

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/m²a und für Nichtwohngebäude 52 kWh/m²a
- 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.

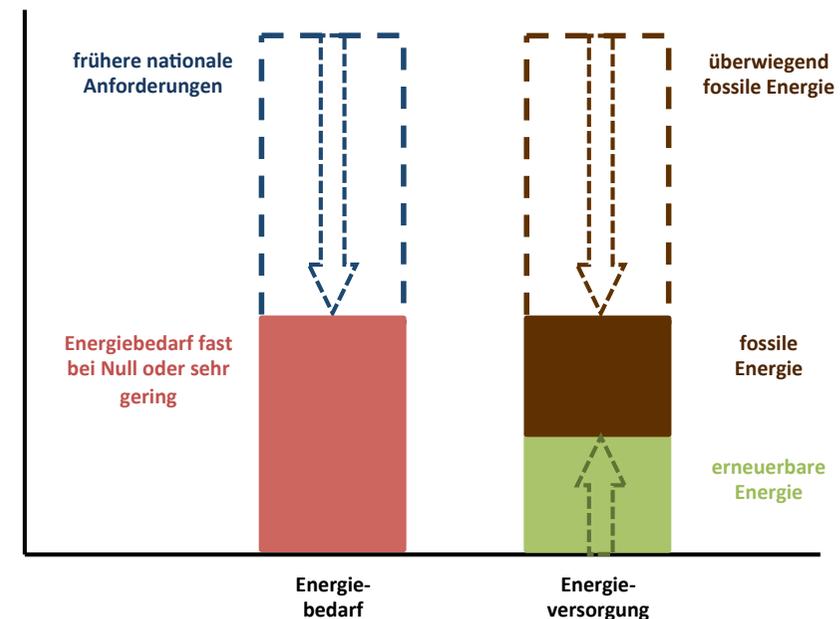
Eine Neuinstallation von Heizsystemen, die erneuerbare Energien effizient nutzen, wird dann im Vergleich zu Heizsystemen mit fossilen Brennstoffen deutlich attraktiver sein.”

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/m² 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

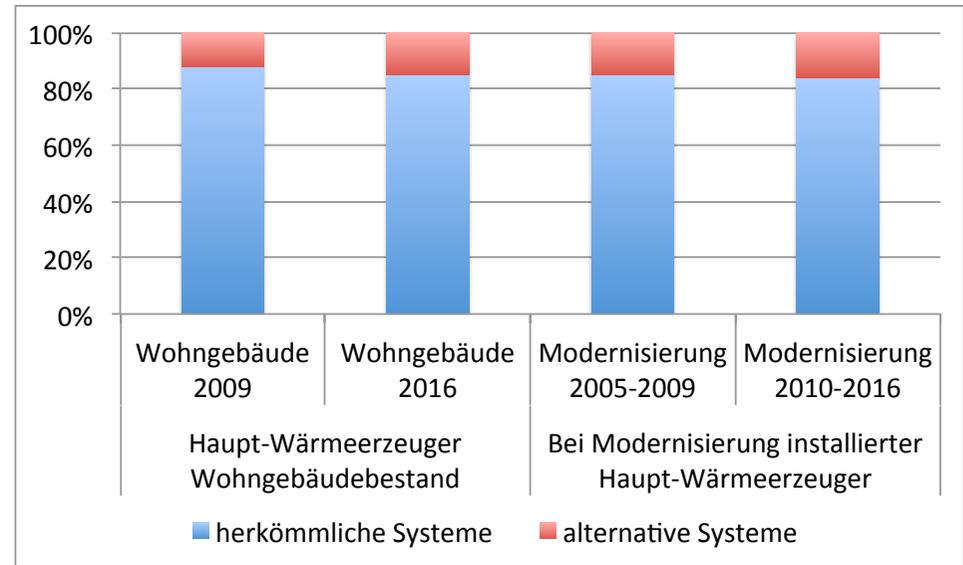
Nachträgliche Dämmung von Wänden im Altbau	Dämmstoffdicke	Fenstererneuerung	
		2010-2012	nach 2012
Umsetzung bis 2009	8,4 cm	Ein-Scheiben-Verglasung 1%	0%
zwischen 2010 und 2012	11,6 cm	Zwei-Scheiben-Verglasung 77%	65%
Umsetzung nach 2012	12,1 cm	Drei-Scheiben-Verglasung 27%	35%

Denkmalgeschützte Gebäude – Anteile nachträglich gedämmter Bauteile

	Außenwand	Dach/Oberste Geschossdecke	Fußboden/ 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	20%	16%	24%	52%
Photovoltaik	8%	6%	12%	16%
Solarthermie	14%	12%	16%	40%
... davon nur Warmwasser	57%	55%	59%	58%
... davon Heizung und Warmwasser	43%	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

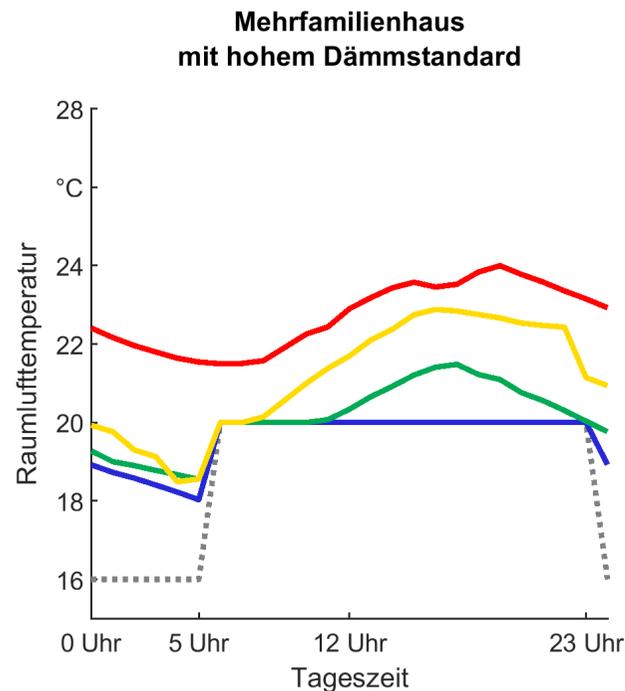
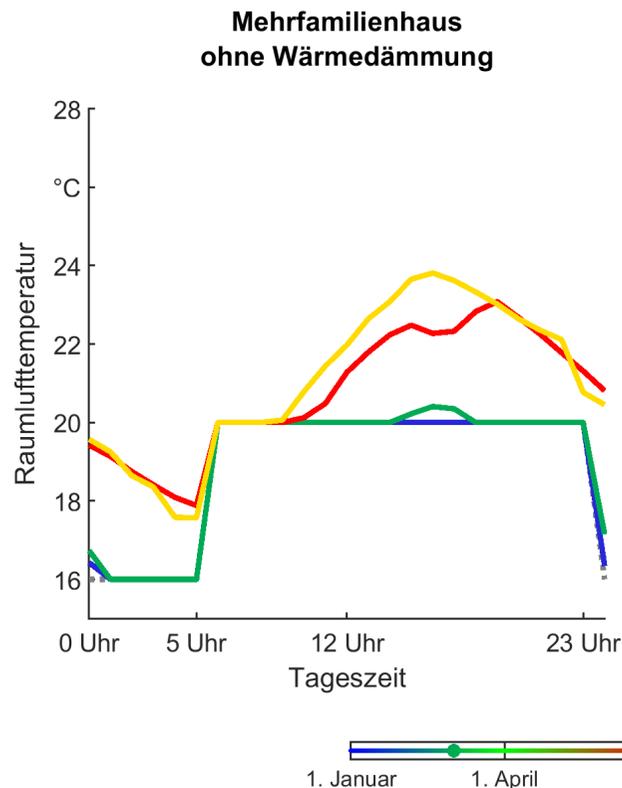
Berechneter Energiebedarf vs. gemessener Energieverbrauch Ursachen für Abweichungen und ingenieurmäßige Anpassung

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

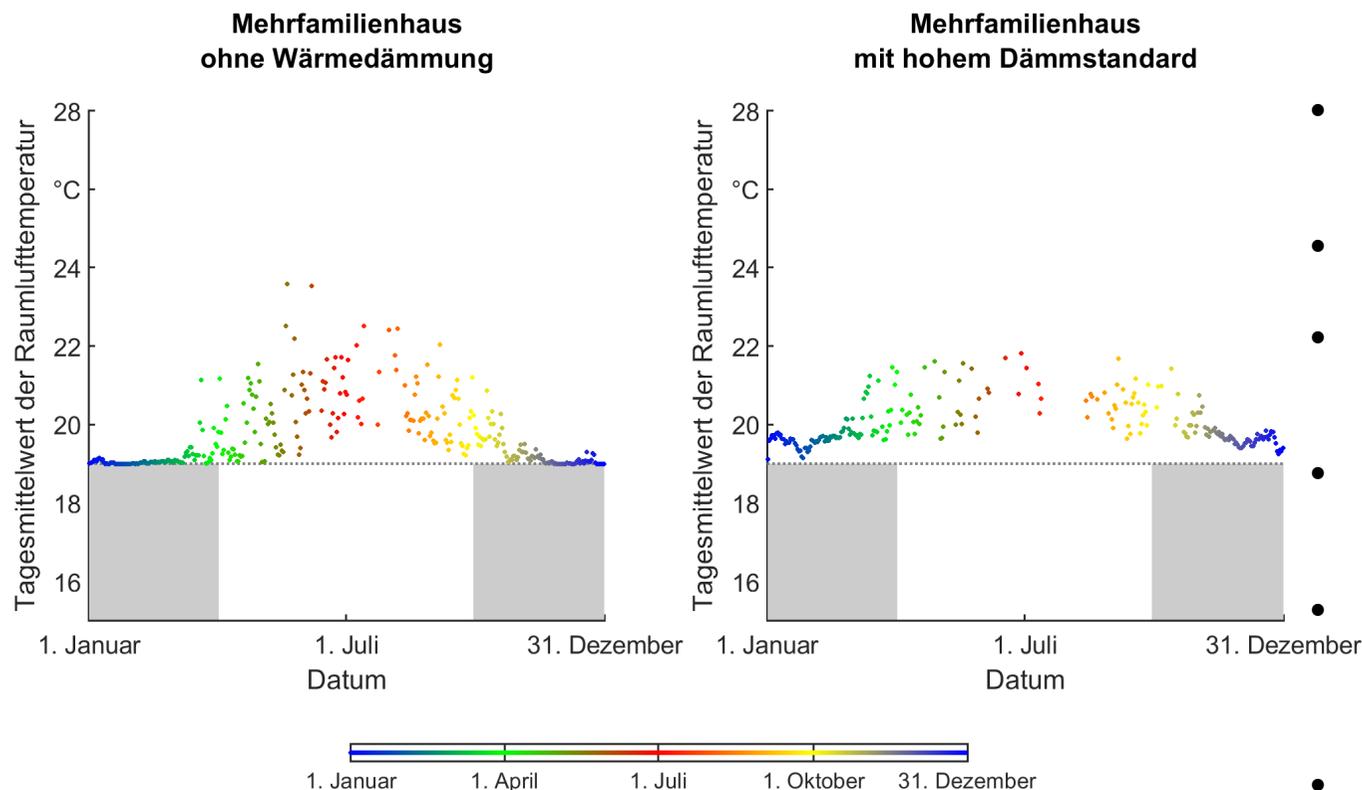
Steigt die Raumtemperatur nach Modernisierung nur, weil der Nutzer sich eine höhere Temperatur wünscht?



- 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

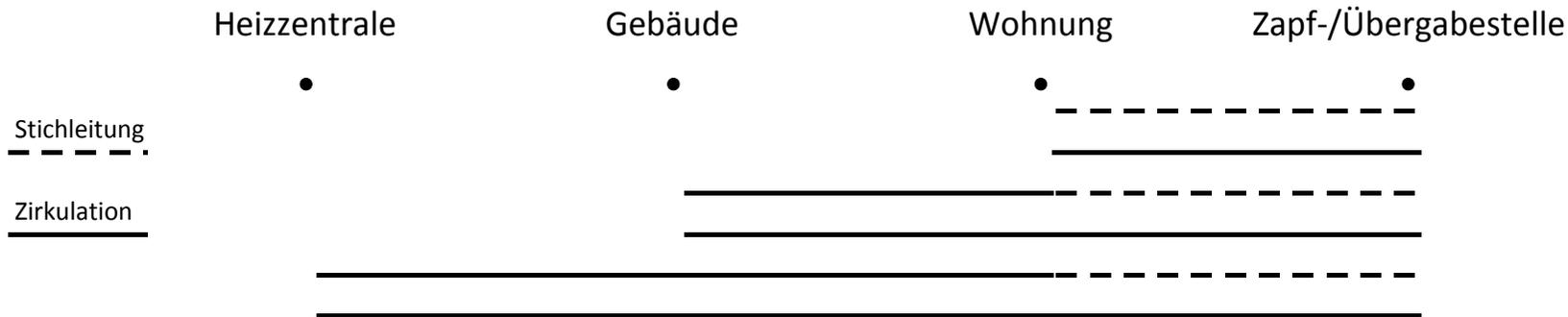
Steigt die Raumtemperatur nach Modernisierung nur, weil der Nutzer sich eine höhere Temperatur wünscht?



- 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/m²a 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/m²a
- ➔ 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!