



Ökologisch sinnvoll dämmen

von stud.ing. Michael Burkhardt

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung.....	2
2	Untersuchungsansatz.....	3
3	Untersuchte Einflussfaktoren, Ergebnisgrafiken und Schlussfolgerungen.....	5
3.1	Beschreibung der Einflussfaktoren.....	5
3.2	Parameterkombinationen und Ergebnisgrafiken.....	5
3.2.1	EPS, PUR und Holzfaser – 25, 80 Jahre – Öl, Gas.....	5
3.2.2	EPS, PUR und Holzfaser – 25 Jahre – Pellets.....	7
3.2.3	EPS, PUR und Holzfaser – 80 Jahre – Pellets.....	8
3.3	Schlussfolgerungen.....	9
4	Aufgetretene Fragen.....	10
5	Ausblick.....	11
6	Anhang.....	12
6.1	Theoretische Grundlagen.....	12
6.2	Berechnungsfehler.....	13
6.3	Problematik im Neubau.....	13



1 Einführung

Welche Dämmstärke empfiehlt sich für eine Hauswand, wenn man nicht nur an der Einsparung von Energiekosten, sondern auch an einem größtmöglichen Schutz der Umwelt interessiert ist? Dass durch Dämmmaßnahmen Geld eingespart werden kann, ist unmittelbar einsichtig. Aber die Dämmstoffe, mit denen unser Haus energetisch aufgewertet werden soll, müssen natürlich erst einmal hergestellt, transportiert, verbaut und eventuell auch wieder recycelt werden. Daher muss man nicht nur fragen, wie viel an Energiekosten eine Dämmmaßnahme voraussichtlich einsparen wird, sondern auch, ob sie „ökologisch sinnvoll“ ist. Dabei verstehen wir unter dem „Schutz der Umwelt“ die Vermeidung zusätzlicher Belastungen durch Schadstoffe, insbesondere durch Kohlendioxid (CO₂), oder die Entlastung der Umwelt durch die Einsparung von CO₂. Ein mögliches Ziel könnte dann sein, zu einem bestimmten Dämmstoff – unter Berücksichtigung der entsprechenden Rahmenbedingungen – eine ökologisch sinnvolle Dämmstärke empfehlen zu können. Wirtschaftliche Aspekte sind dabei nicht Teil dieser Untersuchung.¹

Stellt man die Mengen an CO₂, die durch eine Dämmmaßnahme eingespart wird, der Menge an CO₂ gegenüber, die bei der Ressourcengewinnung, Herstellung und schließlich bei der Entsorgung des Dämmstoffes anfällt oder erst noch freigesetzt wird (sog. Lebenszyklus-Betrachtung), bekommt man eine Aussage über die ökologische Nachhaltigkeit einer Maßnahme. Dies wird im zweiten Abschnitt näher erläutert.

Des Weiteren muss auch nach den Einflussfaktoren gefragt werden (wie z.B. Heizungsanlage, Energieträger, betrachteter Zeitraum u.a.).

Nachdem diese Einflussfaktoren festgelegt wurden, müssen sie in geeigneter Weise zusammengefasst werden, um eine Auswertung zu ermöglichen. Die Ergebnisse werden im dritten Abschnitt ausgeführt und mit praktisch verwertbaren Fragen für den Sanierer und/oder Bauherren zusammengefasst.

Geschlossen wird diese Ausführung mit einem Ausblick für die Zukunft.

¹ zukünftige Anknüpfungsmöglichkeiten werden im Ausblick dargestellt



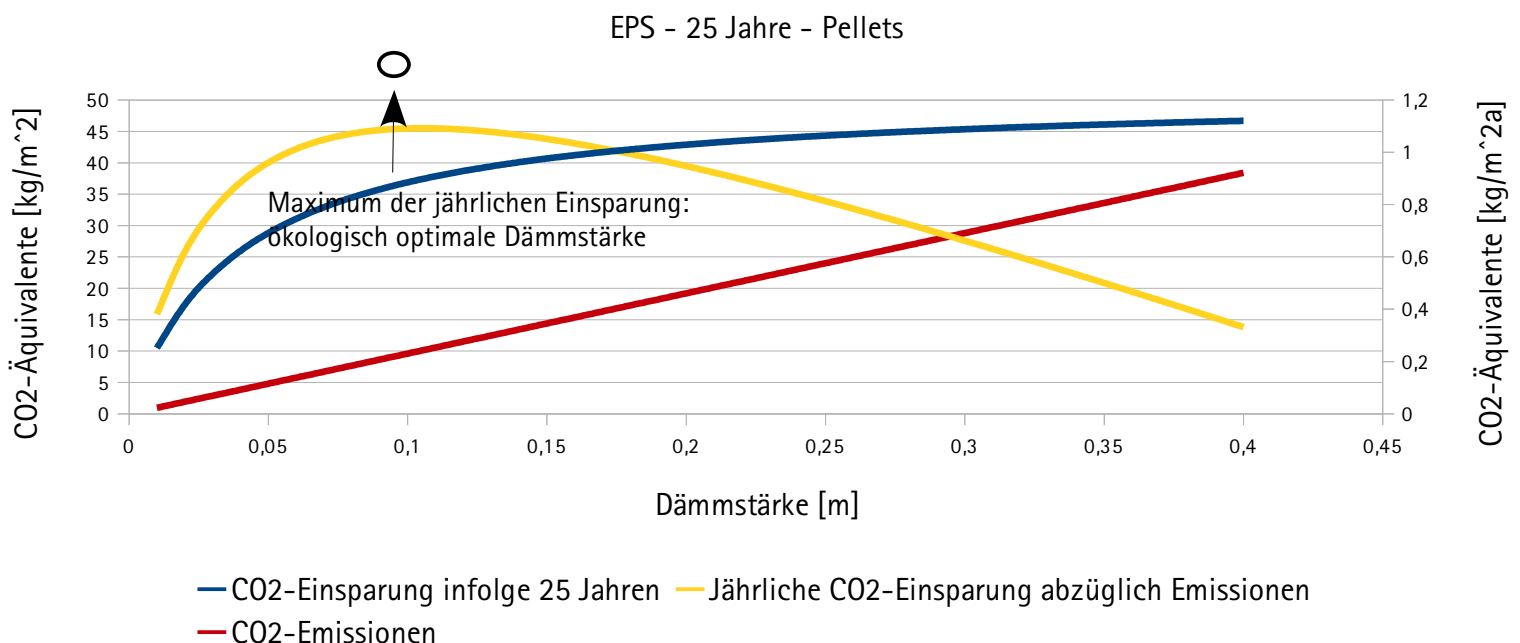
2 Untersuchungsansatz

Von der eingesparten CO₂-Menge wird diejenige Menge wieder abgezogen, die im Lebenszyklus des Dämmstoffes freigesetzt wurde. Das Ergebnis wird als Differenz dargestellt. Ist das Ergebnis positiv, wird im betrachteten System Kohlendioxid eingespart. Ist das Ergebnis hingegen negativ, dann hat man im Endeffekt durch sein Sanierungs- oder Bauvorhaben² mehr CO₂ in die Umwelt freigesetzt als eingespart.

ACHTUNG: Dies gilt jedoch immer nur für die betrachtete Nutzungsdauer.

Die folgende Grafik stellt diesen Zusammenhang für eine Auswahl an Einflussfaktoren (Parameterkombination) dar:

Zusammenhang zwischen CO₂-Einsparung und -Freisetzung



In dieser Grafik bedeutet

- die blaue Kurve: die Menge des Treibhausgases CO₂, die durch die Dämmmaßnahme im Laufe der Nutzungsdauer insgesamt eingespart werden kann. Sie steigt für alle Dämmstoffe anfangs relativ stark an und flacht mit zunehmender Dämmstärke ab. Das bedeutet, dass jeder zusätzliche Zentimeter einen geringeren Einspareffekt bewirkt. Einfach ausgedrückt: Doppelte Dämmstärke bedeutet nicht doppelte CO₂-Einsparung.
- die rote Kurve: die Menge CO₂, die durch Herstellung und Produktion des Dämmstoffes sowie alle weiteren Prozesse bis zur Montage an der Hauswand, aber auch die Rückführung in den natürlichen Stoffkreislauf (sog. Life-Cycle-Betrachtung) freigesetzt wird.³ Sie steigt für alle Dämmstoffe geradlinig an. Mit anderen Worten: Doppelte Dämmstärke führt hier zur Freisetzung der doppelten CO₂-Menge.
- die gelbe Kurve: die Differenz von eingespartem und freigesetztem CO₂ (also die Differenz der

² Die Einschränkungen der Gültigkeit bei einem Neubau werden im Anhang 6.3 behandelt

³ Die Einzelheiten zur Berechnung der Treibhauspotenziale von Dämmstoffen werden im Anhang behandelt



obigen Kurven) bezogen auf die Nutzungsdauer. Hier kann direkt abgelesen werden, welche Menge CO₂ pro Jahr per Saldo eingespart wird. Somit sind alle Differenzkurven unabhängig von der Nutzungsdauer untereinander vergleichbar.

Die gelbe Kurve verläuft für jeden Dämmstoff anders, zeigt aber im Allgemeinen einen „bogenförmigen“ Verlauf. Sie beginnt mit einem starken Anstieg, erreicht ein Maximum und flacht danach mit zunehmender Dämmstärke ab. Das Maximum ist dabei der Punkt oder Bereich (bzw. die Dämmstärke, in der Grafik markiert), an dem die Differenz zwischen eingesparter und freigesetzter CO₂-Menge am größten ist. Dort ist die jährliche Einsparung am größten und unter ökologischen Gesichtspunkten ist die zugehörige Dämmstärke „ökologisch optimal“. Im obigen Beispiel befindet sich diese Dämmstärke bei ca. 11 cm. 11 cm Dämmung sind also ideal, um die Umwelt maximal zu entlasten. Ökologisch sinnvoll ist eine Dämmung aber, solange die Differenz positiv bleibt, also im gesamten Bereich von 0 bis 40 cm und darüber hinaus. Schließlich kann es in seltenen Fällen passieren, dass die Kurve sogar unter 0 „fällt“. Ab hier wird das Gesamtsystem aus Heizungsanlage, Energieträger, Dämmstoff und Nutzungsdauer (s. Abschnitt 3) zur **Umweltbelastung**, da mehr CO₂ freigesetzt als eingespart wird.



3 Untersuchte Einflussfaktoren, Ergebnisgrafiken und Schlussfolgerungen

Für die Untersuchung wird als Gesamtsystem ein Bestandsgebäude mit einem älteren Ziegelmauerwerk und einem U-Wert von 0,9 angenommen. Auf die Außenwand wird ein Dämmstoff montiert. Das System als solches existiert für einen festgelegten Zeitraum (Nutzungsdauer). Schließlich wird das Gebäude mit einer brennstoffbetriebenen Heizungsanlage beheizt, wobei unterschiedliche Energieträger zum Einsatz kommen können.

(All diese Variablen sind innerhalb des betrachteten Systems (Gebäude) nicht unabhängig voneinander sondern beeinflussen sich gegenseitig und verändern jeweils das Ergebnis.)

Folgende Einflussfaktoren werden untersucht:

<i>Dämmstoff</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Expandierter Polystyrol (EPS) (WLG 035) • Polyurethan-Hartschaum (PUR) (WLG 024) • Holzfaser-Dämmplatte (WLG 039)
<i>Energieträger</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Öl/Gas • Pellets
<i>Nutzungsdauer</i>	<ul style="list-style-type: none"> • 25 Jahre • 80 Jahre
<i>Dämmstärke</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Variabel

Tabelle 1: Die untersuchten Einflussfaktoren

3.1 Beschreibung der Einflussfaktoren

- Bei den Dämmstoffen EPS, PUR und Holzfaser handelt es sich um gängige Dämmstoffe für die Fassadendämmung, die jedoch deutlich unterschiedliche ökologische Eigenschaften haben.
- Die Energieträger Öl und Gas werden zusammengefasst, weil deren Verbrennung CO₂-Mengen in vergleichbarer Größenordnung freisetzt. Pellets hingegen setzen nur geringe Mengen CO₂ frei, da es sich um einen nachwachsenden Rohstoff handelt, der deshalb auch als „CO₂-neutral“ gilt.⁴
- Schließlich werden bei der Nutzungsdauer exemplarisch zwei Zeiträume gewählt, die einer eher kurzen Nutzungsdauer von 25 Jahren und damit Gebäuden im Bestand sowie einer längeren Nutzungsdauer von 80 Jahren wie bei einem Neubau entsprechen.

Für eine Erklärung kalkulierter Berechnungsfehler siehe Anhang 6.2

3.2 Parameterkombinationen und Ergebnisgrafiken

Nachfolgend sind die einzelnen Parameterkombinationen, die zur Auswertung zusammengefasst werden, grafisch dargestellt. Zur Vereinfachung werden **nur die Differenzkurven** dargestellt, denn nur diese werden bei der Ermittlung einer ökologisch sinnvollen Dämmstärke zu Grunde gelegt.

3.2.1 EPS, PUR und Holzfaser – 25, 80 Jahre – Öl, Gas

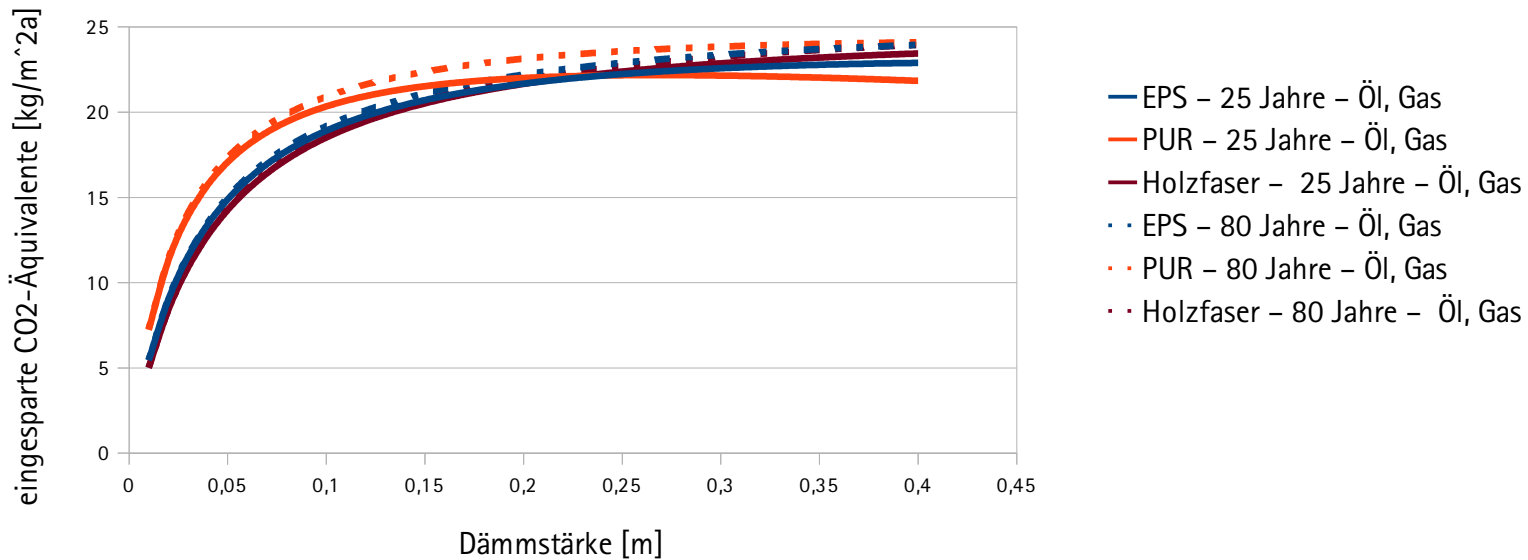
Alle Dämmstoffe für beide Nutzungsdauern und die Energieträger Öl/Gas werden dargestellt.

⁴ Siehe hierzu Tabelle 5 im Anhang



Zusammenhang zwischen CO₂-Einsparung und -Freisetzung

Für EPS, PUR und Holzfaser – 25, 80 Jahre – Öl, Gas



Augenfällig ist der fast identische Verlauf aller 6 Kurven. Dies ist insoweit bemerkenswert, als die Nutzungsdauer offenbar keine Auswirkungen hat. Die Ursache hierfür ist die **hohe Freisetzung** von CO₂ bei der **Verbrennung** von Öl und Gas. Die Einsparung ist schon bei geringen Dämmstärken so groß, dass die Freisetzung von CO₂ durch den Dämmstoff selbst fast keine Rolle spielt. Schon bei einer relativ kurzen Nutzungsdauer (hier: 25 Jahre) wird hier sehr viel CO₂ eingespart.

Die ökologisch optimalen und sinnvollen Dämmstärken lauten wie folgt:

Gesamtsystem	Optimale Dämmstärke	Sinnvolle Dämmstärken
Alle Systeme außer PUR	≥ 40 cm	0 cm bis mehrere m
PUR (25 Jahre – Öl, Gas)	26 – 28 cm	

Tabelle 2: Optimale und sinnvolle Dämmstärken für die 1. Parameterkombination

Fazit: Mit dem Einsatz fossiler Energieträger verlieren ökologische Bedenken ihre Bedeutung. Ökologisch sinnvolle Dämmstärken, bei denen das System CO₂ einspart, liegen in (theoretischen) Bereichen bis zu mehreren Metern! Auch die optimalen Dämmstärken mit den höchsten CO₂-Einsparungen liegen **meist über 40 cm** und damit außerhalb der üblichen Einsatzszenarien heutiger Dämmmaßnahmen. Eine Ausnahme bildet der Einsatz von PUR im Bestandsgebäude (mit einer Nutzungsdauer von 25 Jahren). Hier liegt die Grenze bereits bei 26 – 28 cm. Daher gilt plakativ: **Viel hilft Viel!** Sowohl Sanierer als auch Bauherren können bei Öl und Gas als Energieträger im Grunde „beliebig dick“ dämmen; um die Umwelt maximal zu entlasten, müsste sogar mit 40 cm und mehr gedämmt werden!

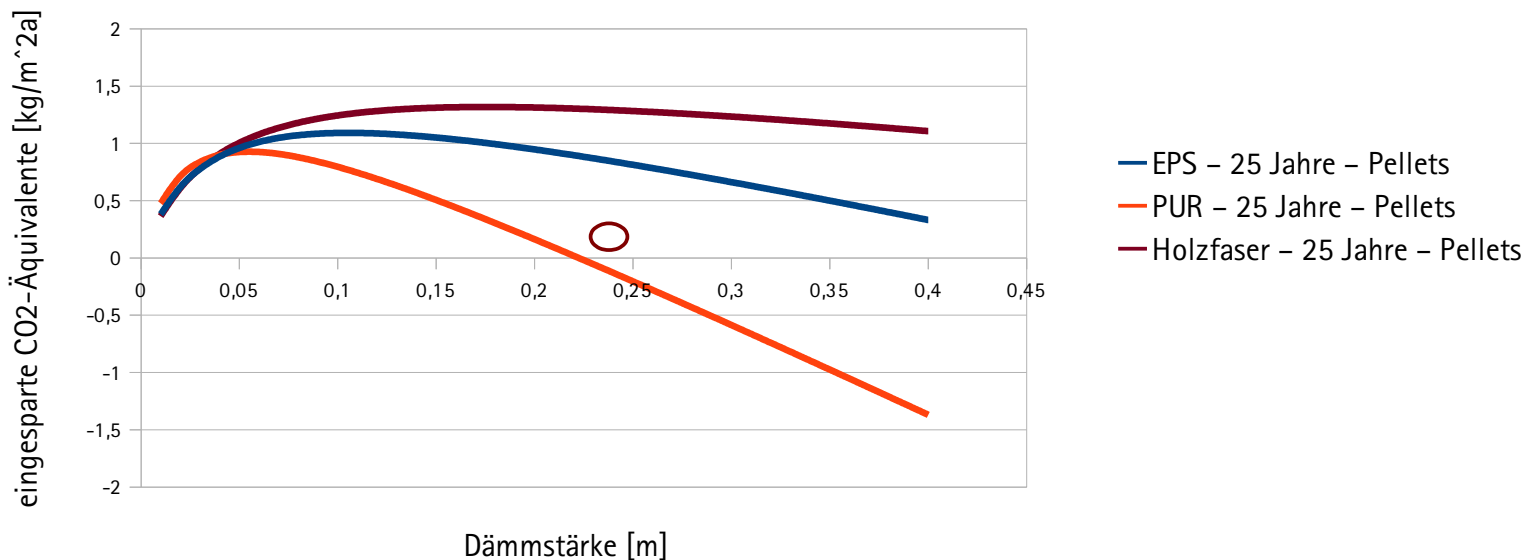


3.2.2 EPS, PUR und Holzfaser – 25 Jahre – Pellets

Alle Dämmstoffe für die Nutzungsdauer von 25 Jahren und den Energieträger Pellets werden dargestellt.

Zusammenhang zwischen CO₂-Einsparung und -Freisetzung

Für EPS, PUR und Holzfaser – 25 Jahre – Pellets



Mit dem Energieträger Pellets ergibt sich ein völlig anderes Bild. Statt der kaum gekrümmten Kurvenverläufe aus der ersten Grafik sieht man nun deutliche Höchstwerte der einzelnen Kurven. Ebenso auffällig ist ein starkes **Abfallen** der einzelnen Kurven; am stärksten bei PUR. Die absolute Einsparung ist von 25 kg/m²a auf zwei kg/m²a gefallen. So ergibt sich die klare Schlussfolgerung: Eine Dämmmaßnahme mit Pellets als Energieträger ist aus ökologischer Sicht nur **in eingeschränktem Rahmen** sinnvoll, sofern die Nutzungsdauer bei 25 Jahren liegt (Bestandssanierung). Die optimalen Dämmstärken lassen sich viel schwerer erreichen. Das Abfallen der PUR-Kurve in den negativen Bereich demonstriert sogar den schlimmsten Fall: Das Gesamtsystem ist in seiner ökologischen Bewertung so schlecht, dass es – statt der erhofften Einsparungen – sogar **zusätzlich CO₂ freisetzt**.

→ ??

Fragt man nach der Ursache für die geringen jährlichen Einsparungen von Pellets, so ist die Antwort sehr einfach: Pellets gelten als **CO₂-neutral** und setzen daher kaum CO₂ bei der Verbrennung frei. Und wenn kaum CO₂ freigesetzt wird, kann im Umkehrschluss auch kaum etwas durch eine Dämmung eingespart werden. Damit rücken aber auch die Mengen CO₂ in den Vordergrund, die der Dämmstoff in seinem Lebenszyklus (durch Herstellung, Transport, Montage und Entsorgung) freisetzt.

Diese Beobachtung darf jedoch nicht zu der Fehlinterpretation verleiten, Pellets seien ökologisch schlechter als Öl oder Gas, weil sie geringere jährliche Einsparungen erzielen. Die richtige Schlussfolgerung muss hier lauten, dass ökologische Bedenken **an Bedeutung gewinnen**, wenn Pellets als Energieträger eingesetzt werden. → hinterfragen...

Die ökologisch optimalen und sinnvollen Dämmstärken lauten wie folgt:



Dämmstoff	Optimale Dämmstärke	Sinnvolle Dämmstärke
EPS (25 Jahre – Pellets)	10 – 12 cm	0 – 49 cm
PUR (25 Jahre – Pellets)	5 – 6 cm	0 – 22 cm
Holzfaser (25 Jahre – Pellets)	16 – 19 cm	0 – 100 cm

Tabelle 3: Optimale und sinnvolle Dämmstärken für die 2. Parameterkombination

Fazit: Die Wahl des Energieträgers hat erheblichen Einfluss auf die jährlichen Einsparungen an CO₂. Dieser Zusammenhang ist insbesondere in der Gebäudesanierung von großer Bedeutung. Dämmmaßnahmen sind für PUR im Laufe von 25 Jahren nur bis zu **22 cm ökologisch vertretbar**, danach wird mehr CO₂ freigesetzt als eingespart. Die beiden anderen Dämmstoffe sind wiederum weitgehend unbedenklich. Möchte man aber die ökologisch **optimale** Dämmstärke erreichen, so darf man mit PUR nur **max. 6 cm**, mit EPS max. 12 cm dämmen! Mit dem Einsatz „nachhaltiger“ Energieträger in der genannten Kombination wird die Spannweite für ökologisch sinnvolle Dämmstärken verkleinert. Daher gilt hier: **Viel hilft nicht viel!**

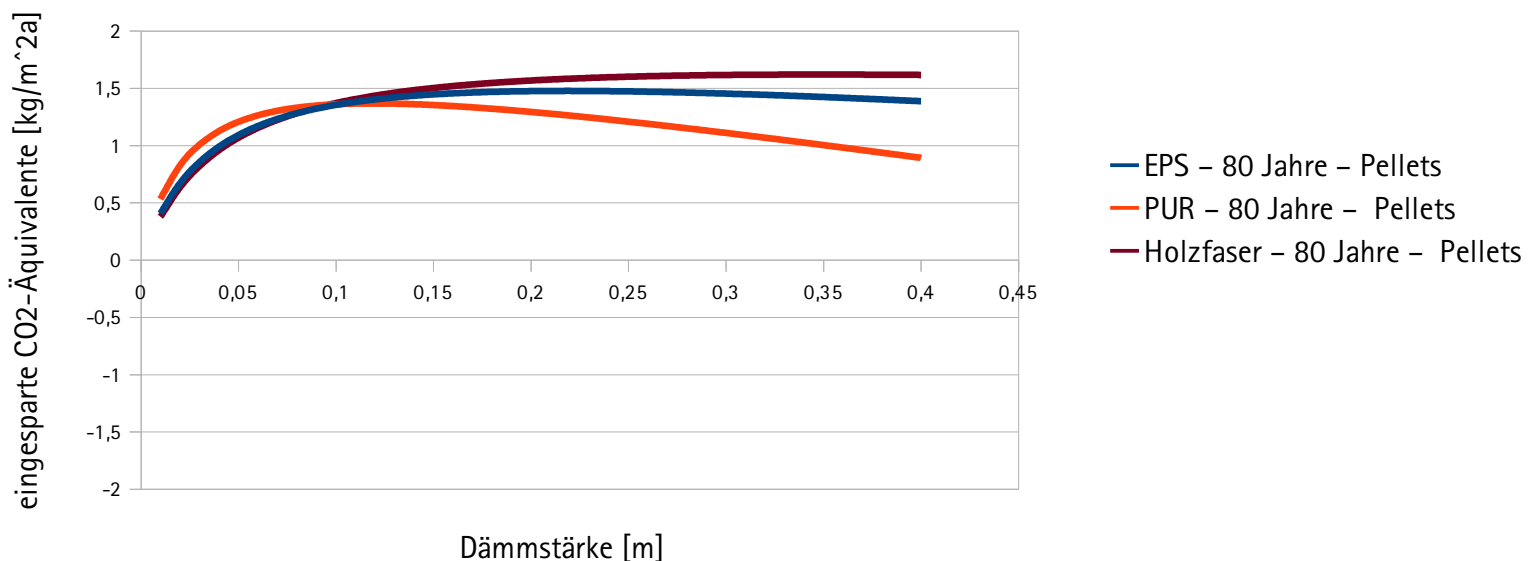
Sanierer müssen also zumindest bei der Kombination von Pellets und dem Dämmmaterial PUR die **Dämmmaßnahme überdenken**. Besonders günstig sind unter diesem Gesichtspunkt Dämmstoffe, die ebenfalls wie Pellets möglichst **CO₂-neutral** sind, wie man am Kurvenverlauf der Holzfaser sieht, und im besten Falle sogar gar kein CO₂ freisetzen. Dann ist auch eine Dämmung ökologisch unbedenklich (sofern man nicht mehr als einen Meter dämmt...).

3.2.3 EPS, PUR und Holzfaser – 80 Jahre – Pellets

Alle Dämmstoffe für die Nutzungsdauer von 80 Jahren und den Energieträger Pellets werden dargestellt.

Zusammenhang zwischen CO₂-Einsparung und -Freisetzung

Für EPS, PUR und Holzfaser – 80 Jahre – Pellets





Die letzte Grafik verdeutlicht noch einmal den wichtigen Einfluss der Nutzungsdauer auf die Spannweite der ökologisch sinnvollen Dämmstärke. Hier nun der direkt einleuchtende Zusammenhang: Mit einer deutlich längeren Nutzungsdauer (80 anstatt 25 Jahre) kann die jährliche Einsparung an CO₂ angehoben werden. **Eine längere Nutzungsdauer erlaubt dickere Dämmstärken.** Vergleicht man die Grafik 3.1.3 direkt mit der vorherigen 3.1.2, so ist der unterschiedliche Verlauf für den Dämmstoff PUR hervorzuheben. Nun spart das Gesamtsystem aus Dämmstoff, Energieträger und Nutzungsdauer auch bei einer Dämmstärke oberhalb von 22 cm noch CO₂ ein.

Die ökologisch optimalen und sinnvollen Dämmstärken lauten wie folgt:

Dämmstoff	Optimale Dämmstärke	Sinnvolle Dämmstärke
EPS (80 Jahre – Pellets)	20 – 24 cm	0 – 166 cm
PUR (80 Jahre – Pellets)	11 – 13 cm	0 – 77 cm
Holzfaser (80 Jahre – Pellets)	30 – 40 cm	0 – 350 cm

Tabelle 4: Optimale und sinnvolle Dämmstärken für die 3. Parameterkombination

Fazit: Pellets können ein heikles Thema für die Gebäude im Bestand sein, für den Neubau kann aber wieder eine **allgemeine ökologische Unbedenklichkeit** ausgesprochen werden. Alle Parameterkombinationen weisen breite ökologisch sinnvolle Dämmstärkenbereiche auf. Selbst mit dem ökologisch „schlechtesten“ Dämmstoff darf bis zu 77 cm gedämmt werden. Mit einer längeren Nutzungsdauer **verbessert sich in jedem Falle die ökologische Bilanz** des Gesamtsystems, was auch höhere Dämmstärken bedeutet. Wieder gilt auch: Je nachhaltiger ein Dämmstoff zu bewerten ist, desto dicker kann gedämmt werden. Sollen die optimalen Dämmstärken verwendet werden, so darf aber auch hier im Falle von PUR nicht mit mehr als 13 cm und im Falle von EPS nicht mit mehr als 24 cm gedämmt werden.

3.3 Schlussfolgerungen

Abschließend sollen die wichtigsten Schlussfolgerungen **zusammenfassend und übergreifend** dargestellt sowie **praxisnahe Empfehlungen** gegeben werden.

Eine Dämmmaßnahme erweist sich bei allen Systemen innerhalb der Randbedingungen und der (Rest-)Nutzungsdauer des Gebäudes bis zu einer Dämmstärke von 22 cm als **gesamtsökologisch vorteilhaft** (und damit praxisrelevant...).

Der maximale Umwelteffekt wird je nach betrachtetem System (Dämmstoff, Energieträger, Nutzungsdauer) zwischen wenigen Zentimetern und über 40 cm erzielt.

Dämmstoffe: Der Wahl des Dämmstoffes kommt eine gewichtige Bedeutung zu, weil jeder Dämmstoff mit einem unterschiedlich großen Treibhauspotenzial (seinem Anteil an der Schädigung des Klimas) zu bewerten ist und auch unterschiedlich gute Dämmqualitäten aufweist. Wie Grafik 3.2.2 deutlich zeigt, sind **signifikante Unterschiede** zwischen den Dämmstoffen vorhanden.

Energieträger: Ein fossiler Energieträger wie Öl setzt selber so viel CO₂ bei der Verbrennung frei, dass alle anderen Einflussfaktoren in den Hintergrund treten (Grafik 3.2.1). Aufgrund der hohen Einsparungen, die man hier durch eine Dämmmaßnahme erreicht, sind Dämmstoff und Nutzungsdauer zweitrangig und es gilt: **Viel hilft viel!**

Für Pellets ist das Anwendungsgebiet differenzierter. Hier müssen **Dämmstoff, Dämmstärke und Nutzungsdauer** differenziert betrachtet werden. Bei entsprechend langer Nutzungsdauer sind aber auch Pellets als Energieträger im Gesamtsystem ökologisch sinnvoll. ???! HÄ?

Nutzungsdauer: Wie unter 3.1.3 ausgeführt, wirkt sich eine lange Nutzungsdauer in jedem Falle positiv



aus, denn sie erhöht die jährlichen Einsparungen an CO₂ und ermöglicht damit **höhere sinnvolle Dämmstärken**, weil eine längere Nutzungsdauer die CO₂-Einsparungen erhöht, aber nichts an der CO₂-Freisetzung des Dämmstoffes ändert. Für einen **Neubau** (80 Jahre) sind damit Dämmstärken bis **mindestens 77,21 cm** ökologisch sinnvoll. Für **Sanierungsvorhaben** von Bestandsgebäuden (25 Jahre) kann eine Dämmung mit PUR aber nur bis zu 22 cm ökologisch sinnvoll sein.

Für alle Systeme mit einem fossilen Energieträger und einer langen Nutzungsdauer sind beliebige Dämmstärken ökologisch sinnvoll.

Dämmmaßnahmen unter Einsatz von nachhaltigen Energieträgern müssen vor allem bei kürzerer Nutzungsdauer ökologisch hinterfragt werden. ??

Unproblematisch sind alle Kombinationen mit fossilen Energieträgern. Bis auf wenige Ausnahmen sind die ökologisch sinnvollen Dämmstärken jenseits realistischer Szenarien. Sowohl Sanierer als auch Bauherren können bei fossilen Energieträgern im Grunde mit jedem Dämmstoff und in einem beliebigen Nutzungszeitraum dämmen.

Mit **Vorsicht** zu genießen sind alle Kombinationen mit Pellets oder einem anderen nachhaltigen Energieträger. Sie erfordern eine sorgfältige Beachtung der anderen Einflussfaktoren und können unter Umständen als ökologisch nicht sinnvoll eingestuft werden. Gerade für Sanierer, die auf Pellets setzen und die Umwelt möglichst maximal entlasten wollen, muss ein Dämmstoff **möglichst nachhaltig** sein.

4 Aufgetretene Fragen

Kann ich mir den Dämmstoff frei aussuchen, wenn ich eine Öl- oder Gasheizung betreibe?

Ja. Sofern Sie nur an einer Einsparung von CO₂ interessiert sind und nicht an der ökologisch optimalen Dämmstärke, kompensieren Öl und Gas selbst den ökologisch „schlechtesten“ Dämmstoff.

Ich habe mich für einen bestimmten Dämmstoff entschieden, worauf muss ich achten?

Auf den Energieträger und die Nutzungsdauer. Wenn Sie mit Öl oder Gas heizen, auf nichts... (Sie können mit allen Materialien beliebig stark dämmen (s.o.)). Bei regenerativen Energieträgern müssen Sie differenzieren: wollen Sie einen möglichst hohen Beitrag zum Umweltschutz leisten....

Keinesfalls dürfen Sie aber... PUR/>22cm (!! Bestand)

ist eine Dämmung auch bis mindestens 22 cm sinnvoll (für die hier untersuchten Systeme!). Schlechter bewertete Dämmstoffe wie **Calciumsilikat** können aber in der Tat die Dämmmaßnahme ökologisch in Frage stellen.

Welchen Energieträger soll ich wählen, wenn Pellets doch weniger einsparen als Öl und Gas?

Pellets sind der ökologisch wesentlich besser zu bewertende Energieträger. In dieser Untersuchung wurden ja nur die Einsparungen durch die Dämmmaßnahme verglichen. Benutzen Sie Pellets als Energieträger, ist dies ökologisch natürlich schon bei der Verbrennung wesentlich günstiger, da Pellets fast kein CO₂ freisetzen. Wollen Sie zusätzlich noch dämmen, dann müssen Sie die besprochenen Punkte berücksichtigen.



5 Ausblick

Ziel / Beschränkung war Ökologie

Ganz klar muss darauf hingewiesen werden, dass in dieser Ausführung zu keinem Zeitpunkt eine ökonomische Größe auftaucht! Es wurden ausschließlich ökologische Betrachtungen und Bewertungen vorgenommen.

Für Sanierer, Investoren und Bauherren sind ökonomischen Fragestellungen jedoch mindestens gleich-, in den meisten Fällen sogar vorrangig. Insofern müssen die hier dargelegten Ausführungen um die zusätzliche Fragestellung nach dem **ökonomischen Optimum** erweitert werden. Erst durch eine Kombination von ökonomisch und ökologisch sinnvollen Dämmmaßnahmen (SYSTEM) kann für den Entscheidungsprozess abschließend eine befriedigende Lösung gefunden werden. Damit könnte dann der Begriff der „**Ökoeffizienz**“ für ein gegebenes System geprägt werden. Von einer „Ökoeffizienz“ könnte man dann sprechen, wenn es sich sowohl unter ökologischen als auch ökonomischen Gesichtspunkten sinnvoll umsetzen lässt. Vorerst sollte aber vor allem das Bewusstsein für die Thematik geschärft werden.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind sicherlich auch Anlass, einige Punkte der Energieeinsparverordnung (EnEV) u sowie die diesbezügliche Förderpolitik zu hinterfragen. Wenn nämlich Kombinationen gefördert werden, die in ihrer Gesamtheit die Umwelt belasten, kann von Nachhaltigkeit keine Rede mehr sein.



6 Anhang

6.1 Theoretische Grundlagen

Formel zur Berechnung des Jahres-Heizenergiebedarfs:

$$\Delta Q = \sum_{\text{Januar}}^{\text{Dezember}} \left(\frac{1}{\eta_H} * (U - U_{Ref}) * HGT * 0,024 \right)$$

ΔQ Eingesparter Heizenergiebedarf von 1 m² Außenwand in Bezug auf die Referenzkonstruktion [kWh/m²a]

η_H Anlagenwirkungsgrad

U Wärmedurchgangskoeffizient [W/m²K]

HGT Heizgradtage [Kd]

Formel zur Berechnung der CO₂-Einsparungen im Laufe der Nutzungsdauer:

$$\Phi_{\text{Einsparung}} = \Delta Q * t_{\text{Nutz}} * m_{\text{CO}_2}$$

Φ CO₂-Einsparung [kg/m²]

t_{Nutz} Nutzungsdauer [a]

m_{CO_2} Mengen an CO₂, die bei der Verbrennung von 1kWh des Energieträgers frei wird, in [kg/kWh]

Formel zur Berechnung der CO₂-Freisetzung bei der Produktion des Dämmstoffes:

$$\Phi_{\text{Freisetzung}} = c * \rho * A * d$$

Φ CO₂-Freisetzung [kg/m²]

c Treibhauspotenzial des Dämmstoffes in kg CO₂-Äquivalenten pro kg Dämmstoff [kg_{CO2}/kg_{Dämmstoff}]

ρ Dichte des Dämmstoffes [kg/m³]

A Wandfläche (hier immer 1 m²)

d Dämmstärke [m]

Annahmen:

- Für den Bestand wurde mit einem U-Wert von 0,9 gerechnet, was einem R-Wert (Wärmewiderstand) von 1,11 entspricht
- Im U-Wert ist auch der dämmstoffspezifische Wärmeleitfaktor λ enthalten
- Der Anlagenwirkungsgrad η_H wurde für alle Anlagen mit 0,9 angenommen
- Die Gradtagzahlen entstammen den Klimadaten der deutschen Wetterstation für das Jahr 2008 im Raum Frankfurt a. M. und entsprechen dem langjährigen Mittel
- Die Werte für m_{CO_2} entstammen der GEMIS-Datenbank Version 4.6. Folgende Daten wurden dem [Ergebnisdatenblatt](#) (Tabellenblatt Heizen 2010) entnommen und spiegeln den kompletten Lebenszyklus wider:



<i>Energieträger</i>	<i>CO₂-Äquivalente pro kWh in kg</i>
Heizöl Brennwert	0,327
Erdgas Brennwert	0,251
Holz-Pellets	0,025

Tabelle 5: Bewertung der einzelnen Energieträger unter ökologischen Gesichtspunkten

- Die Treibhauspotenziale (GWP) der versch. Dämmstoffe entstammen den Produktdeklarationen (engl. EPDs) des Instituts Bauen und Umwelt e.V. (<http://bau-umwelt.de/hp545/Daemmstoffe.htm>) und wurden jeweils, sofern nicht für 1 kg Dämmstoff angegeben, auf den Faktor c umgerechnet. Die Berechnung ist in den Deklarationen nachvollziehbar und ausführlich dargelegt. Da die Hersteller dort noch nicht alle gängigen Dämmstoffe aufgelistet haben, muss für eine Vergleichsrechnung mit einem nicht gelisteten Dämmstoff auf Alternativdatenbanken wie „GEMIS“/„GaBi 4“ zurückgegriffen werden

6.2 Berechnungsfehler

Für diese Untersuchung sind einige Vereinfachungen getroffen worden. Es wurde jedoch für jede Vereinfachung eine Fehlerbetrachtung durchgeführt.

Die Zusammenlegung von Öl und Gas hat lediglich einen Berechnungsfehler von 5 cm zur Folge. Das bedeutet, dass die optimale Dämmstärke bei dem Energieträger Gas um ± 5 cm von der optimalen Dämmstärke mit Öl als Energieträger abweicht. Mit dem Energieträger Pellets ergibt sich eine Abweichung von ca. 25 cm! Mit anderen Worten: Ein Wechsel zwischen den Energieträgern Öl und Gas hat nur geringen Einfluss auf die Differenzkurve, der Wechsel auf Holzpellets jedoch bewirkt eine drastische Veränderung.

Die Anlagentechnik zur Verbrennung der Energieträger ist heute bei allen drei untersuchten Energieträgern als sehr gut einzustufen. In der Berechnung wird ein mittlerer Anlagenwirkungsgrad von 90% angenommen. Aber auch hier bewirkt ein Wert von max. 110%, wie ihn moderne Brennwert-Anlagen erreichen, nur eine minimale Verschiebung der optimalen Dämmstärken um 1-2 cm.

6.3 Problematik im Neubau

Für diese Untersuchung wurde die Thematik der ökologisch sinnvollen Dämmstärke im Bereich des Neubaus angeschnitten. Aber auch für den Neubau wurde ein U-Wert des Mauerwerks von 0,9 angesetzt. Dies ist bei genauer Betrachtung nicht ganz zulässig. In der Tat gelten für den Neubau nach § 3 und Anlage 1 der EnEV 2009 andere Anforderungen, bzw. muss bei einem Neubau vom aktuellen Stand der Technik ausgegangen werden. Hier darf für ein modernes Mauerwerk kein U-Wert von 0,9 zu Grunde gelegt werden. Die Firma Wienerberger Ziegelindustrie GmbH aus Hannover gibt z.B. für die eigene Produktreihe Proton Planziegel je nach Wärmeleitfaktor U-Werte von 0,23-0,63 an. Aber die Aussagen dieser Untersuchung sind nach wie vor gültig und verschärfen sich in diesem Falle nur noch. Denn ein besserer U-Wert des Bestandsgebäudes bzw. des Referenz-Mauerwerks verringert die Gesamteinsparungen und damit auch die jährlichen Einsparungen an CO₂. Sind die jährlichen Einsparungen aber geringer, so wird die Differenz zwischen Einsparung und Freisetzung von CO₂ geringer und die sinnvollen Dämmstärken mit maximaler Einsparung verschieben sich weiter nach „links“, werden also noch kleiner. Nichtsdestotrotz gelten die hier genannten Berechnungen nur beschränkt für den Neubau.