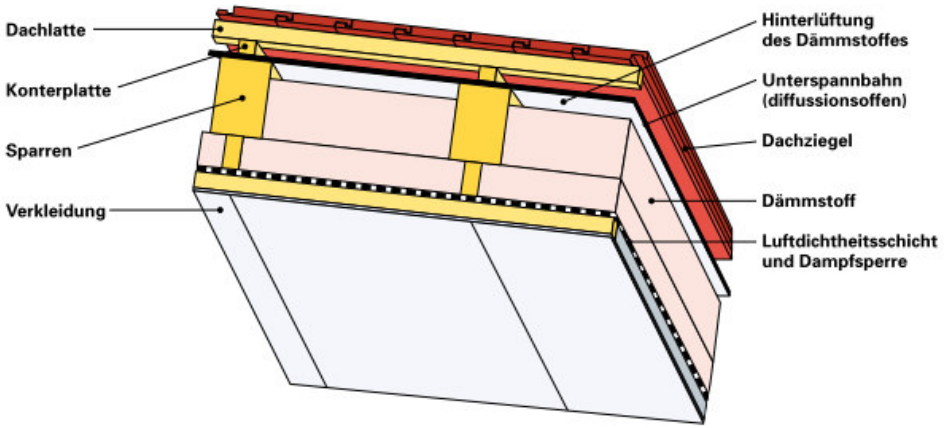
Nachteil

- Wohnraumverkleinerung durch die Dicke der Dämmung

# Untersparrendämmung mit Zwischensparrendämmung kombiniert

Bei einer  Dachsanierung lässt sich die vorhandene (oder neue) Zwischensparrendämmung gut um die Aufsparrendämmung ergänzen.

**Untersparrendämmung mit Zwischensparrendämmung kombiniert**




Vorteile:

- Decken des Daches nicht nötig
- Auch bei geringer Sparrenhöhe  wird eine gute Dämmdicke möglich.
- Kosten im mittleren Bereich

Nachteile:

- Etwas aufwändiger als reine Zwischensparrendämmung
- Raumhöhe etwas verringert

Foto: Landeshauptstadt München, Referat für Gesundheit und Umwelt

# Oberste Geschossdecke

Weniger aufwändig als die Dämmung des Daches ist die Dämmung der obersten Geschossdecke, wenn der Dachboden nicht geheizt / bewohnt wird.

Der Dämmstoff wird einfach auf dem Dachboden verlegt, ausgerollt oder als Schüttung aufgebracht.

Die Isolierung des Dachbodens geht schnell und unkompliziert.

Je nach der Nutzungsanforderung gibt es begehbare und – kostengünstiger – nicht begehbare Dämmung.

Foto: Landeshauptstadt München, Referat für Gesundheit und Umwelt

# Generell zu beachten am Dach

Grundsätzlich gilt für die Dicke der Dämmschicht: so viel wie möglich! Beim Flachdach ist eine Dämmschicht von mindestens 16 cm der Wärmeleitfähigkeitsgruppe (WLG) 035 zu empfehlen; bei Steildächern und Zwischensparrendämmung mindestens 20 cm der WLG 035.

Lediglich der Boden des ungenutzten Dachgeschosses kann von Laien mit etwas Geschick selbst gedämmt werden. Jede andere Dämm-Maßnahme sollte ausschließlich von Fachleuten geplant und ausgeführt werden.

Achten Sie auf fugenfreie Dämmschichten und lückenlose Anschlüsse (ans Mauerwerk, Dachflächenfenster, Antennenmasten usw.).
Die Ränder von luftdichten Folien oder Pappen müssen **überlappend verlegt** und **verklebt** werden. Die luftdichte Schicht darf nicht durch Schrauben, Dübel oder Nägel verletzt werden.

Wärmebrücken sind zu vermeiden; auf Schwachstellen, wie zum Beispiel ungedämmte Mauerkronen, gehören mindestens 6 cm Dämmstoff.

Energiewende ER(H)langen e.V.

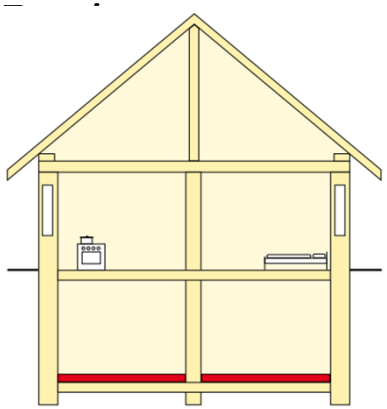
# Keller: Innendämmung Fußboden oder

Wenn der Keller als beheizter Wohnraum genutzt wird, sollte der Fußboden und die Wände gedämmt werden.

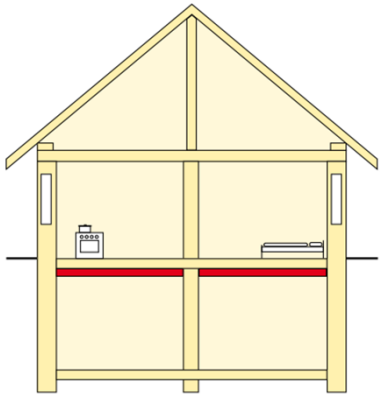
Wenn der Keller ungeheizt ist, ist eine Dämmung der Kellerdecke günstiger.

Die Platten werden gedübelt oder aufgeklebt.
Bei Bedarf werden sie mit Gipskarton oder Holzwolle-Leichtbauplatten abgedeckt.

Als Dämmstoffstärke wird ca. 8 - 10 cm empfohlen, allerdings ist der Platz durch die Raumhöhe oder Kellerfenster manchmal nicht ausreichend verfügbar.



Dämmung des Kellerfußboden



Dämmung der Kellerdecke

Zeichnungen: Landeshauptstadt München, Referat für Gesundheit und Umwelt

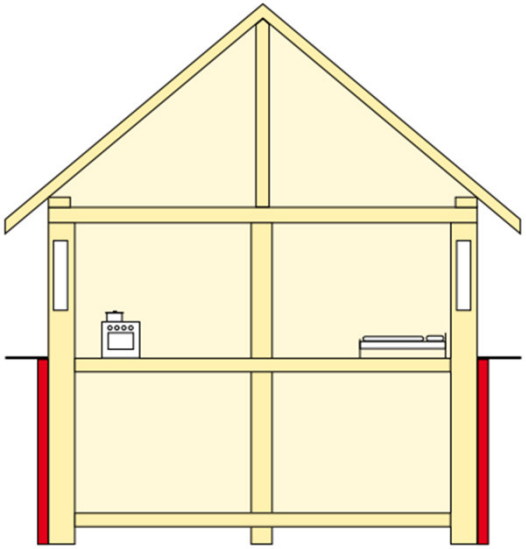
# Keller: Außendämmung

Eine Dämmung der äußeren Kellerwände (erdberührend) schützt nicht nur vor Wärmeverlusten, sondern auch vor dem Eindringen von Feuchtigkeit.

Diese sogenannten **Perimeterdämmung** ist mehrschichtig aufgebaut (Sperrschicht, Dämmschicht).

Die verwendeten Dämmstoffe müssen besonders hohe Anforderungen an die Feuchtebeständigkeit und Druck-Belastbarkeit erfüllen.

Die Sanierung feuchter Wände und die Dämmung von Kellerwänden von außen sollte unbedingt von einem Fachmann durchgeführt werden um Baufehler zu verhindern.



Perimeterdämmung

Zeichnung: Landeshauptstadt München, Referat für Gesundheit und Umwelt

# Fenster und Türen

Fenster weisen im Vergleich zu den Außenwänden höhere Wärmeverluste pro Fläche auf.

Moderne, dicht schließende Fenster mit Wärmeschutzverglasung sind Voraussetzung für ein behagliches Raumklima; vor allem im fensternahen Bereich.

Beim Wärmeschutz zählt nicht nur die Qualität der Gläser, sondern auch die des Rahmens und der Fenstermontage. Dabei geht es auch um die Vermeidung von Tauwasser.

# Fenster und Türen: 1,2 oder 3 Scheiben

Je nach Verglasung ergeben sich unterschiedliche Wärmeverluste:

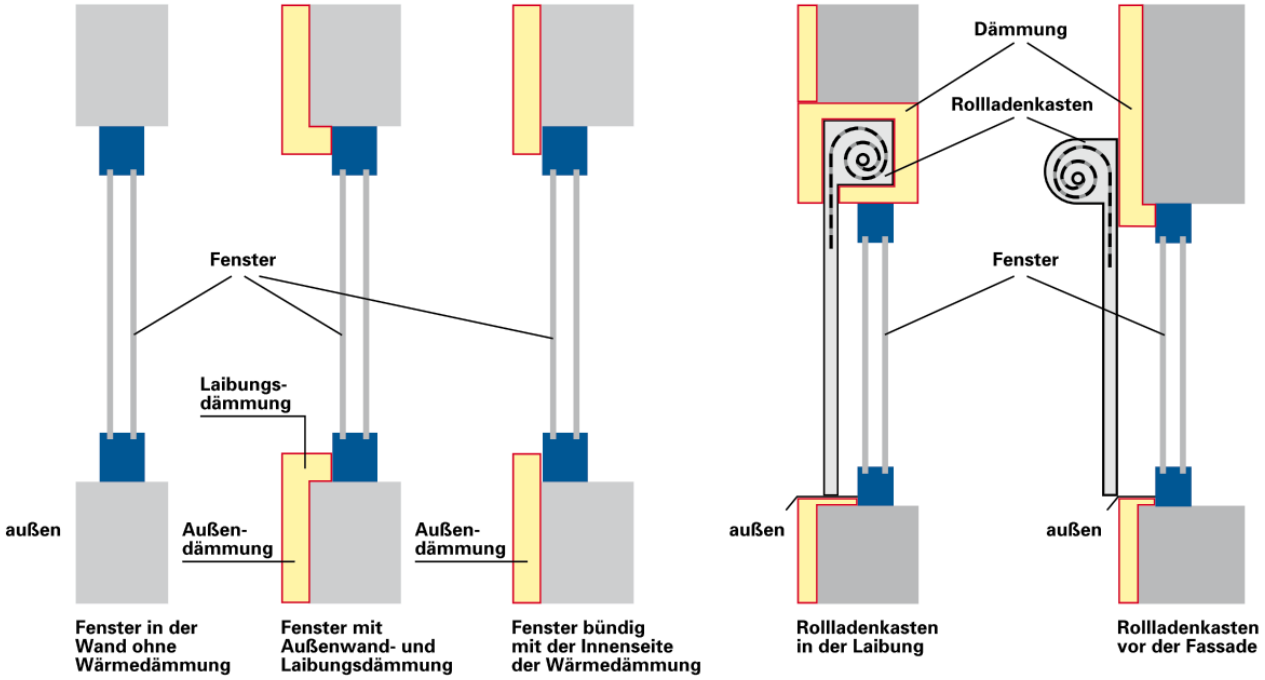
- Einfachverglasung: 390 kWh/m²K
- Zweischeiben-Wärmeschutzverglasung: 140 kWh/m²K
- Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung: 80 kWh/m²K

Zeichnung: Landeshauptstadt München, Referat für Gesundheit und Umwelt

# Fenster: Einbausituation

Fensterrahmen und Rolladenkästen in die Wärmedämmung einbeziehen

→ Vermeidung von Wärmebrücken




Zeichnung: Landeshauptstadt München, Referat für Gesundheit und Umwelt

# Fenster: Kenngrößen für die energetische Qualität

**1. Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert)**
Der U-Wert bezeichnet den Wärmeverlust (in Watt) bezogen auf die Bauteilfläche (in $m^2$) und den Temperaturunterschied von innen nach außen (in Kelvin). Je niedriger der U-Wert, desto besser ist die Wärmeschutzwirkung der Fenster.

Zu unterscheiden sind:

- $U_g$: U-Wert der Verglasung (engl. „glazing“)
- $U_f$: U-Wert des Rahmens (engl. „frame“)
- $U_w$: **U-Wert des gesamten Fensters** (engl. „window“)

**Psi-Wert:**
Dieser Wert beschreibt den Wärme-Verlust des **Glasrandverbundes** und sollte ebenfalls möglichst klein sein. Der Psi-Wert wird in den Uw-Wert einbezogen.

Energiewende ER(H)langen e.V.

# Fenster: Kenngrößen für die energetische Qualität

**2. Der Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert)**

Der g-Wert  bezeichnet den Anteil an der Solarstrahlung, die von außen durch die Verglasung hindurch ins Gebäude geleitet wird.

Je höher der g-Wert, desto mehr Solarenergie gelangt ins Gebäude. Bei Sonnenschutzverglasung sind hingegen niedrige g-Werte anzustreben.

# Moderne Fenster

Heute sind Fenster mit Wärmeschutzverglasung **und $U_w$-Werten von ca. 1,0 - 1,3 W/m²K** üblich.

Früher: ebenfalls zwei Scheiben; aber $U_w$-Werte ca. 2,8

Bei Passivhäusern wird meist eine **Dreischeiben-Verglasung** mit Kryptonfüllung und gut gedämmtem Rahmen eingesetzt. Damit sinkt der $U_w$-Wert auf 0,6 - 0,7.

Selbst bei einer Außentemperatur von –10 Grad Celsius ist hier die Oberfläche des Glases innen immer noch 17,5 °C warm (gegenüber 14,9 °C bei einfacher Wärmeschutzverglasung).

Mindestens eine Scheibenoberfläche wird mit einer dünnen Metallschicht bedampft und sorgt so dafür, dass ein Teil der Wärmestrahlung aus dem Rauminneren zurück in den Raum reflektiert wird.

Waren früher zwischen den Scheiben Abstandshalter aus Aluminium üblich, werden diese heute durch Kunststoffe mit sehr geringer Wärmeleitfähigkeit ersetzt („warme Kante“).

Energiewende ER(H)langen e.V.

# Lüftung

Werden die Fenster ausgetauscht, wird der Luftaustausch durch alte, undichte Fenster nicht mehr gegeben.

Insbesondere, wenn die Außenwand nicht gedämmt wird, besteht die Gefahr der Schimmelbildung.

Daher sollten beim Fenstertausch auch die Außenwände gedämmt werden.

Wird eine Komplettsanierung (Fenster, Wände, Dach) durchgeführt, sollte über eine kontrollierte Wohnraumlüftung nachgedacht werden, da ansonsten durch die manuelle Lüftung viel Wärme verloren geht.

**Vorteile der kontrollierten Wohnraumlüftung:**

- Energieeffizienz: Verringerung der Lüftungswärmeverluste
- Luftqualität: Abführung schädlicher Emissionen ($CO_2$, $NO_x$, andere Schadstoffe), Verringerung der Insekten-, Staub- und Pollenbelastung
- Komfort: Steigerung des Wohlbefindens, Einbruchschutz, Schutz vor Außenlärm

# Heizung

Effiziente, möglichst mit regenerativer Energie betriebene Heizungen sind ebenfalls ein Garant für verringerten Energiebedarf für Heizung und Warmwasser.

Insbesondere nach einer energetischen Sanierung ist die alte Heizung häufig überdimensioniert. Durch Stillstandsverluste gehen große Anteile der erzeugten Wärme verloren.

Daher ist es sinnvoll, rechtzeitig über eine neue Heizungsanlage nachzudenken und eine Planung zu machen.

Welche effiziente Heizsysteme in Frage kommen wird in einem weiteren Vortrag erläutert.

**Online-Vortrag „Effiziente Heizsystem“ am 17.2.2021, 19:30 Uhr**

Energiewende ER(H)langen e.V.

# Kosten einer energetischen Sanierung

Die genauen Sanierungskosten sind von vielen Faktoren abhängig:

Vorhandene Bausubstanz:

- Wann wurde das Haus gebaut?
- In welchem Zustand ist das Haus? Wurde schon einmal saniert?
- Wie groß ist das Haus?

Wünsche der Hausbewohner / Eigentümer:

- Was soll mit der Sanierung erreicht werden?
- Welche Materialien sollen zum Einsatz kommen
- Welche Sanierungsmaßnahmen sollen umgesetzt werden?

Die Kosten unterscheiden sich je nach Situation erheblich.

Energiewende ER(H)langen e.V.

# Kostenschätzung am Beispiel eines Hauses

**Daten des Beispielhauses**

- EFH: Grundfläche 8 x 10 m,  Dachneigung 45 °, Baujahr 1982
- Erdgeschoss und Dachgeschoss,  Wohnfläche 125m²

**Energieversorgung**

- Erdgas 0,060 €/kWh
- Preissteigerung 2 % pro Jahr
- Endenergieverbrauch: 18.125 kWh/a, Spezifischer Energieverbrauch: 145 kWh/m²a

**Maßnahmen zur energetischen Sanierung:**

- Dämmung Außenwand, Dach, Kellerdecke
- Austausch der Fenster auf Doppelverglasung

# Kostenschätzung für Beispielhaus

| Maßnahme | Kosten* (€/m²) | Kosten Gewerk (Mittelwert) | Einsparung Energie pro Jahr |
|---|---|---|---|
| Außenwände Wärmedämmverbundsystem | 110 – 160 | 18.720 € | 3.444 kWh/a |
| Dach, Aufsparrendämmung | 180 – 230 | 22.960 € | 1.813 kWh/a |
| Kellerdecke von unten | 30 – 40 | 2.800 € | 906 kWh/a |
| Fenster mit Doppelverglasung | 290 - 340 | 10.395 € | 1.269 kWh/a |
| **Gesamtinvestition** | | **54.875 €** | **7.431 kWh/a** |

* Alle Werte sind Durchschnittswerte zur überschlägigen Kalkulation.
Die genauen Kosten hängen von der Bausubstanz und den gewählten Materialien ab.

# „Ohnehin“-Kosten

Beispiel: U-Wert der unsanierten Außenwand 1,8
Ohnehin notwendige Maßnahmen: Putz und Farbe erneuern

| Szenario | U-Wert | Dicke des Dämmstoff | Kosten pro m² für Dämmung | Ohnehin -Kosten | Mehrkosten |
|---|---|---|---|---|---|
| Nur Putz und Farbe erneuern | Unsaniert: 1,8 | 0 cm | 0 €/m² | 70 €/m² | 0 € |
| Dämmung mit 20 cm | Saniert: 0,16 | 20 cm | 130 €/m² | 70 €/m² | 60 €/m² |
| Dämmung mit 26 cm | Saniert: 0,11 | 26 cm | 150 €/m² | 70 €/m² | 80€/m² |

Ohnehin-Kosten: Aufstellen Gerüst, Putz und Farbe anbringen, Fahrtkosten etc.

# Kostenbilanz über 20 Jahre

| | |
|---|---|
| Investition für alle Maßnahmen (Mittelwert) | 54.875 € |
| Förderung bei KfW-Effizienzhaus 55: 30% | - 16.463 € |
| Investition nach Abzug Förderung | 38.413 € |
| Energiekosten-Einsparungen in 20 Jahren | - 10.388 € |
| Gesamtkosten nach 20 Jahren | **28.025 €** |

| | |
|---|---|
| „Ohnehin“-Kosten (z.B. Gerüst, Verputzen, neue Dachziegel) | **- 31.235 €** |
| Kosten unter Beachtung der Ohnehin-Kosten | 7.178 € |
| Gesamtkosten nach 20 Jahren unter Beachtung der Ohnehin-Kosten | - 3.210 € |

Die Maßnahmen rentieren sich in diesem Beispiel, wenn die „Ohnehin“-Kosten abgezogen werden.

# Betrachtung der Wirtschaftlichkeit

Eine energetische Sanierung lohnt sich am ehesten, wenn die Bausubstanz alt ist und der Energieverbrauch entsprechend hoch ist.

Je nach durchgeführten Maßnahmen wird mehr oder weniger Energie eingespart.

Die Höhe der Förderung hängt von den Maßnahmen und den Kosten ab.

Die Wirtschaftlichkeit über einen Zeitraum von 20 Jahren ist trotz Förderung häufig nur gegeben, wenn Sanierungsmaßnahmen notwendig sind und **„Ohnehin“-Kosten** anfallen.

Die Wirtschaftlichkeit ist aber nicht das alleinige Kriterium:
Werterhalt des Gebäudes, gesetzliche Vorgaben, steigende Energiepreise sind ebenfalls für eine Entscheidung zur Sanierung wichtig.

„Ohnehin“-Kosten: Kosten für ohnehin notwendige Maßnahmen

# Energieeinsparverordnung (EnEV)

Die EnEV definiert Mindeststandards für die energetische Gebäudequalität.
Beurteilt wird jeweils die Gesamtenergiebilanz eines Gebäudes, in die sowohl die Eigenschaften der Anlagentechnik als auch des baulichen Wärmeschutzes einfließen.

Wesentlich für die Beurteilung der Energiebilanz ist der Primärenergiebedarf.
Er bezieht sich auf die beheizte Wohnraumfläche und berücksichtigt neben dem Energiebedarf für Heizung und Warmwasser auch die Verluste, die bei der Gewinnung des Energieträgers, dessen Aufbereitung und Transport anfallen.

Die Nutzung erneuerbarer Energien wirkt sich positiv auf die Beurteilung der Gesamtenergiebilanz aus.

Weitere Vorschriften sind Mindestanforderungen an die Gebäudedichtheit und für Wärmeverluste über die Gebäudehülle (sogenannte Transmissionswärmeverluste).

Energiewende ER(H)langen e.V.

# Gebäudeenergiegesetz (GEG)

**Das 2020 verabschiedete GEG fasst folgende Gesetze zusammen:**

- **EEWärmeG 2011**
- **EnEG 2013**
- **EnEV (2014) ab 2016**

Prinzipiell:

- Vereinfachung und Entbürokratisierung
- **Keine Verschärfung des Anforderungsniveaus**

→ es soll einfacher werden.
→ die Anforderungen gemäß den bisherigen Gesetzen bleiben im Wesentlichen bestehen
(d.h. die Anforderungen der EnEV bleiben bestehen)

# Gebäudeenergiegesetz (GEG)

Die wichtigsten Punkte für Bestandsgebäude:

§ 47: Dämmung der obersten Geschossdecke (zu unbeheiztem, durchlüfteten Dach)
§ 48: Änderung von Außenbauteilen (Austausch Fenster, Putzerneuerung, Dach-Abdichtung etc)
§ 50 Energetische Bewertung eines bestehenden Gebäudes
§ 51: Erweiterung und Ausbau des Gebäudes
§ 69 – 71: Dämmung von Leitungen
§ 72: Außerbetriebnahme von Heizkesseln
§ 73: Raumweise Regelung der Raumtemperatur
§ 80 Ausstellung und Verwendung von Energieausweisen

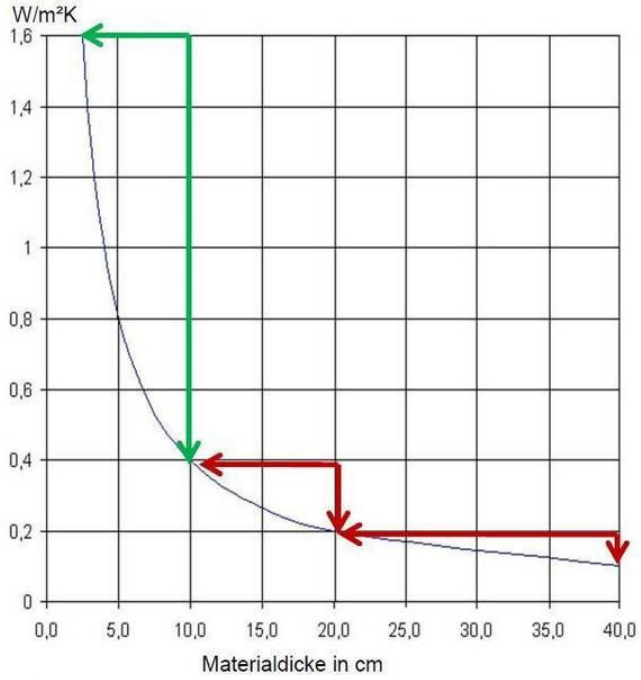
Details zum GEG füllen einen separaten Vortrag (und können daher hier nicht erörtert werden).

# Dicke der Wärmedämmung

**Heißt doppelte Dämmung auch halber Verbrauch ?**

Nein, denn

- Der U-Wert durch eine Dämmung sinkt nicht linear, sondern in Form einer Hyperbel
- mit den ersten cm einer Dämmung verringert sich der U-Wert sehr stark
- Bei mehr Dämmung verringert sich der U-Wert weniger




| | | |
|---|---|---|
| Beispiel: | 7,5 cm Dämmung: | U-Wert 1,6 → 0,4 |
| | weitere 10 cm Dämmung: | U-Wert 0,4 → 0,2 |

Erkenntnis:
Wesentlich mehr an Dämmung bringt aber nicht unbedingt eine wesentlich höhere Einsparung.
Wenn eine Dämmung der Wände durchgeführt wird, muss sie den Anforderungen des GEG bzw. des Förderprogramms entsprechen → Fragen Sie den Energieberater !!

# Vorgehensweise

Um die Kosten, Förderungen, Einsparungen und optimierte Reihenfolge der Maßnahmen zu erfahren, **muss** eine Energieberatung durchgeführt werden.

Welche Maßnahmen durchgeführt werden sollen, ob ein Effizienzstandard erreicht werden soll oder ob Einzelmaßnahmen ausreichen, sollte mit dem Energieberater besprochen werden (Sanierungsfahrplan)

Mögliche Fördermittel (BAFA, KfW, Förderungen der Länder, regionale oder lokale Förderungen) sollten ermittelt werden. Die Beantragung der Fördermittel ist vor Beginn der Maßnahmen durchzuführen.

Mit einem Sanierungsfahrplan und ggf. Sanierungsbegleitung kann die energetische Sanierung optimal durchgeführt werden und Fehler vermieden werden.

Nach der Sanierung: Heizung optimieren (z.B. hydraulischer Abgleich, Austausch Heizungspumpen)

Energieverbrauch dokumentieren: Erfolg der Maßnahme erkennen, ggf. nacharbeiten lassen.

Energiewende ER(H)langen e.V.

# Wichtige Punkte für eine energetische Sanierung

**Das Haus als Gesamtsystem betrachten:**
→ optimale Wärmedämmung und Wärmeschutzverglasung,
→ effiziente Haustechnik (Heizung, Warmwasser, Lüftung, Kühlen)
→ Vermeidung von Wärmebrücken (Wärmeverluste, Zugluft, Bauschäden durch Tauwasserausfall und Schimmelbildung)
→ Nutzung (auch zukünftige) beachten

**Dämmung durchführen, wenn ohnehin Sanierungen / Maßnahmen notwendig sind.**
Optimal ist es, bei einem Austausch der Fenster auch die Außenwände zu dämmen
→ Einbindung der Fenster, Vermeidung von Schimmelbildung

**Erst Dämmungen durchführen, dann Heizung tauschen**
→ kleinere Heizungsanlage, kostengünstiger
→ niedrigeres Temperaturniveau erlaubt effiziente, umweltfreundliche Heiztechnik (z.B. Wärmepumpe)

Energiewende ER(H)langen e.V.

# Sanierungsfahrplan

Modernisierungsmaßnahmen sollten in der richtigen Reihenfolge und Kombination durchgeführt werden, damit möglichst viel Energie gespart werden kann und die finanzielle Belastung und die Unannehmlichkeiten durch die anfallenden Baumaßnahmen so gering wie möglich ausfallen.

Das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) fördert die Erstellung eines Sanierungsfahrplans durch eine Vor-Ort-Beratung eines Energieberaters. Hausbesitzer erhalten bis zu 60 Prozent Zuschuss zu den Beratungskosten.

Energiewende ER(H)langen e.V.

# Sanierungsfahrplan

Grundsätzlich gilt:

- Wenn das Haus ohnehin verputzt oder gestrichen werden muss, sollten Sie über eine Dämmung nachdenken
- Wenn nur die Fenster getauscht werden, aber nicht die Außenwand gedämmt wird, besteht der Gefahr der Schimmelbildung, z.B. in kalten Außenecken der Zimmer
- Wenn Dämmmaßnahmen durchgeführt wurden kann eine Heizungsanlage mit geringerer Leistung verwendet werden (Kostenersparnis)
- Wenn das Haus gut gedämmt wurde ist eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung sinnvoll (ggf. dezentral)
- Wenn eine PV-Anlage geplant ist und das Dach älter ist (> 20 Jahre) bzw. gedämmt werden sollte, ist eventuell eine Dämmung vorher sinnvoll

# Sanierungsfahrplan: Beispiel

Dämmung der Außenwand
Austausch der Fenster

Installation dezentrale Lüftungsanlage
Dämmung der obersten Geschossdecke / des Daches

Installation PV-Anlage, ggf. mit Batteriespeicher
Installation neue Heizung, z.B. elektr. Wärmepumpe

Zu beachten ist
- Gebäude und Heizung (Alter, Zustand, …)
- Nutzung der Räume
- zur Verfügung stehende finanzielle Mittel

Merke: Die Vorgehensweise hängt vom Einzelfall ab.

Energiewende ER(H)langen e.V.

# Einige Informationen zu Dämmstoffen

Der **U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient)** gibt die Dämmwirkung eines kompletten Bauteils an, z.B. einer kompletten Außenwand samt Mauerwerk und Putz. Er wird durch die Wärmeleitfähigkeit und Dicke bestimmt. Je kleiner der U-Wert, umso besser die Dämmwirkung.

Die **Wärmeleitfähigkeit** gibt die Wärmemenge an, die durch einen Baustoff hindurchgeht und wird gemessen in der Einheit W/(m²K). Ab 0,1 W/(m²K) gilt ein Baustoff als Dämmstoff.
Herkömmliche Dämmstoffe erreichen heute Werte zwischen 0,40 – 0,32 W/(m²K).
Hochleistungs-Dämmstoffe wie Vakuumisolationspaneelen(VIP) erreichen Werte bis 0,006 W/(m²K).

**Wärmeleitfähigkeitsstufe (WLS) / Wärmeleitfähigkeitsgruppe (WLG):** Dämmstoffe werden nach ihrer Wärmeleitfähigkeit in Wärmeleitfähigkeitsstufen (WLS) oder in Wärmeleitfähigkeitsgruppen (WLG) eingeteilt. Je kleiner der Wert, umso besser der Dämmstoff.
Je größer die WLS oder WLG bei einem Dämmstoff, umso dicker muss die Dämmung ausgeführt werden.
Bei der WLS werden die Dämmstoffe in 1er-Schritten eingeteilt, z. B. WLS 019 oder 032, bei der WLG erfolgt die Einteilung in 5er-Schritten wie WLG 035 oder WLG 040.

Quelle: www.effizienzhaus-online.de

Energiewende ER(H)langen e.V.

# Baustoffklasse: Angabe der Entflammbarkeit

**A1:** alle Dämmstoffe, die nicht brennbar sind und auch keine entzündbaren Anteile enthalten. Ein Dämmstoff der Klasse A verlängert die Feuerwiderstandsdauer von Bauteilen und leistet somit eine wertvolle Hilfe im Brandfall.

**A2:** Diese Dämmstoffe sind zwar selbst nicht brennbar, enthalten jedoch kleinere Mengen an entflammbaren Stoffen.

**B1:** Grundsätzlich brennbar. Nach Erlöschen des Feuers dürfen diese aber nicht selbstständig weiter brennen.

**B2:** Diese Dämmstoffe können bei geeigneten Umgebungsbedingungen von alleine weiter brennen.

**B3:** Dämmstoffe der Baustoffklasse B3 sind leicht entzündlich, brennen schnell ab (Sicherheitsrisiko).

Quelle: www.effizienzhaus-online.de

# Baubiologie, Ökologische Dämmstoffe

Für Baumaßnahmen bestehen keine starren Vorgaben, vielmehr soll ein an die örtlichen Gegebenheiten und die individuellen Nutzungsbedürfnisse abgestimmtes Gesamtkonzept erstellt werden, das das ökologische Optimum darstellt.

Grundsätzlich nicht verwendet werden für Umwelt und Gesundheit belastende Stoffe.

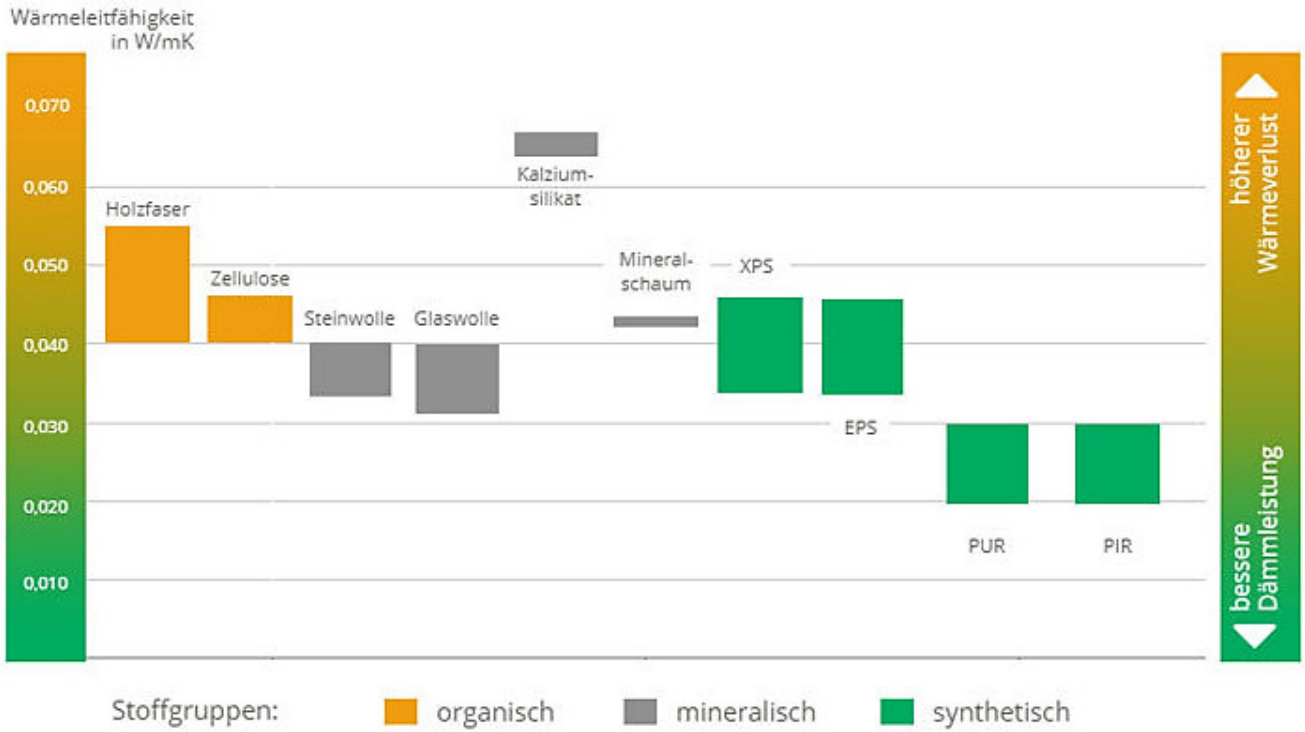
Darüber hinaus soll durch die Art der Konstruktion und der verwendeten Materialien ein gesundes Raumklima geschaffen und schädliche Ausdünstungen während der Nutzungsphase vermieden werden.

# Baubiologie, Ökologische Dämmstoffe

Zu betrachten sind verschiedene Aspekte:

- Lebensdauer des Dämmsystems: hat entscheidenden Einfluss auf die CO2-Bilanz
- Umweltbelastung
- Primärenergiebedarf (erneuerbar / nicht erneuerbar)
- CO2 – Bilanz von der Herstellung, Anbringung bis zu Entsorgung

# Dämmstoffe: Wärmeleitfähigkeit




Wärmeleitfähigkeit verschiedener gängiger Dämmstoffe

www.effizienzhaus-online.de

# Dämmstoffe

| Dämmstoff/WLS | Wärmeleitstufe (WLS) | Empfohlene Stärke (mm) | Baustoff-klasse | Besonderheiten | Hitze-schutz | Kosten ca. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Flachs Matten | 40 | 180 | B2 | Resistenz gegenüber Fäulnis | Schlecht | ca. 15 €/m² (17 cm) |
| Hanf Matten | 040 | 80 | B2 | Widerstandsfähig gegenüber Feuchtigkeit und Fäulnis | Schlecht | 26 - 42 €/m² (18 / 19 cm) |
| Holzfaser Platten, Einblasdämmung | 40 | 180 | B2 | Hohe Wärmekapazität | Gut | 6* - 16 €/m² (ab 4 cm* / 16 cm) |
| Kork Platten | 40 | 180 | B1, B2 | Diffusionsoffen, sehr druckbelastbar | Mittel / gut | 94 €/m² (18 cm) |
| Schafwolle Matten | 44 | 200 | B2 | Besonders diffusionsoffen, reinigt Raumluft | Gut | 20 €/m² (16 cm) |
| Zellulose Platten, Einblasdämmung | 42 | 180 | B2 | Feuchtigkeitsregulierend, schimmelbeständig | Gut | 6 €/m² (16 cm) |
| Polystyrol (EPS) Platten | 35 | 160 | B1, B2 | Hohe Feuchtigkeitsbeständigkeit | Gut | 9 - 15 €/m² (14 cm / ab 4 cm*) |
| Polystyrol (XPS) Platten | 35 | 160 | B1, B2 | Unempfindlich gegenüber Wasser, trittfest, leicht entflammbar | Gut | 24,00 €/m² (14 cm) |
| Glaswolle Rollen | 35 | 160 | A1 | Nicht brennbar, Resistenz gegenüber Schimmel und Ungeziefer | Mittel | 7 - 9* €/m² (24 cm / ab 4 cm*) |
| Steinwolle Rollen | 35 | 180 | A1, A2 | Nicht brennbar, Resistenz gegenüber Schimmel und Ungeziefer | Mittel | 13* - 30 €/m² (14 cm) |
| Polyurethan (PUR) Platten | 24 | 140 | B1, B2 | Elastisch | Gut | 21 €/m² (10 cm) |
| Schaumglas Platten | 40 | 180 | A1 | Schlechter Schallschutz, keine Formbarkeit | Mittel | 109 €/m² (16 cm) |

*= Einblasdämmung; Materialdicke hängt von Hohlraum ab, mindestens aber 4 cm

Empfohlene Stärke bei U-Wert < 0,24 W/(m²K).

www.effizienzhaus-online.de
www.energieheld.de

| | Dämmstoffe | Steildach, Flachdach | Oberste Geschossdecke | Fassade außen | Fassade innen | Kellerdecke |
|---|---|---|---|---|---|---|
| konventionell | Blähglas | | | | ✓ | ✓ |
| | Blähton | | ✓ | | | |
| | Kalziumsilikat | | | | ✓ | |
| | expandiertes Polystyrol EPS | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| | extrudiertes Polystyrol XPS | ✓ | | | | ✓ |
| | Mineralschaum-Dämmplatten | | | ✓ | ✓ | ✓ |
| | Mineralwolle (Glaswolle / Steinwolle) | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ |
| | Dämmstoffe auf Perlitebasis | | ✓ | | ✓ | ✓ |
| | Phenoharzschaum | | ✓ | ✓ | | ✓ |
| | Polyurethan PUR/PIR | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| ökologisch | Hanf | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| | Holzweichfaser | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| | Holzwolle / Holzwolle-Leichtbauplatten | | ✓ | | ✓ | ✓ |
| | Jute | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| | Kork | | | | ✓ | |
| | Schafwolle | ✓ | | | | ✓ |
| | Schilf | | | ✓ | ✓ | |
| | Seegras | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| | Stroh | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| | Wiesengras | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| | Zellulose | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

# Dämmstoffe: Anwendungsmöglichkeiten

Energiewende ER(H)langen e.V.

# Ökobilanz für 1 m² Dämmstoffe

| Dämmstoff | Treibhauspotenzial (kg CO2 – Äquivalent) | Primärenergieverbrauch, nicht erneuerbar (MJ) |
|---|---|---|
| Holzfaserplatte, nass | - 19,35 | 389 |
| Holzfaserplatte, trocken | -32,8 | 416 |
| Holzspäne | -27,31 | 46 |
| Zelluloseflocken | -14,8 | 17,5 |
| Zelluloseplatte | -1,11 | 471 |
| Hanf | 8,15 | 358 |
| Strohballen | -33,33 | 14,53 |
| Schilfrohrmatte | -91,52 | 39,9 |
| EPS | 10,4 | 317 |
| XPS | 16,96 | 508 |
| PU | 18,68 | 386 |
| Glaswolle | 5,83 | 104 |
| Steinwolle | 8,42 | 104 |

U-Wert 0,2 W/m²K

Treibhausgasemissionen für Herstellung bis Werkstor (cradle to gate)

Quelle: C.A.R.M.E.N. / https://www.oekobaudat.de/

# Informationsquellen

Unterlage „Ökologische Dämmstoffe“
Herausgeber
BENZ GmbH & Co. KG Baustoffe

www.benz24.de

April 2020, 126 Seiten

Oktober 2020, 64 Seiten

https://benz24.de/media/themen/ebook/wohngesund-bauen-renovieren/ratgeber-wohngesundheit.pdf

https://benz24.de/ebook-ratgeber-oekologische-daemmstoffe/

# Informationsquellen

Co2online: gemeinnützige Beratungsgesellschaft für den Klimaschutz
https://www.co2online.de/modernisieren-und-bauen/

Sanier.de, Anondi GmbH
http://www.sanier.de/wp-content/uploads/ebooks/ebook-daemmstoffe-sanier.de.pdf

Energieagentur.NRW: Dämmstoff-Navi
https://www.energieagentur.nrw/gebaeude/daemmstoff.navi

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Falls Sie Fragen haben: sprechen Sie mich ruhig an …

… vielleicht kann ich die Fragen auch beantworten ☺