

## Vom Kindergarten bis zum Rathaus – Wirtschaftlich und nachhaltig bauen und sanieren!

Dr. Bernd Steinmüller  
Sustainability Management Consulting  
[www.bsmc.de](http://www.bsmc.de)

Kongress „Energieeffizient Bauen und Sanieren –  
Passivhausstandard bei kommunalen Bauvorhaben“

Aachen, 25. April 2014

1

## Energieeinsparungen Faktor 10 bis 20 im Gebäudebereich möglich und nötig ... Passivhaus-Pionierprojekte, Aachen 1974 ff



- Hohe Wärmedämmung: mittl. U-Wert 0,14 W/(m<sup>2</sup>K)
- Optimierte Fenster
- Lüftungsanlage mit 90% Wärmerückgewinnung ... und Erdreichwärmetauscher
- → Passivhausansätze
- Gemessener Heizwärmeverbrauch 20 - 30 kWh/ (m<sup>2</sup>a
- Regenerative Deckung des geringen Restwärmebedarfes
- Experiment und Simulationsrechnungen zeigen: Einsparungen Faktor 10 bis 20 in Europa & Nordamerika möglich!

©BSMC 2014

Quelle: Hörster, Steinmüller (PFA)

2

# Nachhaltigkeitsgrenze

## für energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen

**Globale Grenze:**  
**10 Milliarden Tonnen p.a.**



**Bevölkerung 2050:**  
**10 Milliarden**

©BSMC 2014

bedeutet →

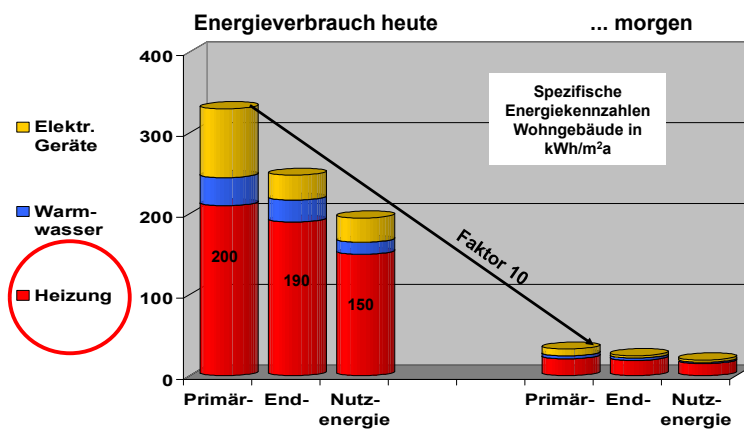
**max. 1 Tonne**



**Pro Kopf und Jahr**

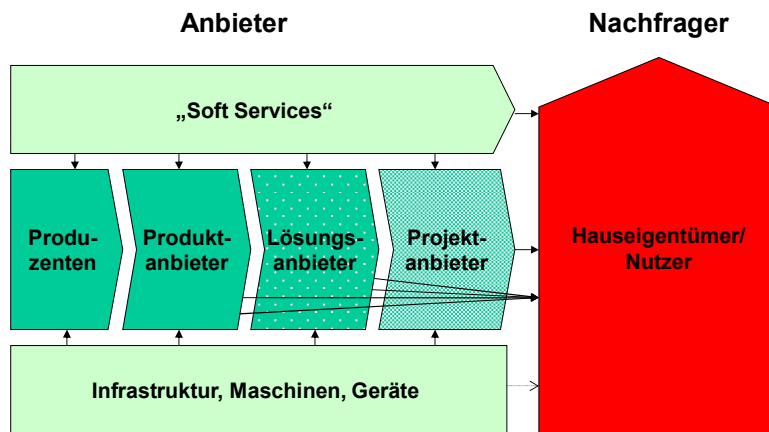
3

## Wir müssen den Energieverbrauch in Gebäuden um einen Faktor 10 senken ... !



4

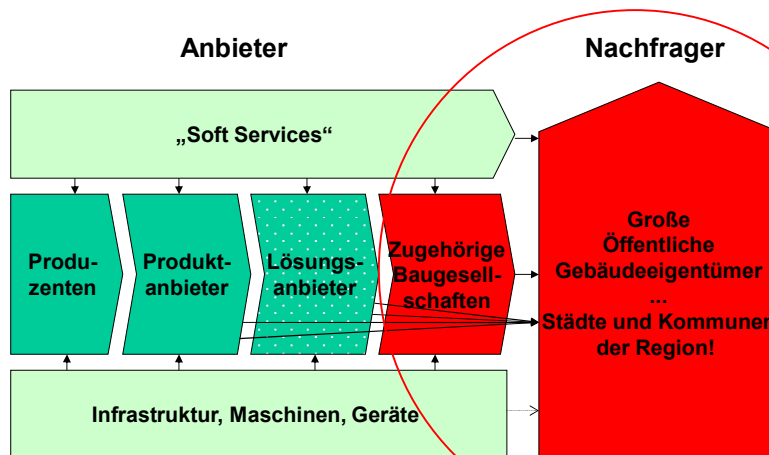
Problem: Kleinteilige Wertschöpfungskette „tickt langsam“



©BSMC 2014

5

→ Große Nachfrager müssen Signale setzen, „Kette kippen“...



©BSMC 2014

6

## Beispiel Neubau: Kindergarten Mettmann ...

©BSMC 2014

7

## Grundkonzept und Aufgabe

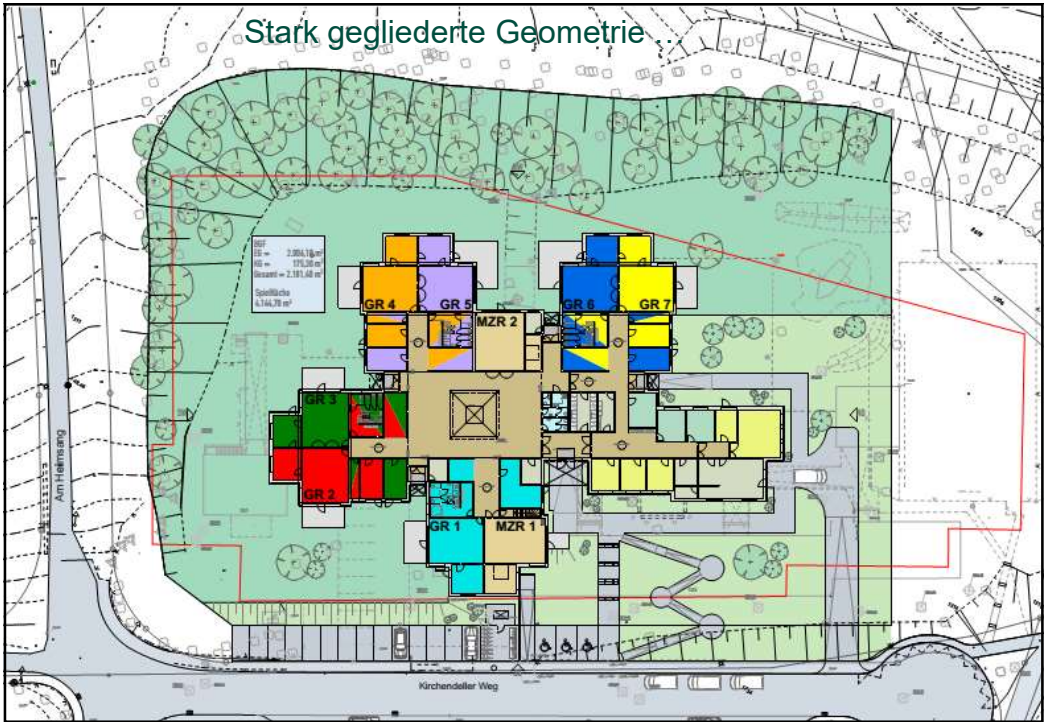
- Neubau einer Kindertagesstätte
  - 7 Gruppen mit Behinderung (ca. 110 Kinder, 25 Betreuer)
  - 1800m<sup>2</sup> EBZ, 1900 m<sup>2</sup> NGF, 2150 m<sup>2</sup> BGF (ca. 175 m<sup>2</sup> Keller)
  - mit Gruppen-, Therapie-, Mehrzweck-, Küchen-, Verwaltungsbereichen
- Grundlegende Nachhaltigkeitsaspekte
  - Soziale Integration, zukunftsfähiges, flexibles Nutzungskonzept
  - Ökologische langlebige Holzrahmen-/tafelbauweise
  - Nutzung erneuerbarer Energien
- Ausgangspunkt Optimierung:
  - Architekturkonzept, Grundgeometrie, Raumaufteilung, Holzbauweise
  - Vorstellungen, Voruntersuchungen zu Heiz-/Energiesystemen
  - BSMC-Vortrag Kommulkongress Wuppertal 2011 „Passivhaus, Zukunftsenergien“
- Aufgabe
  - Wirtschaftlich nachhaltige Optimierung mit Kapitalbarwert- und Passivhausansatz

©BSMC 2014

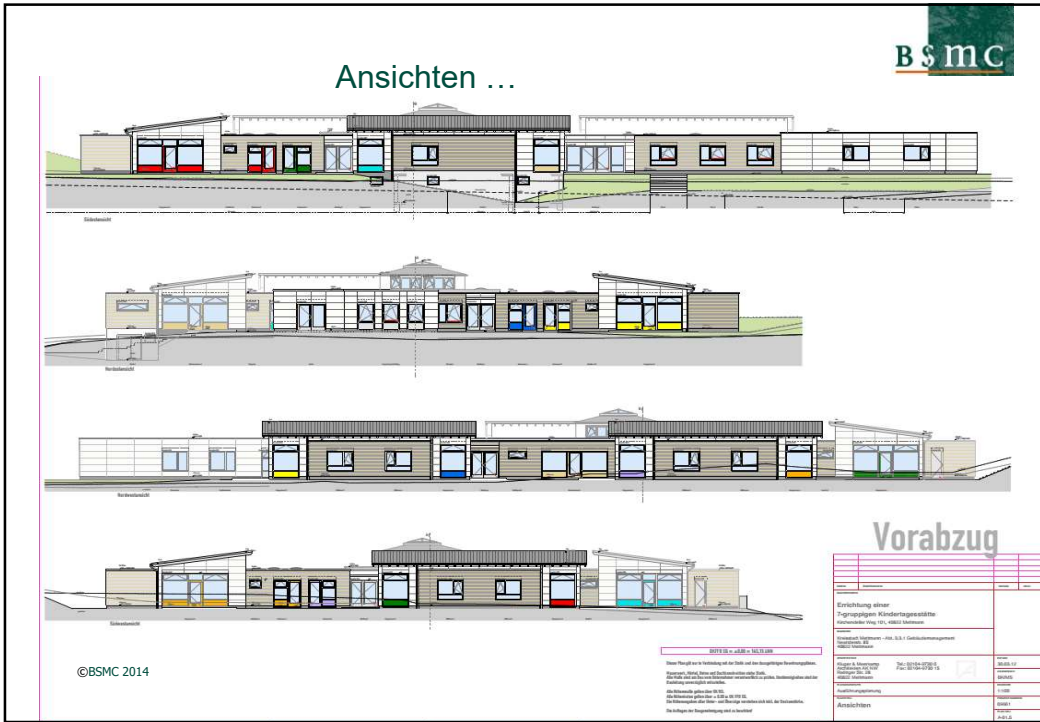
8



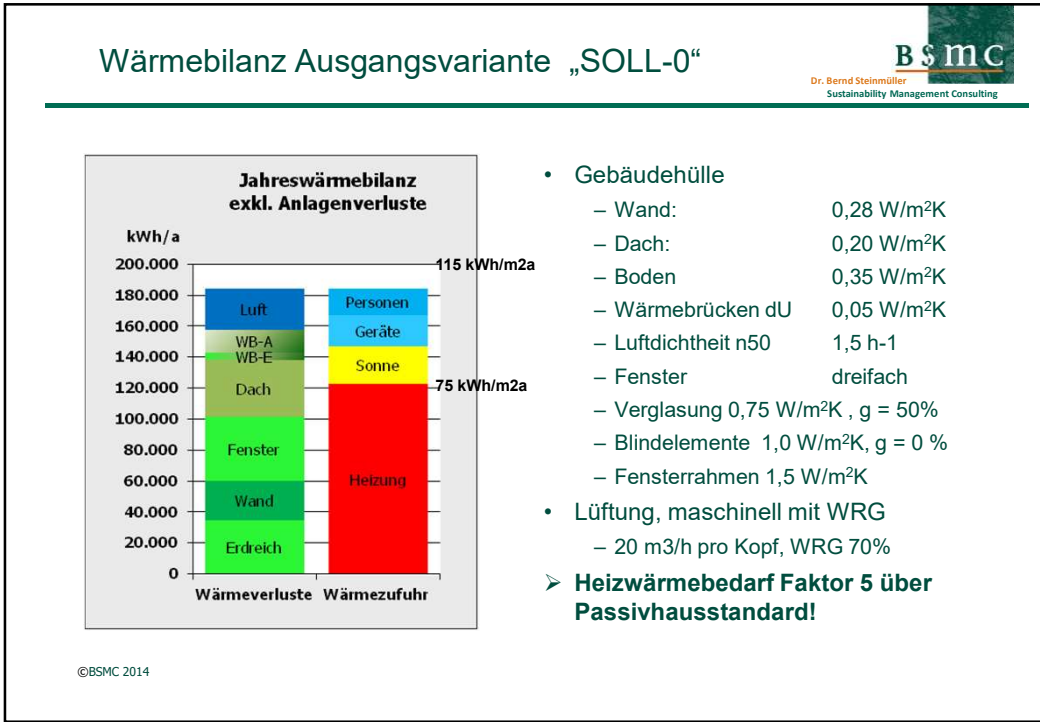
9



10



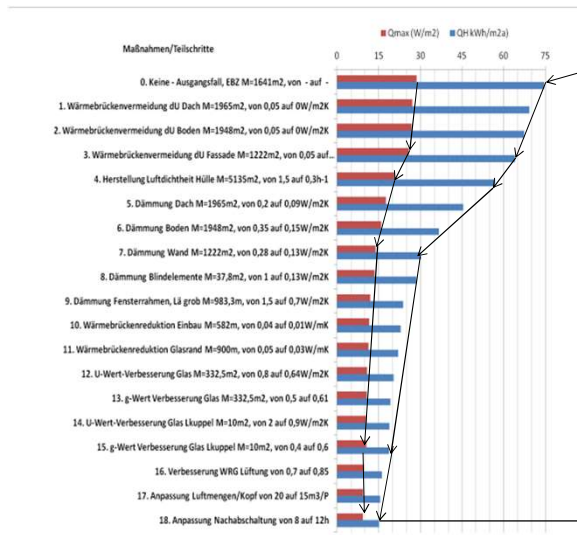
11



12



## Schritte von „Soll-0“ zum Passivhaus „Soll-P“



**Start Soll-0:**  
QH: 75 kWh/m²a, Qmax: 30W/m²

1.... Wärmebrücken vermeiden ...

4.... Dichtheit optimieren

5.... Dämmung deutlich verbessern

8.....Fenster optimieren

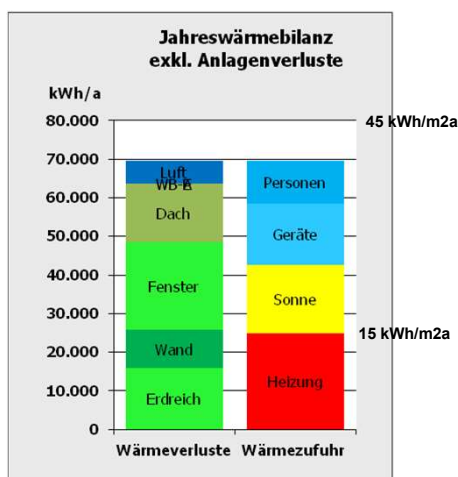
16..... Lüftung optimieren

**Ergebnis Soll-P:**  
QH: 15kWh/m²a, Qmax: 10W/m²

©BSMC 2014

13

## Ergebnis „Soll-P“ Wärmebilanz



- Gebäudehülle
  - Wand: 0,13 W/m²K
  - Dach: 0,09 W/m²K
  - Boden: 0,15 W/m²K
  - Wärmebrücken: keine
  - Luftdichtheit n50: 0,3 h-1
  - Fenster: dreifach
  - Glas: 0,64 W/m²K, g = 61%
  - Rahmen: 0,7 W/m²K
  - Blindelemente: Teil der Wand
- Lüftung, maschinell mit WRG
  - 15 m³/h pro Kopf, WRG 85%
- Ergebnis Heizwärmebedarf
  - Passivhausstandard

©BSMC 2014

14

## Ökonomische Bewertung: Kapitalbarwertmethode

- Lebenszyklusansatz, Nutzungsszenarien 60 bis 80 Jahre
- Kapitalisierung künftiger Energiekosten
  - kapitalisierter Energiepreis von 2,5 bis 3,1 €/kWh/a
  - hinzukommen kapitalisierte Leistungspreise
- Vergleich SOLL-0, SOLL-P: Energiekosten ... Mehr-/Minderinvestitionen

©BSMC 2014

15

## Rahmenszenarien Kapitalbarwert Energie (lfd. inklusive Wartung)

Wahl Bauherr

Parameter	Name/Formel	Wert (inkl. MwSt)				Einheit
Lebens-/Nutzungsdauer	t=	20	40	60	80	a
Lfd. Energiekosten Mettmann 2012, Schnittstelle Verteilung		0,05				€/kWh
Zuschlag Wartung		10%				
Eff. Energiekosten Mettmann	E0=	0,055				€/kWh
Mittlere Energieinflation	e=	4,0%				
Mittlerer Kapitalzins	k=	5,0%				
==>						
Szenarioparameter effektiver Zeit- /Kapitalbarwertfaktor	$q = (1+e)/(1+k)$ $T_{eff} = (q^t - 1)/(q - 1)$	0,99	0,99	0,99	0,99	
Kapitalisierte lfd. Energie- und Wartungskosten	$E = E0 \cdot T_{eff}$	1,01	1,84	2,52	3,09	€/kWh/a

©BSMC 2014

16



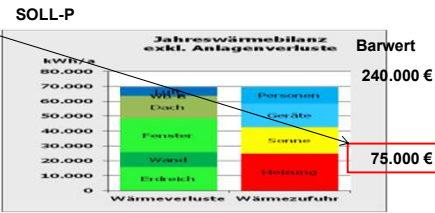
# Kapitalisierung der Wärmebilanzen ergibt ...

für Barwert 3 €/kWh ...

SOLL-0



→ Übergang zu Passivhaus SOLL-P erspart mdst. 300.000€ Barwert an Heizwärmekosten

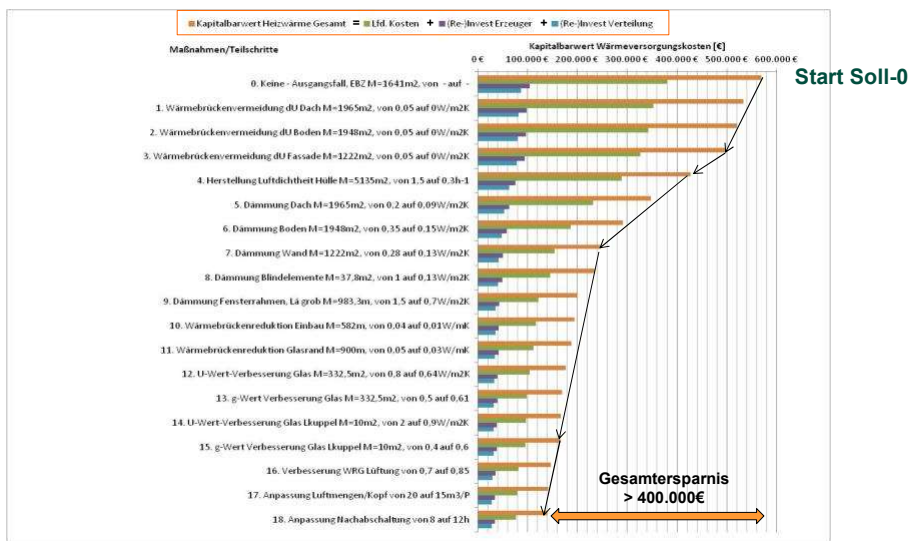


→ Hinzukommen Ersparnisse durch Reduktion/Vereinfachung Heizsystem

©BSMC 2014

17

# Gesamtsparpotenzial ...



©BSMC 2014

Ergebnis Soll-P

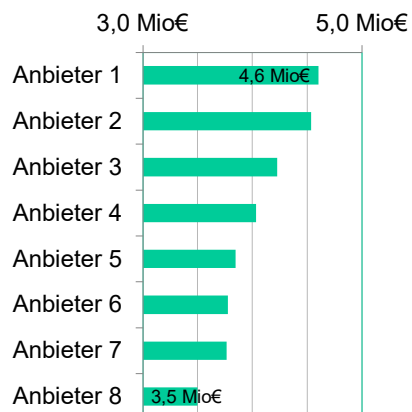
18

## Umsetzung ...

©BSMC 2014

19

## Angebote - Generalunternehmer



- Preisspanne 3,5 ... 4,6 Mio. €  
 (1640 ... 2160 €/m<sup>2</sup> BGF)  
 – inkl. PV und WP-System  
 – Teuerstes Angebot 32% über Preiswertestem
  - Ausgewiesene Mehrkosten Passivhaus 0,3 Mio. €,  
 – vergleichsweise klein (< 10%)  
 – im wirtschaftlichen Rahmen
- Umsetzung mit Anbieter 8

©BSMC 2014

20



21



22





23




24



25

## Eckenbeispiel – Aufbau



Dr. Bernd Steinmüller  
Sustainability Management Consulting

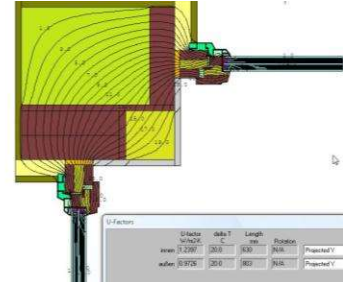
**Pos 2.2  
Fensterocke  
(Terhalle)**

**Dämmung:**  
24 cm Zellulose WLG 040  
12 cm Mineralwolle WLG 035

**Außen**

- Fenestill Epishanoptime 15 mm
- BW - Sonenock-WLG 035 120 mm
- Isotex L Zellulose WLG 040 240 mm
- Konoplex F floor stars 15 mm
- Kronotec WP / DP 50 15 mm
- Traglattung 80 mm
- Fensterumrandung TRESPA 10 mm
- Konoplex F floor stars 15 mm
- EPS 20 SE WLG 035 40 mm

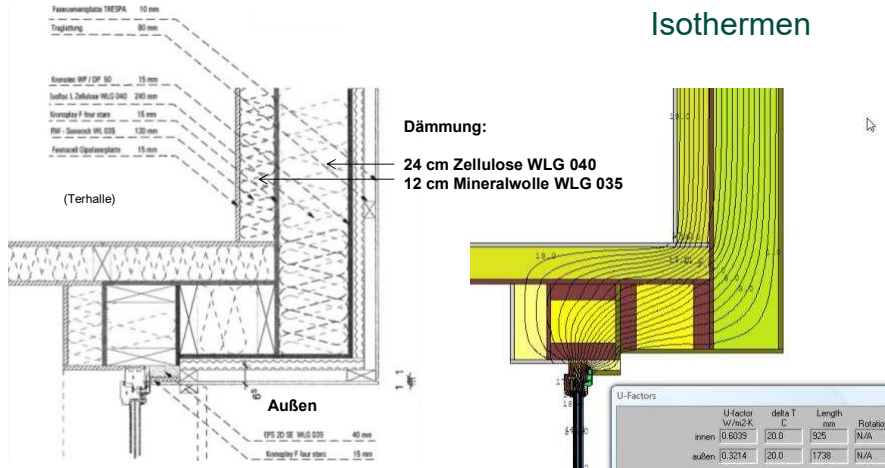
**...und Isothermen**



©BSMC 2014

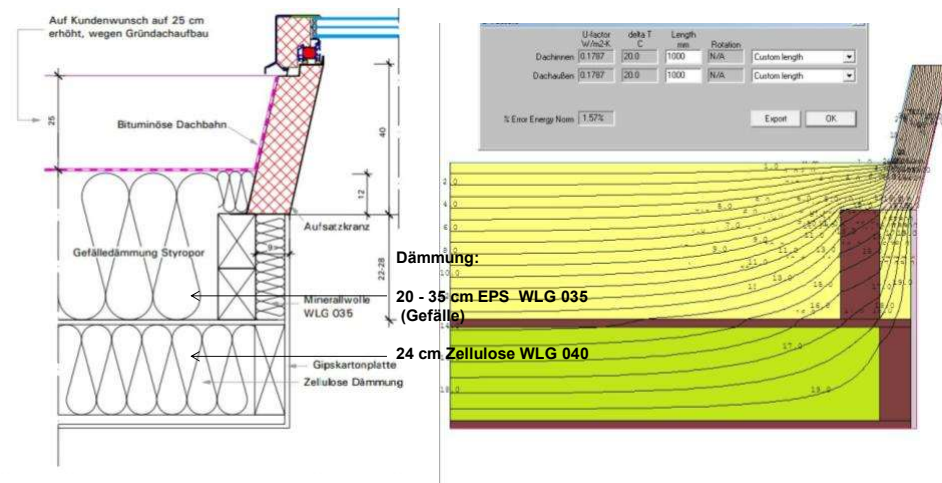
26

# ... Ecke mit Türanschluss - Wandaufbau



27

# Beispiel Dach, Lichtkuppeln ...



28





29



30



31



32





33



34



35



36



37



38



## Ergebnis Mettmann

- Passivhausstandard erreicht ...
  - Heizwärmebedarf ca. 14,7 kWh/m<sup>2</sup>a < 15 kWh/m<sup>2</sup>a
  - Primärenergiebedarf ca. 70 kWh/m<sup>2</sup>a (vorläufig) < 120 kWh/m<sup>2</sup>a
  - Luftdichtheit n<sub>50</sub> ca. 0,3 h<sup>-1</sup> < 0,6 h<sup>-1</sup>
- ...nachhaltig
  - ökonomisch: nahe Optimum
  - sozial: hohe Nutzerqualität, Komfort Sommer/Winter
  - ökologisch: mit umweltfreundlichen Baustoffen, Energiebedarf "nahe Null" ...
- ... mit PV sogar Plusenergie
  - Beitrag PV zu Primärenergie 75 kWh/m<sup>2</sup>a,
  - Bilanzieller Überschuss ca. 5 kWh/m<sup>2</sup>a
- ... weitere Optimierungsmöglichkeiten
  - Im Ablauf/Architektur: Energieexpertise noch früher einbeziehen
  - Heizsystem/WP/Erneuerbare: Kosten-/Nutzenrelation prüfen, verbessern

©BSMC 2014

39

## Passivhaussanierung mit Faktor 10 in Löhne ...

siehe auch Internationale Passivhaustagung 2012

©BSMC 2014

40



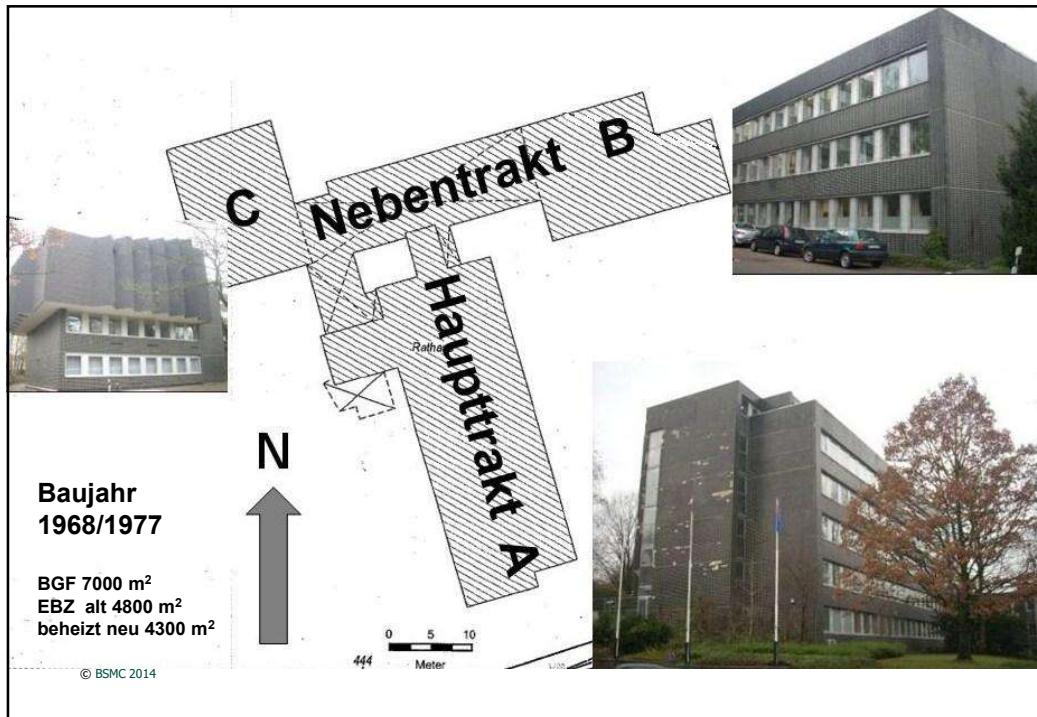
## Ausgangssituation Rathausprojekt

1. Rathaus Löhne (BJ 68/77)  
 sanierungsbedürftig
  - Vorhangfassade löst sich, Fenster marode, Dach durchfeuchtet
  - Wärmeverteilung, Heizkörper, Beleuchtung erneuerungsbedürftig
  - Hohe Heizenergiekosten (Barwert 2 Mio €)
2. Vorschlag
  - einer mittels Passivhaustechnologie optimierten Variante „SOLL-P“
  - im Vergleich zur ursprünglichen Variante ohne Passivhaustechnologie „SOLL-0“ (Referenzfall – N.B. schon besser als EnEV!)



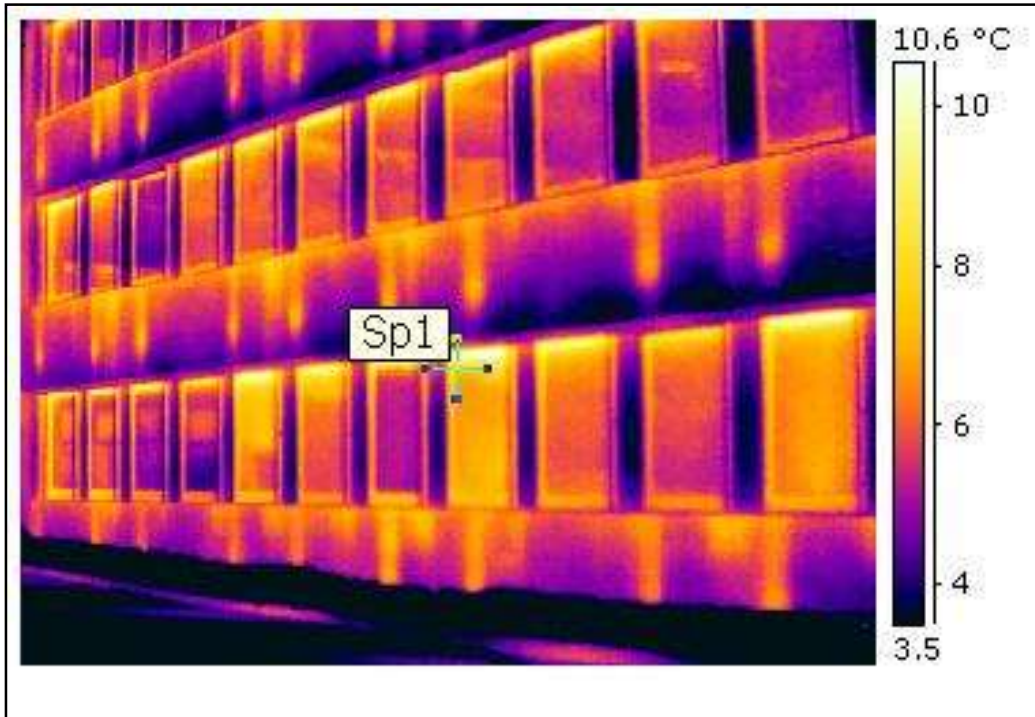
© BSMC 2009

41




42





45



---

## Kapitalbarwertmethode

- Lebenszyklusansatz, Nutzungsszenarien 40 bis 60 Jahre
- Kapitalisierung künftiger Energiekosten
  - kapitalisierter Energiepreis Fernwärme von 2,5 bis 3,3 €/kWh/a
  - kapitalisierter Leistungspreis von 0,6 bis 0,8 €/(W/a)
- Vergleich IST, SOLL-0, SOLL-P: Energiekosten ... Mehr-/Minderinvestitionen

BSMC, 2012

46

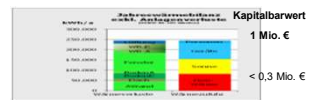
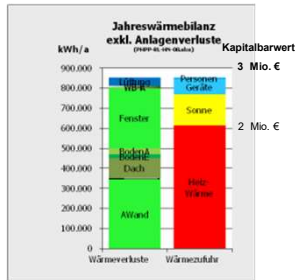


## Jahreswärmebilanzen – Kapitalbarwerte Rathaus Löhne

IST-Zustand Ref

SOLL-0 „nicht-optimiert“

SOLL-P „passiv“



→ Bilanzsummen reduzieren sich um Faktor 3, Heizenergiebedarf überproportional fast um Faktor 10 (90%)

© BSMC 2014

47

## Löhne beschließt Rathausanierung mit

### Passivhaustechnologie, weil rundherum vorteilhaft

- Wirtschaftspolitisch: Beste Kosten-/Nutzenbilanz
- Umweltentlastung: Faktor 10 Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung
- Sozial:
  - Förderung regionaler Arbeit statt Energiekonsum
  - Gesundes Raumklima für Arbeitnehmer und Besucher im Rathaus
- Regionalpolitisch: Innovativer Impuls und Multiplikatoreffekt für die gesamte Region

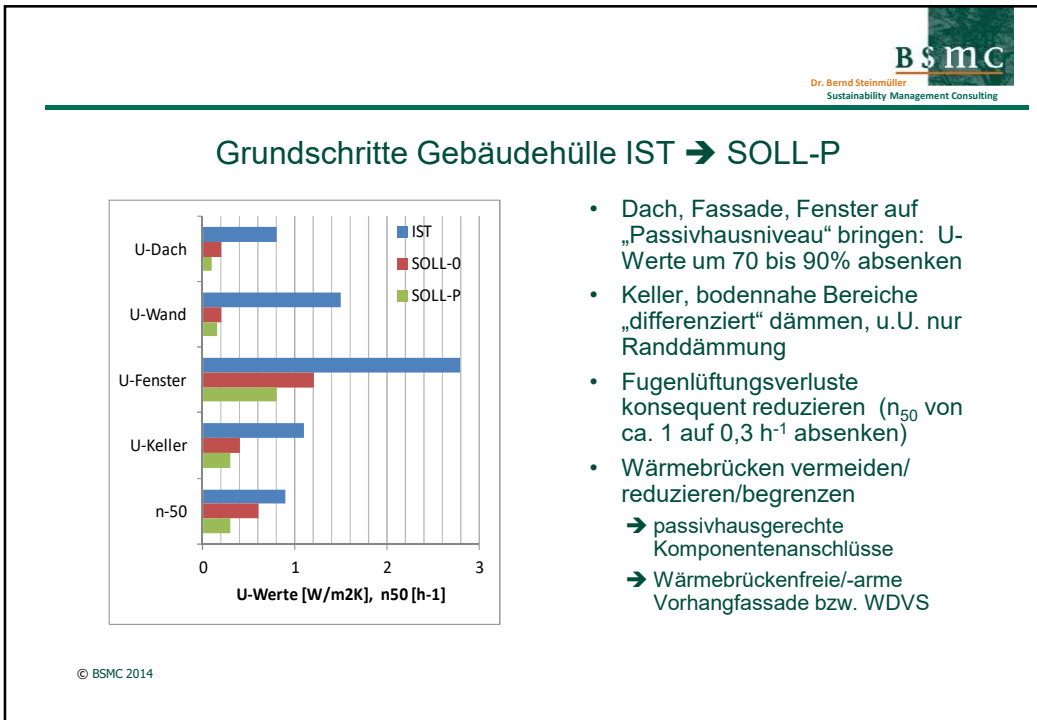


© BSMC 2010

48



49



50

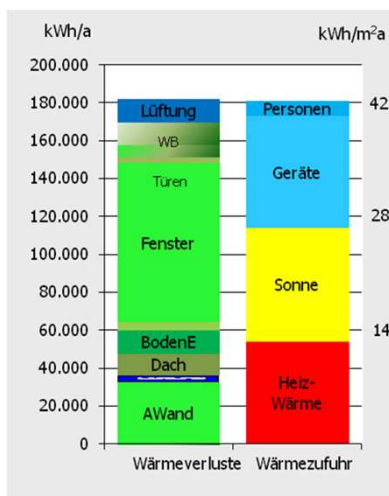


@BSMC 2014

- Lüftung
  - hocheffizient, zentral mit 80% WRG
  - Verteilung kostengünstig längs Hauptfahrstuhlschacht und Flurdecken
  - freie Rückströmung über Flure
  - freie Nachtkühlung über RWA-Fenster und kammförmige Durchströmung der Flure
- Restwärmeversorgung
  - Fernwärme
  - Kostengünstige Verteilung längs Lüftung
  - Kleinstheizkörper über Flurtüren
- Licht
  - Moderne Spiegelrasterleuchten
  - hocheffizient, dimmbar, abschaltend
  - Außenverschattung S, O, W (geregelt)

51

## Ergebnis Löhne...



© BSMC 2014


- Effizienzmaßnahmen reduzieren Wärmeverluste so stark, dass Deckung
  - zu 2/3 passiv
  - nur 1/3 aktiv
- Passivhauskennwerte Neubau werden in Sanierung erreicht/unterboten
  - Heizwärme unter 14 kWh/m<sup>2</sup>a (d.h. Reduktion um Faktor 10 bzw. 90% )
  - Primärenergie sinkt unter 120kWh/m<sup>2</sup>a
- Weitere Absenkung Primärenergie
  - Stromeinsparung durch schrittweise Modernisierung Gerätepark & optimiertes Energie-/Gerätemanagement
  - Nutzung Erneuerbarer Energien (PV-Installation auf Dach vorbereitet)
- Nachhaltige Maßnahme mit Signalfunktion

52





53



## Konklusion

---


- Nachhaltigkeit erfordert Faktor 10 Reduktion energiebedingter CO<sub>2</sub>-Emissionen
- Passivhaustechnologien weisen den Weg im Neubau und Bestand
  - Wirtschaftspolitisch: Beste Kosten-/Nutzenbilanz
  - Umweltentlastung: Faktor 10 Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial
  - Sozial: Förderung regionaler Arbeit statt Energiekonsum; gesundes Raumklima
  - Regionalpolitisch: Innovativer Impuls und Multiplikatoreffekt für die gesamte Region
- Regionale Wertschöpfungsketten sind am Kippen
  - in Deutschland, Europa ... und auch Nordamerika!
- Kippprozesse müssen jedoch dramatisch beschleunigt werden
  - Wir dürfen keine Zeit mehr verlieren
  - Beispiele müssen „Standard“ werden
  - Entschlossenes Handeln vor Ort ist entscheidend, denn...

©BSMC 2014

54



55



---

## Hintergrundinformationen

- Dr. Bernd Steinmüller Sustainability Management Consulting, BSMC GmbH, [www.bsmc.de](http://www.bsmc.de)
- [Reducing Energy by a Factor of Ten: Promoting Energy Efficient Sustainable Housing in the Western World](#)”, BSMC, publ. CSM Lüneburg 2008
- [Passivhaustechnologien im Bestand – von der Vision in die breite Umsetzung](#), BSMC, in: Feist, W. (ed.): 9<sup>th</sup> Int. Passive House Conf. Ludwigshafen 2005. Darmstadt: PHI, p. 81 – 90.
- [Rathausanierung mit Passivhausstandard Richtung Null: Luxus oder wirtschaftliches, nachhaltiges Unterfangen?](#) BSMC, in Feist, W. (ed): 15<sup>th</sup> Int. Passive House Conf. Hannover 2012 und [www.passivbewegt.de](http://www.passivbewegt.de)

©BSMC 2014

56



57