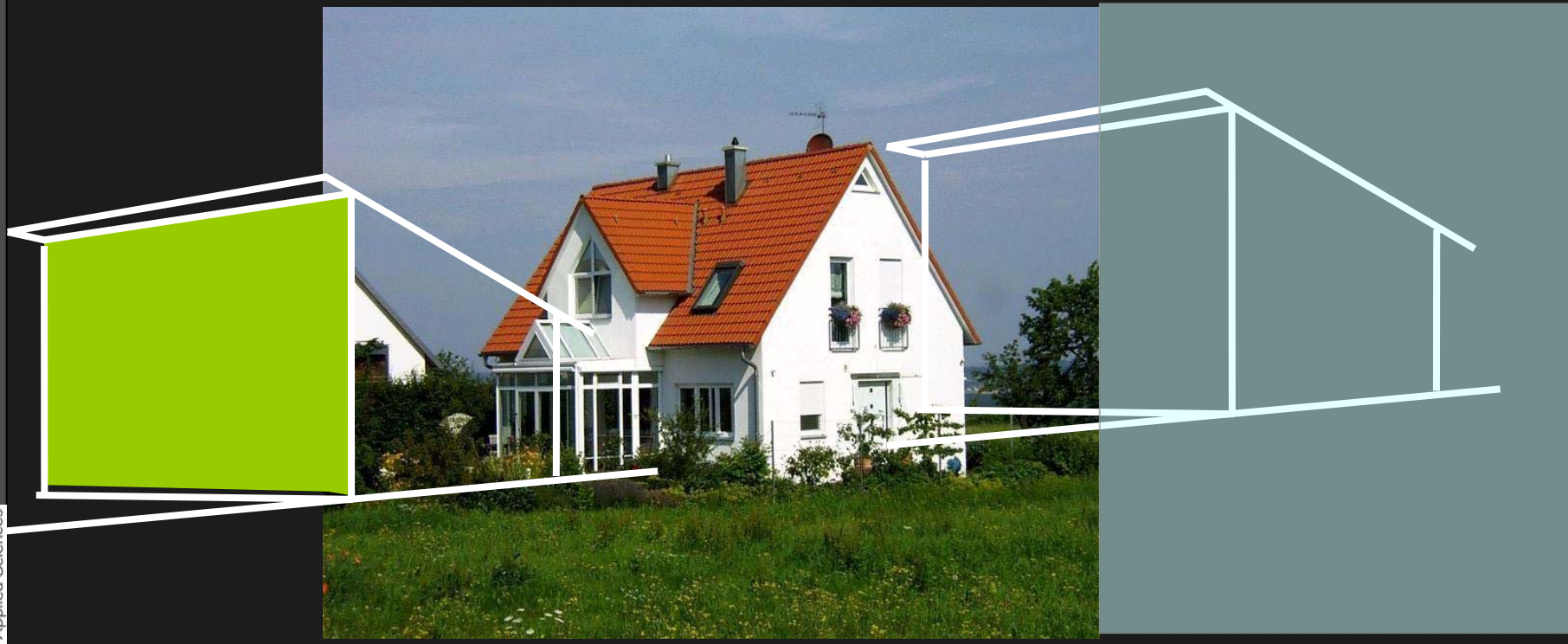
Energiesparen – Projekte aus Städtebau und Hochbau

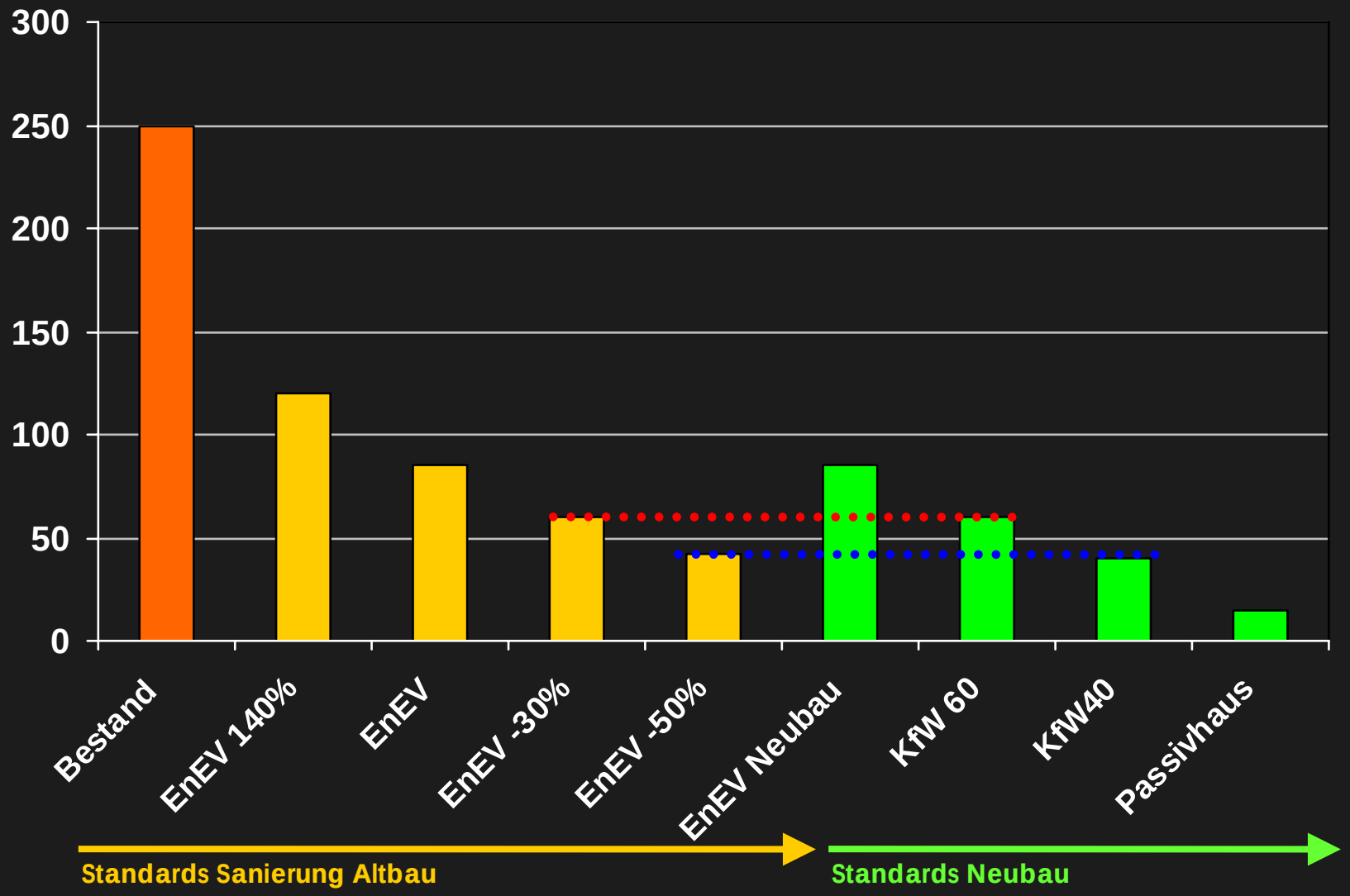
Prof. Georg Sahner BDA E2D

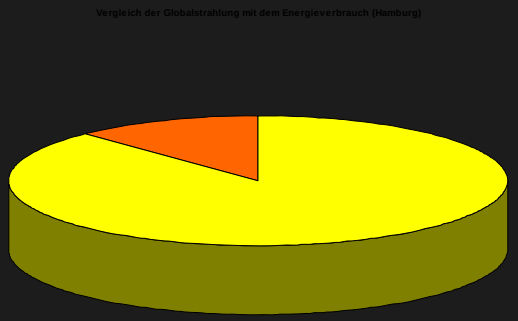
Studiengangsleiter des Bachelor- und Masterstudiengangs Energieeffizientes Planen und Bauen – HS Augsburg
Forschungsgruppe Energieeffizienz – HS Augsburg

gas-sahner Planungsgruppe Stuttgart-Augsburg



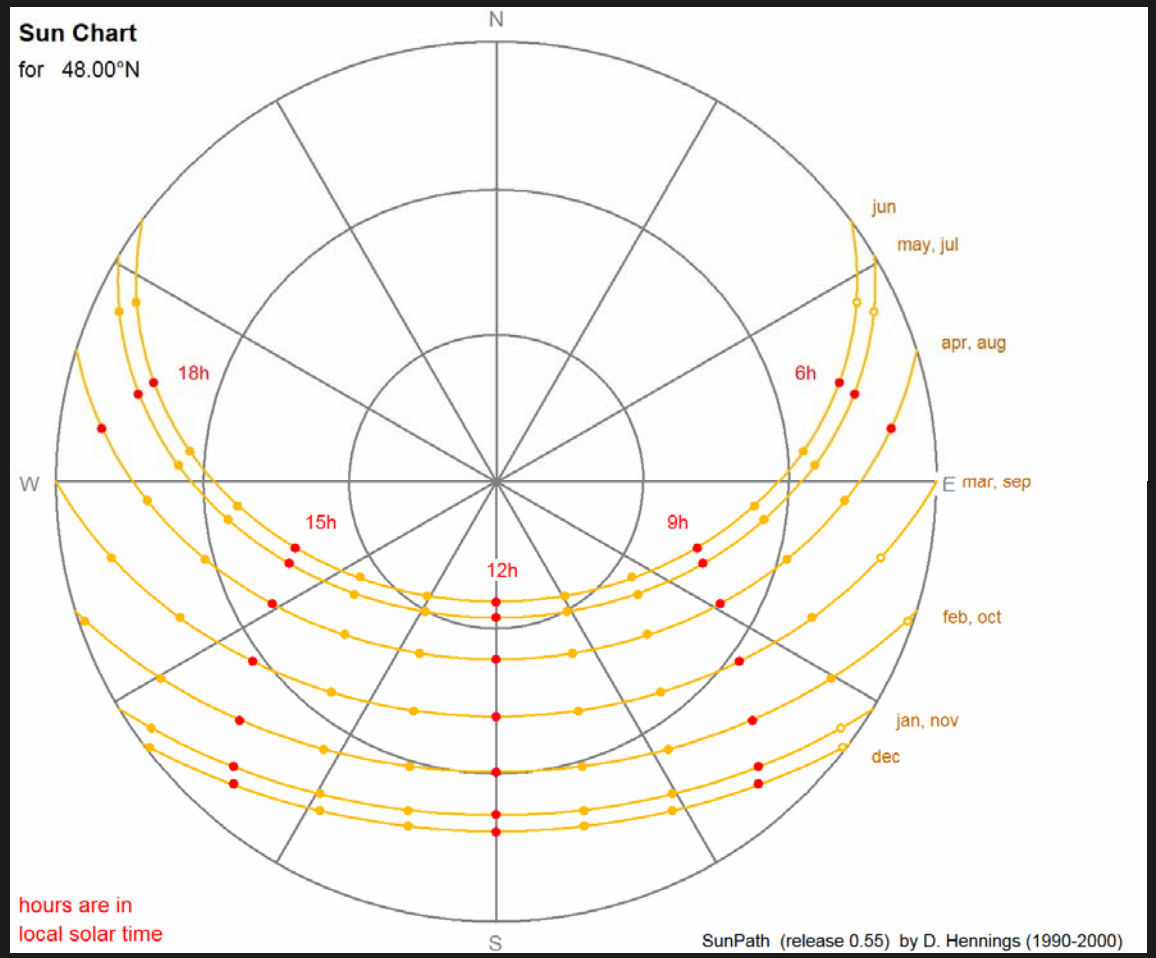
Primärenergie-Kennwerte von Baustandards KWh/m²a





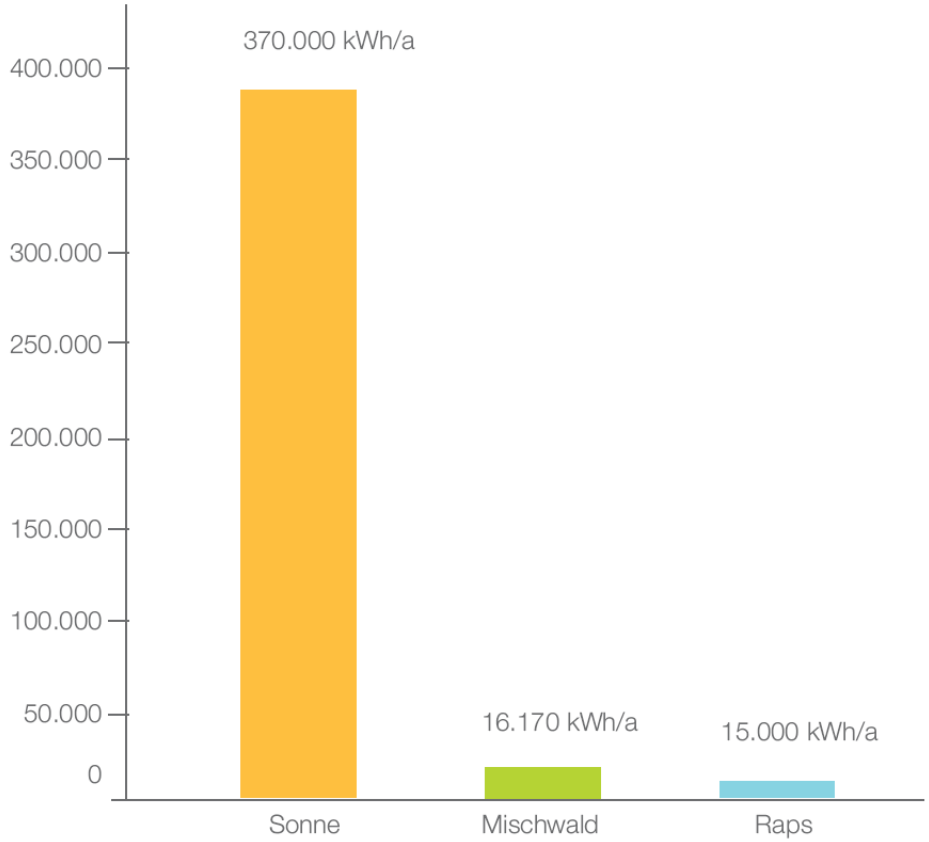
Globalstrahlung auf hamburg : 689 GWh/a
= 100 %

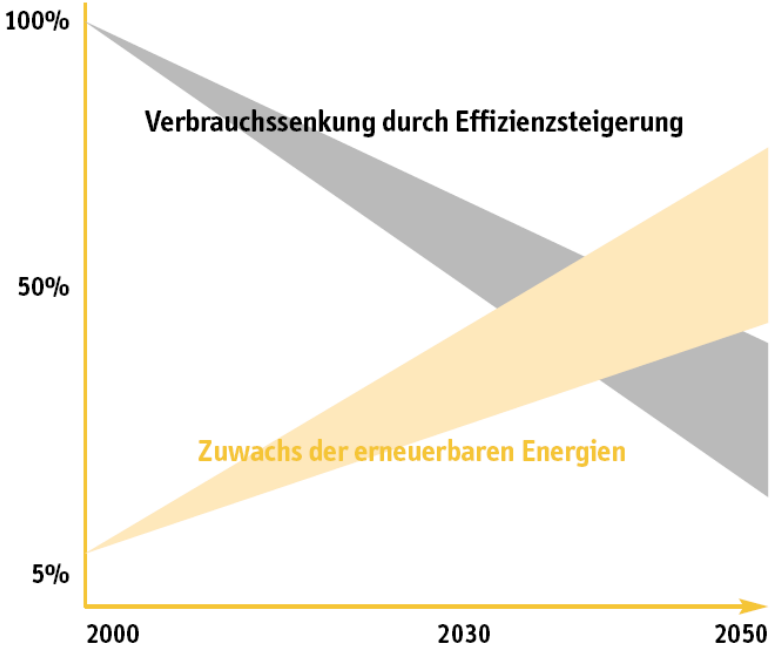
Energiebedarf Hamburgs : 83 GWh/a
= 12 % der einfallenden Globalstrahlung



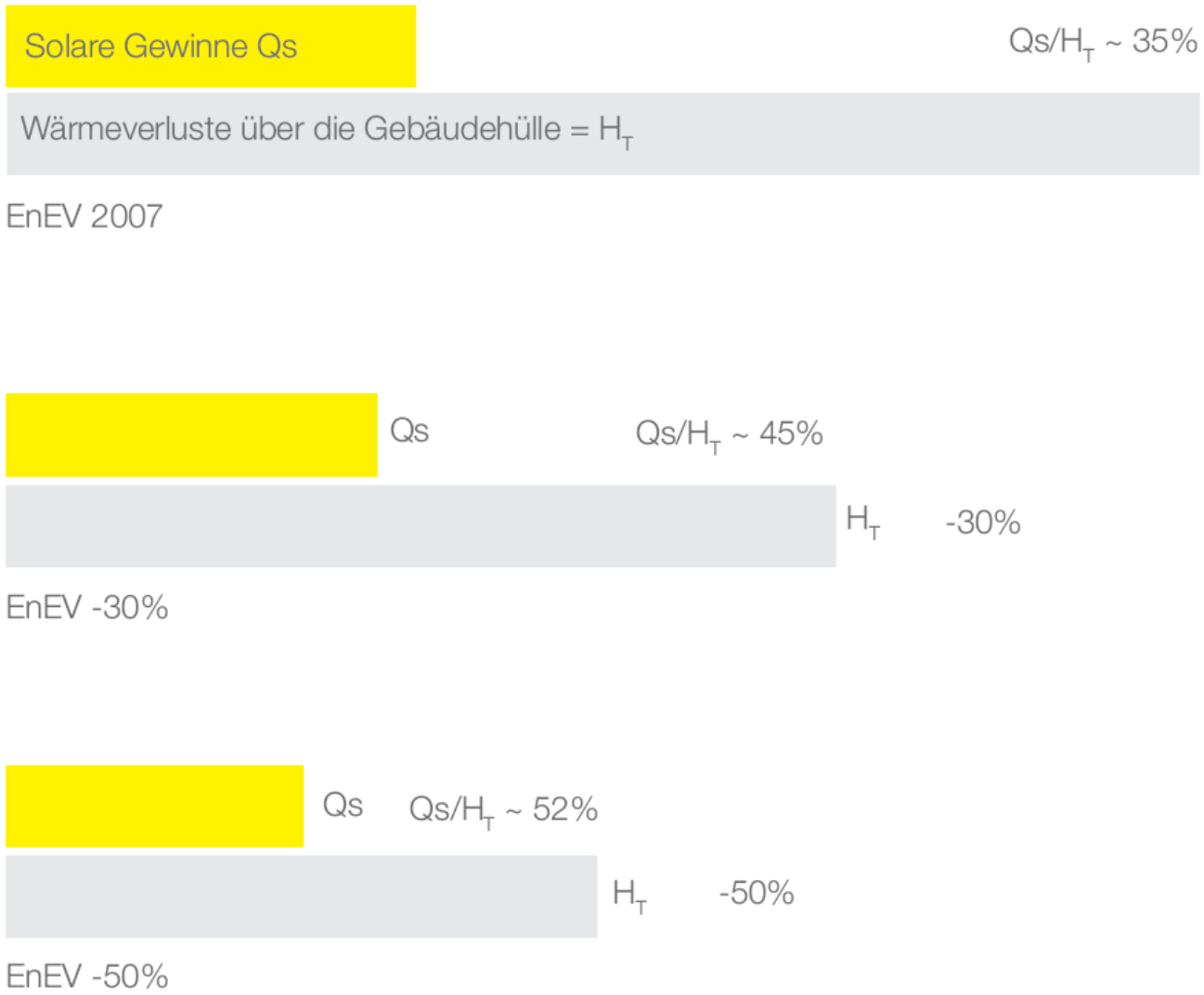
Kernenergie	Solarstrahlung		Erdwärme	Gravitation
	vergangene Strahlung	aktuelle Strahlung		
■ Atomenergie	■ Kohle ■ Erdöl ■ Erdgas	■ Globalstrahlung ■ oberflächennahe Erdwärme ■ Atmosphärenwärme ■ Wind ■ Meereswärme ■ Meeresströmung ■ Wellenbewegung ■ Laufwasser ■ Biomasseproduktion	■ oberflächenferne Erdwärme	■ Gezeitenenergie
nicht erneuerbar				**erneuerbar**

Quelle: Prof. Hegger





Der Ausbau der Erneuerbaren Energien und die Verbesserung der Effizienz müssen sich „entgegenkommen“.


Solare Gewinne Qs
Qs/H_T ~ 35%
Wärmeverluste über die Gebäudehülle = H_T
EnEV 2007
Qs
Qs/H_T ~ 45%
H_T
-30%
EnEV -30%
Qs
Qs/H_T ~ 52%
H_T
-50%
EnEV -50%

IV / Tiefe 16m | A/H = 5,0 | GFZ = 1,07 | A/V_e ++

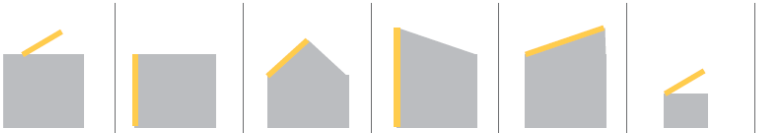
IV / Tiefe 12m | A/H = 3,3 | GFZ = 1,07 | A/V_e +

IV / Tiefe 8m | A/H = 2,0 | GFZ = 1,07 | A/V_e -

VI / Tiefe 16m | A/H = 5,0 | GFZ = 1,07 | A/V_e ++

IV / Tiefe 16m | A/H = 5,0 | GFZ = 1,07 | A/V_e +

II / Tiefe 16m | A/H = 5,0 | GFZ = 1,07 | A/V_e -



	FD / Aufständerung	FD / Fassadenintegration	SD / Fassadenintegration	PD nach Süden / Fassadenintegration	PD nach Norden	Integration Garagendach
passiv	+	+	0	+	-	0
aktiv	+	+	+	+	+	+

Analyse I Bebauungsplan IST I Definition der Typologien

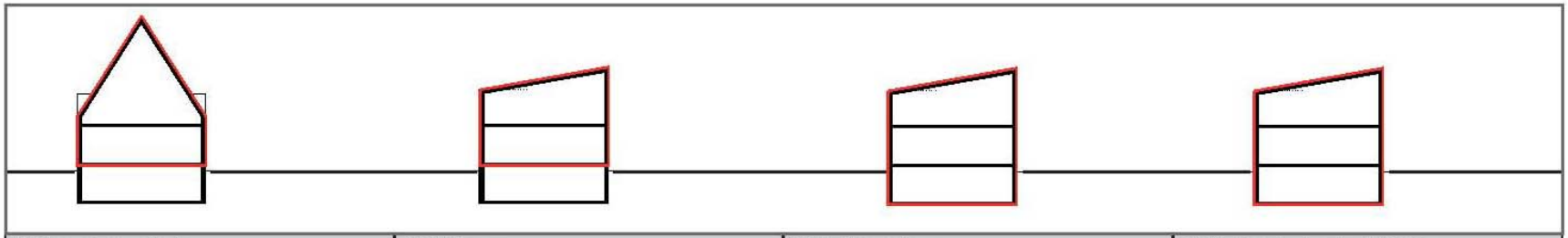
Solarstrahlung

Unterbrechung der Raumkante

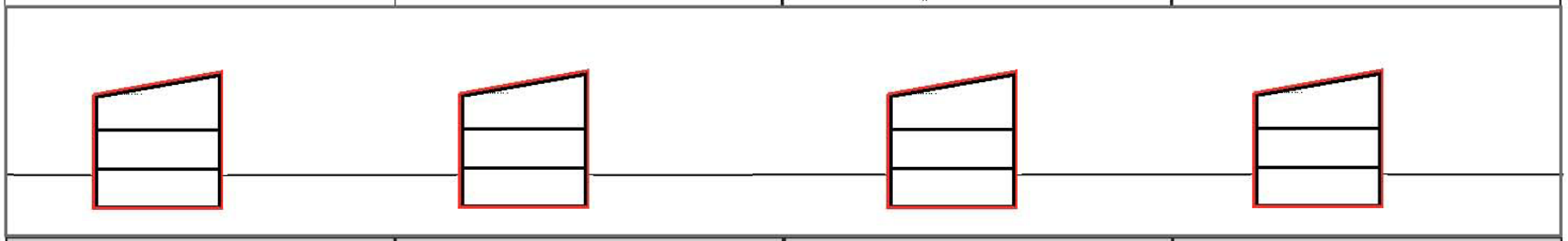
Starke Verdichtung und Verschattung durch Reihenhäuser

Abstandsfläche zu gering

Anstieg der Gebäudehöhen und Dichte nach Süden



IST Ausgangsvariante	SOLL Form	SOLL Dämmebene	SOLL Energiestandard KfW 60
Aktion	Veränderung der Form	Veränderung der Dämmebene	Verbesserung Energiestandard auf $H_{T\,Soll}'$ EnEV -30%
		Minimierung der Verluste bei beheiztem Keller	
Reaktion	Verbesserung Q_h	Verbesserung $H_{T\,Soll}'$ EnEV ca. -20%	Verbesserung Q_h
	Minimierung der Verschattung	Verbesserung Q_h	



SOLL Energiestandard KfW 60 $U_{WB} = 0$	SOLL Energiestandard KfW 40	SOLL Energiestandard KfW 40 $U_{WB} = 0$	Passivhausstandard
Verbesserung Energiestandard auf $H_{T\,Soll}'$ EnEV -30%	Verbesserung Energiestandard auf $H_{T\,Soll}'$ EnEV -45%	Verbesserung Energiestandard auf $H_{T\,Soll}'$ EnEV -45%	Verbesserung Energiestandard nach $H_{T\,Soll}'$ PHPP
Wärmebrückenfreiheit $U_{WB} = 0$		Wärmebrückenfreiheit $U_{WB} = 0$	
Verbesserung Q_h	Verbesserung Q_h	Verbesserung Q_h	Verbesserung Q_h

Schaffung klarer räumlicher Kanten

Solarstrahlung, Schaffung lichtdurchfluteter Innen- und Außenräume

RH flankieren die aufgelockerten Bereiche aus DH und EFH

Die hohen Gebäude drehen sich nach O/W

Optimierung I Bebauungsplan

Verbesserungen der Typologien um 5 – 8%

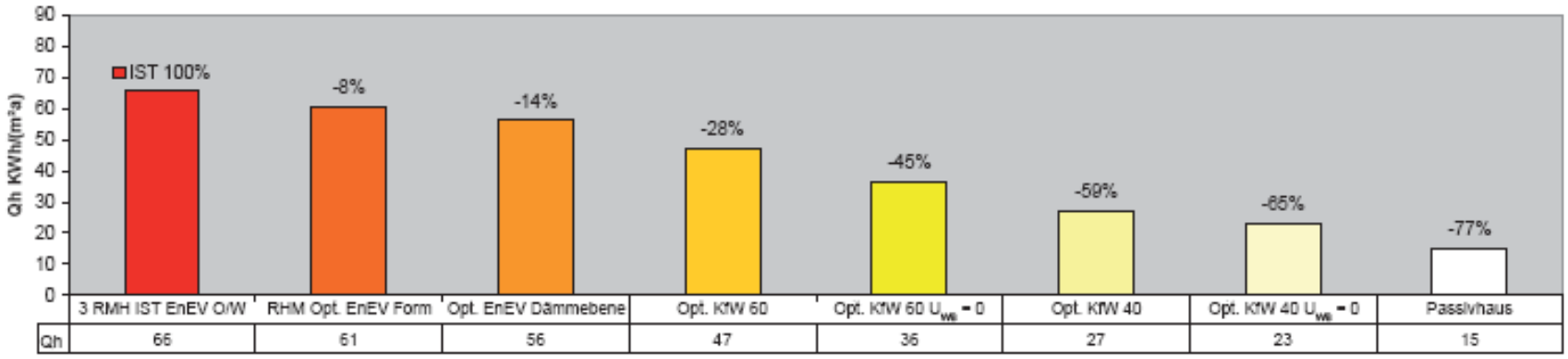


Abb. 14 Jahresheizwärmebedarf bezogen auf die Optimierung der Form, der Wärmedämmebene und der Energiestandards.
ANMERKUNG: Sockelgeschoss auf EFH + 0.5 m OK Gelände ist Grundlage. Bei Fehlen dieser Festsetztung sind bei Korrektur die Gewinnerträge um 3-4% höher.
G.A.S., Stuttgart 2007

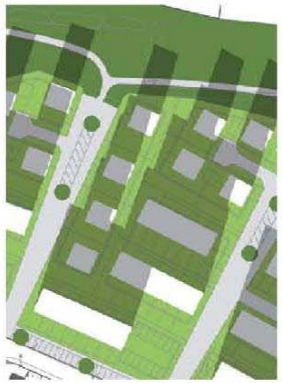
Legende
IST Zustand nach EnEV H_T‘ SOLL
SOLL neue Form EnEV H_T‘ SOLL
SOLL neue Dämmebene entspricht ca. EnEV H_T‘ SOLL -20%
SOLL KfW 60 Standard EnEV H_T‘ SOLL -30%
SOLL KfW 60 Standard Minimierung der Wärmebrücken U_{WB} = 0
SOLL KfW 40 Standard H_T‘ SOLL -45%
SOLL KfW 40 Standard Minimierung der Wärmebrücken U_{WB} = 0
SOLL Passivhausstandard H_T nach PHPP

Optimierung der Verschattungssituation I Gegenüberstellung

Verschattung IST 10:30

Verschattung IST 11:30

Verschattung IST 12:15


Verschattung IST 13:30

Verschattung IST 14:30

Sehr starke Verschattung der Gebäude hinter dem Reihenhausriegel. Viele Gebäude erfüllen nicht die Mindestanforderung an die Besonnung eines Wohnhauses

Verschattung SOLL 10:30

Verschattung SOLL 11:30

Verschattung SOLL 12:15

Verschattung SOLL 13:30

Verschattung SOLL 14:30

Durch Öffnung der südlichen Kante, wird die Besonnung der Einfamilienhäuser deutlich verbessert.

Optimierung der Verschattungssituation I Gegenüberstellung

Abb. 33
Verschattung IST 12:15 / 21. Dezember
Kornburg-Nord, Nürnberg, 2007

Mögliche Verschattung im IST Bestand auf der Südfassade einer 1 + D Typologie mit davor liegender 3-geschossigen Reihenhauszeile.

Zeit	Dez.	Jan.	Feb.	März
10:30	100%	100%	0%	0%
11:30	100%	100%	0%	0%
12:15	100%	100%	0%	0%
13:30	100%	100%	21%	0%
14:30	87%	89%	40%	0%

Fazit: Totale Verschattung in den Monaten Dezember und Januar

Mögliche Verschattung im SOLL Bestand auf die Südfassade.

Zeit	Dez.	Jan.	Feb.	März
10:30	2%	0%	0%	0%
11:30	2%	0%	0%	0%
12:15	6%	0%	0%	0%
13:30	20%	5%	0%	0%
14:30	27%	15%	0%	0%

Optimierung der Verschattungssituation I Gegenüberstellung

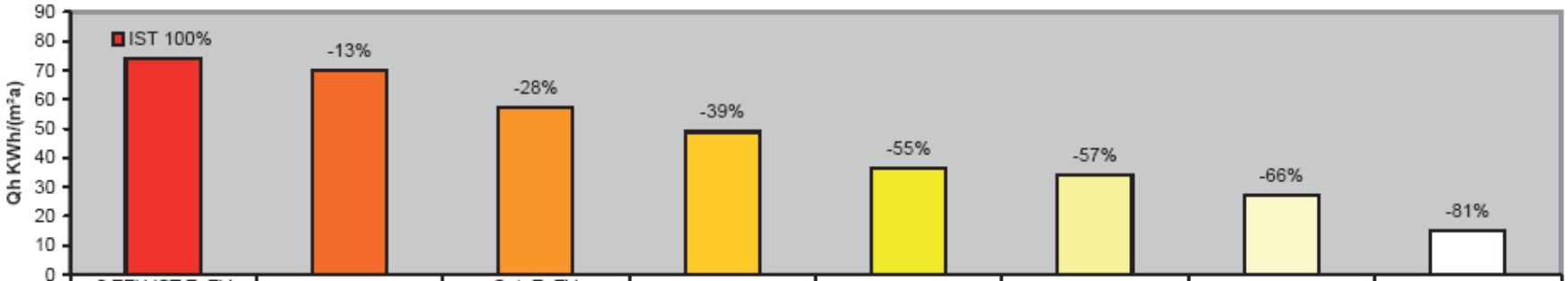
Abb. 37 Verschattung IST
G.A.S., Stuttgart, 2007

Typologie 2 EFH
12:15 / 21. Dezember

Abb. 38 Verschattung SOLL
G.A.S., Stuttgart, 2007

Typologie 2 EFH
12:15 / 21. Dezember

Typologie 2 EFH Vergleich IST / Optimierte FORM + Einfluss Verschattung IST



	2 EFH IST EnEV verschattet	Opt. EnEV Form	Opt. EnEV Dämmebene	Opt. KfW 60	Opt. KfW 60 $U_{WB} = 0$	Opt. KfW 40	Opt. KfW 40 $U_{WB} = 0$	Passivhaus
Qh	74	70	57	49	36	34	28	15

Grundlagen I Handlungsebenen

1. Handlungsebene
Bauleitplanung

- Überbaubare Grundstücksflächen (BauNVO § 23)
- Höhe baulicher Anlagen (BauGB § 18)
- Bauweise (BauNVO § 22)
- Stellung baulicher Anlagen (BauGB § 9 (1))
- Verkehrsflächen, Flächen ruhender Verkehr (BauGB §9(1))
- Flächen für das Anpflanzen von Bäumen (BauGB §9(1))

Einfluss

- Reduzierung der Verschattung
- Verbesserung der Kompaktheit
- Orientierung der Gebäude

Grundlagen I Handlungsebenen

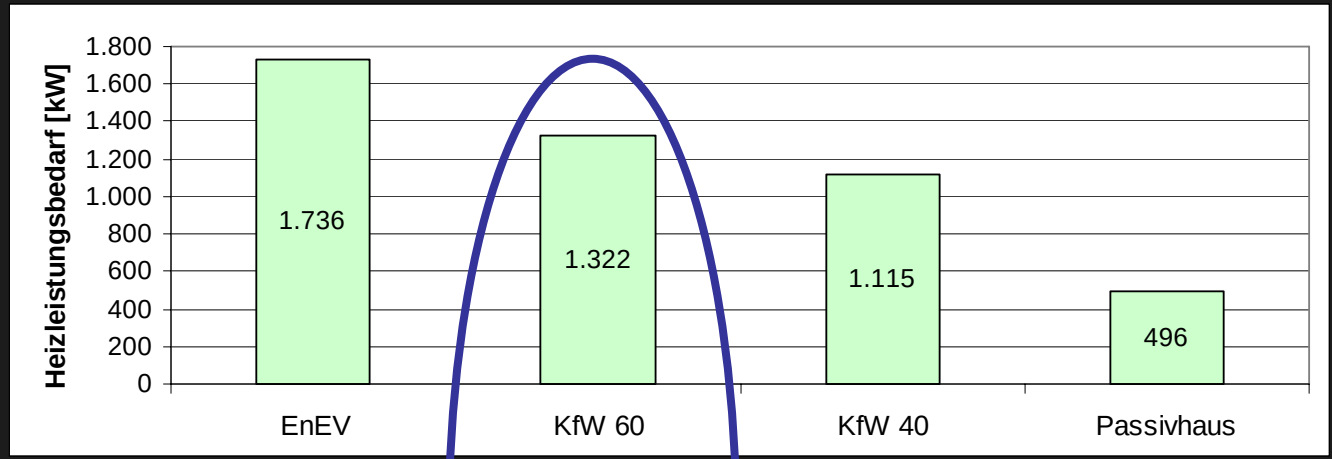
2. Handlungsebene
Städtebauliche Verträge

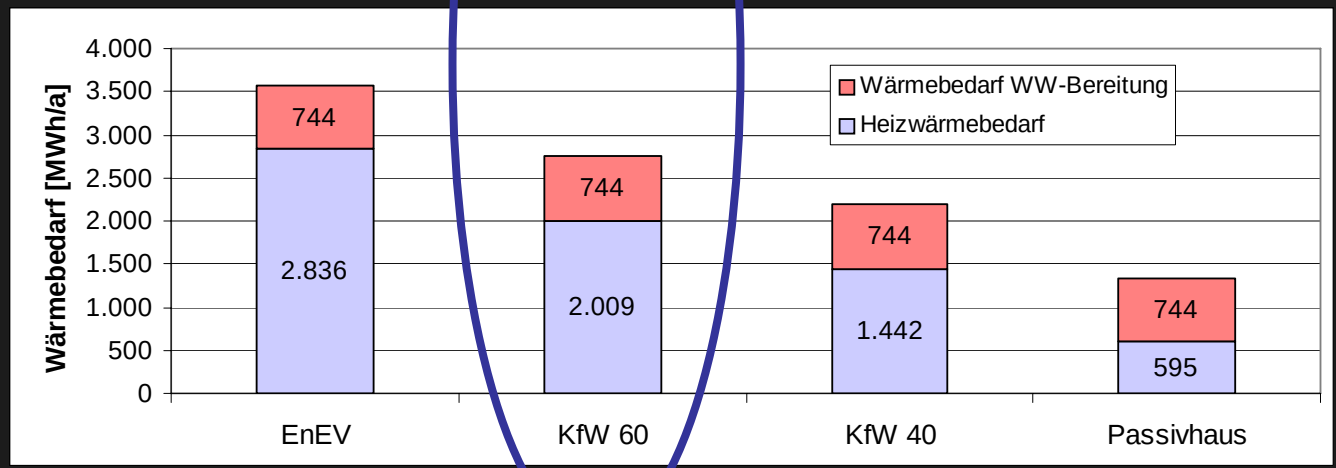
- Städtebaulicher Vertrag (BauGB § 11)
- Private Kaufverträge für kommunales Bauland BGB
- Einführen eines Punktekataloges ?

Einfluss

- Festgesetzter Energiestandard
- Maximaler Wärmedurchgangskoef-fizient einzelner Bauteile
- Wärmebrückenfreie Konstruktion
- Maximale Emissionswerte der Heizungsanlagen
- Definition der Systemgrenze
- Nachweise und Berechnungsverfahren können vereinbart werden

Basisdaten Bedarf





Heizleistung:

1.740 ... 500 kW

1.320 kW

Wärme (Hzg+WW):

3.580 ... 1.340 MWh/a

2.750 MWh/a

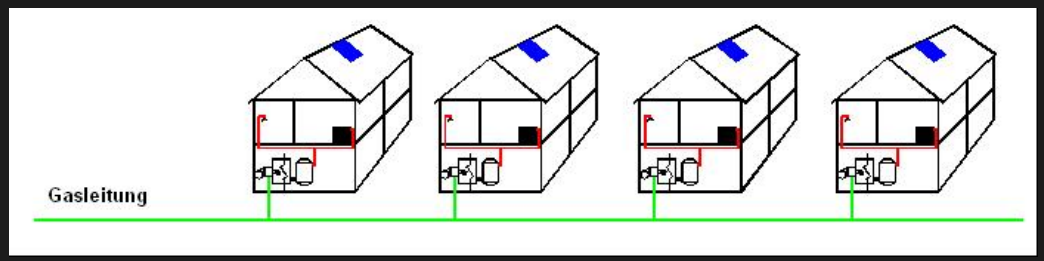
KfW 60: Basis für Untersuchung

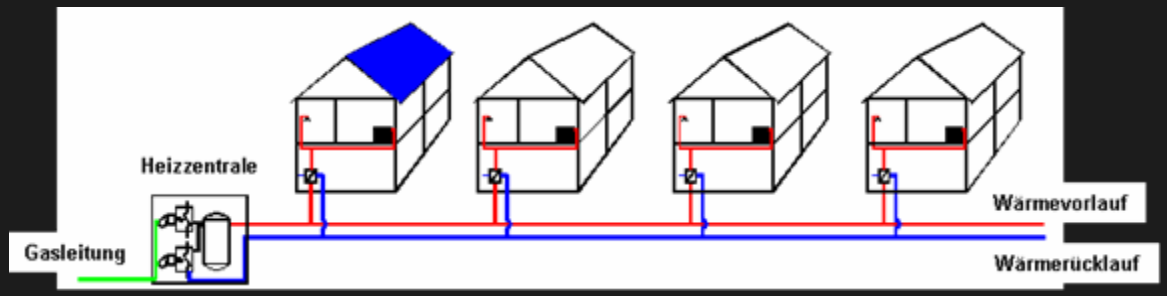
Auswahl von Versorgungsvarianten

Kriterien:

- Geschwindigkeit der Aufsiedlung
- mögliche Betreiberformen (abhängig von Größe der Versorgungseinheit)
- Einsetzbarkeit von Technologien

Vergleich von Versorgungsvarianten





dezentral

A1: Gas
A2: Gas+Solaranlage
A3: Pellets
A4: Pellets+Solaranlage
A5: Erdsonden-WP

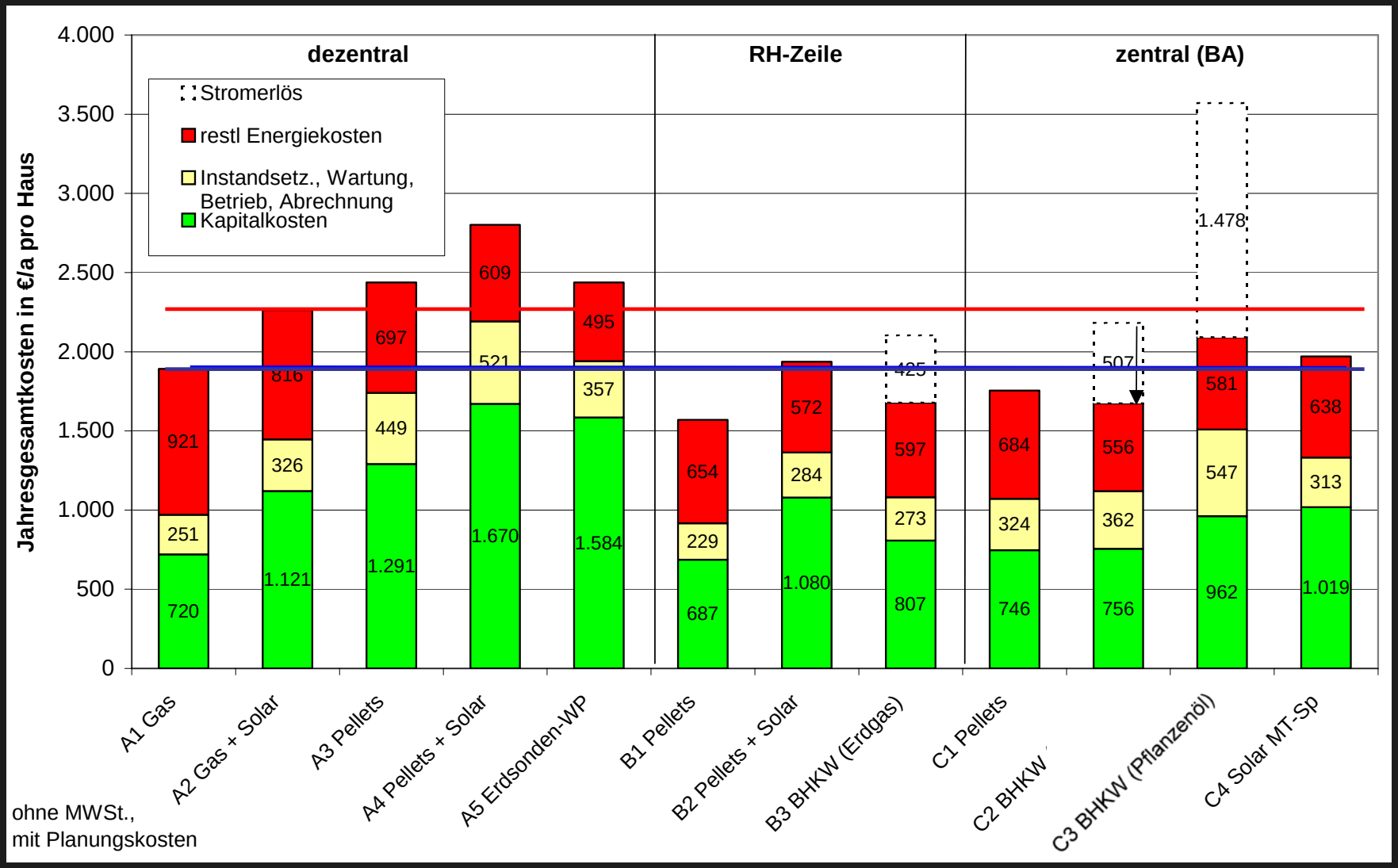
zentral / RH-Zeile

B1: Pellets
B2: Pellets+Solaranlage
B3: Gas-BHKW

zentral / Bauabschnitt

C1: Pellets
C2: Gas-BHKW
C3: Pflanzenöl-BHKW
C4: Solaranlage mit Mehrtagesspeicher

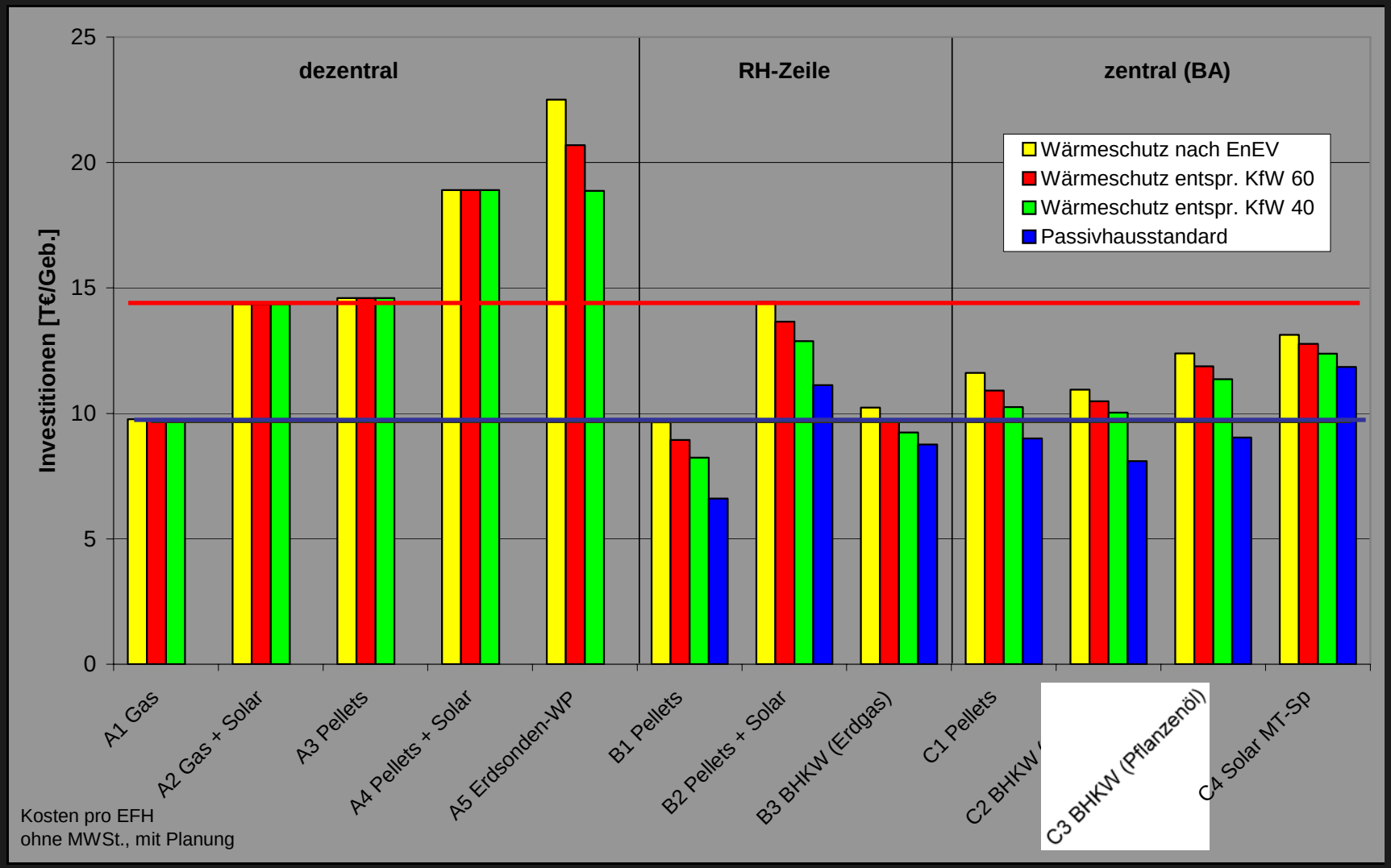
Jahresgesamtkosten



ohne MWSt.,
mit Planungskosten

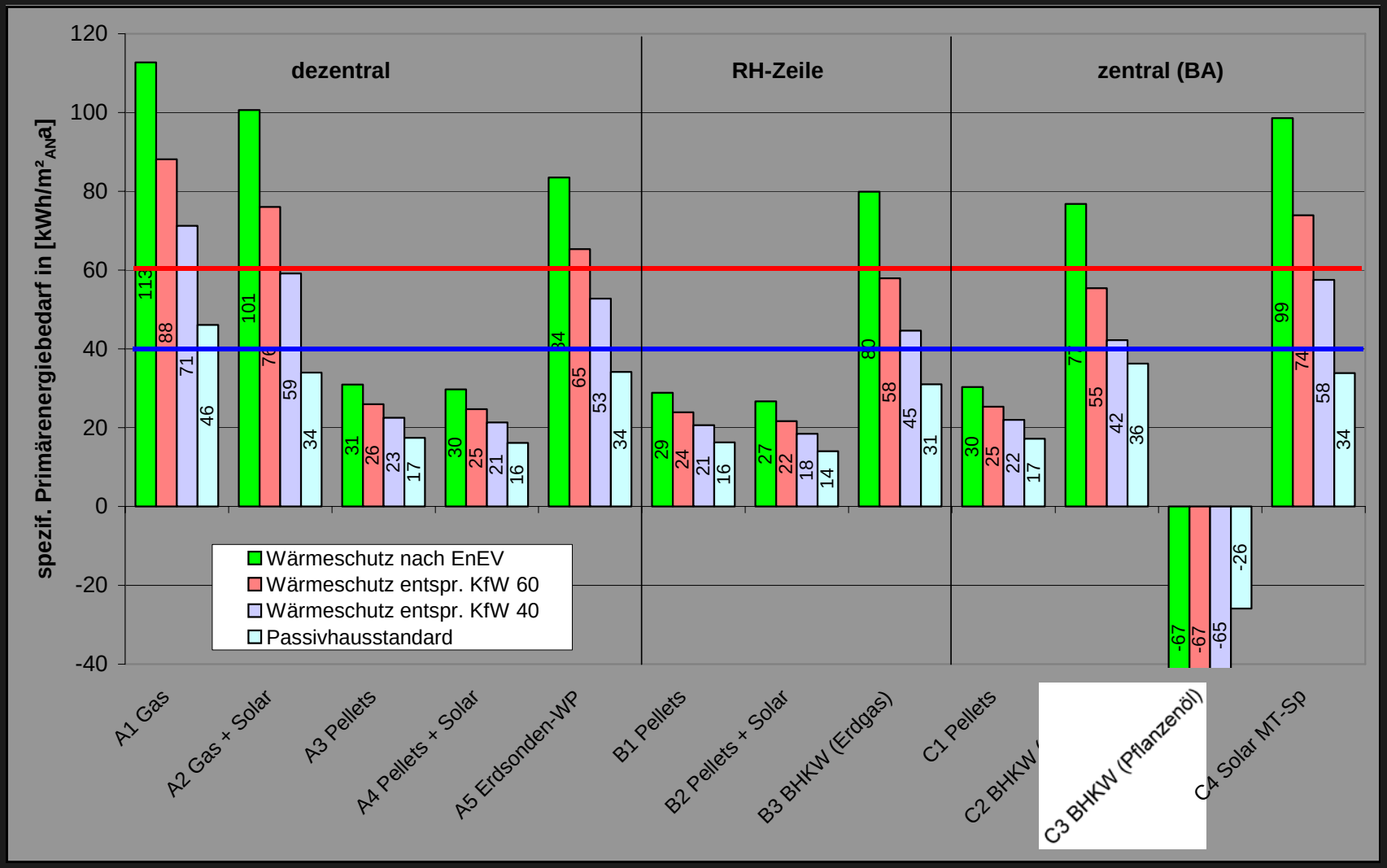
Investitionskosten

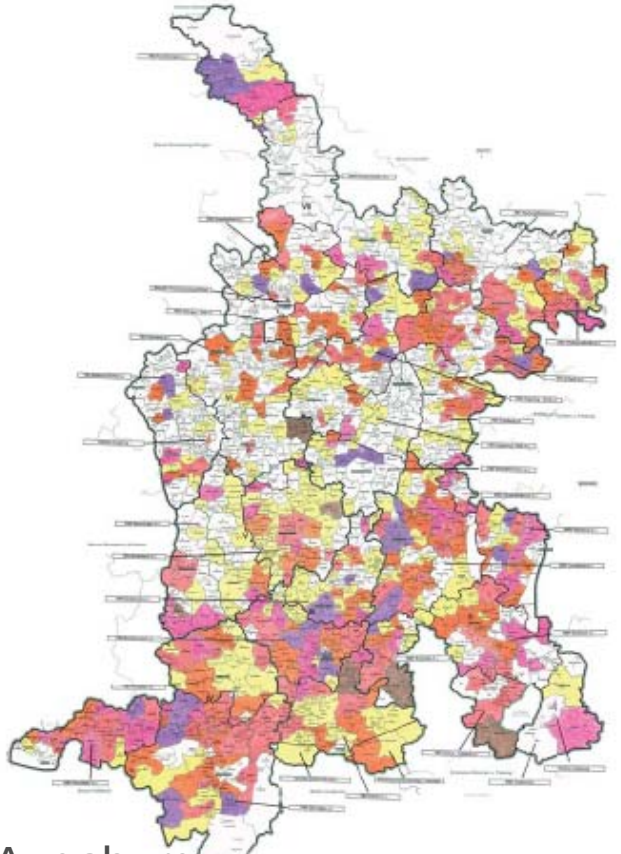
für alle Energiestandards



Primärenergie

für alle Energiestandards





Ziele der Studie:

Erstellung eines Konzepts zur nachhaltigen Energieversorgung der Diözese Augsburg.

Prognose möglicher Erträge.

Ausgangsbasis

Immobilienbesitz

ca.	17.000	Grundstücke
ca.	5.000 ha	Wald
ca.	6.500	Objekte

Augsburg

Pilotprojekt für eine Energieautarkheit

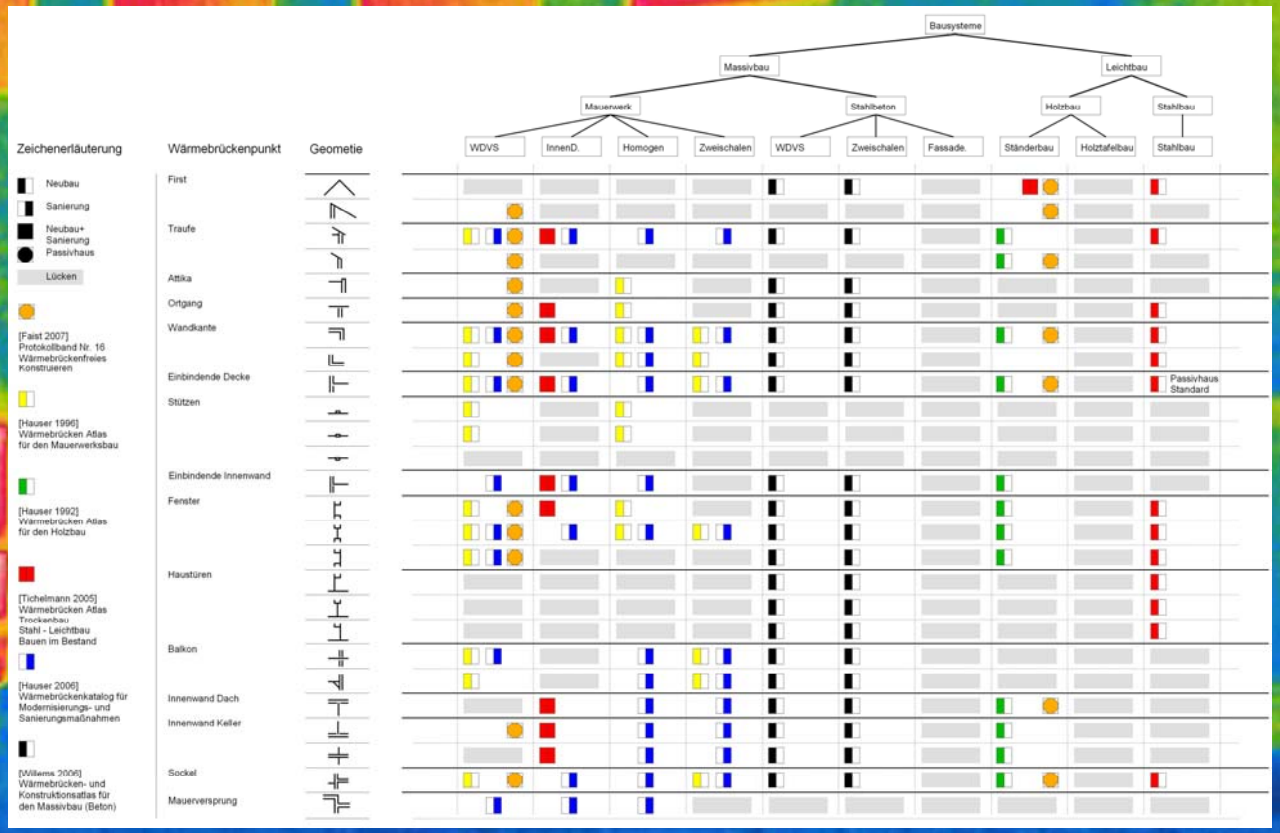
E2D

München, den 18.Februar 2009
Prof. Georg Sahner BDA E2D

Fachtagung „Energie und Kommune“
PV Äußerer Wirtschaftsraum München

Hochschule Augsburg University of Applied Sciences

Bausubstanz und Werterhaltung, mangelnde Effizienz



Analyse aus dem Energiestrukturplan

Energiestrukturplan	Energierahmenplan	Potential
Verbräuche	Gebietstypologien	
Potentiale		
Überschüsse	Typologie 1	
	Typologie 2	
	Typologie 3	
	Typologie 4	
	Typologie 5	
	Typologie 6	

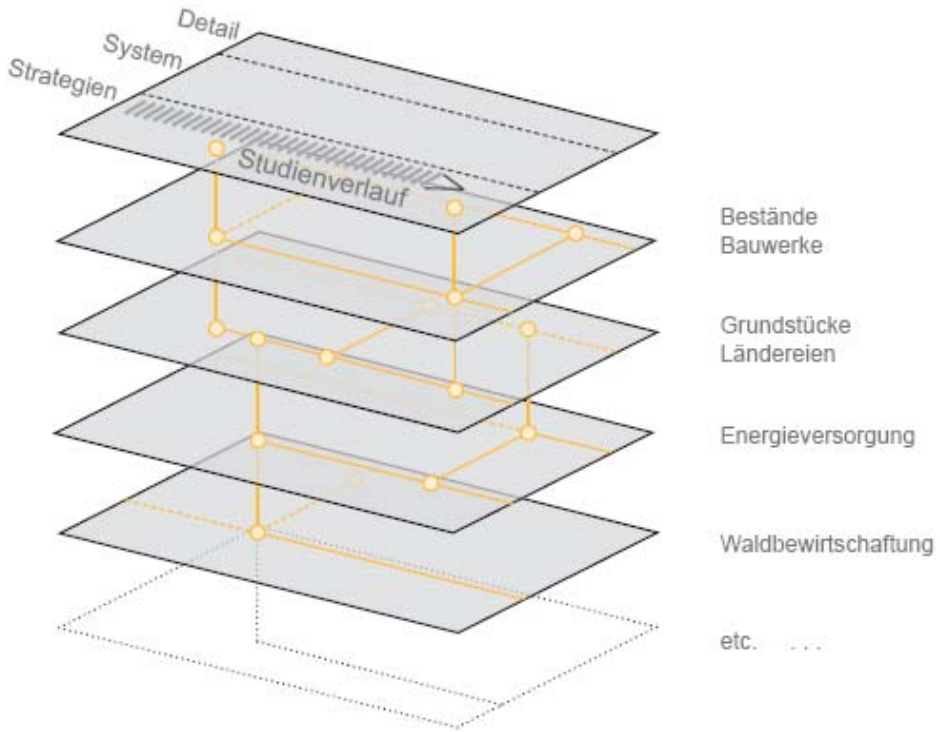
Bestandsanalyse — Rahmenplan — Ertragsermittlung

Augsburg

Pilotprojekt für eine Energieautarkheit

Pilotprojekt für eine Energieautarkheit

Augsburg



Augsburg Pilotprojekt für eine Energieautarkheit

Übersicht einer möglichen Projektstruktur

Typologie

Ländlich geprägte Möglichkeiten der Energiegewinnung

Typologie

Möglichkeiten der Energiegewinnung in Mischgebieten

Typologie

Städtisch geprägte Möglichkeiten der Energieumwandlung

Territorientypologien

Augsburg

Pilotprojekt für eine Energieautarkheit

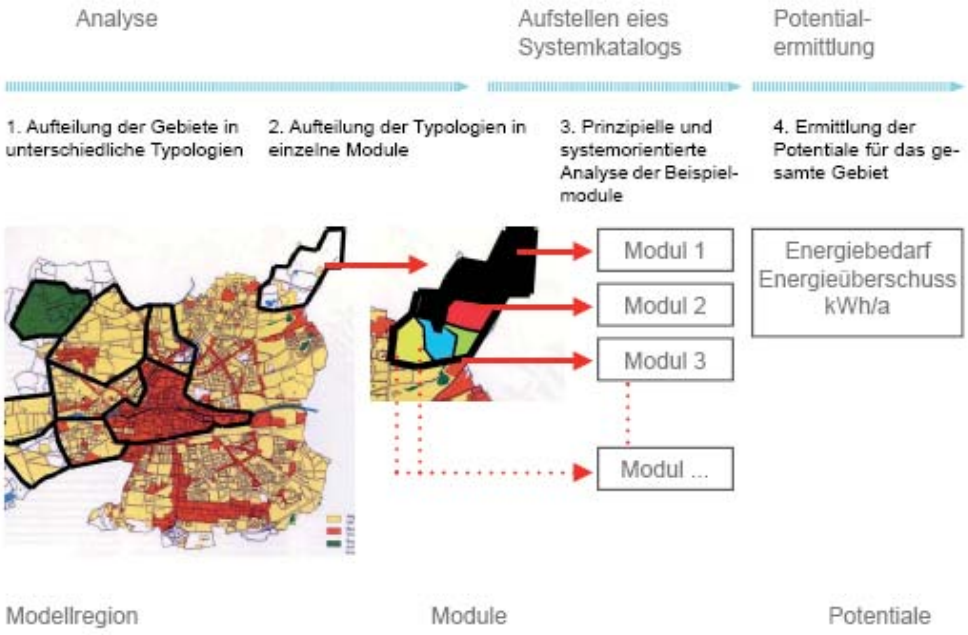
Potentialermittlung aus Gewässer + Wald + Landwirtschaft + Infrastuktur und Industrie

Siedlungsfläche aus : Oswald - Netzstadt

Jahresheizwärmebedarf in den unterschiedlichen Flächen

Energieverbräuche und Verkehrswege – Verteilerpotentiale aus: Oswald - Netzstadt

Augsburg Pilotprojekt für eine Energieautarkheit



Augsburg

Pilotprojekt für eine Energieautarkheit

Konzeptentwicklung in konkreten Modulen

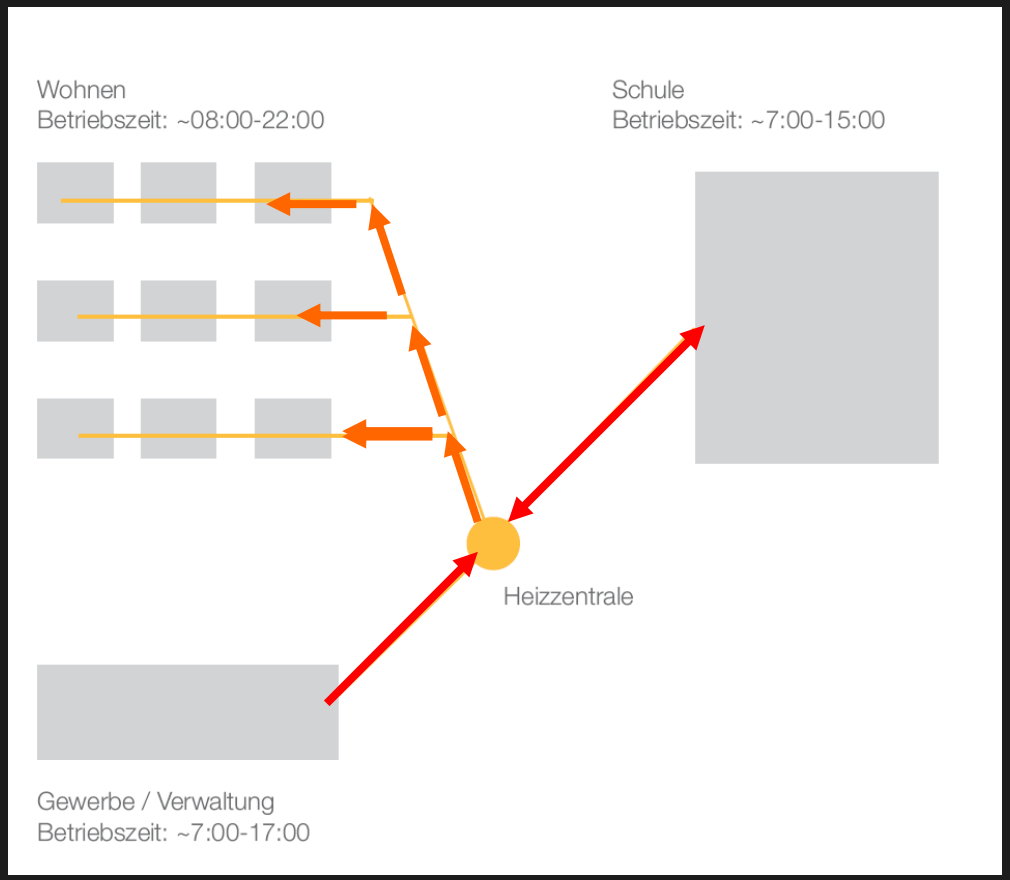
Kloster in der Stadt

Schule

Kirche Gemeinde

Feld

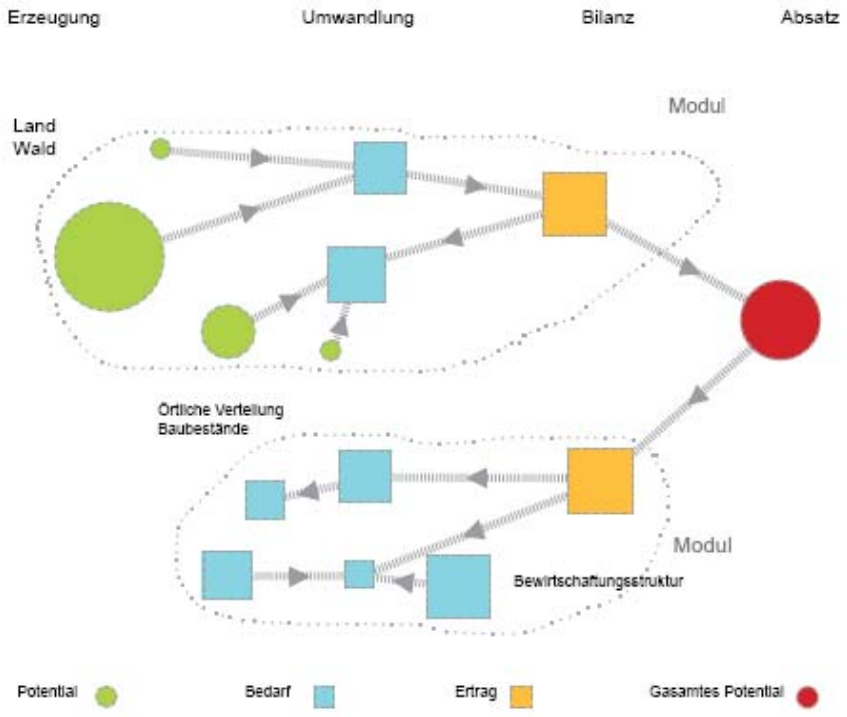
Wald



Bei einer Kommune mit 2000 Einwohner würde eine zentrale Versorgung mit erneuerbaren Energien, die vorort erzeugt und eingesetzt werden sich wirtschaftlich folgendes Bild ergeben:

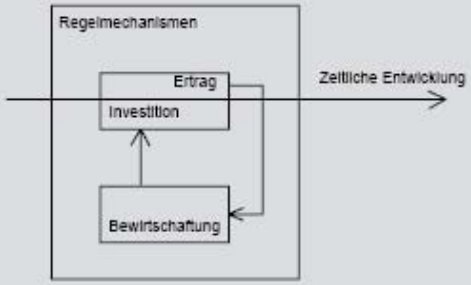
1. **Die Ausgaben für die Heizwärme der privaten und öffentlichen Einrichtungen belaufen sich auf ca. 2,8 Mio € /a. Diese würden jedes Jahr in einer Firma vorort als Umsatz/Wertschöpfung verbleiben. KEINE Ausgaben, die unwiederbringlich abfliesen!**

2. **Die Investitionskosten für den Energieerzeuger und das Netz werden vorort für die Bauindustrie ausgegeben und nicht an eine Bohrinsel im Atlantik!**



Augsburg Pilotprojekt für eine Energieautarkheit

Mögliche Modulstrukturen, Dynamik im Prozess



Beispiel 1: Einfamilienhaus

Energetische Sanierung und Erweiterung eines Einfamilienhauses

Einfamilienhaus vor der Sanierung

Einfamilienhaus nach der Sanierung

Beispiel 1: Einfamilienhaus

Energetische Sanierung und Erweiterung eines Einfamilienhauses

Kosten und Energieeinsparung

	Haussanierung Region: Augsburg/By Daten: Sirados WF 205 m²	Sanierung Scheune mit Altbau Region: Augsburg/By WF ca. 175 m²	Neubau Passivhaus Region: Leinheim/By WF ca. 143 m²
	Kosten in € und Brutto	Kosten in € und Brutto	Kosten in € und Brutto
	EnEV 2007 - Standard	EnEV 2007 - 50%	Passivhaus
Dach Boden Fassade Fenster	23.700 3.800 13.600 20.500	Summe 72.740	39.550 6.600 20.260 27.000
Heizung Lüftung	6.900 /	6.400 27.460	/ 20.890
Sonstige Kosten	nicht berücksichtigt	nicht berücksichtigt	Abbruch nicht einkalkuliert
Energetisch bedingte Kosten	67.500	106.600	114.300
Vor der Sanierung Nach der Sanierung Einsparung	8.110 €/a 2.820 €/a -5.290 €/a	6.920 €/a 480 €/a -6.440 €/a	/ €/a 300 €/a / €/a
CO_2 - Einsparung	ca. 6.070 Kg/a	ca. 7.390 Kg/a	/ Kg/a

Hochschule Augsburg University of Applied Sciences

Beispiel 1: Einfamilienhaus

Energetische Sanierung und Erweiterung eines Einfamilienhauses

Co_2 – Sanierungsprogramm Basis etwa 25 Milliarden Euro

→ 25 Milliarden Fördervolumen → 70 Tausend pro Sanierung →

		6.400	/
		27.460	20.890
Sonstige Kosten	nicht berücksichtigt	nicht berücksichtigt	Abbruch nicht einkalkuliert
Energetisch bedingte Kosten		106.600	114.300
Vor der Sanierung		6.920 €/a	/ €/a
Nach der Sanierung		480 €/a	300 €/a
Einsparung		-6.440 €/a	/ €/a
CO2 - Einsparung		ca. 7.390 Kg/a	/ Kg/a

Beispiel 1: Einfamilienhaus

Energetische Sanierung und Erweiterung eines Einfamilienhauses

Fazit Einfamilienhaus

Die Amortisation der Kosten für die energetische Sanierung des Einfamilienhauses ist weitaus besser als die der Mehrfamilienhäuser oder Schulen und liegt je nach Finanzierung deutlich unter 10 Jahren.
Das hängt am schlechten A/V – Verhältnis (Hüllfläche/ beheiztes Volumen) und den vielen Oberflächen (Transmissionswärmeverluste) der Gebäude.

Die Effizienz der Einzelmaßnahmen ist ökonomisch außerordentlich hoch:
1,80 – 4,30 Cent/kWh äquivalenter Energiepreis.

Bei einer Sanierung von 300 WE in EnEV -30% (KfW CO2-Förderung) verbleiben im Ort
1. Ein Wirtschaftspotential von 15 Mio € für die Bauwirtschaft und
2. Eine Kaufkraftsteigerung durch Energieeinsparung von 1 Mio €/pro Jahr

Vorher

Nachher

Vorher

Nachher

Wohnhaus in Bayern

Beispiel 2: Schule

Neubau und Sanierung einer Gesamt- und Grundschule

Vorstellung des Projektes ÖPP – Projekt: Schulen im Landkreis Kassel

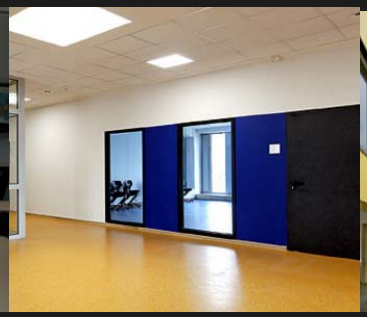
Kernsanierung am Beispiel der Theodor-Heuss-Schule einer Gesamt- und Grundschule im Baunatal in Altenbauna. Fertigstellung: November 2008

Kennwerte:	Baujahr:	ca.1960
	Moderniesierung:	2007/08
	BGF Gesamtschule:	9.953 m²
	BGF Grundschule:	1.739 m²
	BRI Gesamtschule:	42.289 m³
	BRI Grundschule:	7.095 m³
	NGF Gesamtschule:	7.147 m²
	NGF Grundschule:	1.178 m²

Vorher

Nachher

Klassenraum


Flur

Hof

Beispiel 2: Schule

Neubau und Sanierung einer Gesamt- und Grundschule

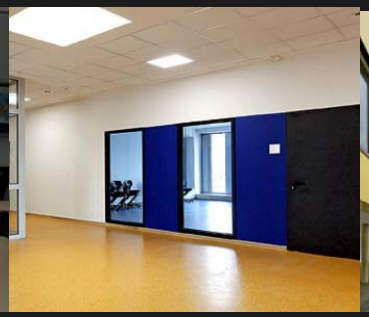
Vorstellung des Projektes ÖPP – Projekt: Schulen im Landkreis Kassel

Primärenergiebedarf QP		
	vor der Sanierung	131 kWh/m²a
	nach der Sanierung	84 kWh/m²a
Neubau nach EnEV		
	unter EnEV Neubau ca.:	10 %
Spez. Energieverbrauch Heizung		
	vor der Sanierung	110 kWh/m²a
	nach der Sanierung	70 kWh/m²a
Strom		
	vor der Sanierung	21 kWh/m²a
	nach der Sanierung	14 kWh/m²a

Vorher

Nachher

Klassenraum


Flur

Hof

Beispiel 2: Schule

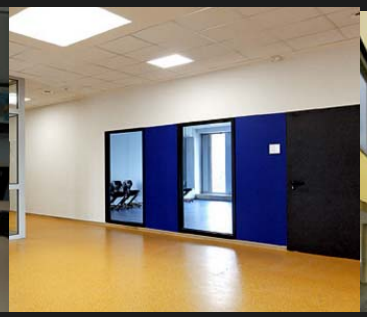
Neubau und Sanierung einer Gesamt- und Grundschule

Kosten der Sanierung	Kosten Brutto in €	Energiekosten Vor der Sanierung Brutto in €	Nach der Sanierung Brutto in €	Einsparung pro Jahr Brutto in €
A. Energetische Sanierung				
1 Fassade	2.262.000			
2 Dach	699.000	99.400	59.300	- 40.100
3 Heizung	475.000			
4 Lüftung	564.000			
Zwischensumme	4.000.000			
5 Starkstrom	1.099.000	45.800	24.000	- 21.800
Summe	5.099.000			
B. Sonstige Kosten	5.348.000			
Gesamtinvestition nur Baukosten	10.447.000			

Vorher

Nachher

Klassenraum


Flur

Hof

Beispiel 2: Schule

Neubau und Sanierung einer Gesamt- und Grundschule

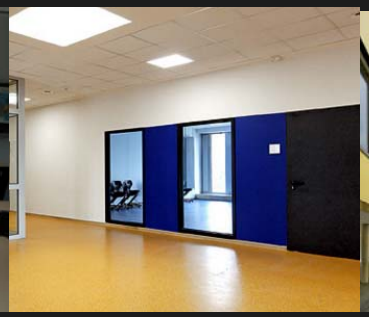
Fazit Schulen

1. Bei einem Investitionsvolumen von € 5,1 Mio. energetisch bedingter Bauteilkosten kann bei einer EnEV – Sanierung nur eine jährliche Einsparung von ca. T € 62 erreicht werden.
   Folgerung: es sollte unbedingt ein besserer Standard EnEV -50% realisiert werden, das Verhältnis von Kosten und Einsparung wesentlich besser ist. Bei einer Mehrinvestition in energetische Maßnahmen um ca. 3-4% der Baukosten, wird sich die Einsparung auf ca. T € 102 erhöhen.
2. Die Schulen müssen sowieso saniert werden, da sie nicht mehr gebrauchstauglich
   sind. Die Sanierungskosten, die entstehen, sind nur geringfügig kleiner als bei einer EnEV – Sanierung. Daher sind die energetisch bedingten Mehrkosten in einem sehr viel besseren Verhältnis zu der Energieeinsparung.
   Folgerung: Hier würde die Amortisation bei EnEV -50% deutlich unter 10 Jahren liegen.

Vorher

Nachher

Klassenraum


Flur

Hof

Prof. Georg Sahner BDA E2D

Energetische Beratung für energieeffiziente Gebäudetypen und Infrastruktureinrichtungen (Sanierung – Neubau - Passivhaus)

Energieeffiziente Stadtplanung

Nachhaltigkeitsanalysen
DGNB – LEED – Green Building

georg.sahner@hs-augsburg.de