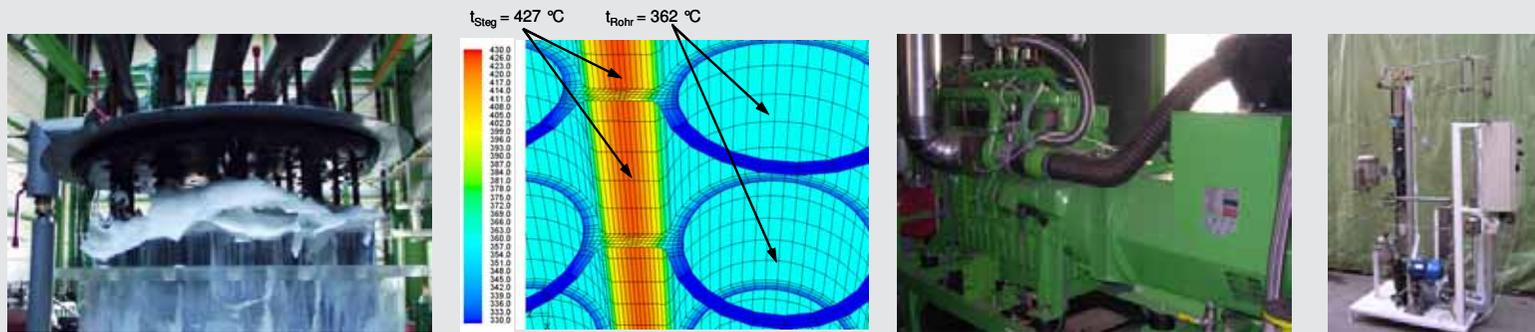


Institut für Wärmetechnik

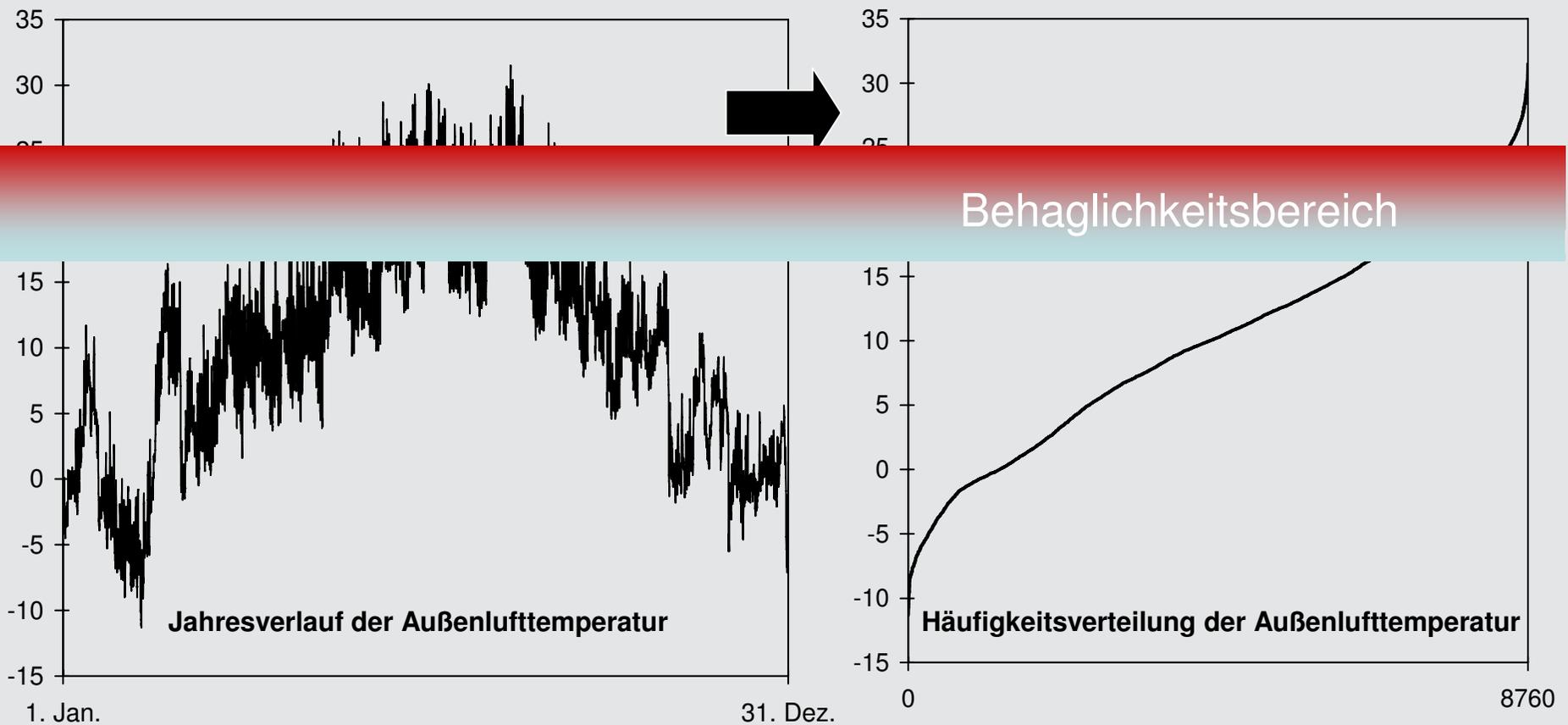
www.iwt.tugraz.at



Heizungs-, Kälte- und Klimatechnik
Solarthermie und thermische Gebäudesimulation
Thermische Biomassenutzung
Thermische Energiesysteme und Anlagentechnik

Energietechnik / Einführung in den Fachbereich

Die thermische Gebäudetechnik versucht das Umfeld für die thermische Behaglichkeit des Menschen herzustellen



Energietechnik / Einführung in den Fachbereich

Der energetische Endverbrauch für Klimatisierung und Warmwasser ist in Österreich seit vielen Jahren in etwa konstant.

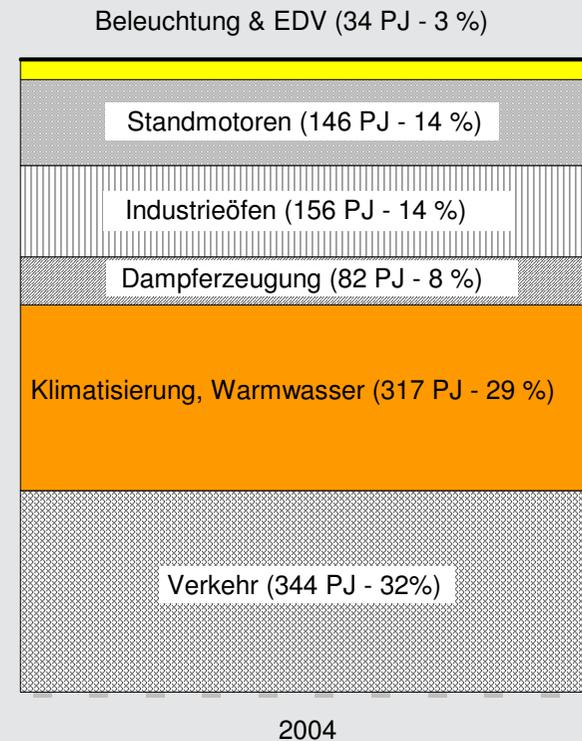
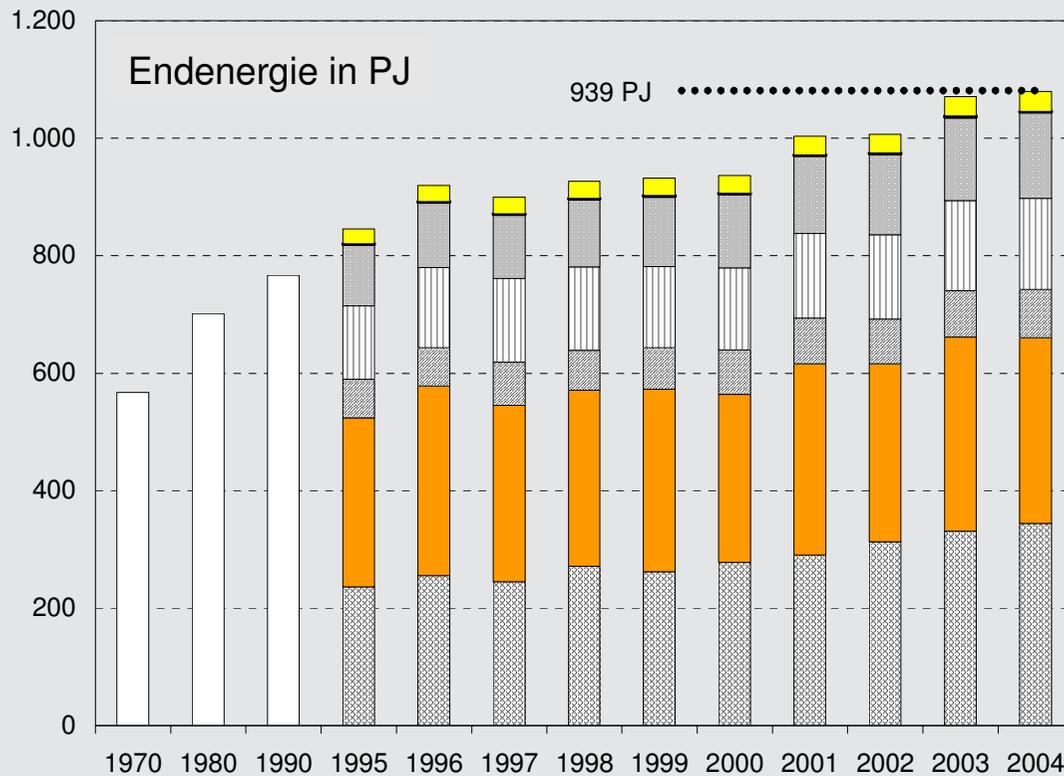


Bild: Entwicklung des Energetischen Endverbrauches (EE) in Österreich und Aufteilung des EE im Jahr 2004 [Statistik Austria]

Energietechnik / Einführung in den Fachbereich

Die CO₂ äquivalenten Emissionen aus dem Bereich Kleinverbraucher sind in Österreich über die letzten Jahren leicht angestiegen

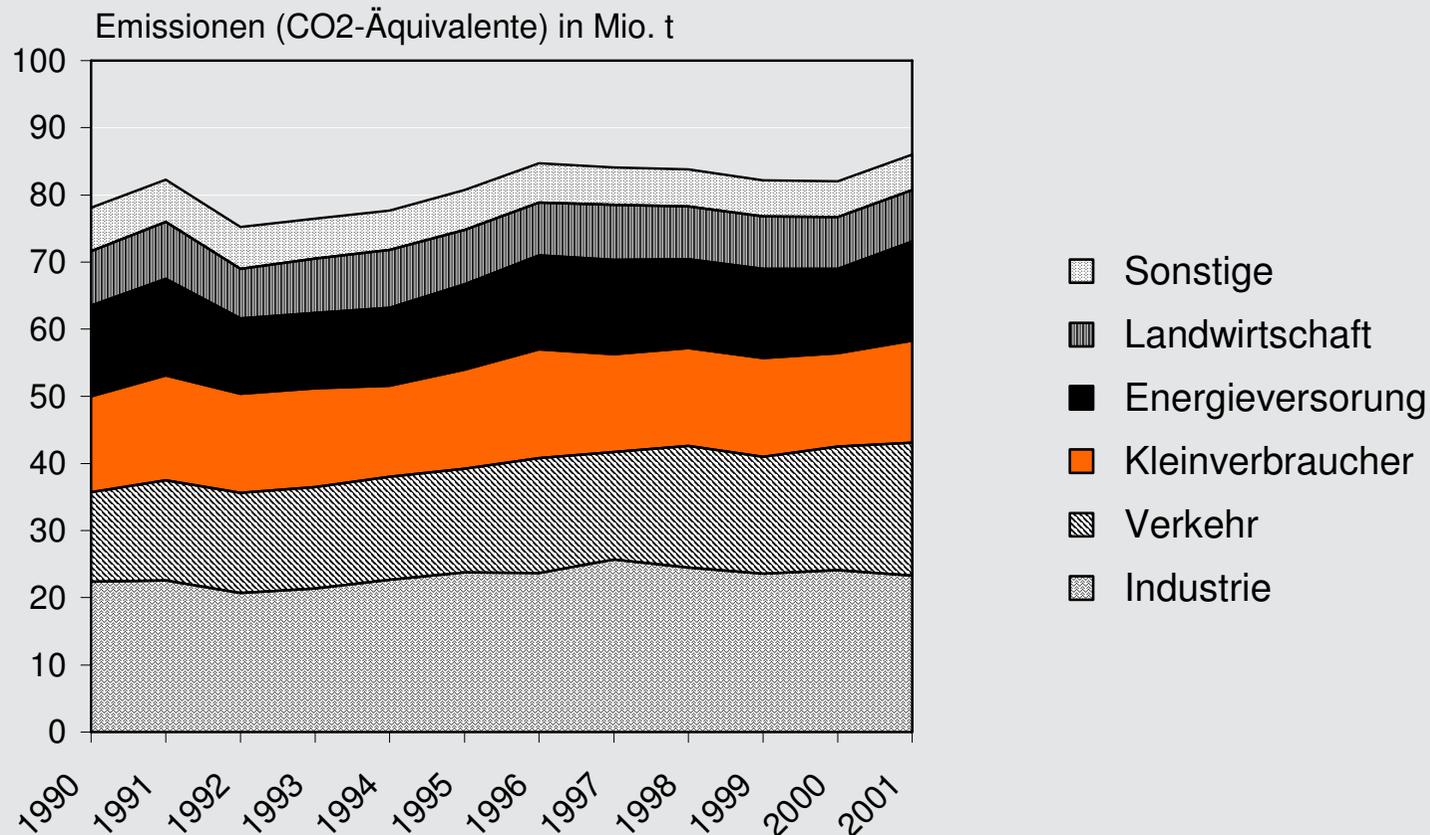


Bild: Entwicklung der CO₂ äquivalenten Emissionen in Österreich [Datenquelle: Statistik Austria]

Vereinbarungen von Kyoto

Reduktion der Emissionen von sechs Treibhausgasen: CO₂, CH₄, N₂O, HFKWs, FKWs, SF₆
Basisjahr 1990 Zielperiode 2008 bis 2012

Verbindliche Reduktionsziele: Europäische Union: -8,0 %, Österreich: -13% (Basis 1990)

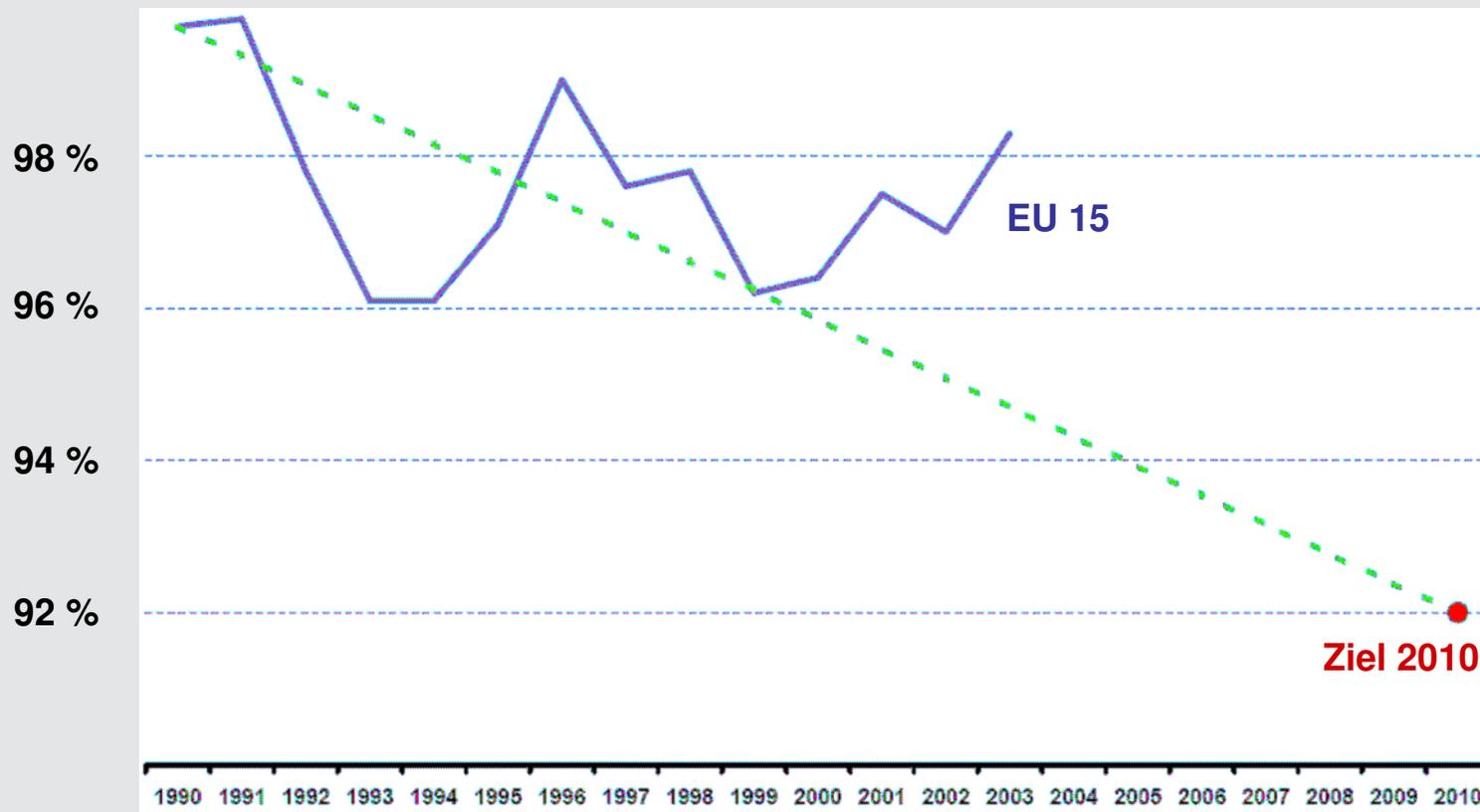


Bild: Entwicklung der CO₂ äquivalenten Emissionen in der EU [Datenquelle: EUROSTAT]

Schlüsselthemen: ▶ Heizen ▶ Warmwasser ▶ Kühlen ▶ Lüften

Befeuchten
Entfeuchten
Beleuchten
Strombedarf

Zielsetzung
für den
zukünftigen
Betrieb

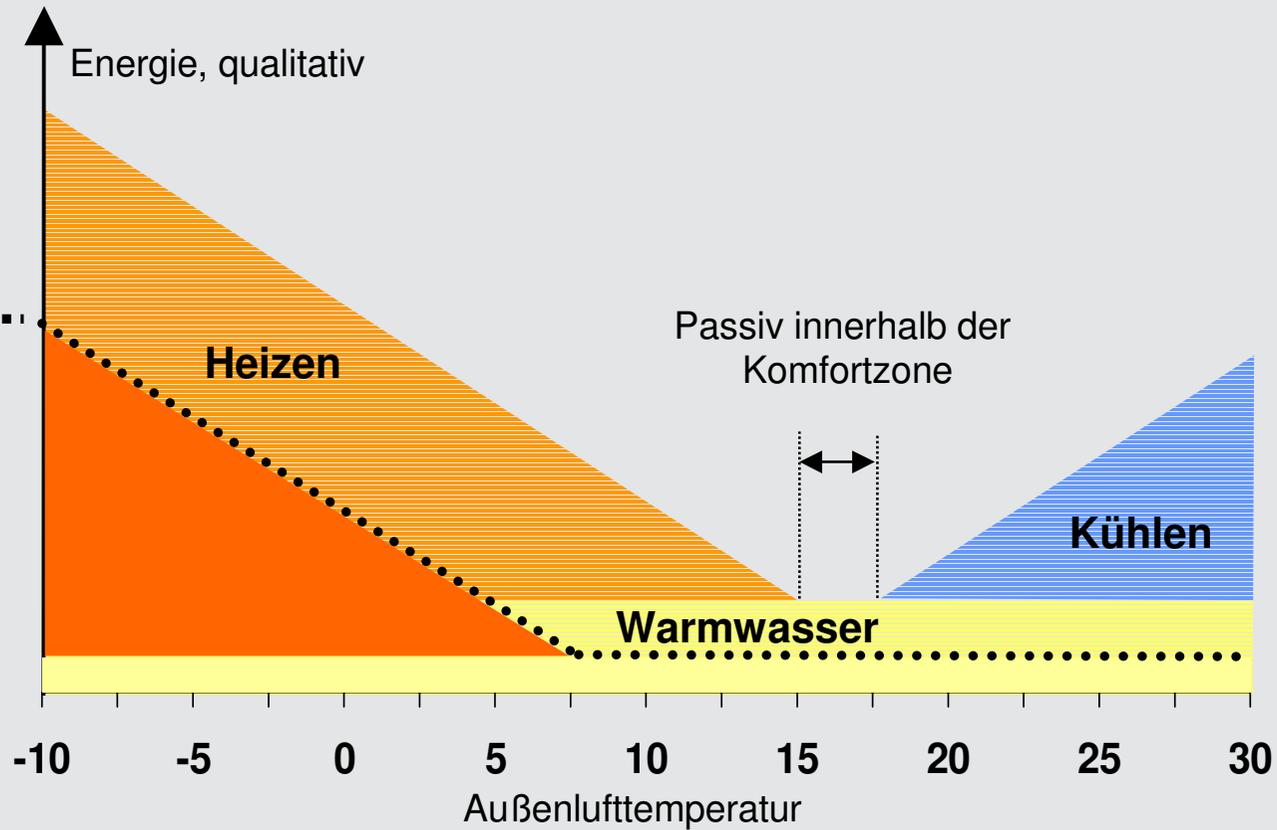


Bild: Systemskizze – Zuordnung der Außenlufttemperatur zum Energiebedarf [ISE Freiburg, überarbeitet]

Ausgangslage:

587 Biomasse Nahwärmenetze in Österreich (Stand Jahr 2000)

Problemstellungen:

schlechte Netzbelegung (Anschlussleistung / Netzlänge)
niedrige Abnahmeleistungen im Sommer

- ▶ Taktbetrieb im Sommer
- ▶ hohe Netzverluste
- ▶ hohe spez. Emissionen
- ▶ hohe spez. Kosten

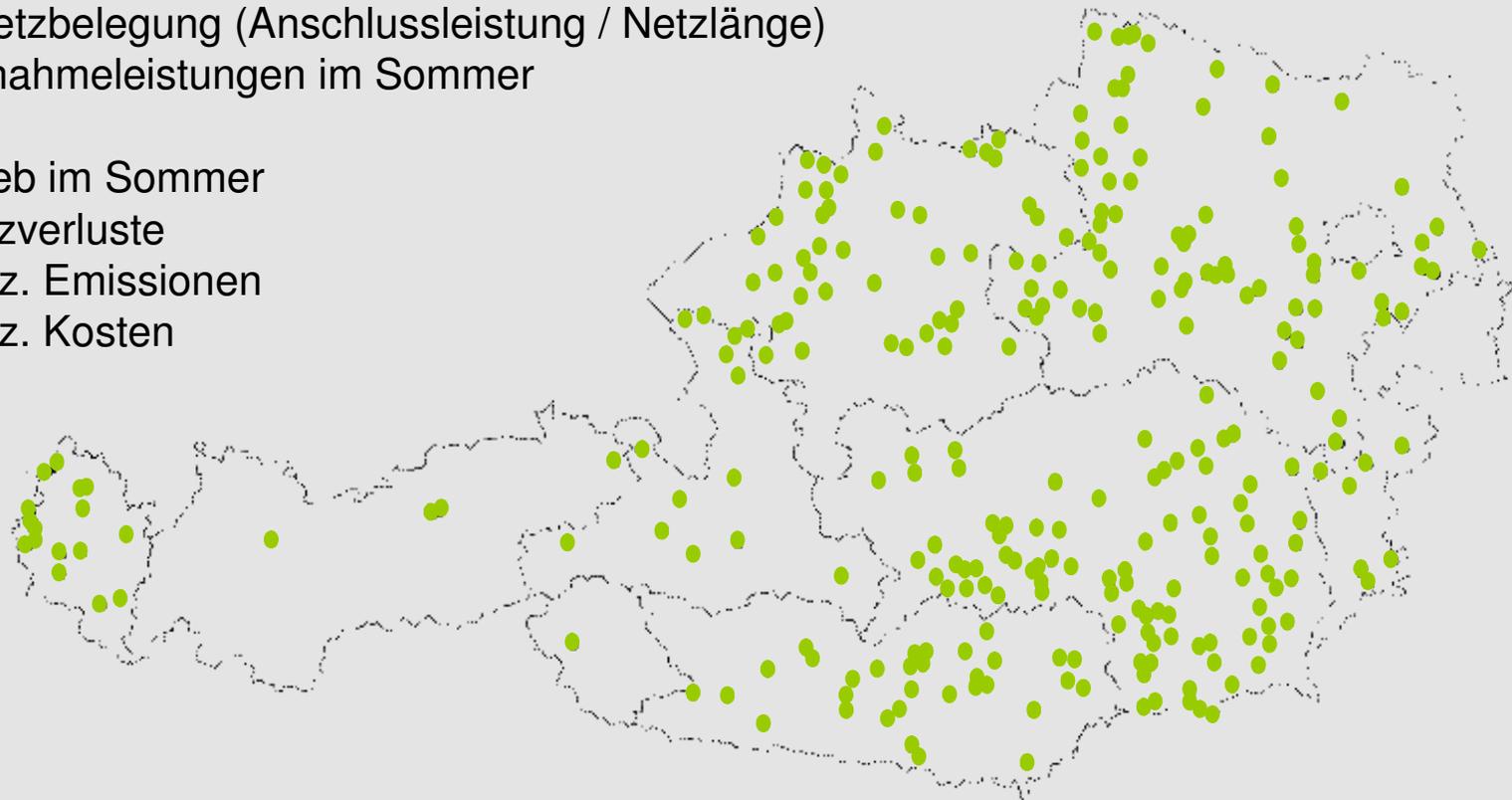


Bild: Biomassennetze in Österreich im Jahr 2000 [Quelle: Landesenergieverein Steiermark]

Projektansatz:

Erarbeiten von Kriterien für eine sinnvolle Koppelung von Solaranlagen und Biomasse Nahwärmenetzen

Projekttablauf:

- ▶ Erhebung des Anlagenbestandes in Österreich
- ▶ Simulation von 4 Referenzanlagen
- ▶ ökonomische, technische und ökologische Bewertung der Anlagen

	Anlage 1	Anlage 2	Anlage 3	Anlage 4
Anschlussleistung	125 kW	600 kW	1500 kW	5000 kW
Warmwasserbedarf	6250 l/Tag	30000 l/Tag	75000 l/Tag	250000 l/Tag
Kessel Nennleistung	130 kW	600 kW	1500 kW	4500 kW
Nettokollektorfläche	120 m ²	600 m ²	1000 m ²	3500 m ²
Neigung Kollektor	30°, 0°	30°, 0°	30°, 0°	30°, 0°
Speichervolumen	10 m ³	50 m ³	80 m ³	260 m ³

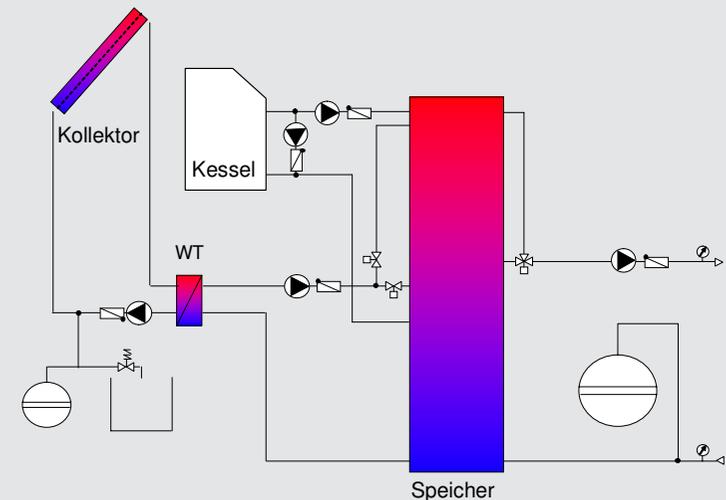


Bild: Kennwerte und Anlagenschema der Referenzanlagen

Technisches Resümee:

- ▶ ein großer Teil der erhobenen Biomasse Nahwärmenetze hat eine geringe Abnahmedichte (d.h. unter 1 MW / km)
- ▶ die Rücklauftemperaturen wirkt sich entscheidend auf die Effizienz aus, je niedriger umso vorteilhafter

Ökologisches Resümee:

Die Vermeidung des Taktbetriebes ist wichtig für einen emissionsarmen Betrieb.

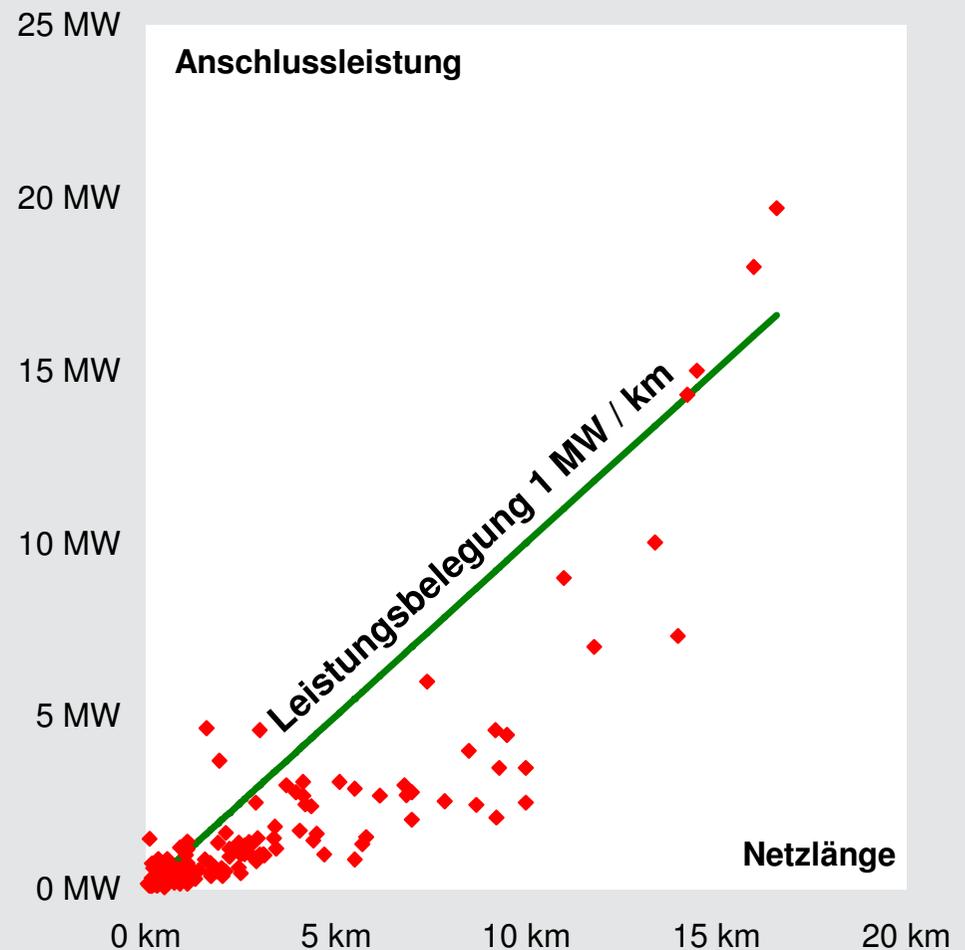


Bild: Netzlänge und Anschlussleistung der erhobenen Anlagen (139 Anlagen) [IWT]

Ökonomisches Resümee:

Grundsätzlich ist in allen Anlagentypen die Koppelung des Biomassekessels mit einer Solaranlage, gegenüber einem monovalenten Betrieb mit Biomasse (bzw. Erdöl), wirtschaftlich konkurrenzfähig

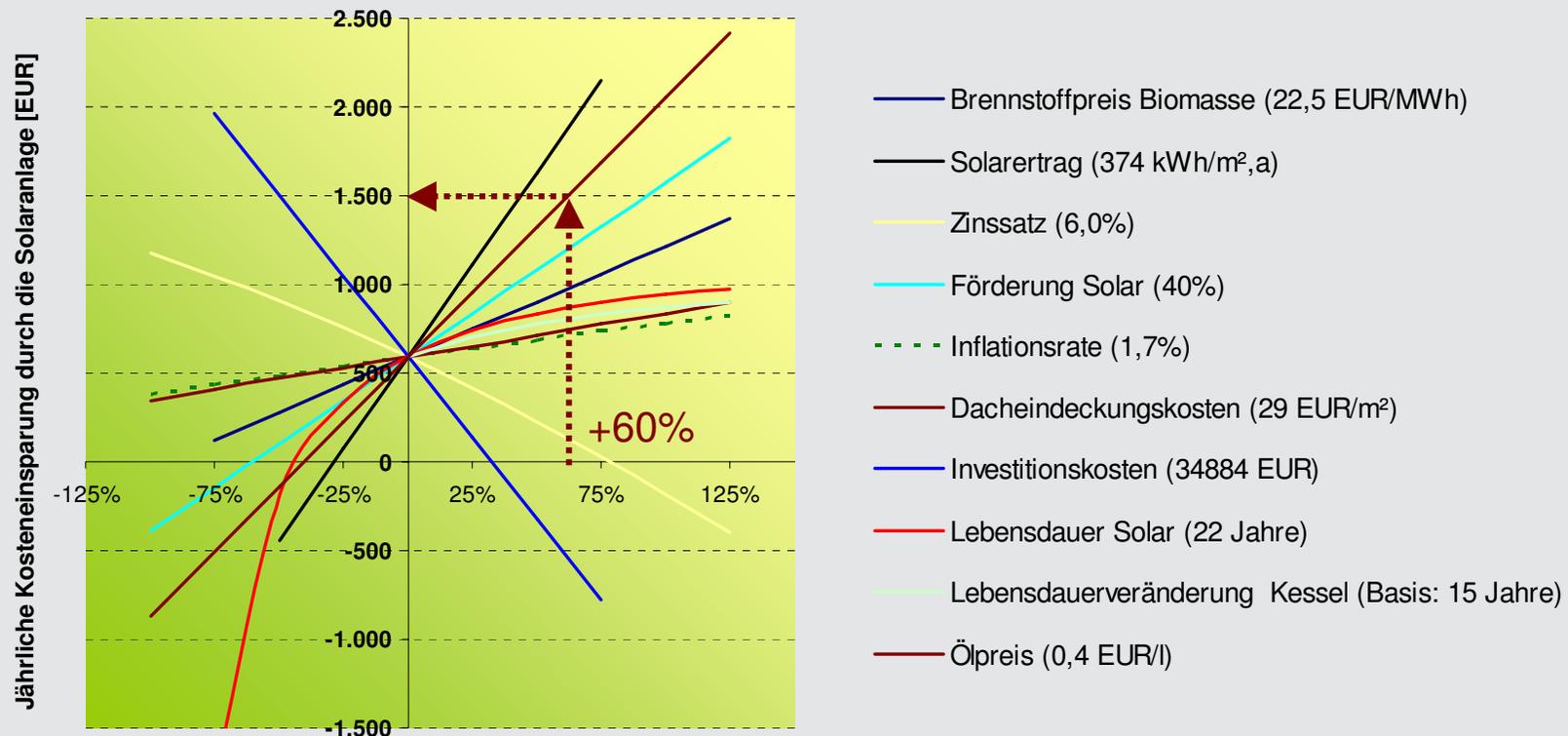


Bild: Beispiel einer Sensitivitätsanalyse für die Wirtschaftlichkeit einzelner Parameter der Anlage 1 [IWT]

Ausgangslage:

Im Jahr 1998 gab es in Österreich ca. 1,8 Millionen Quadratmeter installierte Kollektorfläche. Auf Solare Kombianlagen für Mehrfamilienhäuser entfielen dabei weniger als 1 % (0,015 Mio.)

Projektansatz:

Stärkung des Einsatzes von Solaren Kombisystemen in Mehrfamilienhäusern
Erarbeitung besserer Grundlagen mittels thermischer Simulationen und Messung.
Behandelt wurden 4 Leiter Netze und 2 Leiter Netze.

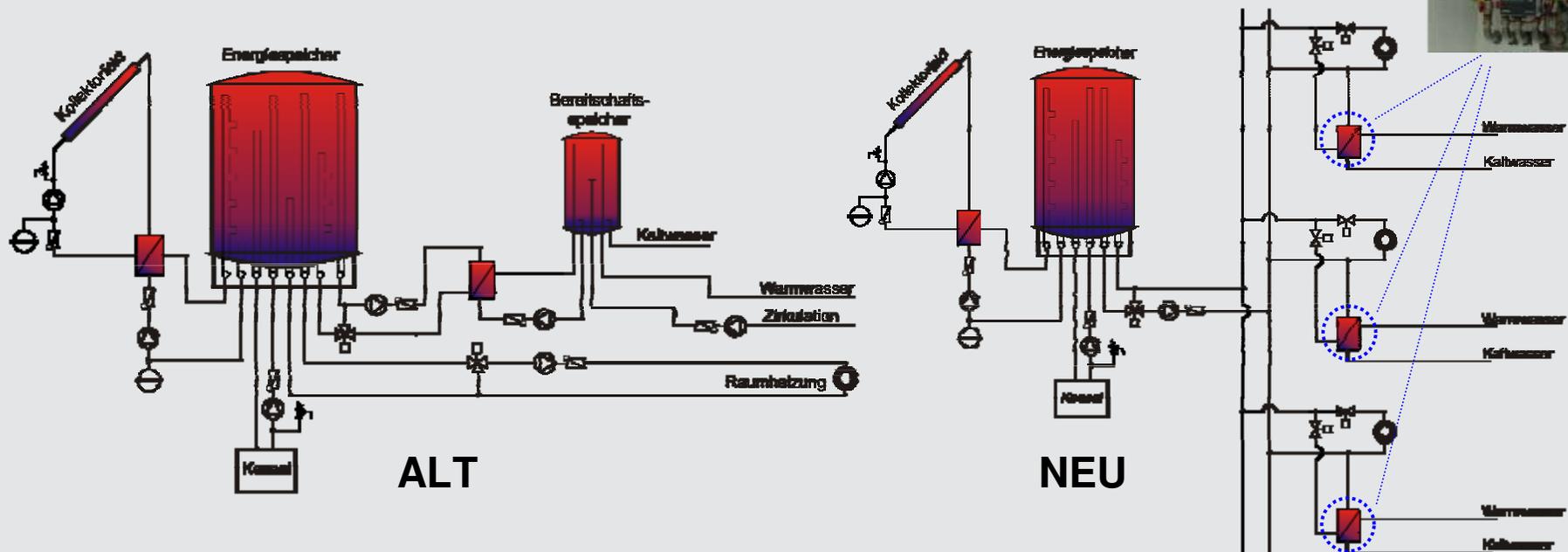


Bild: 4- Leiter Netz (links) und 2-Leiter-Netz mit dezentraler Brauchwassererwärmung (rechts)

Projektansatz:

Umsetzung von Solaren Kombianlagen in zehn Mehrfamilienhäusern (6 bis 60 Wohneinheiten) mit Hauptaugenmerk auf die 2-Leiter-Netze mit dezentraler Brauchwassererwärmung.

- ▶ Erarbeitung von Qualitätsstandards
- ▶ wirtschaftliche Bewertung der Solarsysteme
- ▶ Messtechnische Begleitung



Bild: Auswahl von Bauvorhaben in denen 2-Leiter-Netze umgesetzt wurden [AEE INTEC]

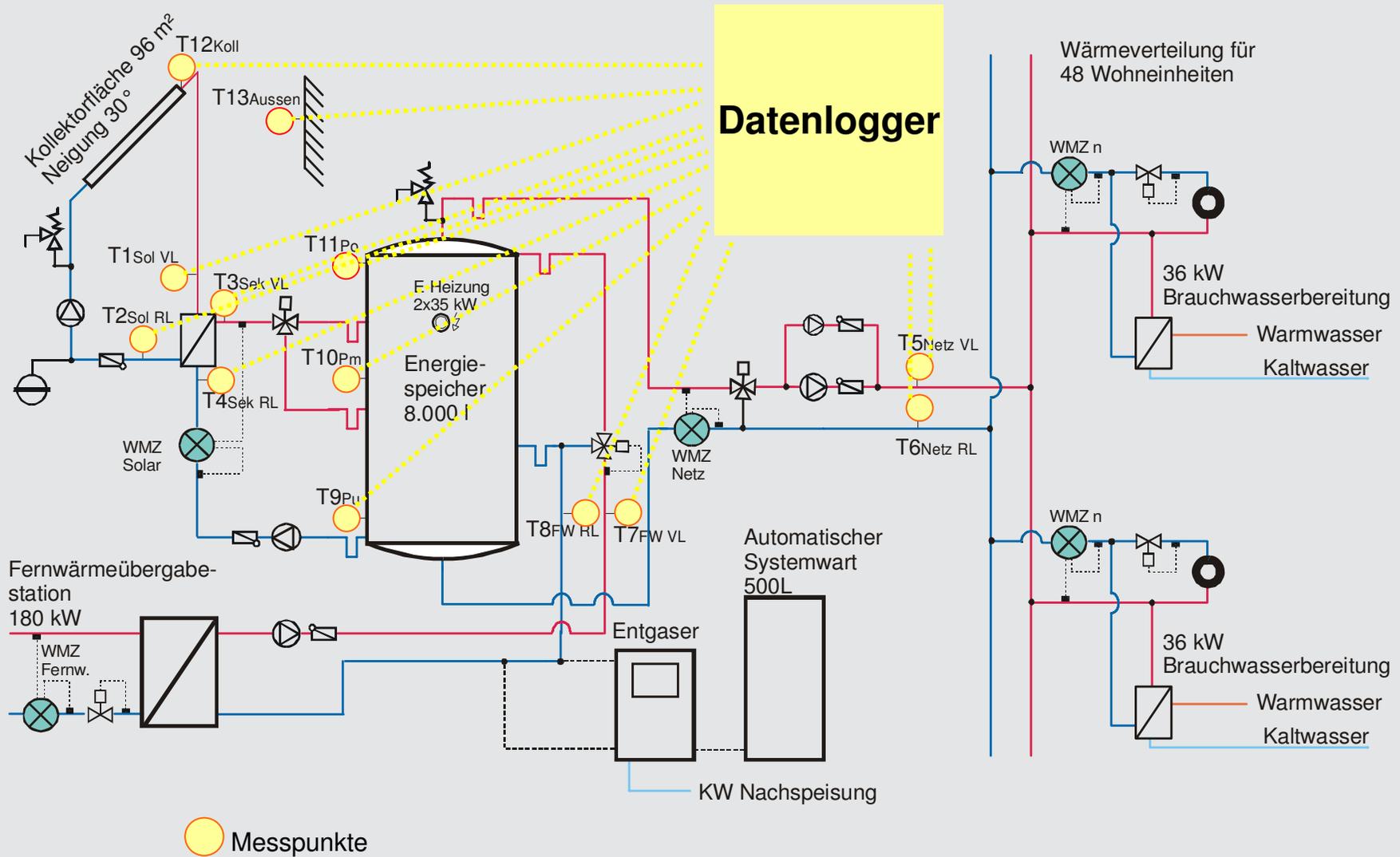


Bild: 2-Leiter-Netz mit dezentraler Brauchwassererwärmung [AEE INTEC]

Ergebnisse der thermischen Simulationen:

2-Leiter-Netze haben hinsichtlich Anlageneffizienz gegenüber 4-Leiter-Netzen folgende Vorteile:

- ⇒ geringere Verluste der Verteilleitungen
- ⇒ geringster Nachheizenergiebedarf
- ⇒ tiefere Rücklauftemperaturen

Ergebnisse des Monitorings der Versuchsanlagen:

- ▶ Solare Deckungsanteile am Gesamtwärmebedarf (Brauchwasser und Raumwärme): 12 % bis 20 %
- ▶ Amortisationszeiten: 10 bis 25 Jahre bei einer Lebensdauer von mind. 25 Jahre
- ▶ Jahressystemnutzungsgrade der Wärmeversorgungssysteme liegen zwischen 70 und 85 %
- ▶ Effizienter Betrieb durch Rücklauftemperaturen kleiner als 35 °C (messtechnisch nachgewiesen)

Kollektorertrag [kWh/m²a]

Messwert (grün) Simulationswert (orange)

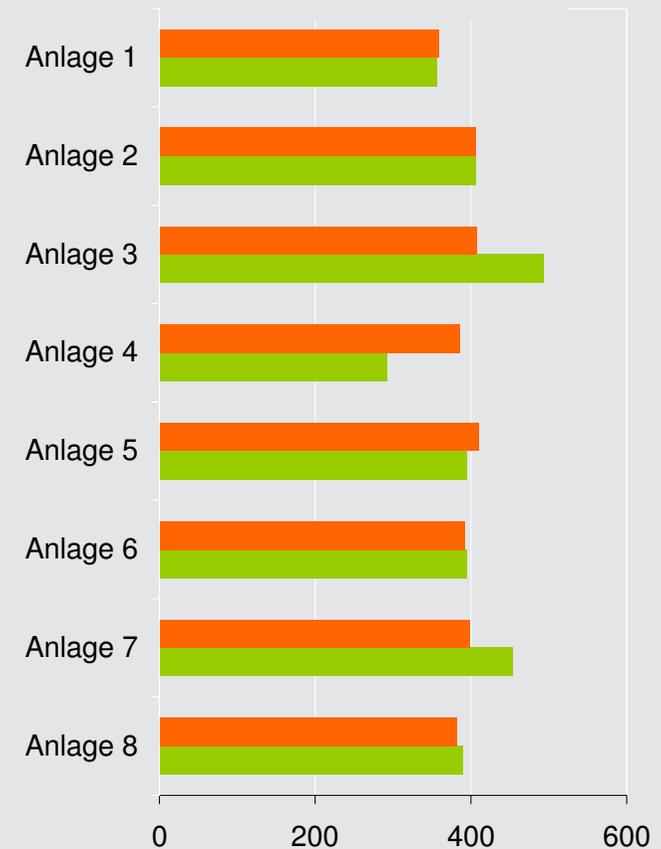


Bild: Vergleich spezifischer Kollektorerträge [AEE INTEC]

Ausgangslage:

Das Takten von Heizkesseln (instationärer Betrieb) bewirkt in der Start- und in der Stopp-Phase einen im Vergleich zum stationären Betrieb wesentlich erhöhten Schadstoffausstoß.

Projektziel:

Entwicklung von Anlagenkonfigurationen mit möglichst geringer Takthäufigkeit

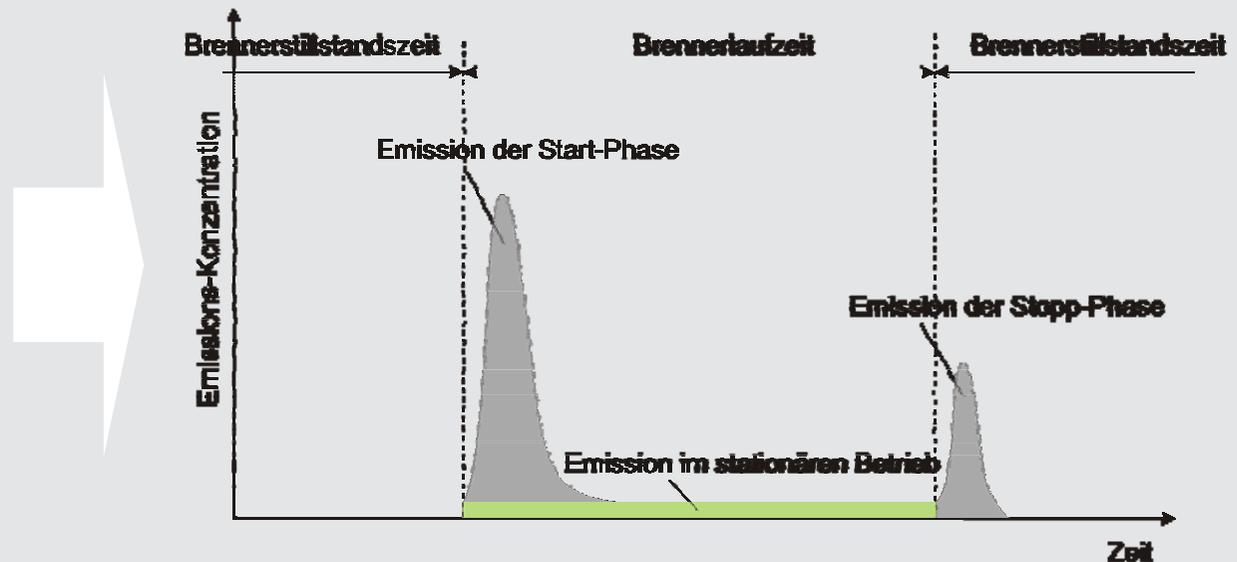


Bild: Abgasmessschrank (links) und qualitativer Emissionsverlauf in einem Taktzyklus eines Biomassekessels (rechts) [IWT]

Eine Möglichkeit zur Reduzierung der Taktrate, und somit des Schadstoffaustoßes, liegt in der Wahl eines ausreichend großen Wärmespeichers zwischen Heizkessel und Abnahmesystem.

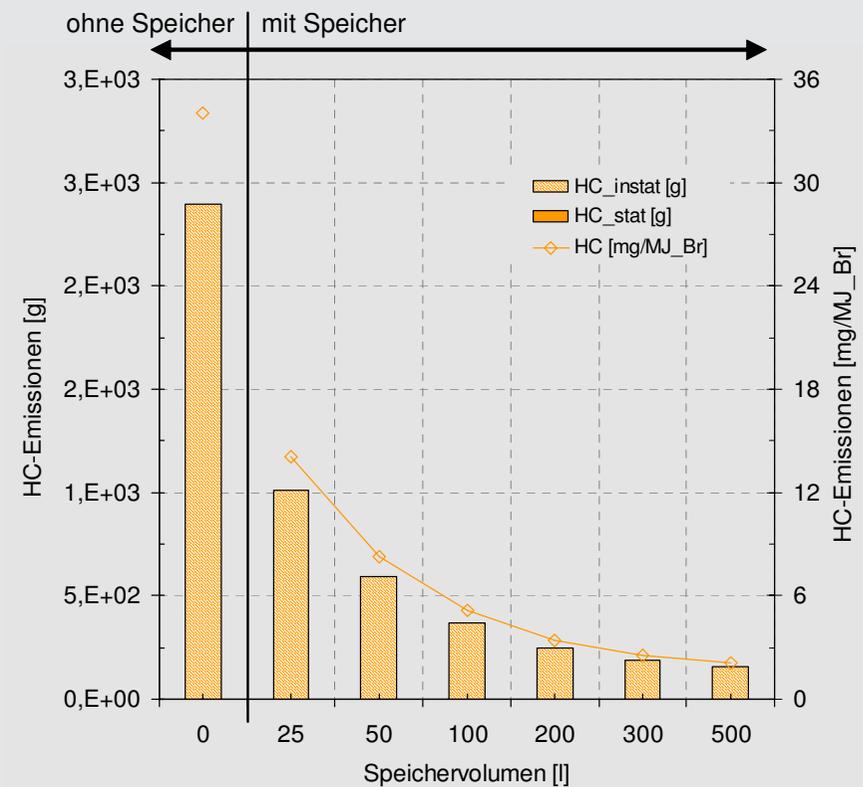
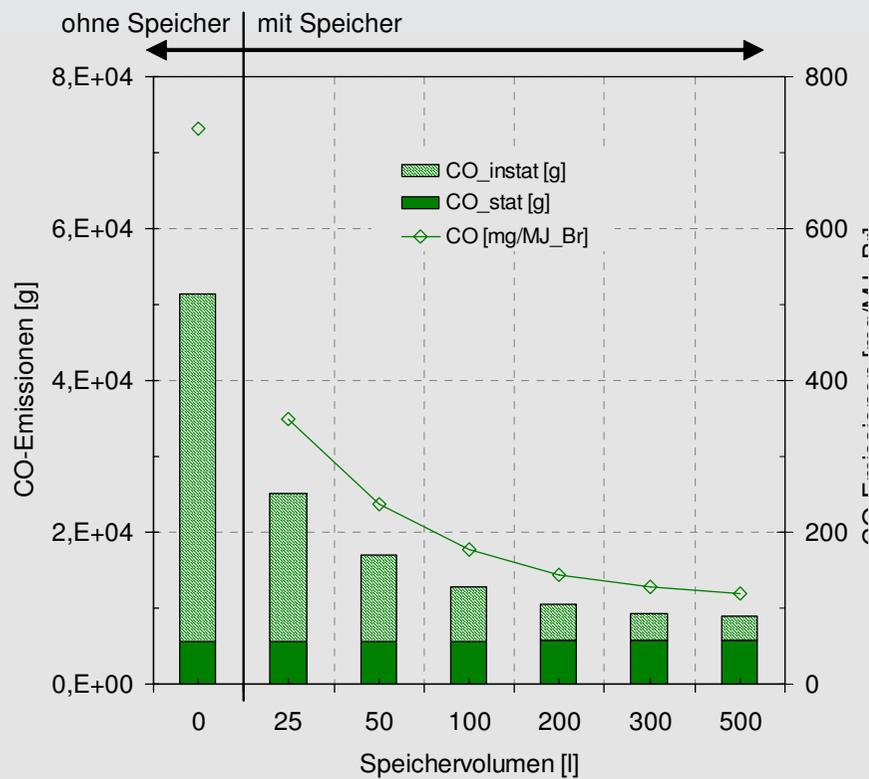


Bild: CO- (links) und HC-Emissionen (rechts) pro Jahr aus stationärem und instationärem Betrieb eines Pelletskessels [IWT]

Eine Möglichkeit das Speichervolumen zu reduzieren liegt im Einsatz von Speichermaterialien mit einer Wärmespeicherfähigkeit die über der Wärmespeicherfähigkeit von Wasser liegt.

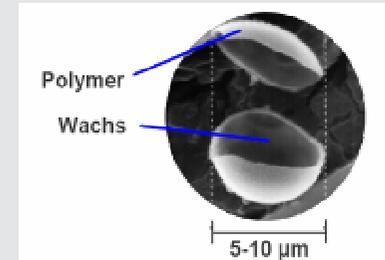
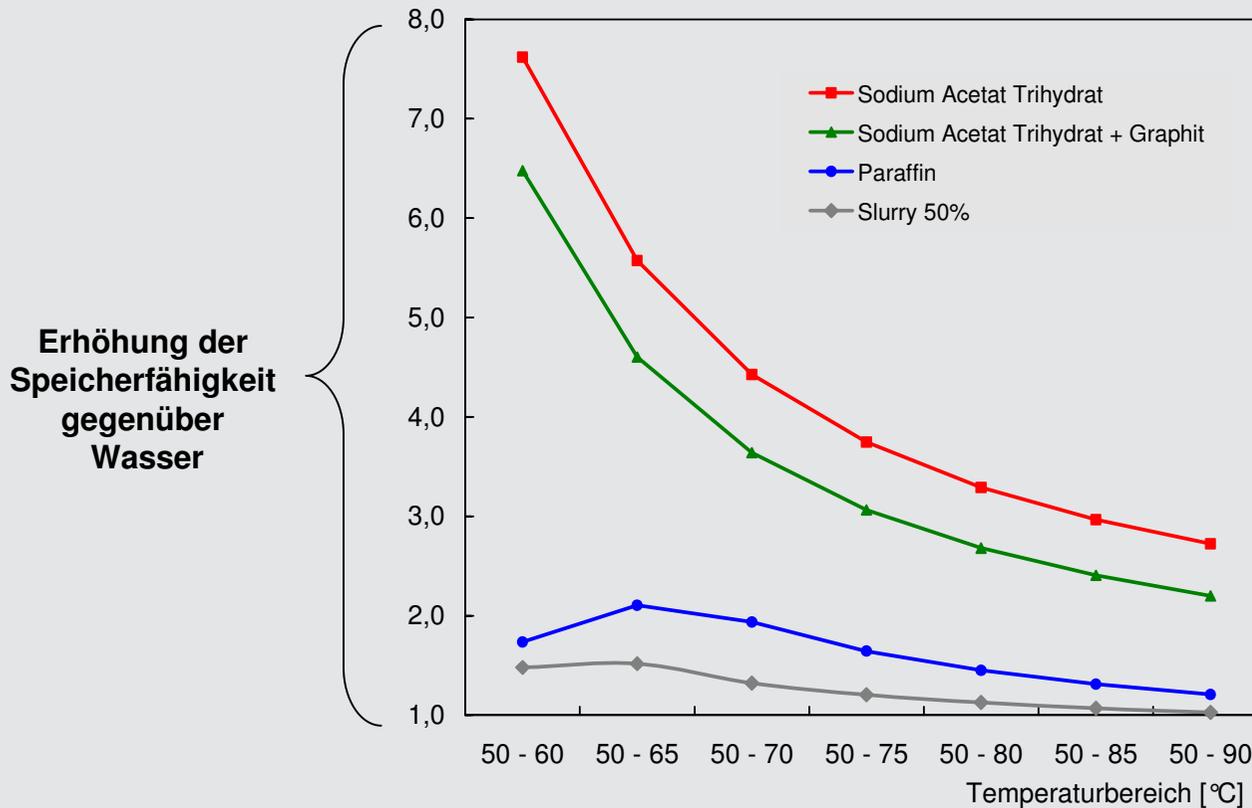


Bild: Wärmespeicherfähigkeit verschiedener Stoffe im Vergleich zu Wasser (links) und PCM Speichermodule (rechts) [IWT]

Fassadenkollektoren

Ausgangslage:

- ▶ Relativ ungenutztes Marktsegment für die Solarthermie und die Architektur

Projektziel ist das Erarbeiten:

- ▶ bauphysikalischer Grundlagen
- ▶ verbesserter Fassadensysteme

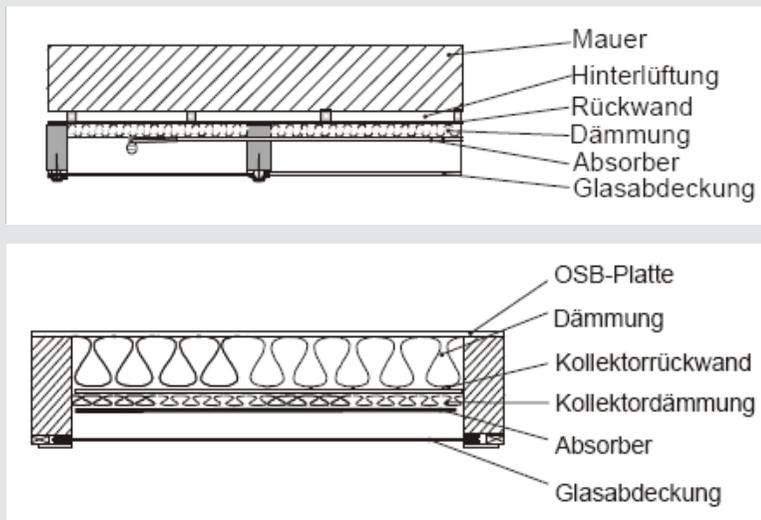


Bild: hinterlüftetes- und nicht hinterlüftetes Fassadensystem (links) und Beispiel einer gelungenen Integration (rechts) [AEE INTEC]

Projektergebnisse:

- ▶ für die Akzeptanz als architektonisches Gestaltungselement sind farbige Absorber nötig
- ▶ Low-Flow Verschaltungen sind zu bevorzugen
- ▶ bei Südausrichtung ist die Einstrahlung auf die vertikale Fassade in der Heizsaison im Vergleich zu einer 45 Grad Neigung größer, im Ganzjahresvergleich um ca. 30 % geringer
- ▶ auf Basis der Ergebnisse wurden Fassadenkollektoren entwickelt, die bereits in Serienproduktion gefertigt werden
- ▶ die bauphysikalischen Zusammenhänge wurden im Vortragsteil „Konstruktion und Bauphysik“ erläutert



Bild: Montage der Kollektoren der Testfassade mit Hilfe eines Kranes [AEE INTEC]

Stagnation von thermischen Solaranlagen

Problem:

Bei Solaren Kombianlagen liefert die Kollektorfläche in der Sommerzeit mehr Wärme als der Speicher aufnehmen kann und daher kommt es zu:

- ⇒ Überhitzung
- ⇒ Verdampfen der Kollektorflüssigkeit
- ⇒ Kondensations- Druckschläge

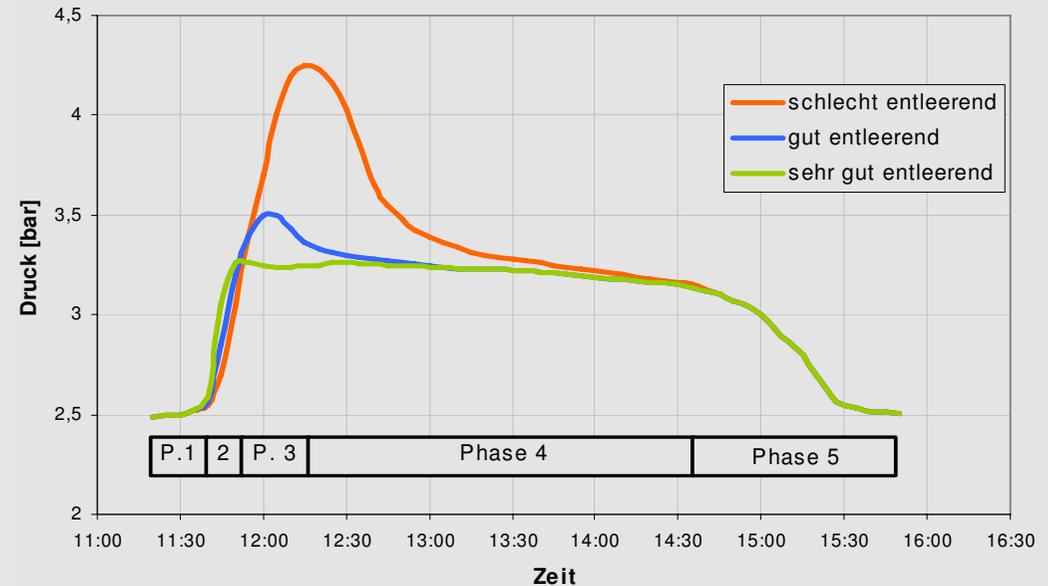


Bild: Systemdruck am Ausdehnungsgefäß von Systemen mit unterschiedlich entleerten Kollektoren – Stagnationsphasen 1-5

Einflussgrößen auf die Stagnation:

► Entleerungsverhalten des Kollektors

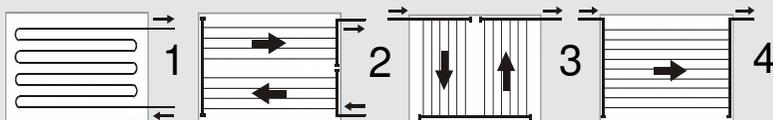
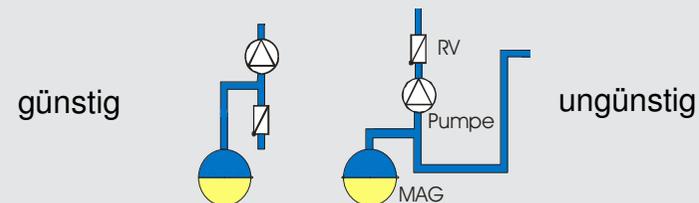


Bild 1: 1 / 2 gut entleerend, 3 / 4 schlecht entleerend

► Anordnung der Rücklaufgruppe



Ausgangslage:

- ▶ enormer Anstieg des Kühlenergiebedarfs im Bereich Verwaltungsgebäude
- ▶ Zunahme der internen Wärmelasten durch den verstärkten Einsatz von EDV
- ▶ in der Architektur wird der Einsatz von Glas immer weiter verstärkt
- ▶ Strategien zur Heizwärmebedarfseinsparung erhöhen oftmals den Kühlbedarf
- ▶ elektrisch betriebene Klimatisierung erhöht die Betriebskosten und den Energieeinsatz



Bild: ausgewertete Bürogebäude [AEE INTEC]

Temperatur Behaglichkeitsdiagramm nach DIN 1946 Teil2, 1994

Sommer 2003: Zone 27

(Verschattung während der Bürozeit aktiv, LW 0,5h-1, Interne Lasten 24,5 W/m²)

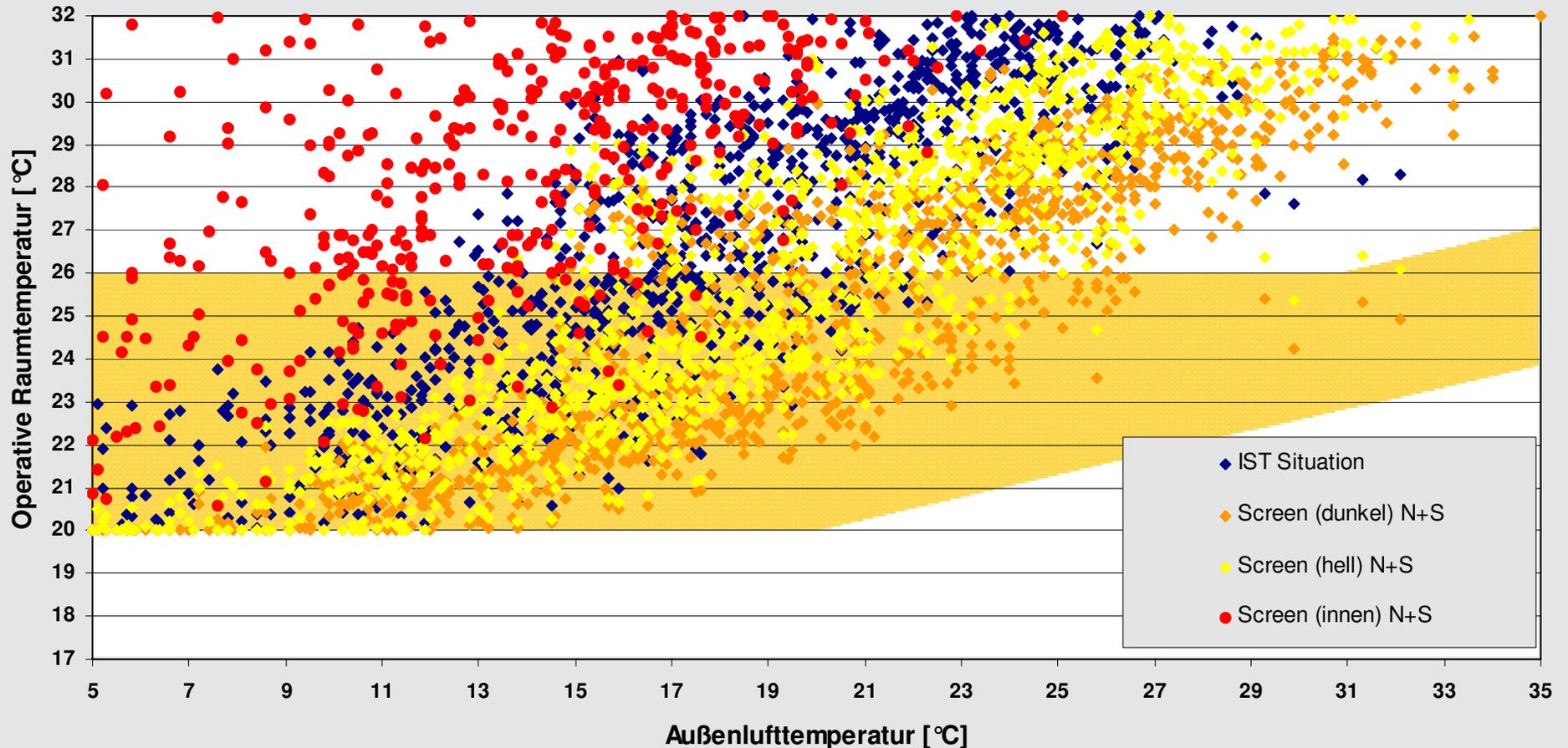


Bild: Raumlufthtemperaturen während der Bürozeiten in einem typischen Südwestbüro im Behaglichkeitsfeld für die IST – Situation und für verschiedene Screen-Varianten (Mai 2003 bis September 2003) [AEE INTEC].

Projektergebnisse:

Zwei- Wege-Modell zur Reduktion des Kühlenergiebedarfs

- 1) Reduktion der anfallenden internen und externen Wärmequellen
-muss schon in der Planungsphase vorbereitet werden
- 2) Einsatz von passiven Kühlsystemen
-zur Deckung des verbleibenden Kühlbedarfs

Varianten Passiver Kühlkonzepte

(Auswertung der untersuchten Gebäude)

- ▶ Erhöhung der Speichermassen (Kühllastreduktion 5 – 10 %)
- ▶ Verschattung (Kühllastreduktion 10 – 70 %)
- ▶ Fensternachtlüftung (Kühllastreduktion 10 – 40 %)
- ▶ Beleuchtung und Ausstattung (Kühllastreduktion bis 30 %)
- ▶ Luftkonzepte für die Nachtlüftung über mechanische Lüftungsanlagen
- ▶ Wasserdurchströmte Erdreichwärmetauscher
- ▶ Luftdurchströmte Erdreichwärmetauscher



Bild: Oberlandesgericht Linz [AEE INTEC]

Motiv - Kopplung solarthermische Anlagen mit Klimatisierung

- ▶ Hohe Solarstrahlung und Kühllast treten sowohl kurzzeitig (passive Solargewinne) als auch über das Jahr gesehen oft gleichzeitig auf.
- ▶ Solare Kombisysteme haben entweder einen sehr geringen solaren Deckungsgrad oder im Sommer nicht nutzbare Überschüsse, was zu Kollektorstillständen führt.
- ▶ Die zusätzliche Sommerlast erhöht den Deckungsgrad des Kollektors sowie die spezifischen Erträge der Solaranlage.

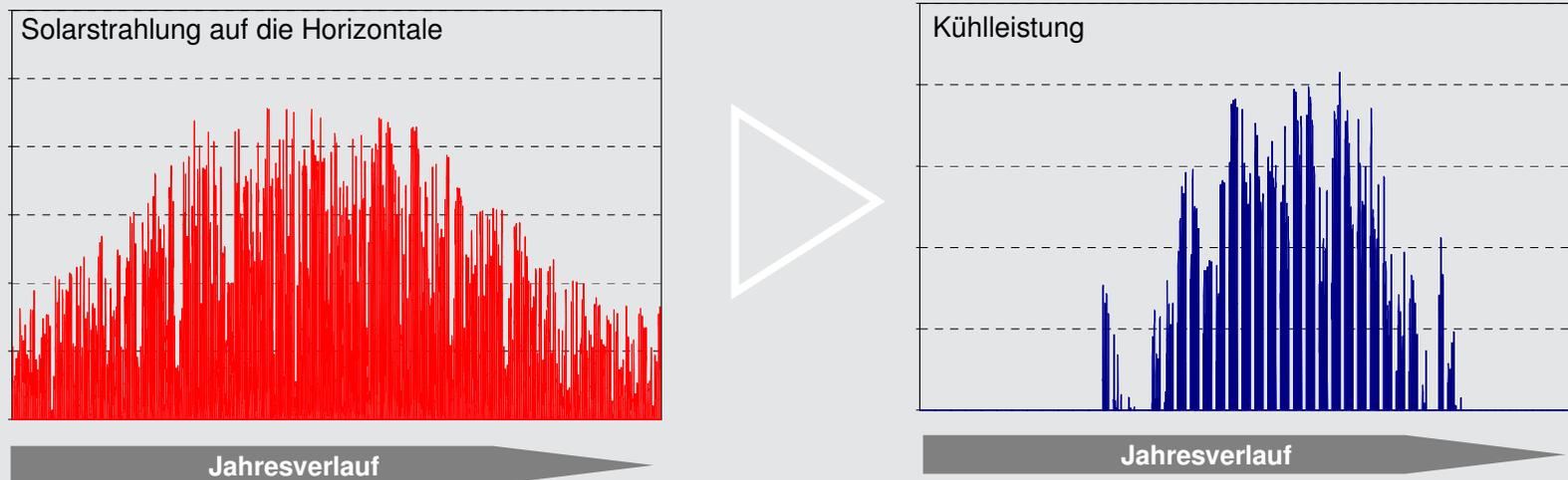


Bild: Jahresverlauf der Solarstrahlung auf die Horizontale und Kühlleistung eines Büroraumes im Vergleich [IWT]

Solarenergie für Heizen und Kühlen - Übersicht

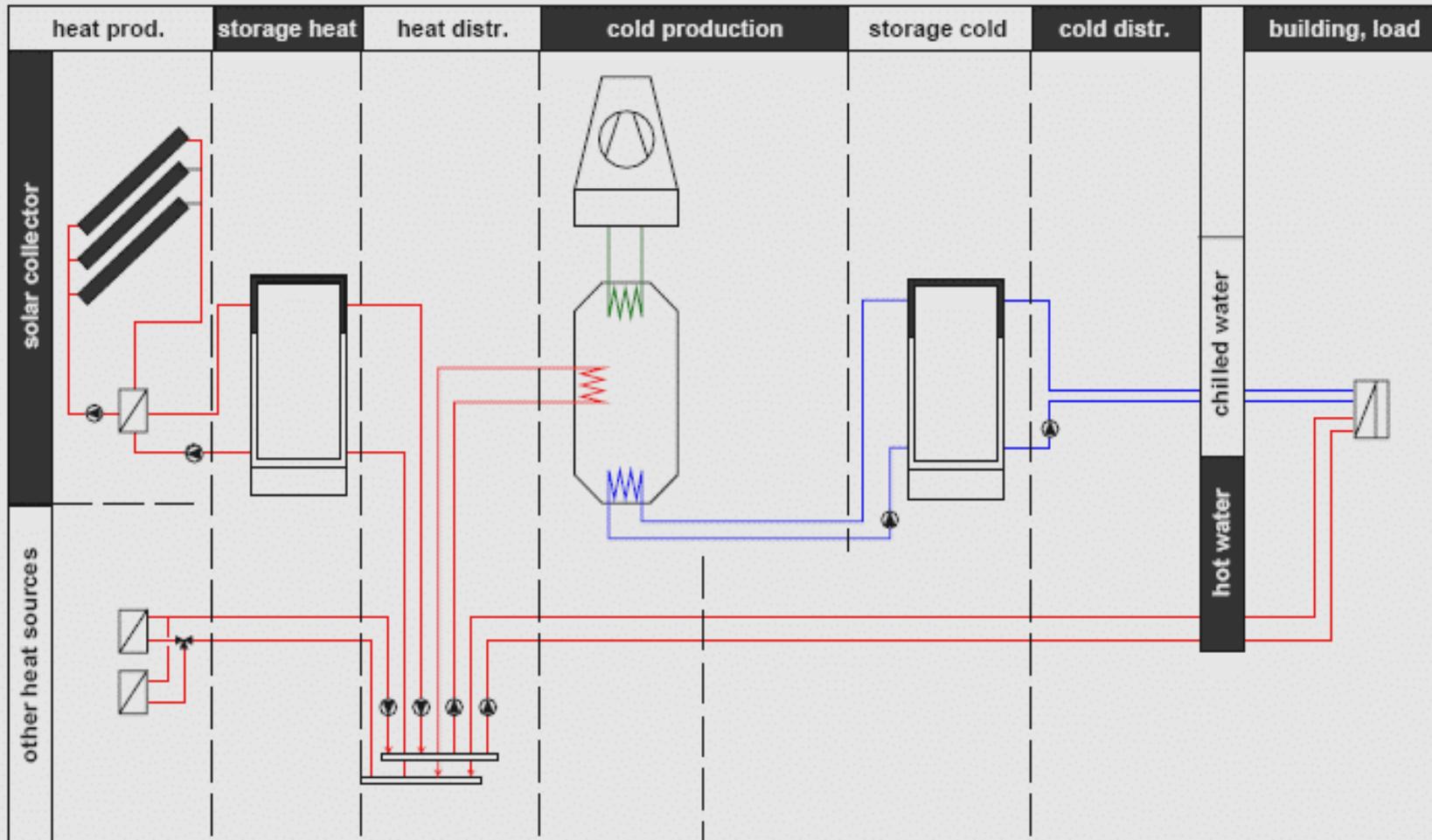


Bild: Systemübersicht Solares Kühlen [IEA SHC TASK 25]

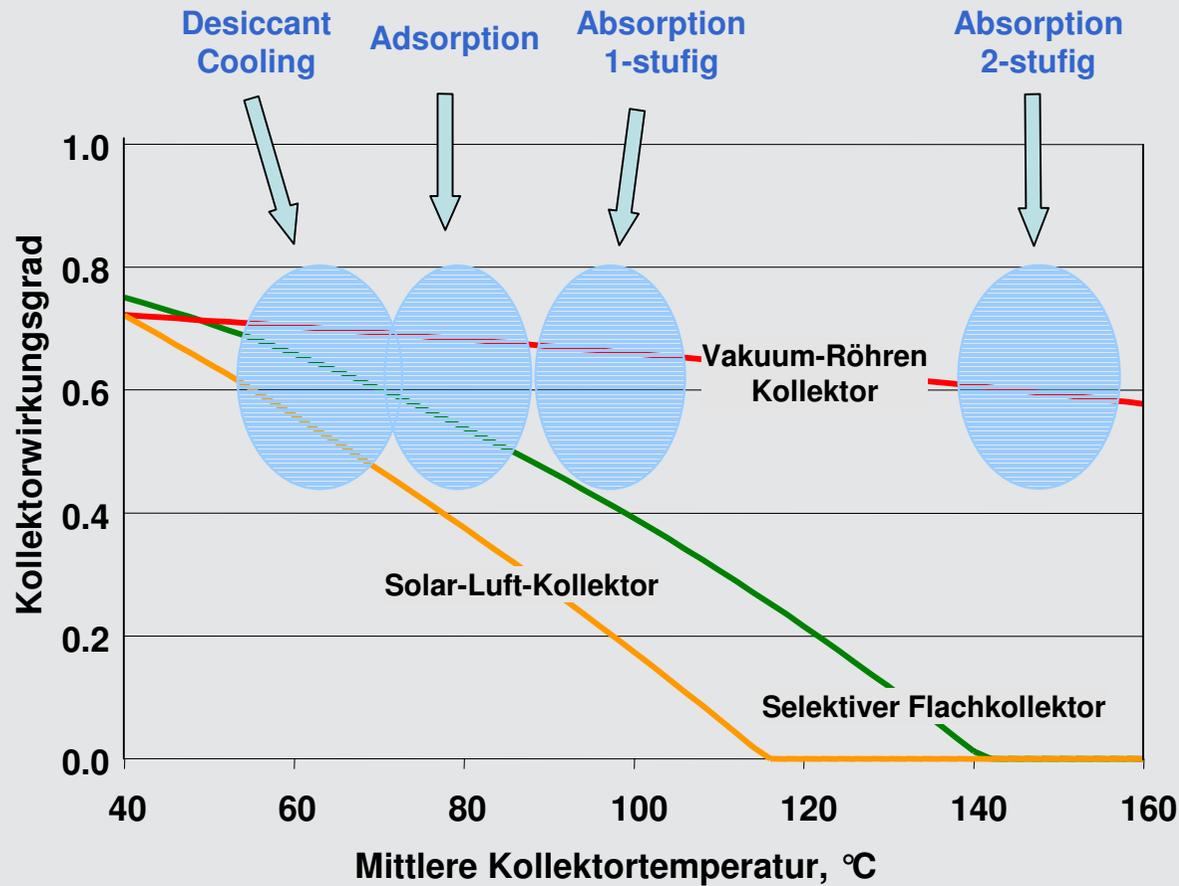
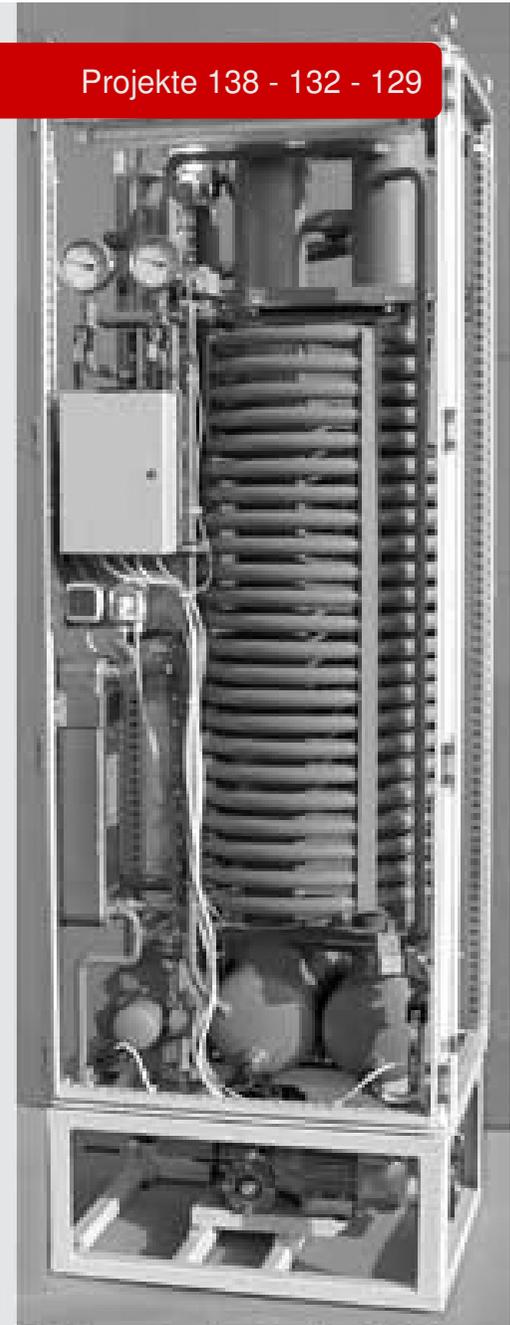


Bild: Einsatzmöglichkeiten von unterschiedlichen Kollektortypen [ISE Freiburg, 2002]

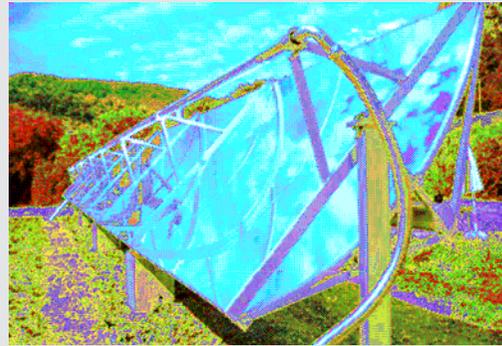
Absorptionskältemaschine [Pink GmbH]



Praxisbeispiele Solarer Kühlung



Solare Kühlung für Weinkeller



Hotel Klimaanlage



Solare Kühlung für Konferenzzimmer

Bild: Praxisbeispiele für Solares Kühlen [IEA SHC TASK 25]

Mechanische Lüftungssysteme

Ohne mechanische Lüftungssysteme mit Wärmerückgewinnung sind Gebäude mit einem sehr geringen Wärmebedarf nicht möglich, denn umso höher der Wärmeschutz der Gebäudehülle, umso größer wird der Einfluss der Lüftungswärmeverluste.

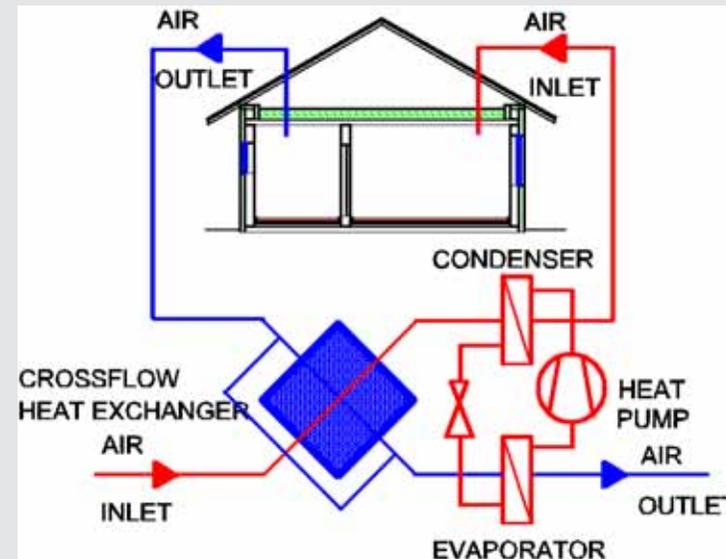
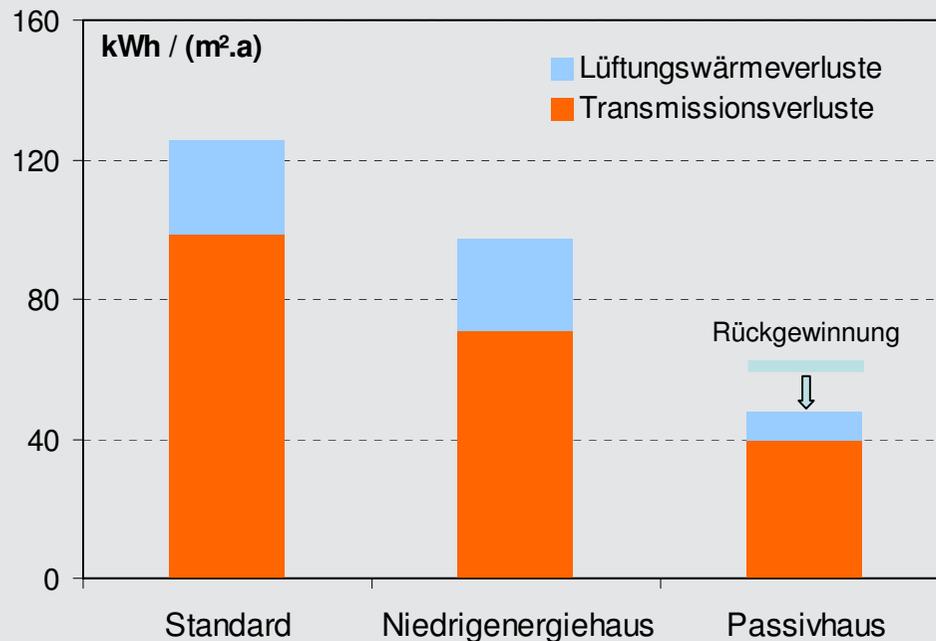


Bild: Transmissions- und Lüftungswärmeverluste eines EF Hauses (links) und Schema einer Lüftungsanlage [IWT] (rechts)

Die häufigsten Fehler bei einzelnen Anlagenteilen sind:

- ▶ ungeprüfte Luftdichtheit der Gebäudehülle
- ▶ Lärmprobleme aufgrund falscher Dimensionierung
- ▶ zu geringe Luftmengen und mangelhafte Einregulierung
- ▶ Beeinflussung von Feuerstellen durch die Lüftungsanlage
- ▶ Beeinflussung der Lüftungsanlage durch Dunstabzugshauben
- ▶ Überströmöffnungen werden oft zu klein dimensioniert
- ▶ mangelhafte Luftansaugungen mit zu hohem Druckverlust
- ▶ fehlende Kondensatabläufe
- ▶ keine feuchtebeständige Dämmung der kalten Rohre
- ▶ keine Dämmung der warmen Rohre (Zuluft und Abluft)
- ▶ zu geringe Filterqualität und schlechte Wartung der Filter
- ▶ ungeeignetes Verrohrungsmaterial (flexible Schläuche)
- ▶ falsche bzw. zu kleine Ventile



Bild: Teile der Lüftungsanlage
[Hackermüller]

**HdZ Ausbildungsoffensive Komfortlüftung**

Spezifische Fachausbildung in theoretischer und praktischer Form für planende Installateure von Komfortlüftungsanlagen für Wohngebäude

Luft/Luft bzw. Luft/Wasser Wärmepumpe

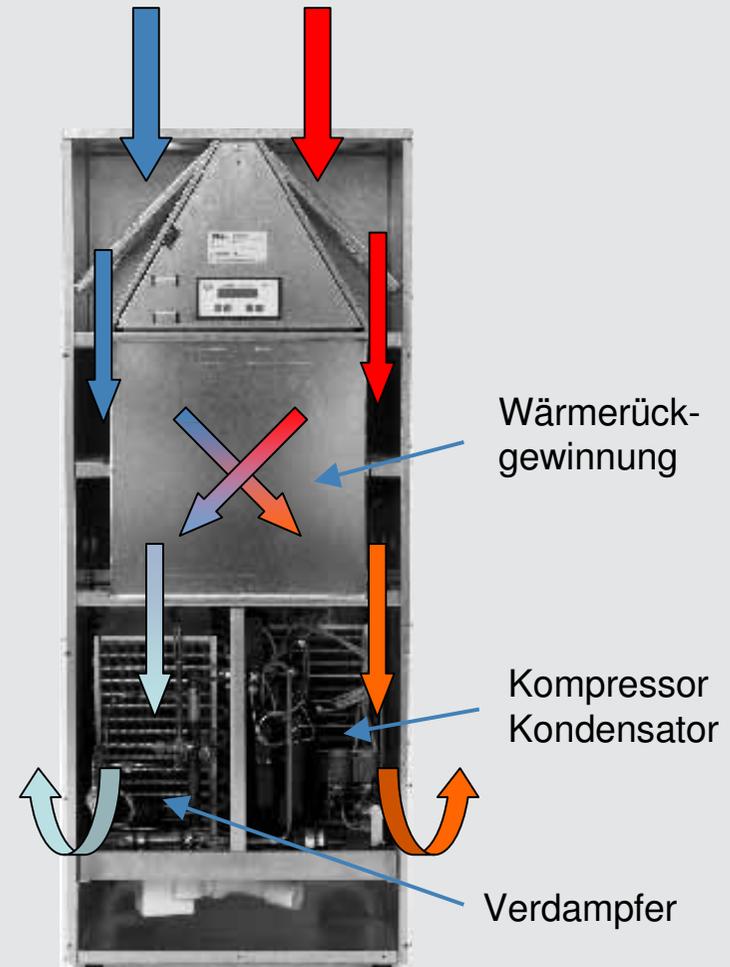
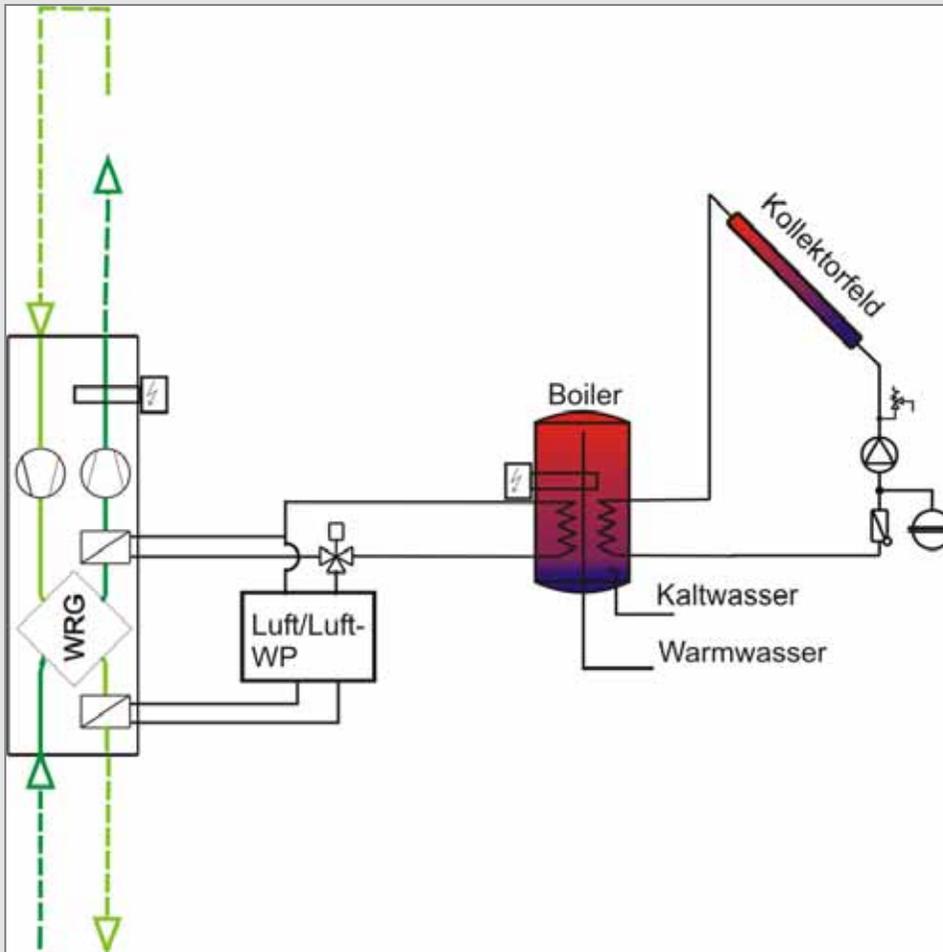


Bild: Heizungsschema und Lüftungs- Kompaktgerät Maico Aerex BW 160 mit dem Brauchwasserspeicher BM 190 bzw. BM 400

End- und Primärenergie, CO₂-Äquivalent und Betriebskosten (Standardvariante, 3 WE)

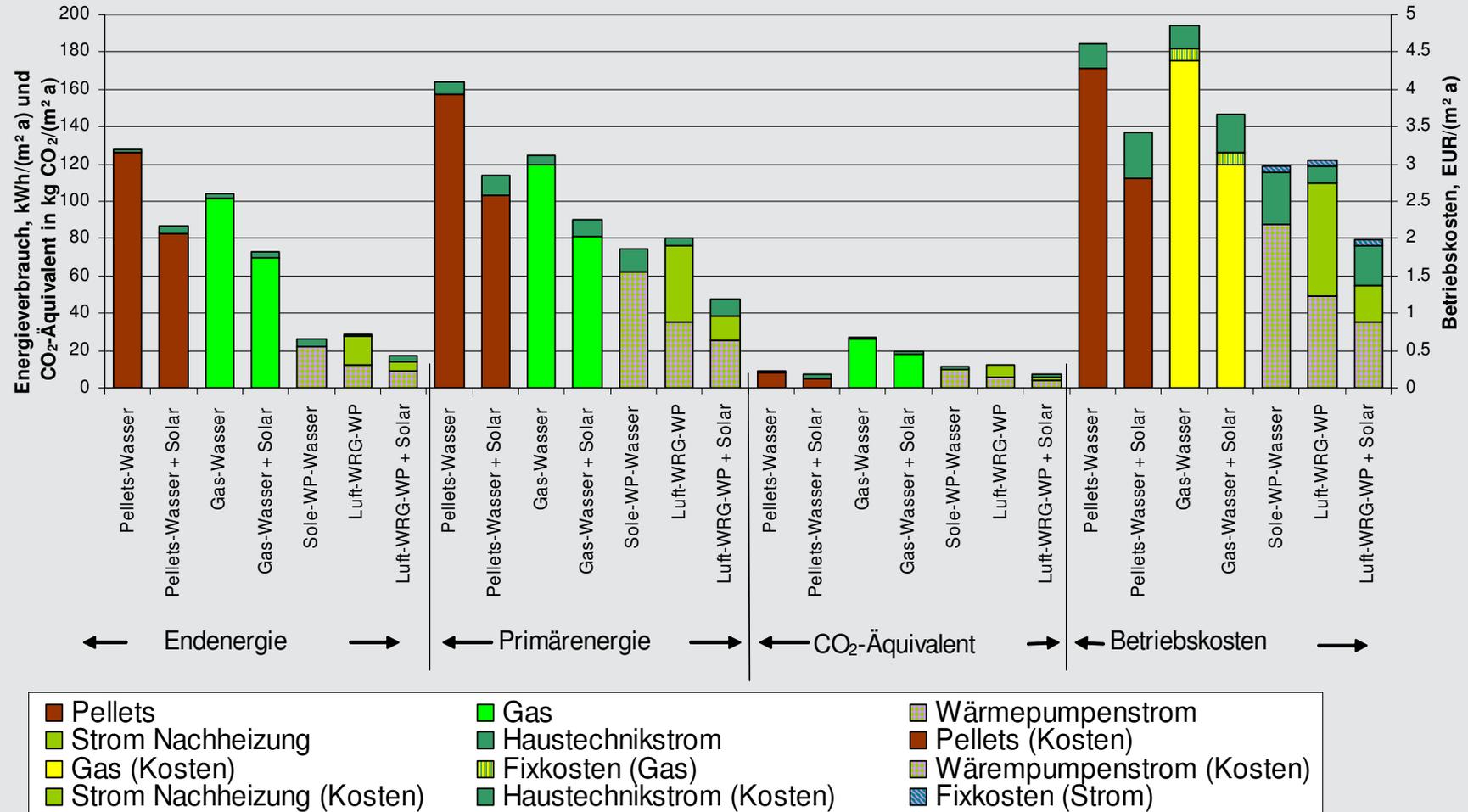


Bild: Heizungssysteme im Vergleich [IWT]

Im Neubau lassen sich mit neuartigen Gebäude- und Anlagenkonzepten Gebäude mit einem sehr kleinen Energiebedarf realisieren.

Diese Effizienz konnte durch Messprojekte im Haus der Zukunft schon gut nachgewiesen werden.



Bild: Christophorus Haus - Betriebsgebäude der MIVA und Klima Komfort Haus [Hackermüller]

Energietechnik / Zusammenfassung und Potentiale

Der Gebäudebestand in Österreich beinhaltet ca. 2,05 Mill. Gebäude mit 3,86 Mill. Wohnungen
 ⇒ davon 1,56 Mill. Ein- und Zweifamilienhäuser (ca. 76 %)

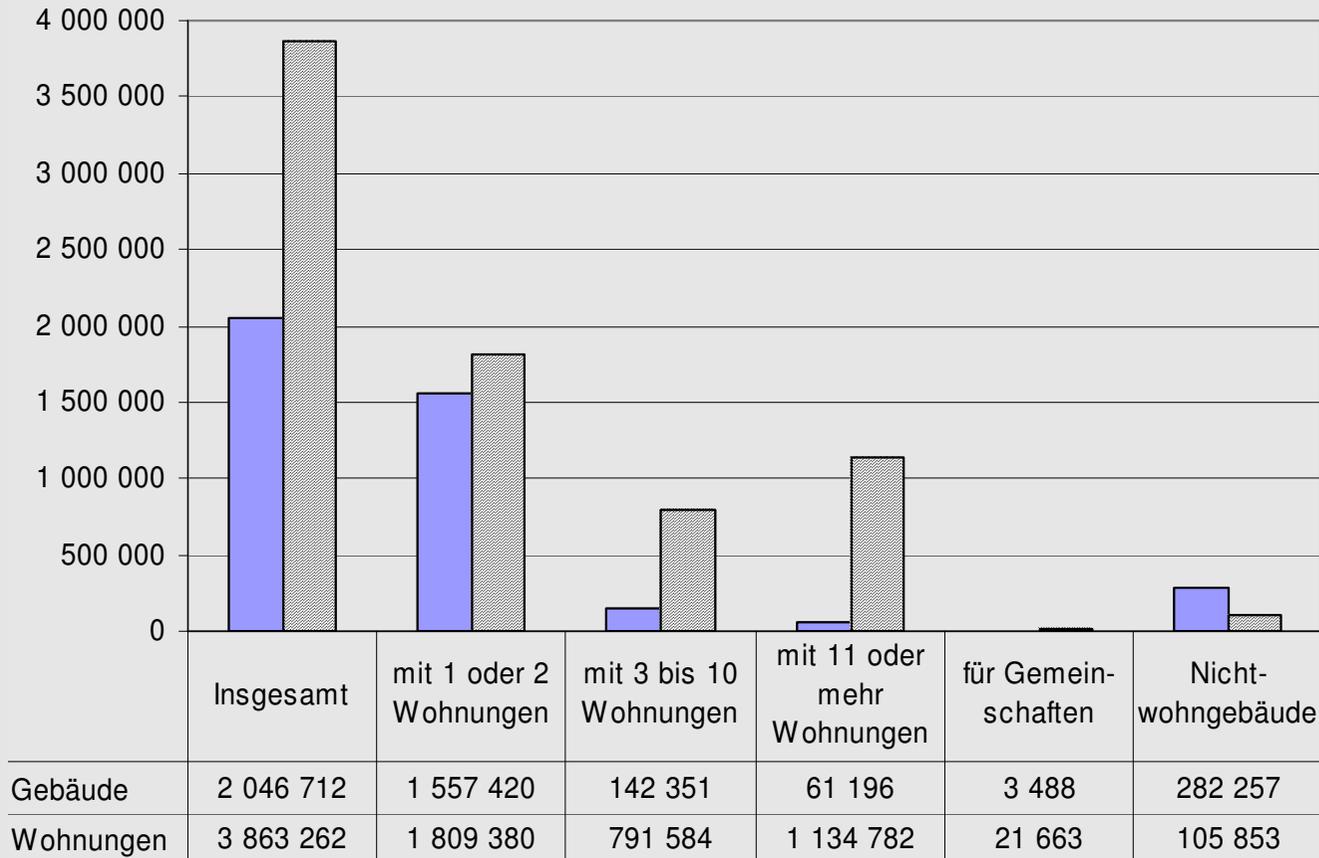


Bild: Gebäudebestand in Österreich [Datenquelle: Statistik Austria]

Um die gewünschten Einsparungen bis 2012 zu erreichen, wäre eine Sanierungsrate von ca. 5 % notwendig. Bei einer Erhöhung der Sanierungsquote von dzt. 1 % auf 3 % würde es bis 2016 dauern, die gewünschten Einsparungen zu erreichen.

Trendszenario thermische Althausanierung - gesamter Wohnungsbestand

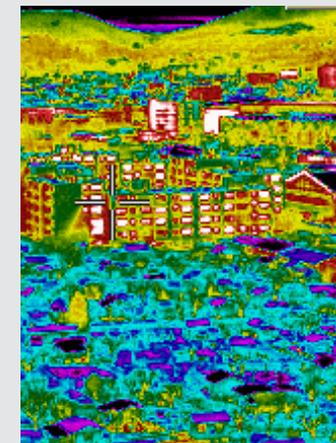
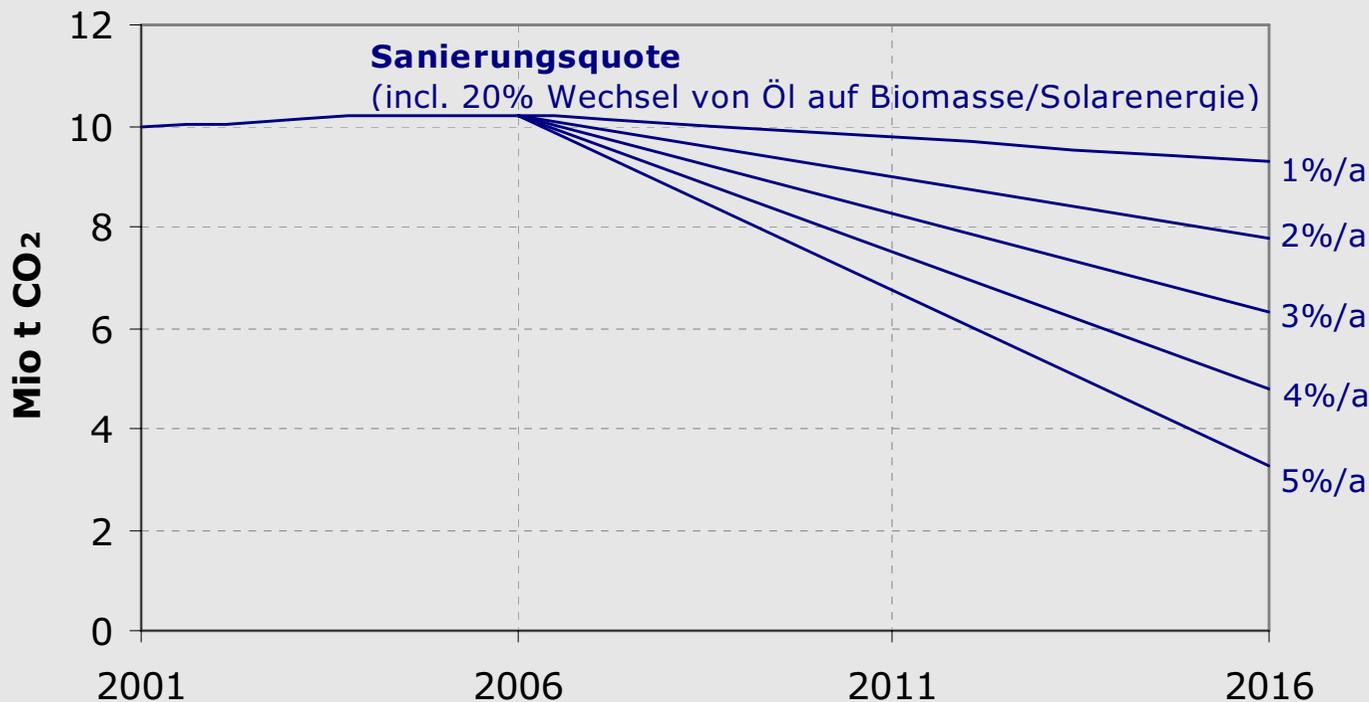


Bild: Trendszenario thermische Althausanierung und thermographische Aufnahme von Graz [IWT]

Trendszenario thermische Althausanierung für Mehrfamilienhäuser (MFH)

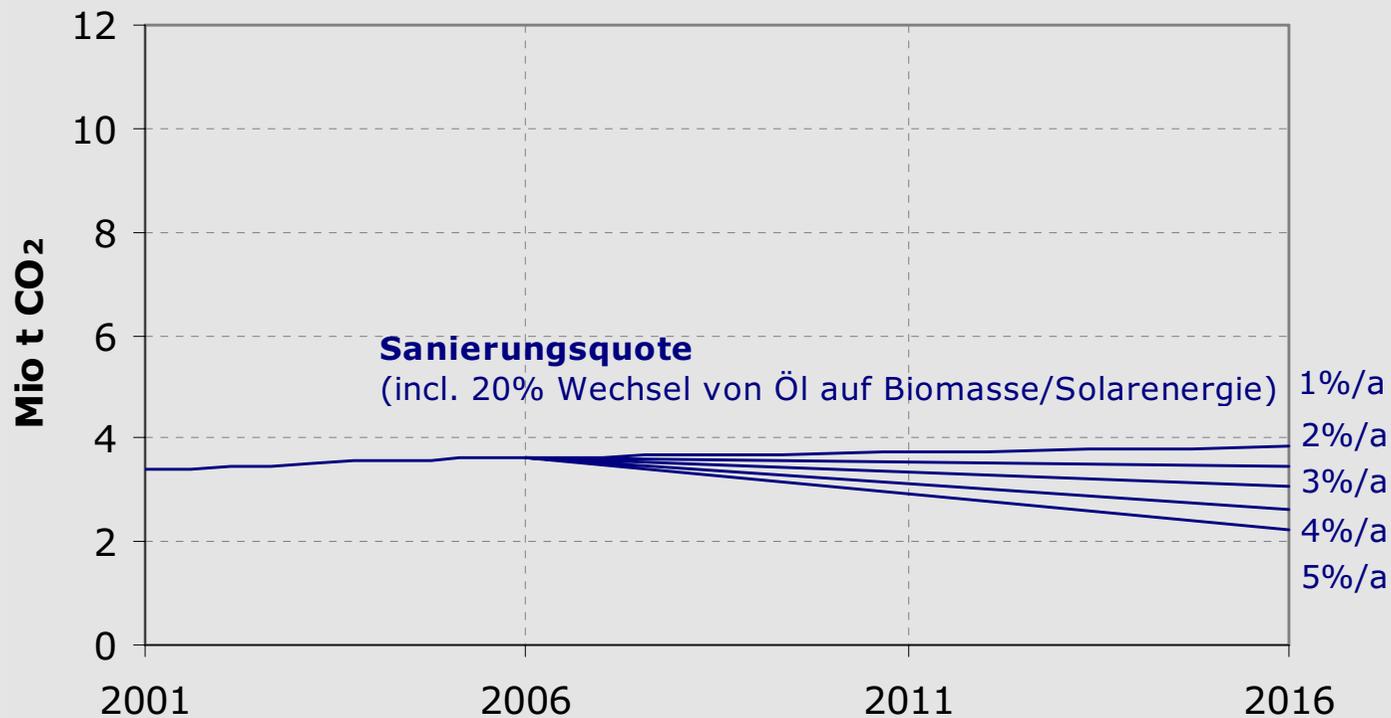


Bild: Trendszenario thermische Althausanierung für Mehrfamilienhäuser [IWT] und MFH Haus Sanierung in Linz

Trendszenario thermische Althausanierung für Einfamilienhäuser (EFH)

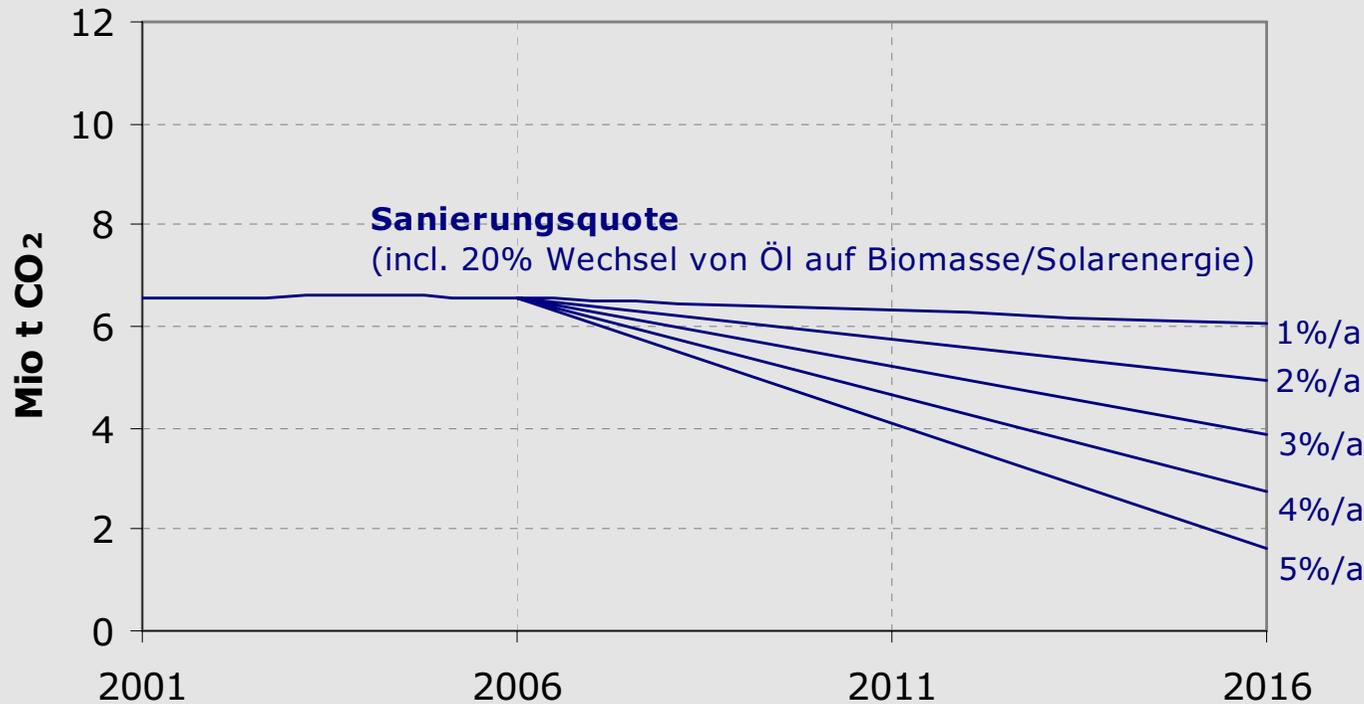


Bild: Trendszenario thermische Althausanierung für Einfamilienhäuser [IWT] und EF Haus Sanierung in Pettenbach

Resümee

- ▶ Handlungsbedarf aufgrund derzeitigen CO₂ Ausstoßes
- ▶ Jeder Neubau muss am Stand der Technik realisiert werden
- ▶ Die Sanierung der Altbauten beinhaltet das größte Potential
 - ▶ Mehrfamilienhäuser
 - ▶ Einfamilienhäuser → größtes Potential
- ▶ Ein weiterer ‚shift‘ von Öl und Gas hin zu den Erneuerbaren

Rückgang der Pasterze innerhalb von 50 Jahren



Bild: Pasterze Großglockner [Formayer, 2004]