

## **Klimaneutrale Wärmeversorgung von Wohngebäuden –**

**Was tun?**

**Michael Grafe, IWU Darmstadt**

**bau:building Klimaneutrales Heizen, Bremen am 11. September 2019**

---

Klimaneutrale Wärmeversorgung von Wohngebäuden

global-gesellschaftliche Relevanz

lokale Wirkung und individuelles Handeln

**Gesellschaft**

Was ist Klimaneutralität?

Energiekonzept und Klimaschutzplan – Bund,  
Gesamteffizienzrichtlinie EPBD – EU



Wie gelangt man zum klimaneutralen  
Gebäude(bestand) und wo stehen wir?

Szenarien, Modernisierungsfortschritt

**Gebäude**

Wie passen gebäudeindividuelle  
(berechnete) Ziele zur erlebten  
(gemessenen) Wirklichkeit?

Bedarf vs. Verbrauch, Rebound,  
Wärmeversorgungsaspekte



**Handeln**

Was ist praktisch zu tun?

Empfehlungen für Wärmeschutz und Wärme-  
versorgung

## Energiekonzept der Bundesregierung 2010

- bis 2050 nahezu klimaneutraler Gebäudebestand durch Senkung des Wärmebedarfes

*“Klimaneutral heißt, dass die Gebäude nur noch einen sehr geringen Energiebedarf aufweisen und der verbleibende Energiebedarf überwiegend durch erneuerbare Energie gedeckt wird.”*
- Verdopplung der energetischen Sanierungsrate von 1% auf 2% pro Jahr
- bis 2020 Reduzierung des Wärmebedarfes um 20%
- bis 2050 Minderung der Primärenergie in der Größenordnung von 80%

## Klimaschutzplan der Bundesregierung 2016

- Primärenergiekennwerte im Durchschnitt im Jahr 2050 für Wohngebäude 40 kWh/m<sup>2</sup>a und für Nichtwohngebäude 52 kWh/m<sup>2</sup>a
- Voraussetzungen für einen nahezu klimaneutralen Gebäudebestand
  - anspruchsvolle Neubaustandards
  - langfristige Sanierungsstrategien für den Gebäudebestand
  - schrittweise Abkehr von fossilen Heizungssystemen
  - Niedrigstenergiegebäudestandard ab 2021 wird schrittweise weiterentwickelt

*“Das bedeutet, dass spätestens zum Jahr 2030 der energetische Standard von Gebäuden schrittweise auf einen Wert unterhalb des heute geförderten “Effizienzhaus 55“-Standards weiterzuentwickeln ist.*

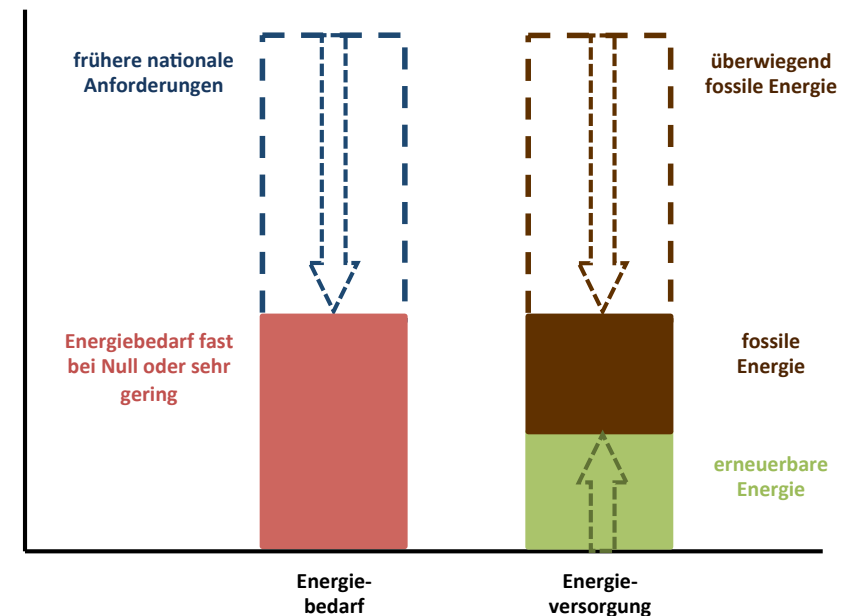
*Eine Neuinstallation von Heizsystemen, die erneuerbare Energien effizient nutzen, wird dann im Vergleich zu Heizsystemen mit fossilen Brennstoffen deutlich attraktiver sein.”*

## Vorgaben Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden 2010/2018 (Energy Performance of Buildings Directive – EPBD)

- Nach dem 31. Dezember 2018 sollen alle Neubauten, die von Behörden als Eigentümer genutzt werden Niedrigstenergiegebäude sein.
- Bis 31. Dezember 2020 sollen alle Neubauten Niedrigstenergiegebäude sein.

### Begriffsbestimmung

- Gebäude, das eine sehr hohe Gesamtenergieeffizienz aufweist (Energiebedarf fast bei Null oder sehr gering)
  - Energiebedarf soll zu einem ganz wesentlichen Teil durch Energie aus erneuerbaren Quellen gedeckt werden
- 
- Die praktische Ausgestaltung nationaler Definitionen dieses Gebäudestandards ist den EU-Mitgliedsstaaten vorbehalten.
  - Der Nachweis soll einen Indikator für die Gesamtenergieeffizienz sowie einen numerischer Indikator für Primärenergie (in kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr) enthalten.



### In aktuellen Szenarien werden für das Jahr 2050 vielfach folgende Annahmen getroffen:

- Gebäudebestand (Neubau und Bestand) weist weitgehend hohe energetische Standards auf (KfW Effizienzhäuser 40 und 55, Passivhaus und ähnliche)
- Wärmebedarf wird unter folgenden Annahmen weitgehend durch erneuerbare Energien gedeckt
  - Nutzung von Wärmepumpen mit verbessertem Strommix (PV, Wind und KWK)
  - Solarthermie, budgetierte Biomasse und Power-to-Gas-Technologien decken Anteile des Wärmebedarfes des Gebäudebestandes
  - Smarte Technologien (Smart Meter, Smart Grid, Smart City) erhöhen die Nutzbarkeit erneuerbarer Energien im Gebäudebestand
  - Fossile Energien sind zur Einhaltung der Ziele ebenfalls budgetiert
- Die Pfade zur erfolgreichen Erreichung der Klimaschutzziele für 2050 eint, dass verbesserter Wärmeschutz und Einsatz erneuerbarer Energien im Gesamtbestand umzusetzen sind.
- Eine alleinige Fokussierung auf den Neubau bzw. einzelne Maßnahmenschwerpunkte im Wärmeschutz oder bei der Anlagentechnik genügen nicht.

Dem stehen die bisherigen, nachfolgend betrachteten Modernisierungsfortschritte gegenüber.

(IWU: Datenbasis Gebäudebestand 2010, Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016)

Hinweis: Derzeit läuft auch die erste Untersuchung zur Erhebung des deutschen Nichtwohngebäudebestandes am IWU "ENOB:dataNWG".

### Gesamt-Modernisierungsrate Wärmeschutz

- leichter Anstieg von ca. 0,8 %/a (2005-2008) auf 1 %/a (2010-2016)  
 → Fortschritt erreicht, aber von Verdoppelung (2%/a für weitestgehend gedämmten Bestand im Jahr 2050) noch weit entfernt

### Anstieg des energetischen Standards in der Modernisierung

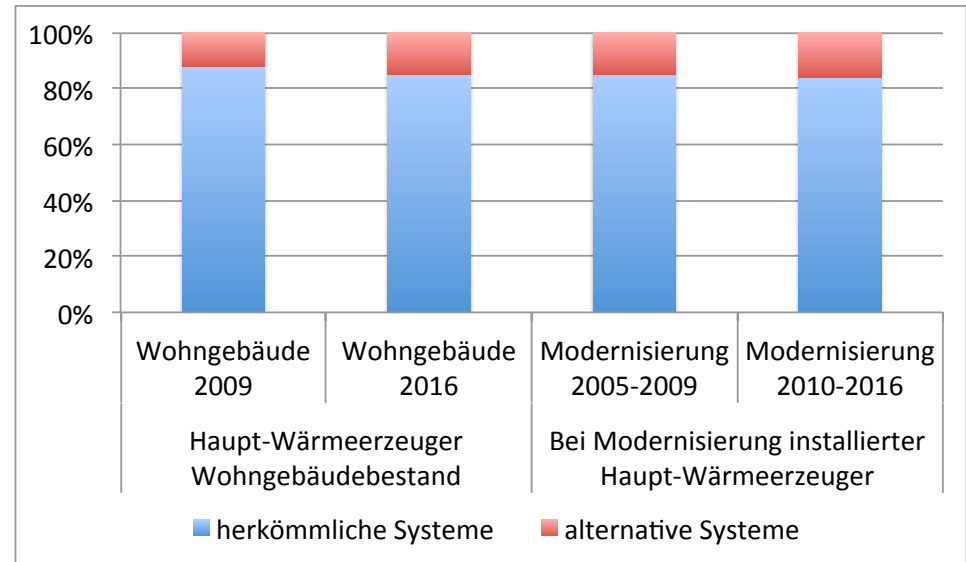
| Nachträgliche Dämmung<br>von Wänden im Altbau | Dämmstoffdicke | Fenstererneuerung               |           |
|---|----------------|---------------------------------|-----------|
|   |                | 2010-2012                       | nach 2012 |
| Umsetzung bis 2009                            | 8,4 cm         | Ein-Scheiben-Verglasung<br>1%   | 0%        |
| zwischen 2010 und 2012                        | 11,6 cm        | Zwei-Scheiben-Verglasung<br>77% | 65%       |
| Umsetzung nach 2012                           | 12,1 cm        | Drei-Scheiben-Verglasung<br>27% | 35%       |

### Denkmalgeschützte Gebäude – Anteile nachträglich gedämmter Bauteile

|  | Außenwand | Dach/Oberste<br>Geschossdecke | Fußboden/<br>Kellerdecke |
|--|-----------|-------------------------------|--------------------------|
| alle denkmalgeschützten Gebäude                | 20%       | 63%                           | 16%                      |
| denkmalgeschützte Altbauten bis Baujahr 1978   | 21%       | 64%                           | 16%                      |
| zum Vergleich: alle Altbauten bis Baujahr 1978 | 28%       | 55%                           | 14%                      |

## Wärmeversorgung – Haupt-Wärmeerzeuger

- Modernisierungsrate weiterhin in der Größenordnung 3 %/a
  - “herkömmliche Systeme” (Gas, Öl, direktelektrische Systeme) dominieren Gesamtbestand und Modernisierung
  - Anteil „alternativer Systeme“ (Wärmepumpen, KWK, Fernwärme, Biomasse) jeweils ca. 15 % im Gesamtbestand und in der Modernisierung
- ➔ Umbau der Wärmeversorgungsstruktur derzeit nicht absehbar



## Solaranlagen (Thermie bzw. PV) – Installationsraten 2010-2016: jeweils <1 %/a, aktuell rückläufig

|                                  | alle Wohngebäude | Altbauten bis Baujahr 1978 | Baujahr 1979-2009 | Neubauten ab Baujahr 2010 |
|----------------------------------|------------------|----------------------------|-------------------|---------------------------|
| Solaranlage                      | <b>20%</b>       | 16%                        | 24%               | 52%                       |
| Photovoltaik                     | <b>8%</b>        | 6%                         | 12%               | 16%                       |
| Solarthermie                     | <b>14%</b>       | 12%                        | 16%               | 40%                       |
| ... davon nur Warmwasser         | <b>57%</b>       | 55%                        | 59%               | 58%                       |
| ... davon Heizung und Warmwasser | <b>43%</b>       | 45%                        | 41%               | 42%                       |

Neubau seit 2010: >75 % KfW-EH 70, 55, 40 bzw. Passivhäuser, davon >50% mit (KfW-)Förderung

- Bedarf und Verbrauch decken sich praktisch oft nicht
- Gründe sind vielfältig (siehe beispielsweise: “Dena-Studie. Auswertung von Verbrauchskennwerten energieeffizienter Wohngebäude. Teil 2”; 2016)
- Häufig zu beobachten:
  - unsanierter Altbau mit Bedarf > Verbrauch
  - energieeffizientes Gebäude mit Bedarf < Verbrauch

sogenannter Reboundeffekt
- Abweichungen ergeben sich durch Zusammenwirken von Gebäude – Nutzer – Anlagentechnik  

Nutzer ist nicht allein verantwortlich für Reboundeffekt!
- Einfluss der Wärmeverteilsysteme wird praktisch oft unterschätzt



# Berechneter Energiebedarf vs. gemessener Energieverbrauch Ursachen für Abweichungen und ingenieurmäßige Anpassung

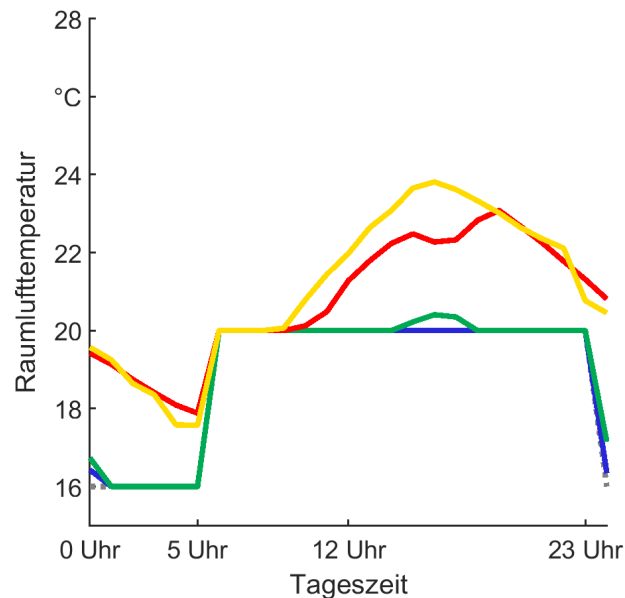
| Berechneter Energiebedarf<br>(nach EnEV) | Anpassung des Be-<br>darfs zum Abgleich<br>mit dem Verbrauch | Gemessener Energieverbrauch – Einflussgrößen   |
|--|--|--|
| standardisiert                           | selten   | <u>Lokales Klima im Verbrauchszeitraum</u>   |
| standardisiert                           | selten   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Solarstrahlung</li> <li>• Außentemperatur</li> </ul>  |
| standardisiert                           | nein   | <u>Verschattung</u>  |
| klassifiziert                            | nein   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Topografie und Bäume</li> <li>• Nachbarbebauung</li> </ul>  |
| wirklichkeitsnah                         | nein   | <u>Dämmstandard / Gebäudehülle</u> (auch zur Nachbarbebauung)  |
| standardisiert                           | nein   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bauteilkennwerte (Dämmung, Wärmeschutzverglasung)</li> <li>• umgebende Temperaturen</li> </ul>  |
| klassifiziert                            | nein   | <u>Effizienz der Wärmeversorgung</u>   |
| klassifiziert                            | nein   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wärmeerzeugung (Kessel, Fernwärme)</li> <li>• Verteilung (Ausdehnung, Dämmung, Einfluss nach Mod. ↑)</li> <li>• Betrieb (Zeiten, Temperaturen)</li> </ul> |
| klassifiziert                            | nein   | <u>Nutzerverhalten</u>   |
| standardisiert                           | ja   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Heizen (Raumtemperatur)</li> <li>• Lüften (Luftwechsel)</li> <li>• Verschatten</li> </ul>   |
| standardisiert                           | ja   |  |
| standardisiert                           | selten   |  |
| unberücksichtigt                         | nein   | <u>Wechselseitige Einflüsse der Wohnungen / Nutzer innerhalb des Gebäudes und mit Nachbargebäuden</u>  |

**Nutzer und Gebäude**

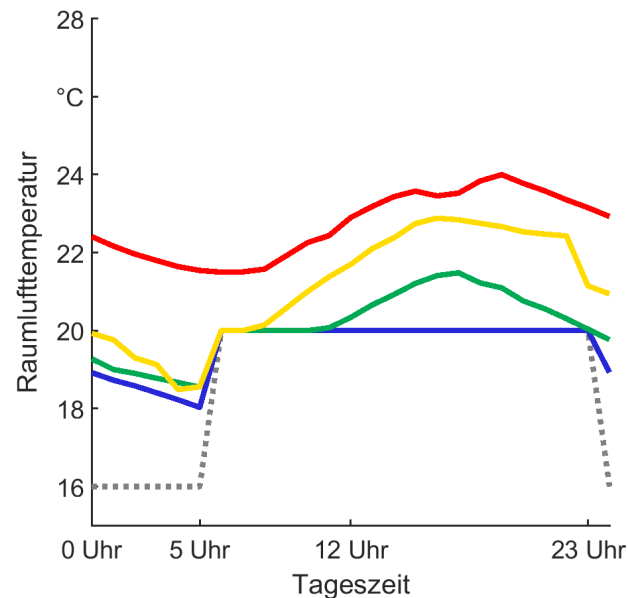
# Raumtemperatur – Wechselwirkungen zwischen Nutzer und Gebäude vor und nach Modernisierung am Beispiel eines Mehrfamilienhauses

Steigt die Raumtemperatur nach Modernisierung nur, weil der Nutzer sich eine höhere Temperatur wünscht?

**Mehrfamilienhaus ohne Wärmedämmung**



**Mehrfamilienhaus mit hohem Dämmstandard**

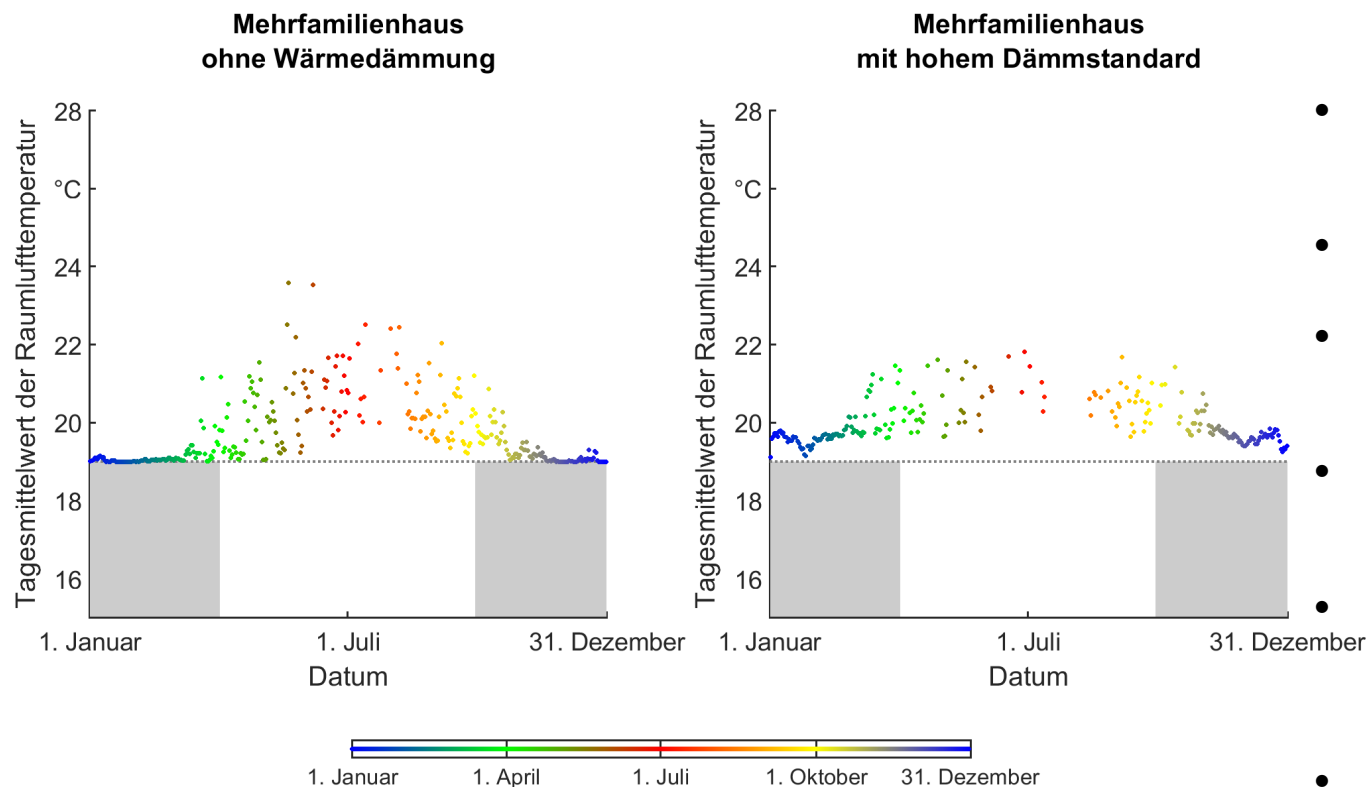


1. Januar    1. April    1. Juli    1. Oktober    31. Dezember

- untersuchtes Beispielgebäude unterscheidet sich lediglich hinsichtlich Wärmedämmung
- Wärmeeinträge durch Verteilsysteme, Personen und Geräte identisch
- Nutzerverhalten (Lüftung) identisch
- Anlagenbetrieb (Nachtabsenkung, mittlere Raum-Solltemperatur 19°C) identisch
- Modernisiertes Gebäude kühlt langsamer aus, bei Nachtabsenkung nachts wärmer
- nach Mod. tagsüber zeitweise durch solare Gewinne wärmer als Raum-Solltemperatur, dann kein Heizbetrieb
- nach Mod. kürzere Heizperiode

# Raumtemperatur – Wechselwirkungen zwischen Nutzer und Gebäude vor und nach Modernisierung am Beispiel eines Mehrfamilienhauses

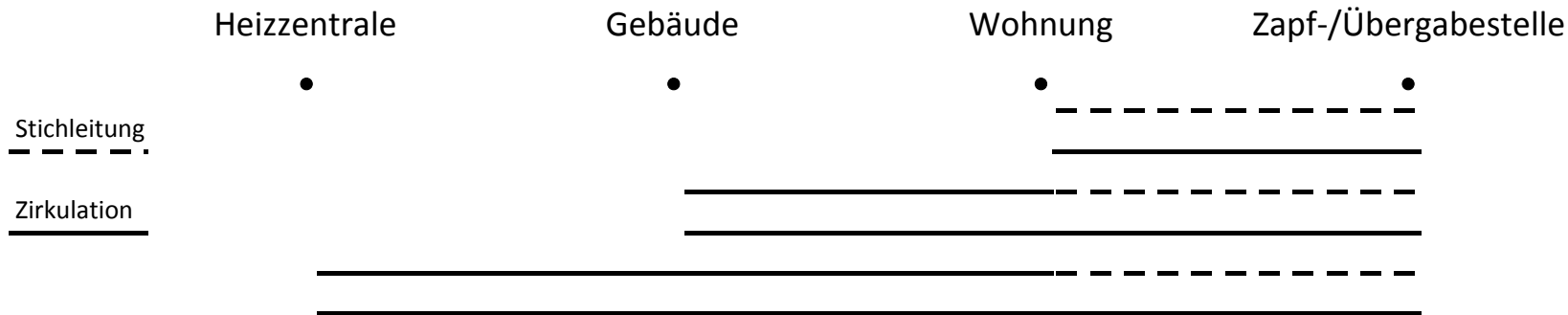
Steigt die Raumtemperatur nach Modernisierung nur, weil der Nutzer sich eine höhere Temperatur wünscht?



- untersuchtes Beispielgebäude unterscheidet sich lediglich hinsichtlich Wärmedämmung
- Wärmeeinträge durch Verteilsysteme, Personen und Geräte identisch
- Nutzerverhalten (Lüftung) identisch
- Anlagenbetrieb (Nachtabsenkung, mittlere Raum-Solltemperatur 19°C) identisch
- Modernisiertes Gebäude kühlt langsamer aus, bei Nachtabsenkung nachts wärmer
- nach Mod. tagsüber zeitweise durch solare Gewinne wärmer als Raum-Solltemperatur, dann kein Heizbetrieb
- nach Mod. kürzere Heizperiode

- Im Beispiel nimmt die mittlere Raumtemperatur in der Heizperiode (185 Tage) allein durch den verbesserten Dämmstandard von 19,2 °C auf 20,0 °C zu.
- Je nach Rechenrandbedingungen ist auch eine größere nutzerunabhängige Zunahme möglich.

### Wärmeverteilung



### Wirkung auf den Verteilverlust

- Anzahl Rohrleitungen 1 | 2 | 3 | 4-Leitersystem
  - Länge der Verteilleitungen <10 ... >100 m
  - Dämmstandard 0,1 W/mK ... ca. 3 W/mK  
klein, gedämmt ... groß, ungedämmt
  - Neubau vs. Sanierung – Restriktionen bezüglich Wärmebrücken
  - Betriebsparameter (Zeit-Nachtabsenkung; Systemtemperatur-Sollkurven)
- ➔ praktisch sind Verteilverluste von 0 ... >100 kWh/m<sup>2</sup>a möglich
- ➔ Verteilverluste sind nur sehr eingeschränkt nutzbar, perspektivisch (nach Mod.) noch weniger
- ➔ insb. bei Sanierung Augenmerk auf Verteilnetze richten

### Wärmeerzeugung

- Brennwertkessel (Gas, Pellets etc.) – Nutzung des Brennwerteffektes ist an Systemtemperaturen gekoppelt
  - Wärmepumpen – JAZ ebenfalls an Systemtemperaturen gekoppelt, unterscheidet sich zwischen Heizung und Warmwasser
  - Solarthermie – Nutzung stark von Systemeinbindung bzw. -regelung abhängig
  - Nah-/Fernwärme
    - Der Netzverlust stellt zunächst systemischen Nachteil (zusätzlichen Verlust) dar, der durch positive Aspekte (KWK, Nutzung erneuerbarer Energien) überkompensiert werden sollte.
    - Größe des Netzverlustes nicht prozentual sondern absolut bzw. spezifisch angeben; liegt praktisch oft im Bereich von 20 ... 60 kWh/m<sup>2</sup>a
- ➔ Eine effiziente Technologie an sich garantiert noch nicht die volle Ausschöpfung theoretisch möglicher Einsparpotentiale. Sie ist immer im Gesamtsystem zu betrachten.

### Wärmeschutz der Gebäudehülle, Wärmeverteilung und -speicherung

- Zielwert für einen (möglichst hohen) Mindest-Dämmstandard für Einzelgebäude wie auch für das Gesamtportfolio festlegen (z.B KfW EH 40 oder 55)
- oder jede einzeln bzw. im Paket zu realisierende Maßnahme mit möglichst hohem Dämmstandard umsetzen
- gilt sowohl für Dämmung von Bauteilen, Austausch von Fenstern als auch für Dämmung/Austausch von Verteilleitungen und Wärmespeichern
- Zeitpunkte für Umsetzung von Maßnahmen günstig wählen, um Effizienz voll auszuschöpfen
  - erst Wärmeschutz, dann Haupt-Wärmeerzeugung
  - Zusatztechnologien (Solarthermie, Wärmerückgewinnung, Photovoltaik) “jederzeit”
- Einhaltung der Reihenfolge Wärmeschutz-Wärmeerzeugung:
  - ➔ schafft Voraussetzungen für Anlagenbetrieb mit geringen Systemtemperaturen und -verlusten
  - ➔ ist Grundlage zur effizienten Nutzung von Solarthermie, Wärmepumpen (JAZ), Brennwertkesseln und auch KWK (Deckungsanteil)
  - ➔ ermöglicht offenen Einsatz aller Wärmeversorgungs-technologien und -komponenten und schafft Robustheit gegenüber “Flüchtigkeit” anlagentechnischer bzw. betriebswirtschaftlicher Aspekte

### Wärmeerzeugung

- Ziel setzen, möglichst umfangreich erneuerbare Energien für die Wärmeerzeugung zu nutzen
  - Haupt-Wärmeerzeuger Biomasse bzw. Wärmepumpe, ergänzend Solarthermie und/oder PV
  - Lösungen umsetzen, die vom “Kümmerer” vor Ort beherrscht werden können, ist auch nötig für verstetigten Betrieb
    - im Einzelgebäude einfach betreibbares, robustes System (Wartung, Steuerung und Regelung)
    - KWK für höhere Deckungsanteile und Anlageneffizienz eher im Verbund nutzen (Nahwärme/ Quartier), höhere Professionalisierung für Betrieb
  - Nutzer im Gebäude nicht vergessen, zum Erreichen der gewünschten Raumtemperatur Reserven für Systemtemperaturen einplanen
  - Energiemanagement mit Effizienzmonitoring umsetzen
  - erneuerbaren Strom/Sektorenkopplung im Quartier denken (Batteriespeicher | Elektromobilität | KWK-Anlagen)
- ➔ Der Weg hin zum klimaneutralen Gebäude ist anspruchsvoll und lang.
- ➔ Er bedarf der Festlegung von ambitionierten Zielen für Wärmeschutz und Wärmeerzeugung, die gleichzeitig unter Nutzung verfügbarer Ressourcen erreichbar erscheinen.

Vielen Dank für Ihre geschätzte  
Aufmerksamkeit!