



Energieeffizientes und Nachhaltiges Bauen mit Polyurethan

Hochwirksame Dämmung aus dem „täglichen Leben“

Hamburg, 27.11.2013, Dr.-Ing. Markus Kuhnhenne

Agenda

- Einleitung
- Nachhaltiges Bauen
- Energieeffizienz
- Lösungen mit Polyurethan
- Zusammenfassung und Ausblick

Nachhaltigkeit

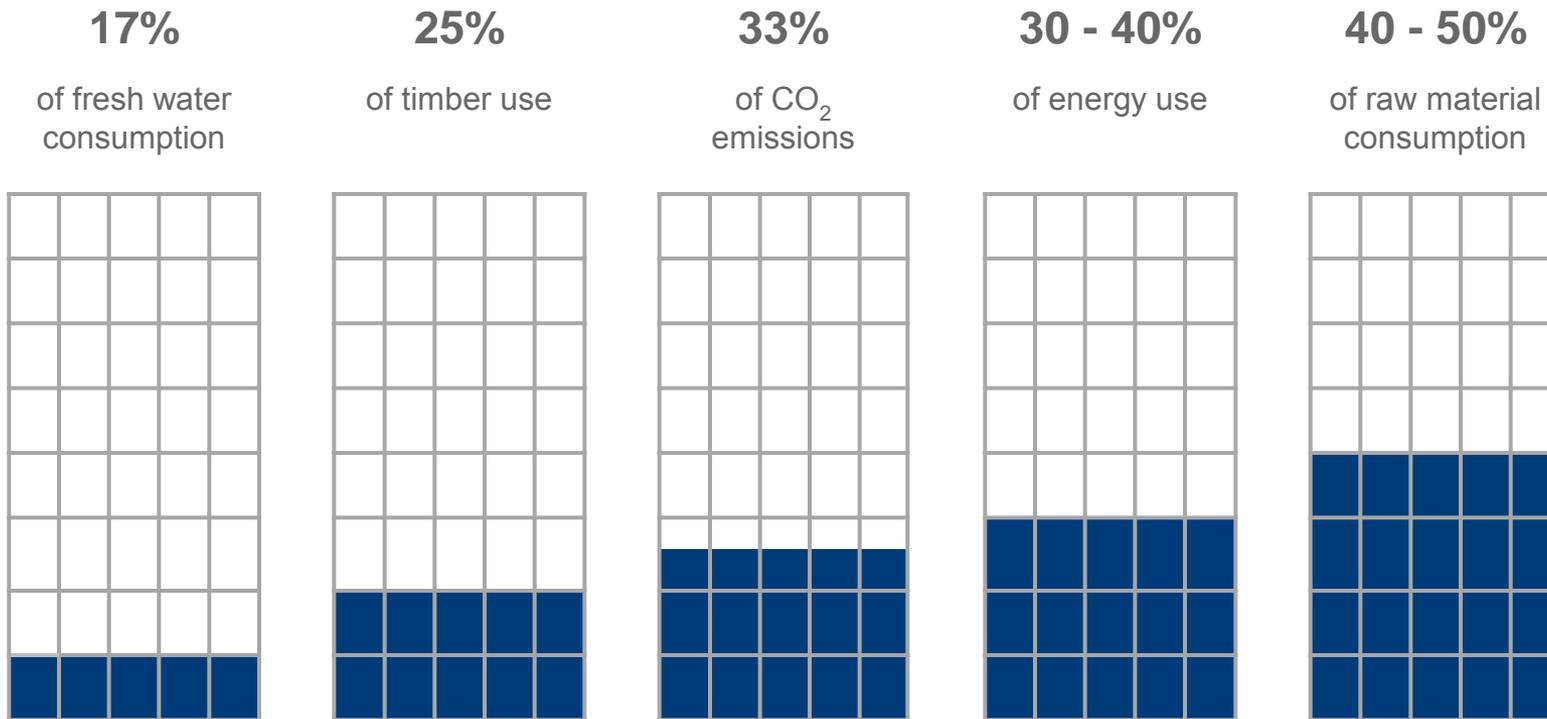


Als „nachhaltig“ wird eine Wirtschaftsweise bezeichnet, die ihre eigenen Grundlagen bewahrt und den kommenden Generationen die gleichen Chancen gibt.

Zitat sinngemäß Brundtland-Kommission

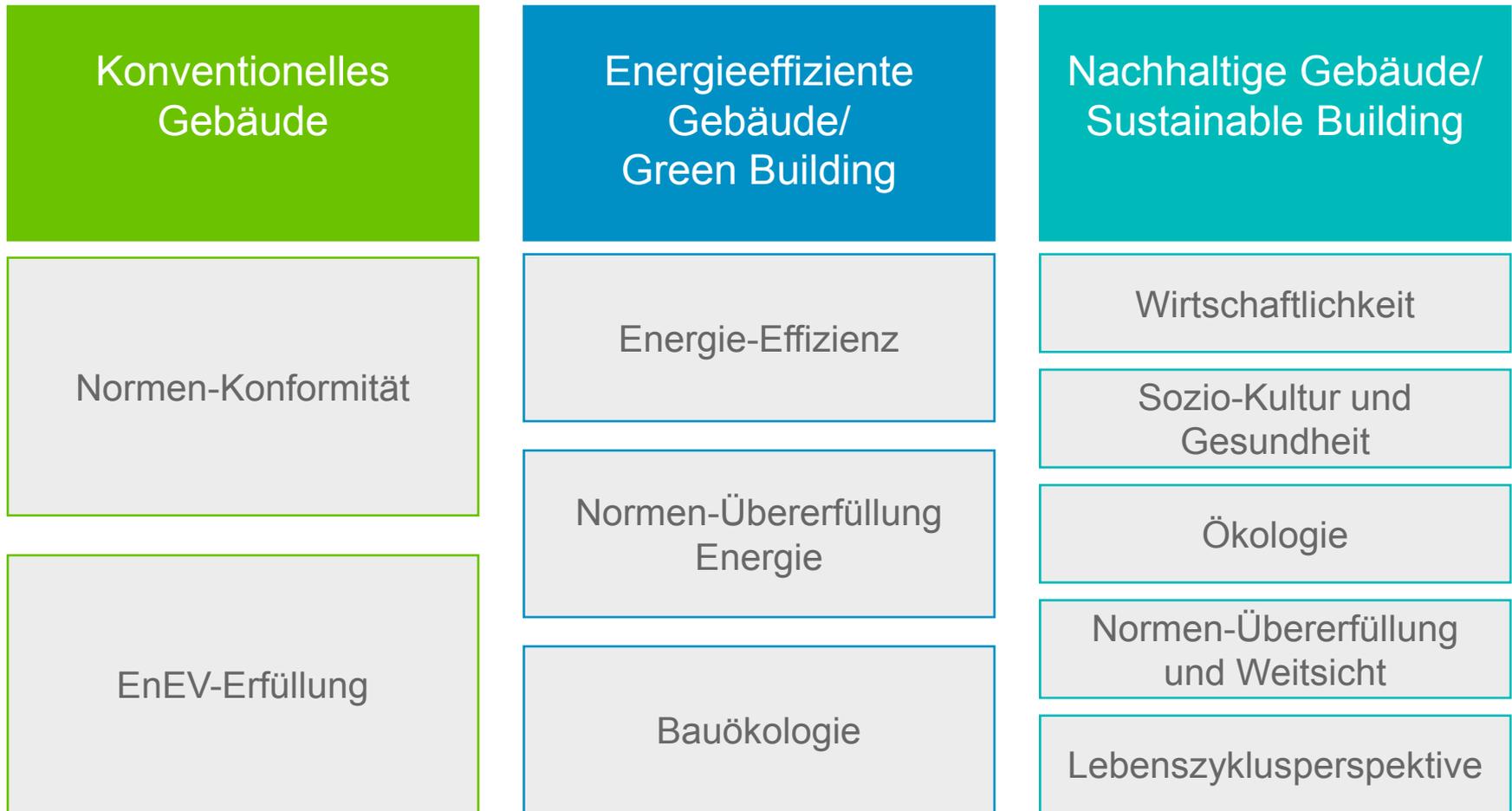
Nachhaltigkeit

Der Bausektor (weltweit) ist verantwortlich für



Quelle: UNEP, Information Note (2006) / DGNB

Nachhaltiges Bauen

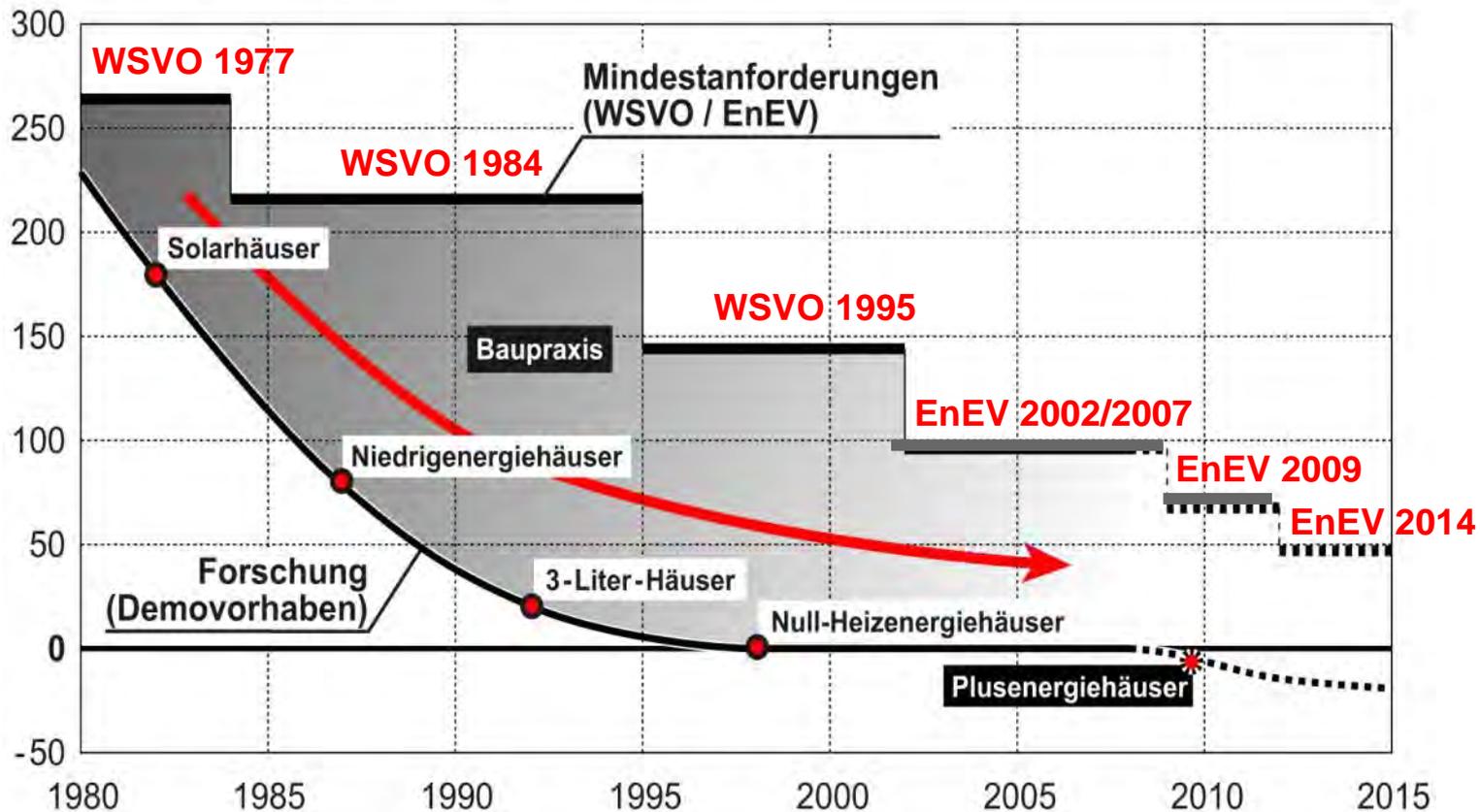


Quelle: PE International / KOPB

Nachhaltiges Bauen

Energieeffizienz – Entwicklung der Anforderungen

Primärenergiebedarf – Heizung [kWh/m²a]



Quelle: IBP, Erhorn

Nachhaltiges Bauen

Lebenszyklusbetrachtung



Quelle Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt

Nachhaltiges Bauen

Bewertungssystem



Nachhaltige Entwicklung ist erklärtes Ziel der Bundesregierung. Im Bereich des Bauens wurde mit der DGNB ein Bewertungssystem für nachhaltige Gebäude entwickelt.

Nachhaltiges Bauen

Bewertungssystem

ÖKOLOGIE

Ressourcenverbrauch
Ökobilanz, Abfall
Energieeffizienz



ÖKONOMIE

Baukosten, Betriebs-,
Instandhaltungskosten,
Wertentwicklung



SOZIALES

Gesundheit, Komfort,
Behaglichkeit, Funktion
Gestaltung



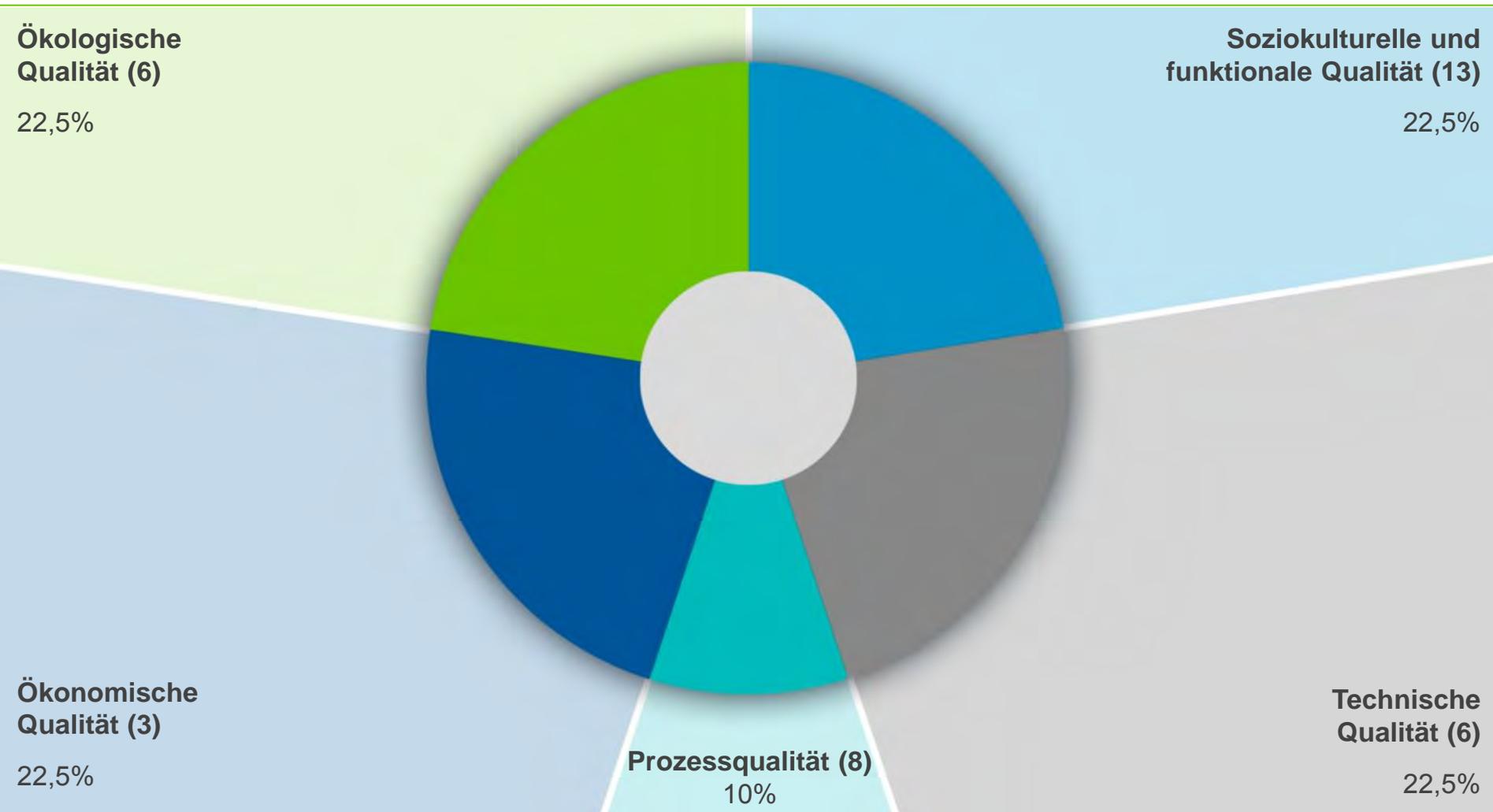
TECHNISCHE QUALITÄT: Schall- und Brandschutz, Instandhaltung, Dauerhaftigkeit, ...

PROZESSQUALITÄT: Qualität der Planung und Bauausführung, ...

STANDORTQUALITÄT: Lage, Verkehrsanbindung, ...

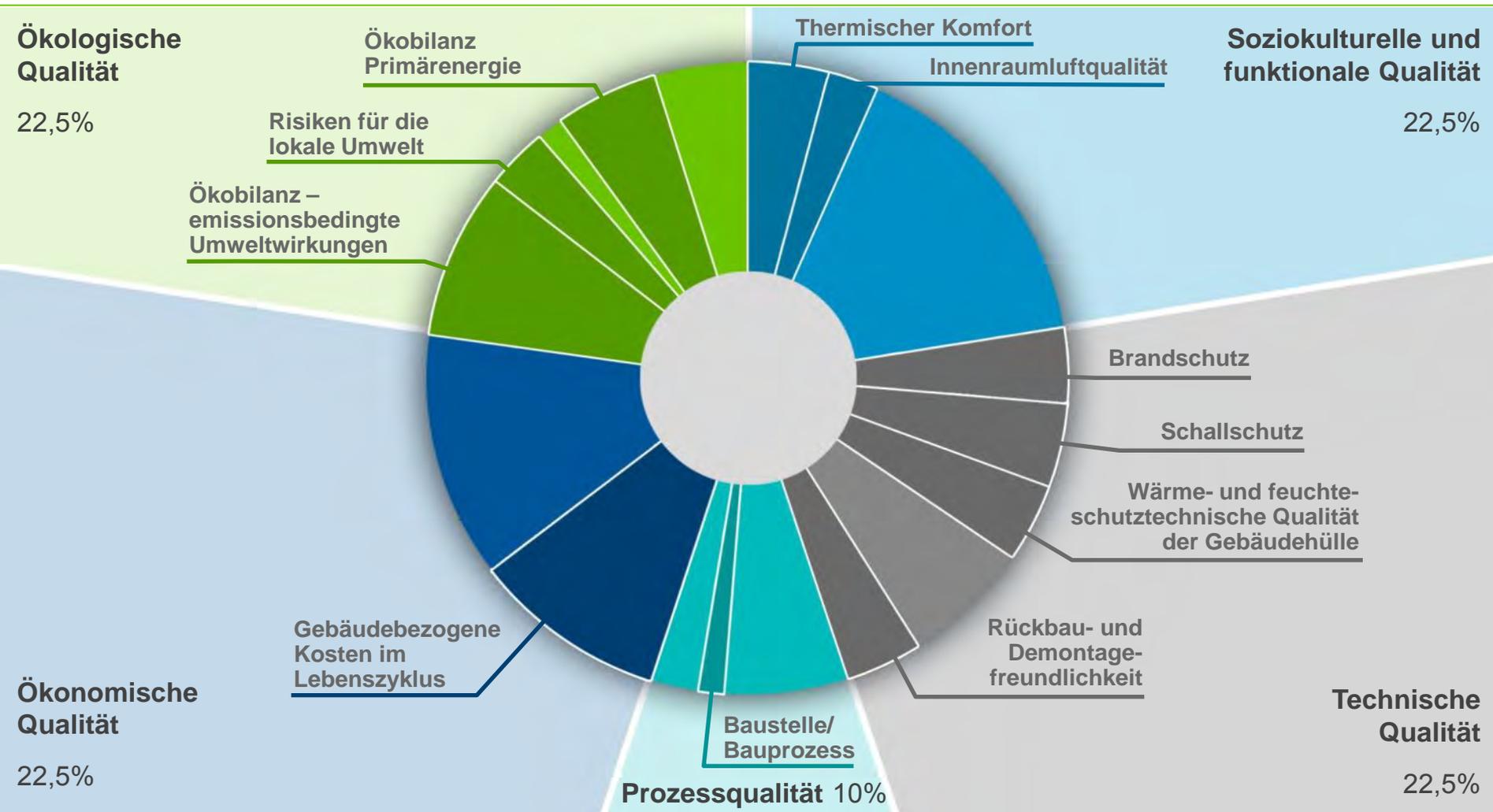
Nachhaltiges Bauen

Bewertungssystem mit 36 Kriterien



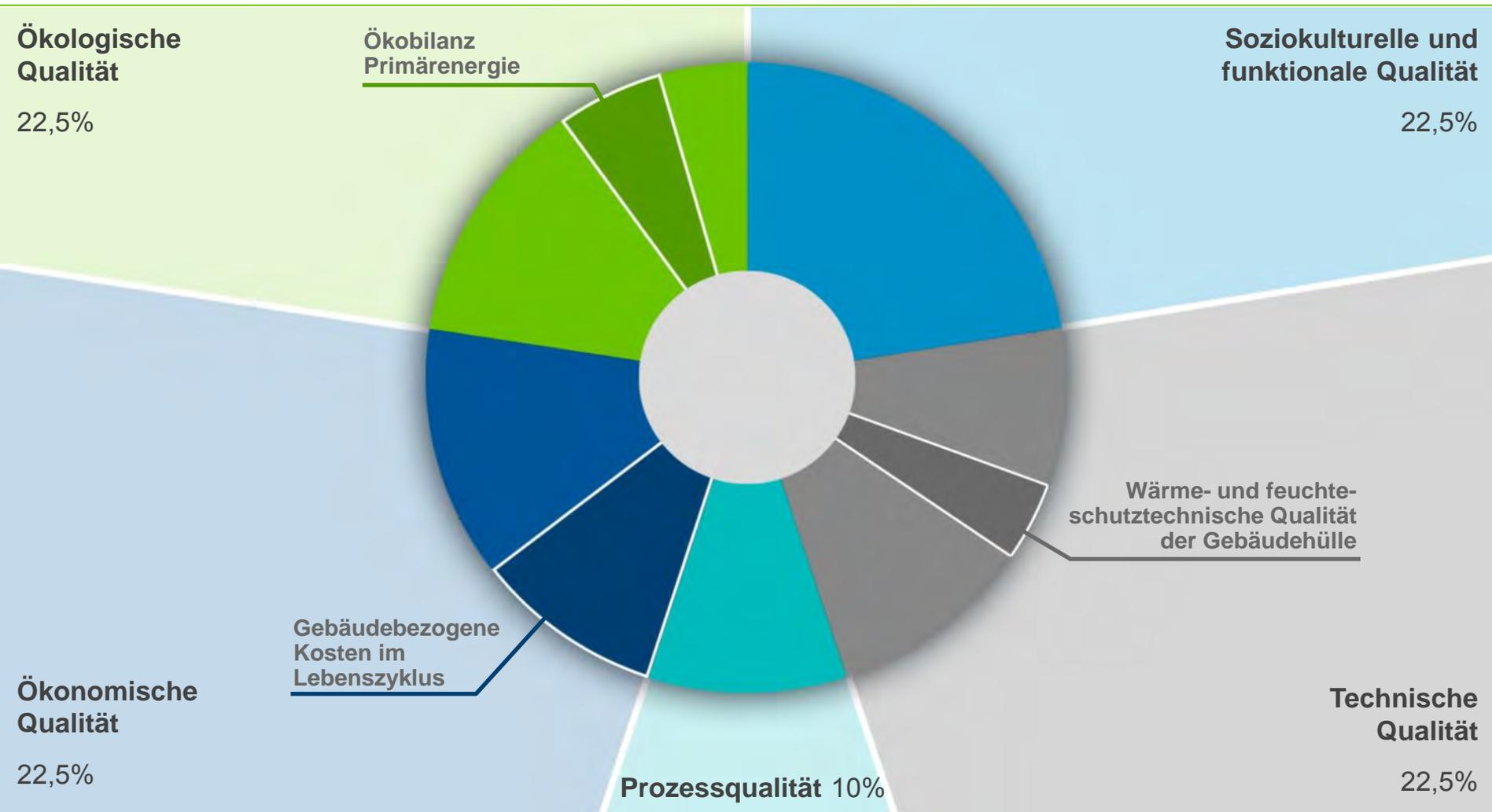
Nachhaltiges Bauen

Wärmedämmung beeinflusst 11 Kriterien



Nachhaltiges Bauen

Fokus auf 3 Kriterien



Bewertung von Nachhaltigkeit

Wärme- und Feuchteschutz der Gebäudehülle

- Wärmedurchgangskoeffizient
- Wärmebrückenzuschlag
- Gebäudedichtheit
- Fugendichtheit
- Tauwasserbildung

Ökologische
Qualität

Ökonomische
Qualität

Soziokulturelle
und funktionale
Qualität

WÄRME- UND FEUCHTESCHUTZTECHNISCHE
QUALITÄT VON GEBÄUDEHÜLLEN

Ökobilanz

Lebenszyklus-
kosten

Behaglichkeit

Polyurethane im täglichen Leben



Polyurethane als Wärmedämmung

- Polyurethane bieten ein breites Anwendungsspektrum für die Gebäudedämmung

Steildach



Flachdach



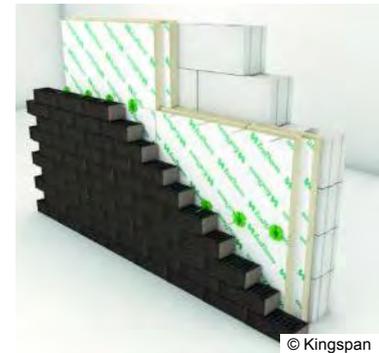
WDVS



Vorhangfassade



Kerndämmung



Innendämmung



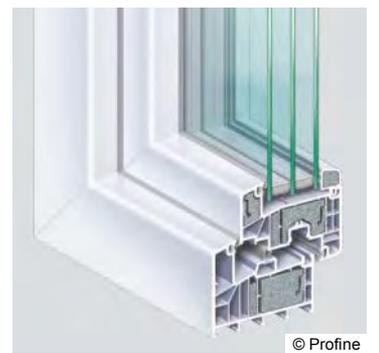
Brandschutzriegel



Gauben & Bauteile



Boden & Keller



Fensterrahmen

Polyurethane als Wärmedämmung

- Polyurethane bieten ein breites Anwendungsspektrum für die Gebäudedämmung

Steildach



Flachdach



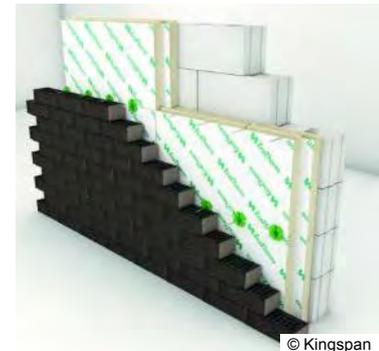
WDVS



Vorhangfassade



Kerndämmung



Innendämmung



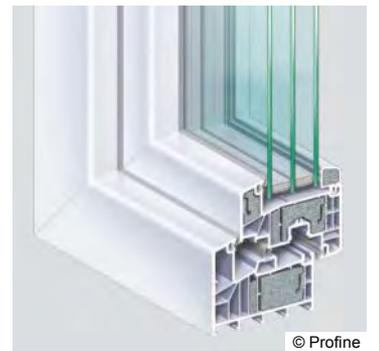
Brandschutzriegel



Gauben & Bauteile



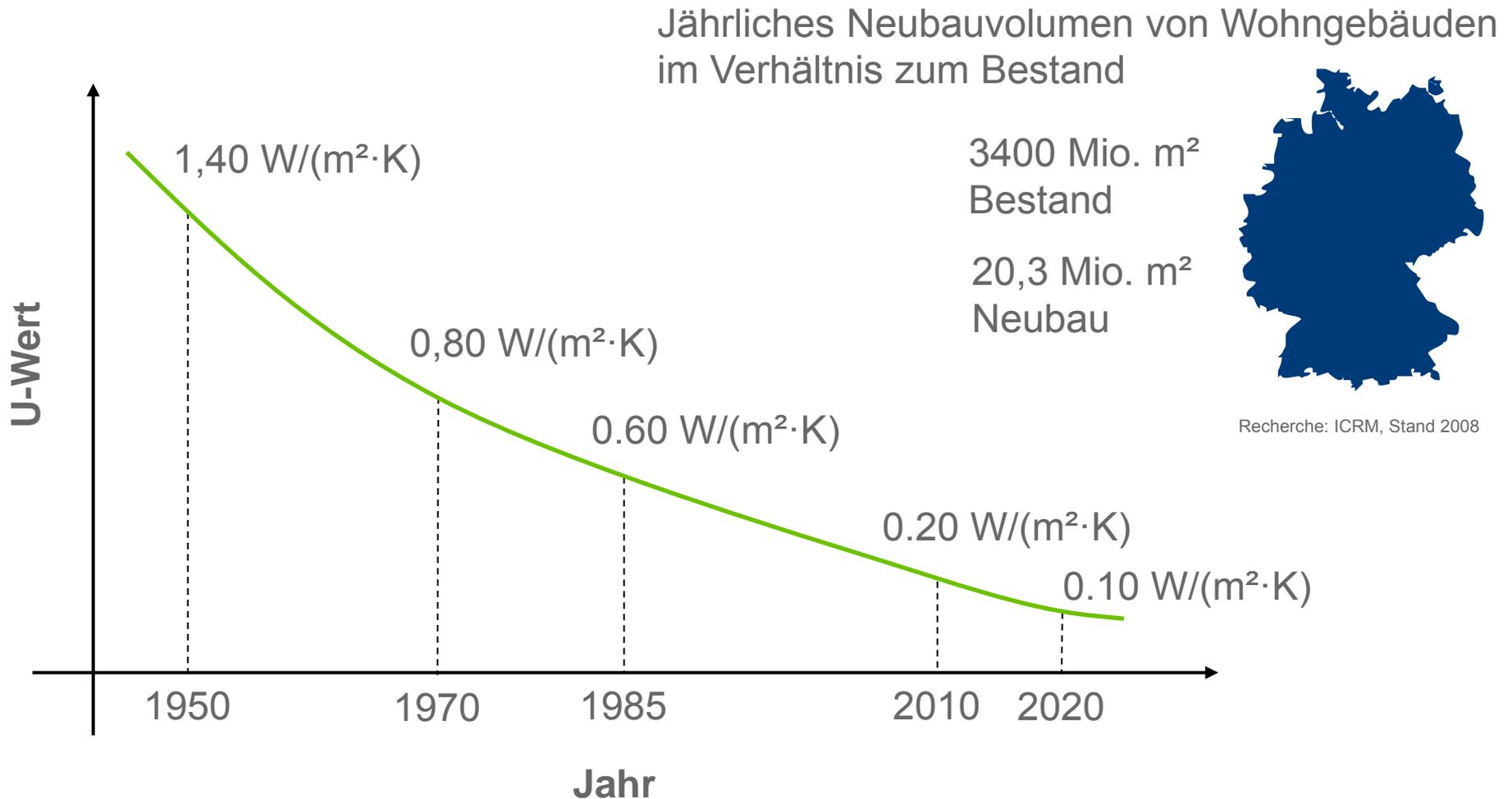
Boden & Keller



Fensterrahmen

Bewertung von Nachhaltigkeit

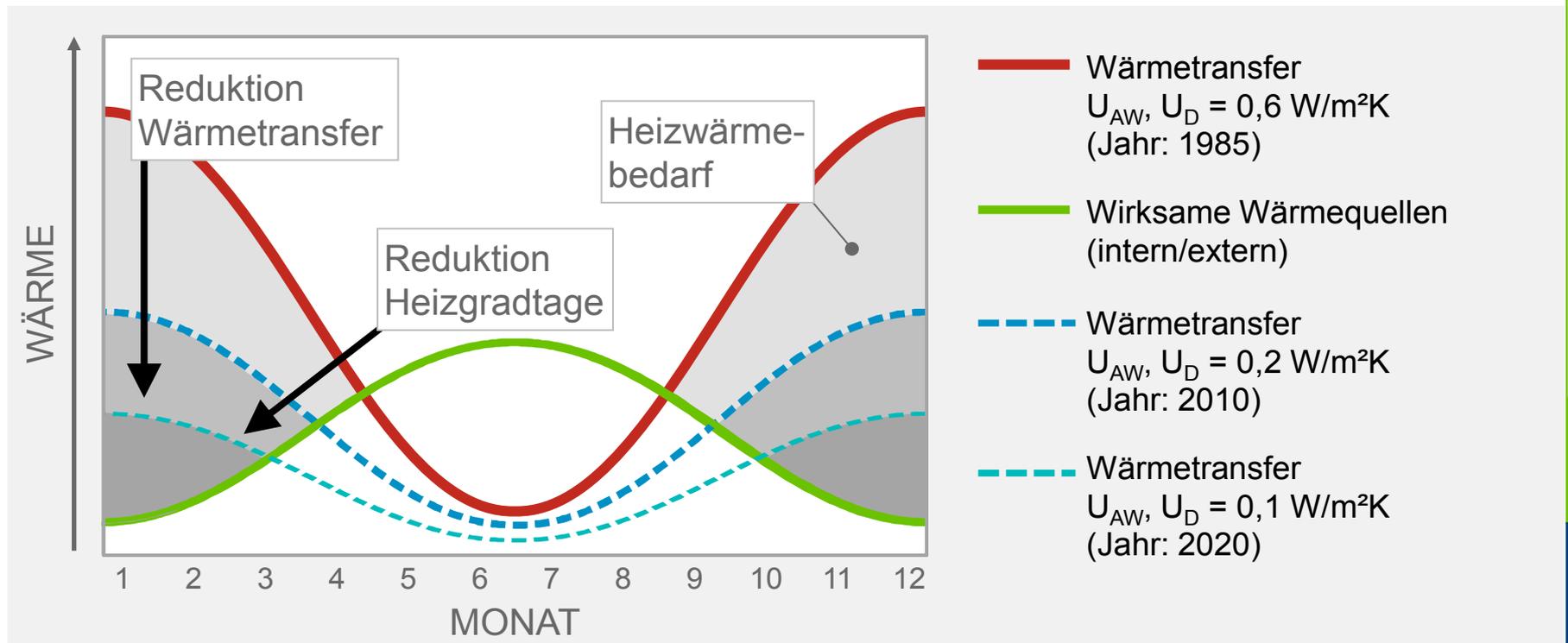
Entwicklung der Wärmdurchgangskoeffizienten



Bewertung von Nachhaltigkeit

Dämmen spart Doppelt

- Reduktion des Transmissionswärmetransfers
- Reduktion der Heizgradtage



Bewertung von Nachhaltigkeit

Ökobilanz Primärenergie



Werkmäßig hergestellte
Polyurethan-Dämmstoffe

IVPU
Industrieverband
Polyurethan-Hartschaum e.V.



Deklarationsnummer
EPD-IVPU-2010112-D

Institut Bauen und Umwelt e.V.
www.bau-umwelt.com



Kurzfassung
Umwelt-
Produktdeklaration
*Environmental
Product-Declaration*

Produktbeschreibung

Polyurethan-Hartschaum (PUR/PIR) ist ein geschlossenzelliger Schaumstoff, der als werkmäßig hergestellter Wärmedämmstoff in Form von Dämmplatten mit oder ohne Deckschichten im Hochbau und für Haus- und betriebs-technische Anlagens eingesetzt wird. Die Produktfamilie der Polyurethan-Dämmstoffe umfasst die Produktvarianten PUR und PIR.

Polyurethan-Dämmstoffe werden in Form von Blockschaum und als Platten mit flexiblen Deckschichten hergestellt.

Anwendungsbereich

Dämmstoffe aus Polyurethan-Hartschaum zeichnen sich durch hervorragendes Wärmedämmvermögen und gute Druckfestigkeit bei niedriger Rohdichte aus. Typische Anwendungsgebiete sind:

- Wärmedämmung im Hochbau (z.B. Dach-, Boden-, Decken- und Wanddämmung innen und außen, auch kapillaraktiv)
- Haustechnik (z. B. Dämmung von Heizungs- und Warmwasserrohren)
- Betriebstechnik (z. B. Dämmung von Rohrleitungen, Fernwärmelösungen, Kesseln, Tanks und Apparaturen)

Rahmen der Ökobilanz

Die Ökobilanz wurde nach DIN ISO 14040 ff. entsprechend den Anforderungen des Leitfadens zu Typ-II-Deklarationen des Instituts Bauen und Umwelt e.V. durchgeführt. Als Datenbasis wurden spezifische Werkdaten sowie Daten aus der Datenbank „CoBa 4“ herangezogen. Die Ökobilanz umfasst die Rohstoff- und Energiegewinnung, Rohstofftransporte und die eigentliche Herstellungsphase der Polyurethan-Dämmplatten. Die deklarierte Einheit ist 1 m³ der Produkte PUR/PIR Alu (Dämmplatten mit Aluminiumdeckschichten), PUR/PIR Mineralwolle (Dämmplatten mit Mineralwolledeckschichten) und PUR/PIR Block (Blockware ohne Deckschichten) bei einer Rohdichte von 30 kg/m³. Die Ergebnisse sind zusätzlich für beispielhafte Plattendicken bezogen auf m³ angegeben. Die Basisdaten wurden im Rahmen einer verbandsinternen Erhebung ermittelt. Die Umweltproduktdeklaration gilt daher nur für die von den Mitgliedern des IVPU hergestellten Produkte. Herstellung und thermische Verwertung der Verpackungen sind in den Ergebnissen enthalten. Die Nutzungsphase ist in der Deklaration nicht berücksichtigt. Als Entsorgungsszenario wurde die thermische Verwertung der Produkte mit Energieerückgewinnung untersucht.

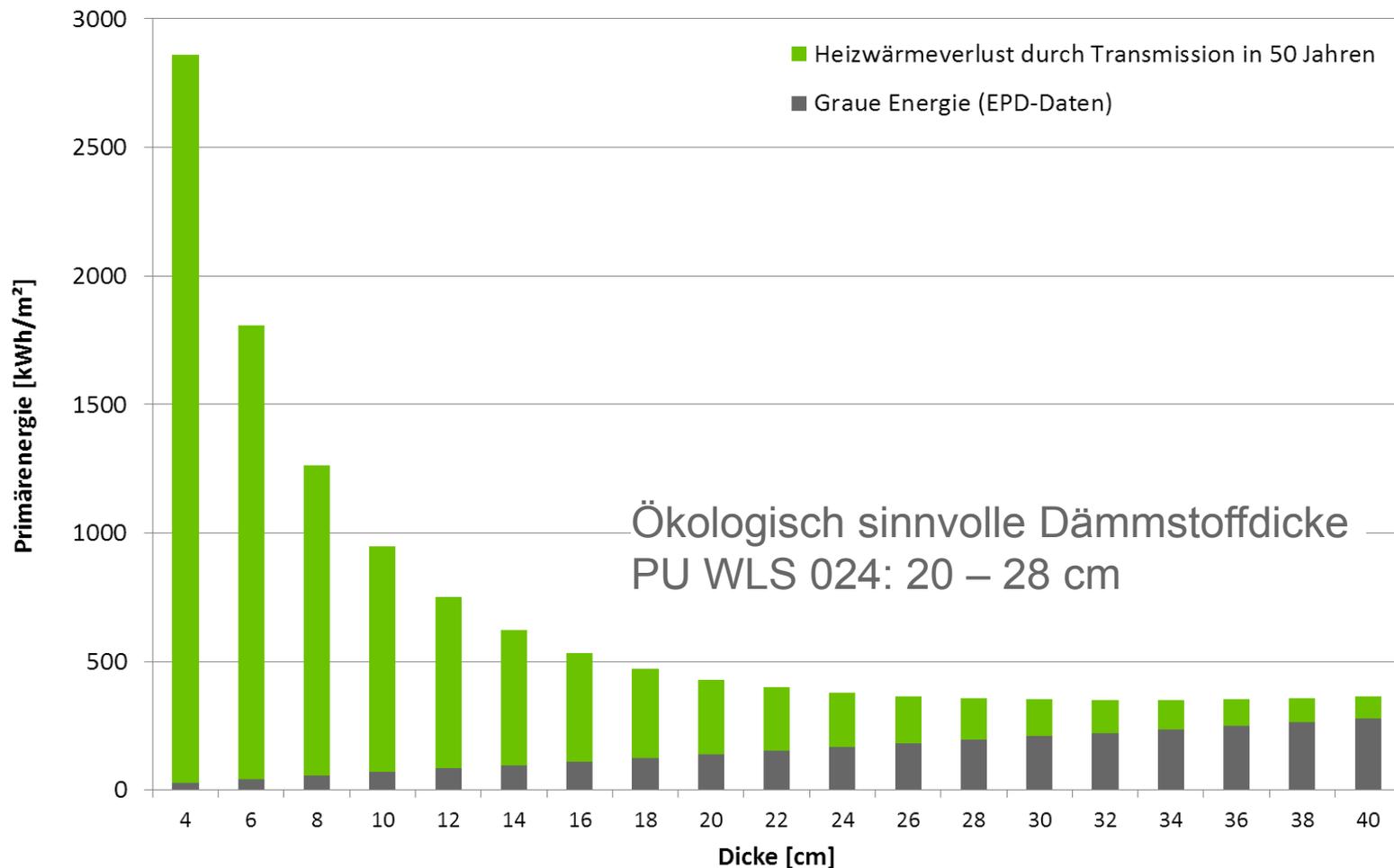
Ergebnisse der Ökobilanz

Auswertgröße in Umwelt pro m ³	Polyurethan-Dämmplatten (1-benutzung)											
	Polyurethan-Block WLS G30 (Herstellung + End-of-Life)			Polyurethan WLS 108 Mineralwolle (Herstellung + End-of-Life)			Polyurethan WLS 024 Alu (Herstellung + End-of-Life)					
	TOTAL	Herstellung (inkl. Transport)	EOI	TOTAL	Herstellung (inkl. Transport)	EOI	TOTAL	Herstellung (inkl. Transport)	EOI			
Primärenergie, nicht erneuerbar (MJ)	2261	2769	-490	2262	2772	-510	2424,82	2308,83	-884			
Primärenergie, erneuerbar (MJ)	43,27	48,89	-5,62	42,14	47,34	-5,2	46,89	52,55	-5,66			
Treibhauspotenzial (GWP 100) (kg CO ₂ -Äqv.)	19,54	134,83	-115,29	194,54	136,12	-16,58	202,52	147,07	-44,55			
Globalwärmepotenzial (GWP) (kg CO ₂ -Äqv.)	1,22E-09	2,19E-09	-1,17E-09	2,70E-07	1,96E-07	-1,19E-07	1,99E-06	1,19E-06	-1,19E-06			
Wassersäurepotenzial (AP) (kg SO ₂ -Äqv.)	0,0284	0,403	-0,3746	0,448	0,469	-0,021	0,346	0,311	-0,035			
Eutrophierungspotenzial (EP) (kg PO ₄ -Äqv.)	0,054	0,344	-0,2903	0,054	0,344	-0,2903	0,059	0,349	-0,2903			
Säureäquivalenzpotenzial (APE) (kg CaO ₂ -Äqv.)	0,071	0,371	-0,3003	0,074	0,374	-0,3003	0,079	0,379	-0,3003			

- EPD-Daten zu Umweltauswirkungen von Materialien
- www.bau-umwelt.de
- Verweildauer von Wärmedämmungen beträgt laut BMVBS ≥ 50 Jahre (Ausnahme WDVS 40 Jahre)

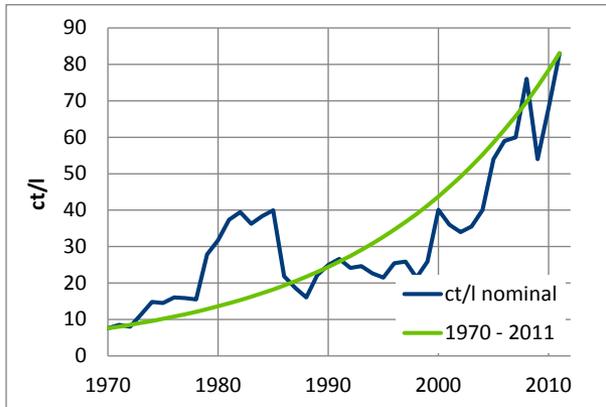
Bewertung von Nachhaltigkeit

Ökobilanz Primärenergie PU WLS 024 (50 Jahre)



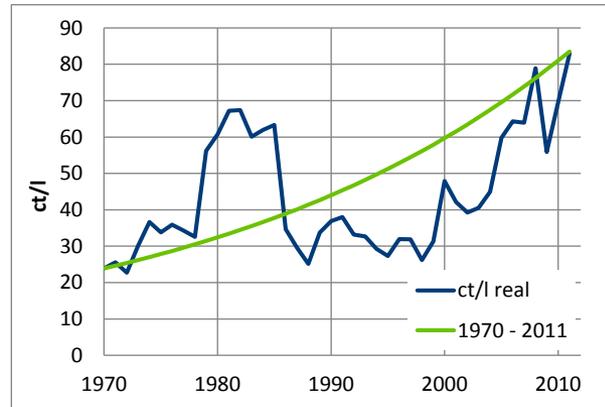
Bewertung von Nachhaltigkeit

Lebenszykluskosten



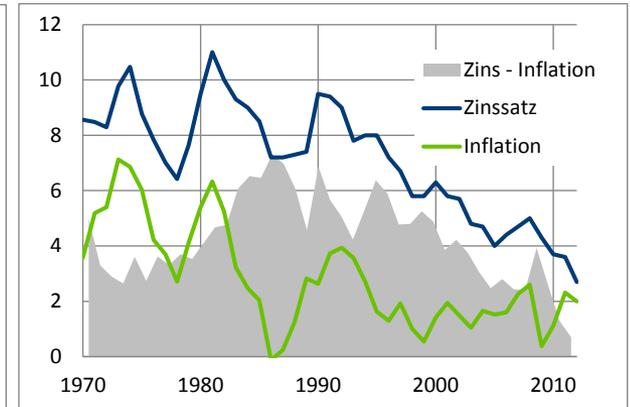
Heizölpreisentwicklung nominal

- 1970 – 2011: 6.0 % p.a.
- 2000 – 2011: 6,9 % p.a



Heizölpreisentwicklung real

- 1970 – 2011: 3.1 % p.a.
- 2000 – 2011: 5,2 % p.a



Zinssatz nominal und Inflation

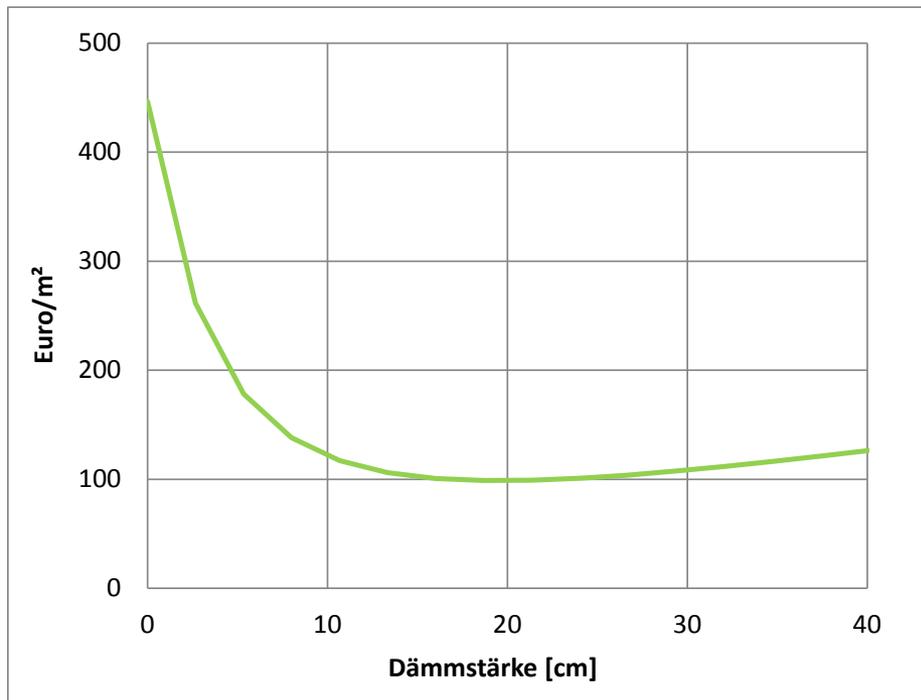
- Zinssatz historisch niedrig (2000 – 2011: 4,4 % p.a.)
- Differenz Zins – Inflation historisch niedrig
- Reale Rendite sehr niedrig
- Reale Kapitalkosten sehr niedrig

- Historisch gute Rahmenbedingungen um in Energieeffizienz zu investieren

Bewertung von Nachhaltigkeit

Lebenszykluskosten PU WLS 024 – Barwert (50 Jahre)

- Berechnungsansätze von 2000 bis 2011
 - Energiepreissteigerung nominal 6.9 % p.a.
 - Zinssatz nominal 4.4 % p.a.



- Ausgangswert Konstruktion mit $U = 0,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
- Ökonomisch sinnvolle Dämmstoffdicke von PU WLS 024: 16 – 24 cm

Beispiel Steildach

Zielwerte Wärmedurchgang

Neubau: Referenzwert nach EnEV 2009

- $U_{\text{ref}} = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Sanierung: Bauteilanforderung EnEV 2009

- $U_{\text{max}} = 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Sanierung: Bauteilanforderung KFW-Förderung

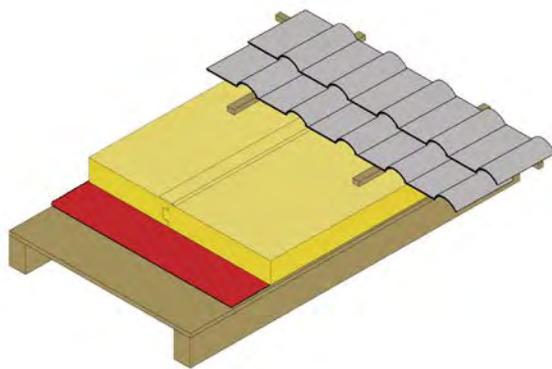
- $U_{\text{max}} = 0,14 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Neubau oder Sanierung als Passiv- bzw. Plusenergiehaus

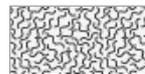
- U-Wert zwischen $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ und $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Steildach – Lösungen mit PU

Beispiele Auf- und Kombidachdämmung – U-Wert



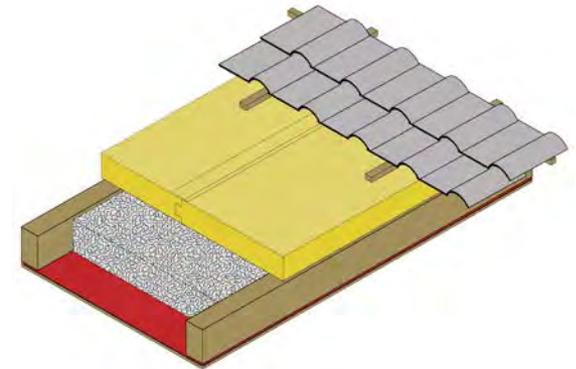
PU WLS 024



Mineralwolle WLS 035



Luftdichtigkeitsfolie

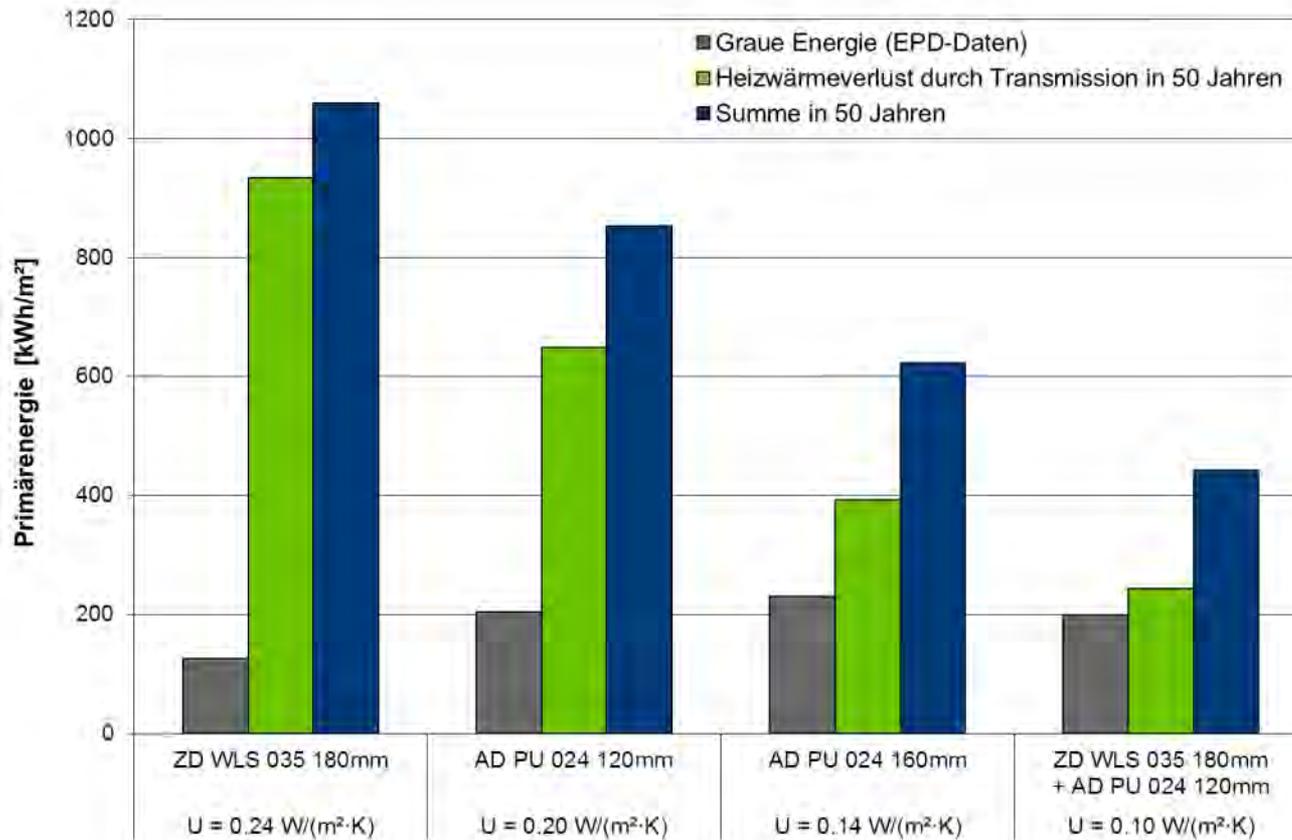


Dicke Wärmedämmung [mm]	U-Wert [W/(m ² ·K)] WLS 024
120	0,19
160	0,14
200	0,12
240	0,10

Dicke Aufsparren- dämmung WLS 024	U-Wert [W/(m ² ·K)] Sparrenhöhe	U-Wert [W/(m ² ·K)] Sparrenhöhe
120	120	180
60	0,18	0,15
80	0,16	0,13
100	0,14	0,12
120	0,13	0,10

Steildach – Lösungen mit PU

Neubau – Ökobilanz Primärenergie

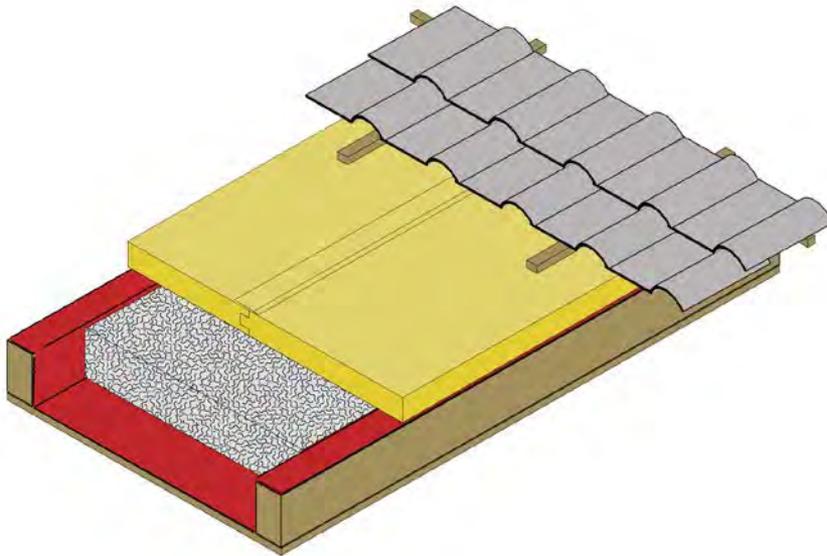


- Steildach Altbau mit $U = 0,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ökologisch um den Faktor 3 bis 8 schlechter

Steildach – Lösungen mit PU

Energetische Sanierung

- Beispiel Variante A

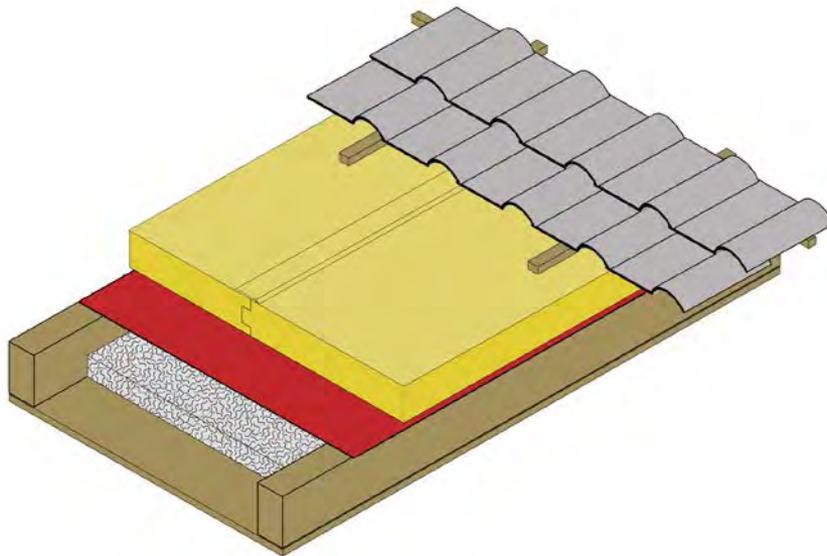


- Altbau
 - MW_{alt} d = 80 mm, WLS 045
 - $U_{\text{alt}} = 0,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
- Energetische Sanierung
 - MW_{neu} d = 140 mm, WLS 040
 - PU, d = 50 mm, WLS 024
 - $U_{\text{neu}} = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Steildach – Lösungen mit PU

Energetische Sanierung

- Beispiel Variante B



PU



Mineralwolle



Luftdichtigkeitsfolie

- Altbau
 - MW_{alt} d = 80 mm, WLS 045
 - $U_{\text{alt}} = 0,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
- Energetische Sanierung
 - MW_{alt} d = 80 mm, WLS 045
 - PU, d = 120 mm, WLS 024
 - $U_{\text{neu}} = 0,14 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Steildach – Lösungen mit PU

Fazit

- Zwischensparrendämmung alleine für Passiv- bzw. Plusenergieniveau nicht ausreichend
- PU als Aufdachdämmung
 - Stark wärmebrückenreduzierte Konstruktion
 - Alle Ziel-U-Werte mit PU-Lösungen erreichbar
- Kombidachdämmung ökologisch sinnvoll (Feuchtenachweis nach DIN 4108!)
- Energetische Sanierung von schlecht gedämmten Dächern mit PU-Lösungen immer ökologisch sinnvoll

Beispiel Außenwand

Zielwerte Wärmedurchgang

Neubau: Referenzwert nach EnEV 2009

- $U_{\text{ref}} = 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Sanierung: Bauteilanforderung EnEV 2009

- $U_{\text{max}} = 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Sanierung: Bauteilanforderung KFW-Förderung

- $U_{\text{max}} = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Neubau oder Sanierung als Passivhaus bzw. Plusenergiehaus

- U-Wert zwischen $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ und $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Außenwand – Lösungen mit PU

Wärmedämmverbundsystem

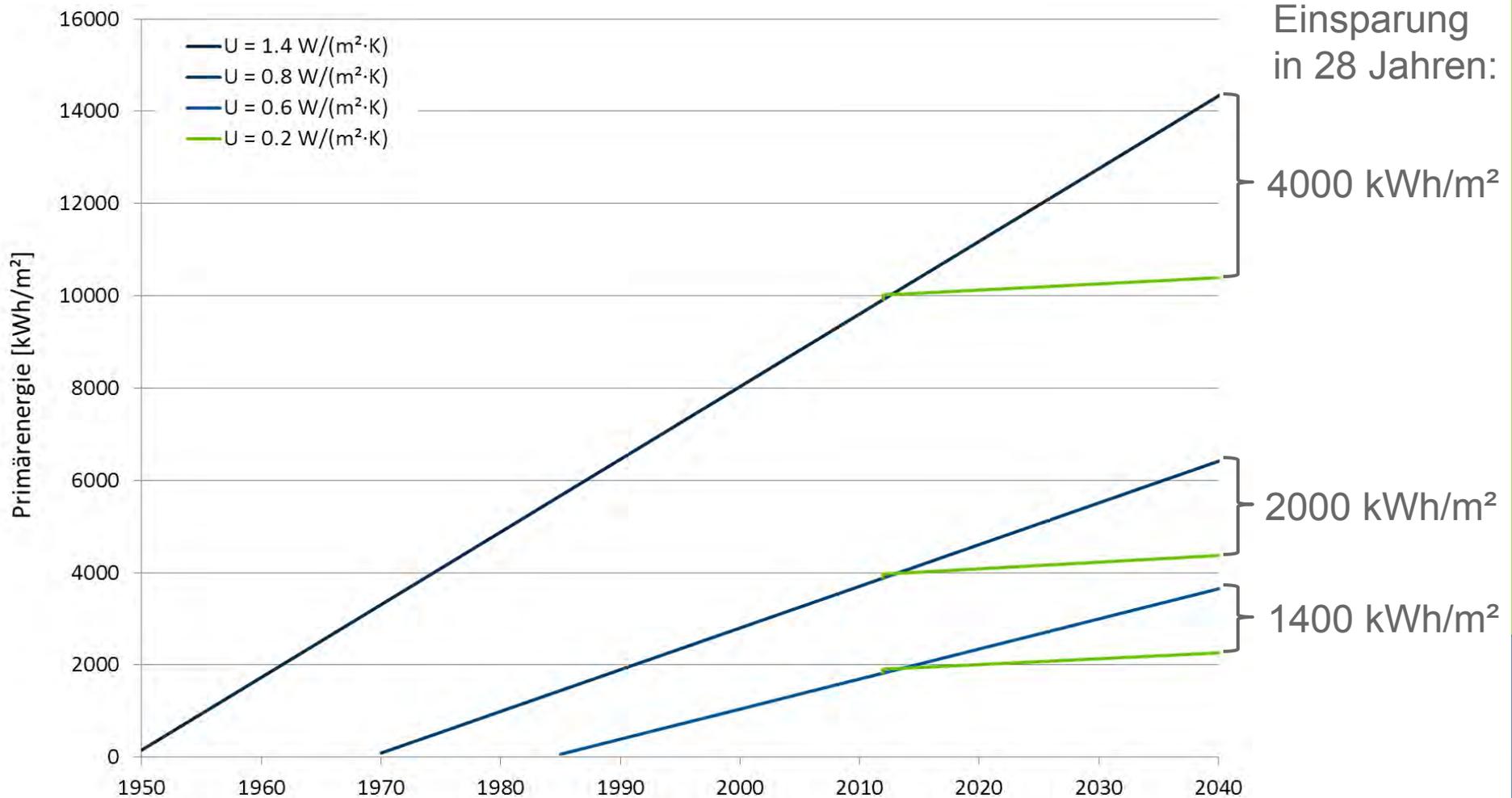
Aufbau

- Putz
- WDVS
 - PU WLS 026
 - Sandwich EPS/PU WLS 024
- Mauerwerk
- Innenputz



Außenwand – Lösungen mit PU

Sanierung mit WDVS – Ökobilanz Primärenergie

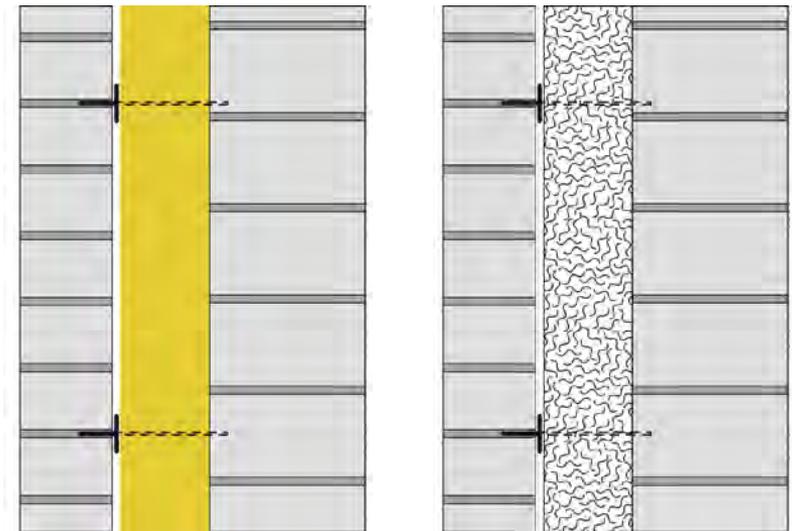


Außenwand – Lösungen mit PU

Zweischaliges Mauerwerk (Kerndämmung)

Aufbau

- Außenschale Klinker
- Maueranker
- Wärmedämmung, d = 10 / 12 / 14 cm
 - PU WLS 024
 - Mineralwolle WLS 035
 - Typ A
 - Typ B
- KS-Mauerwerk
- Innenputz

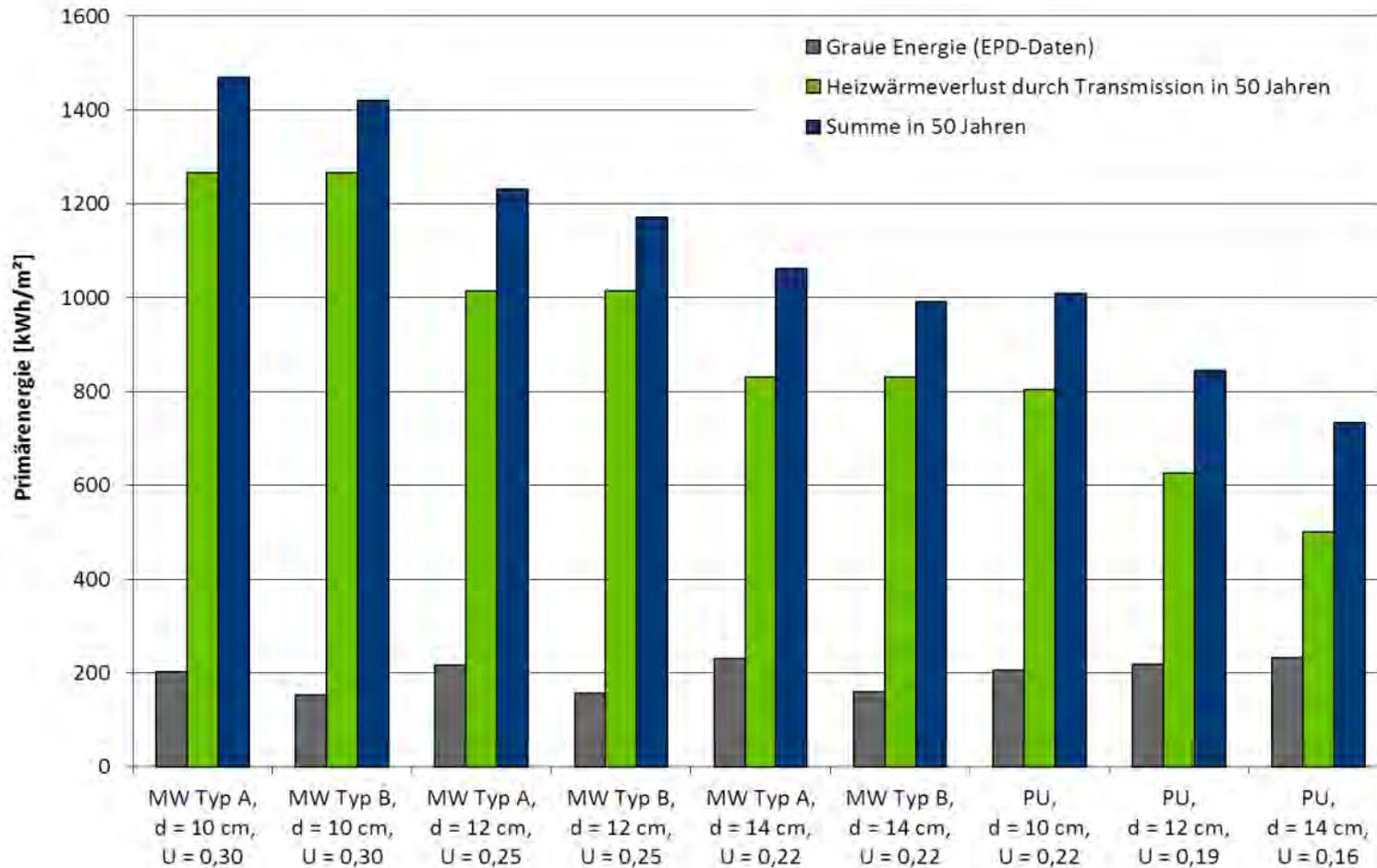


 PU

 Mineralwolle

Außenwand – Lösungen mit PU

Kerndämmung – Ökobilanz Primärenergie



Außenwand – Lösungen mit PU

Fazit

- Bei Kerndämmung sind niedrige Ziel-U-Werte von $\leq 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ nur mit PU-Lösungen erreichbar (Schalenabstand bis 140 mm)
- Bei WDVS alle Ziel-U-Werte mit PU-Lösungen erreichbar
- Energetische Sanierung von schlecht gedämmten Außenwänden immer ökologisch sinnvoll
- Bei limitierten Platzverhältnissen (maximale vorgegebene Dämmstärke) sind PU-Lösungen vorteilhaft
- Bei maximaler Ausnutzung der bebaubaren Grundstücksfläche in Verbindung mit dünnerer Wärmedämmung Vergrößerung der vermiet- oder verkaufbaren Fläche

Zusammenfassung und Ausblick

Nachhaltigkeit

- Leitbild für das Bauwesen
- Lebenszyklusbetrachtung
- Integrale Planung
- Nachhaltigkeitsbewertung schafft mehr Planungssicherheit

Energieeffizienz

- Orientierung auf Passivhausniveau sehr niedrigen U-Werten
- Ökonomisch und ökologisch sinnvolle Lösungen mit PU

Zusammenfassung und Ausblick

Auf dem Weg zu Nullenergie- und Plusenergiegebäuden

- Neufassung der EU-Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden:
„Ab 2021 sollen die Mitgliedsstaaten sicherstellen, dass alle Neubauten quasi Nullenergiehäuser sind.“
- Integriertes Energie- und Klimaprogramm der Bundesregierung:
„Ab dem Jahr 2020 soll die Wärmeversorgung von Neubauten möglichst weitgehend unabhängig von fossilen Energieträgern sein.“

Zusammenfassung und Ausblick

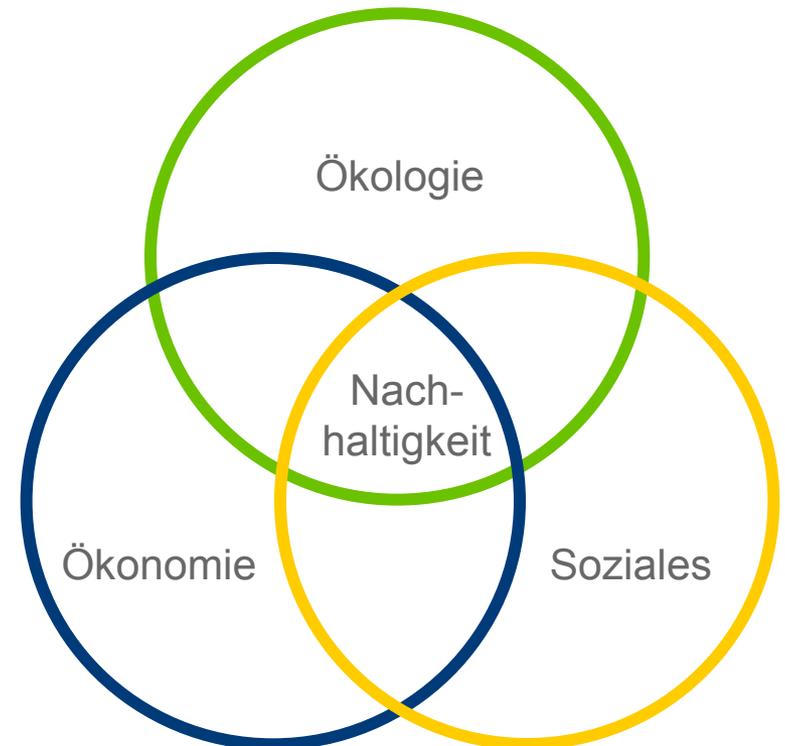
Energieeffizienz



dena.de

nachhaltigesbauen.de

Nachhaltigkeit



dgnb.de



Vielen Dank!

Hamburg, 27.11.2013, Dr.-Ing. Markus Kuhnhenne