

**Kurzfassung des  
Abschlussberichtes**

**Felduntersuchungen  
zur Begrenzung des natürlichen und erzwungenen Transmissions-  
und Lüftungswärmeverbrauchs  
durch Nutzerinformation sowie  
durch heiz- und regelungstechnische Maßnahmen**

Institut für Heizungs- und Klimatechnik  
Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel

Prof. Dr.-Ing. D. Wolff  
Dipl.-Ing. (FH) K. Jagnow  
cand. Ing. Christian Halper  
cand. Ing. Christian Ullrich

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen gefördert. (Aktenkennzeichen: BS 34 – 80 01 98 – 15). Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt bei den Autoren.



## 1. Vorwort und Einleitung

Die Forschungsarbeit "**Felduntersuchungen zur Begrenzung des natürlichen und erzwungenen Transmissions- und Lüftungswärmeverbrauchs durch Nutzerinformation sowie durch heiz- und regelungstechnische Maßnahmen**" hat wesentlich die Auswertung konkreter Verbrauchsdaten im Niedrigenergie-Geschosswohnungsbau und im Einfamilienhausbereich zum Inhalt. Die Untersuchungen beruhen auf Auswertungen verschiedener Neubauprojekte, sowie Gebäude des auf Niedrigenergie- bzw. Neubaustandard sanierten Bestandes.

Die Gebäude werden unter den Aspekten des Nutzungseinflusses, der (nachträglichen) Qualitätssicherung der Heiz-, Lüftungs- und Regelungstechnik auf ihre Energiebilanz hin näher untersucht. Die energetische Bilanzierung erfolgt für das gesamte Gebäude mit der Gebäudehülle als Bilanzgrenze in Einzelbilanzanteilen. Mit dieser Art der Bilanzierung können Einflüsse auf den Anfall und die Nutzung innerer Wärmegevinne sowie die Rückkopplung auf den Lüftungswärmeverbrauch sichtbar gemacht werden. Dabei spielt das Wärmeabgabepotential der Heiz- und Regelungstechnik in Abhängigkeit von der Qualität der Anlagentechnik eine besondere Rolle.

Es wird untersucht, ob eine Begrenzung des energetischen Lüftungswärmeverbrauchs durch angepasste Heiz- und Regelkonzepte sowie durch intensive Nutzerinformation möglich ist. Eine planmäßig durchgeführte Qualitätssicherung der Anlagentechnik und gleichzeitige Nutzerschulung sollen eine deutliche Verminderung der Schwankungsbreite des Heizenergieverbrauchs, verursacht durch differierendes Lüftungsverhalten, bewirken. Es soll gezeigt werden, dass der Mehrverbrauch an Energie in Gebäuden kein Fehlverhalten des Nutzers, sondern vielmehr ein Mangel an der heutigen Art der Anlagenkonzeption ist, die einen "Zwangswärmeconsum" verursacht.

Aus den Untersuchungen konkreter Verbrauchswerte werden Konsequenzen für die Planung, Ausführung und deren Qualitätssicherung und für die Nutzung eines Neubaus oder Bestandsgebäudes incl. der Anlagentechnik abgeleitet, die als Hilfen zur Erstellung von künftigen "Gesamtkonzepten für Gebäude, Anlage und Nutzung" gesehen werden sollen.

## 2. Grundlagen und Energiebilanzverfahren

Im Vorfeld der Bilanzierung wurden verschiedene Energiebilanzverfahren daraufhin untersucht, ob sie für die Auswertung der Messergebnisse des Feldprojektes geeignet sind. Ziel der Untersuchungen war es, Vor- und Nachteile der einzelnen Verfahren zu finden. Besonderes Augenmerk lag auf der Art der Bewertung der Lüftungswärmeverluste, der Bewertung der Wärmeübergabe, der Bewertung der Verteilverluste sowie der Verrechnung von Fremdwärme als Gewinn.

### **Fremdwärmenutzungsgrad**

Ein besonderes Problem der Energiebilanzierung ist der Fremdwärmenutzungsgrad. Bei der Untersuchung der gängigen Bilanzverfahren auf Eignung zur Auswertung der Projektdaten stellte sich heraus, dass alle einen Fremdwärmenutzungsgrad definieren, der ein Maß dafür ist, welcher Anteil der in einem Gebäude auftretenden Fremdwärme wirklich zu Heizzwecken nutzbar ist. Die einzelnen Verfahren machen den Fremdwärmenutzungsgrad jedoch jeweils von verschiedenen Randdaten abhängig und geben unterschiedliche, empirisch gefundene Zusammenhänge zur Ermittlung des Wertes an. Er liegt in den verschiedenen Bilanzverfahren zwischen 0,7... 1,0 für ein typisches Niedrigenergiehaus. In einer Monatsbilanz, die einige der Verfahren ebenfalls zulassen, schwanken die Werte zwischen null (im Sommer) und nahezu eins (im Winter) - wobei auch dort unterschiedliche Ansätze zur Bestimmung der Größe gewählt werden.

### **Lüftungswärmeverbrauch und Luftwechsel**

Der Lüftungswärmeverbrauch ist hauptsächlich durch den Luftwechsel bestimmt. In üblichen Bilanzverfahren wird ein theoretischer Luftwechsel zur Bestimmung der Lüftungswärmeverluste herangezogen. Dieser stimmt nicht mit dem praktischen Luftwechsel überein. Ursachen liegen der Definition eines Fremdwärmenutzungsgrades für nicht nutzbare Fremdwärme.

Da in der Praxis auch der nicht nutzbare Fremdwärmeanfall das Gebäude als Energiestrom verlassen muss, ist der reale Lüftungswärmeverlust und damit auch der reale Luftwechsel ggf. höher. Die nicht nutzbare Menge an Fremdwärme bedingt im realen Gebäude nämlich mehrere Effekte: sie wird z.B. zu Temperaturerhöhungen im Raum und zu erhöhten Luftwechseln führen. Diese Zusammenhänge werden bei der Auswertung der Gebäude berücksichtigt.

### **Zwangswärmekonsum und Verschwendungspotential**

Der Zwangswärmekonsum und das Verschwendungspotential sowie der im Rahmen dieser Forschungsarbeit untersuchte Lüftungs- und Transmissionswärmeverbrauch sind eng miteinander verbunden. Unter Zwangswärmekonsum und dem Verschwendungspotential versteht man erhöhte Lüftungs- und Transmissionsverluste bezogen auf einen theoretisch möglichen Idealzustand. Diese sind bedingt durch eine fehlende Qualitätssicherung, vor allem der Anlagentechnik in Planung und Ausführung. Während der Nutzer sich dem Zwangswärmekonsum nicht entziehen kann, bestimmt er die Höhe des Verschwendungspotentials mit. Zwangswärmekonsum liegt z.B. vor, wenn in einer Wohnung mit Einrohrheizung die Wärmeabgabe allein der durchlaufenden Rohre so hoch ist, dass die Raumtemperatur inakzeptabel hoch ansteigt und die anfallende Wärme schließlich abgelüftet wird. Verschwendungspotential liegt vor, wenn z.B. die Vorlauftemperatur eines Netzes so hoch eingestellt ist, dass auch bei stundenlang gekippten Fenstern in der kühlen Jahreszeit keine merkliche Verminderung der Raumtemperatur zu spüren ist. Der entstandene Lüftungswärmeverlust wäre weder aus energetischer noch aus hygienischer Sicht notwendig gewesen.

### **Bewertung der Qualität der Anlagentechnik**

Die Bewertung anlagentechnischer Qualitätssicherungsmaßnahmen in einer Energiebilanz ist der komplexeste und der noch am wenigsten praktizierteste Ansatz energetischer Bewertung. Unter Qualitätssicherung der Anlagentechnik werden im wesentlichen folgende Punkte verstanden:

- Reglereinstellung: Länge der Heizzeit, Steilheit der Heizkurve, Absenckphasen
- Verteilnetz Heizung: Länge, Lage, Dämmung, hydraulischer Abgleich, Pumpvolumenströme
- Heizflächen: Überdimensionierung, Regelung im Raum
- Lüftungsanlage: Regelung und Einbindung in die Regelung der Heizung
- Wärmeerzeuger: Zwangsdurchströmung

Die Qualitätssicherung der Anlagentechnik kann im wesentlichen durch veränderte Temperaturen, Luftwechsel, Heizzeiten sowie der mittleren Systemtemperatur für alle wärmeleitenden Anlagenteile in der Energiebilanz beschrieben werden. Im Rahmen der gängigen Bilanzverfahren wird eine Qualitätssicherung der Anlagentechnik nicht bewertet. Für das Forschungsvorhaben werden die Effekte pauschal zu einem Mehrverbrauch zusammengefasst werden, da die Zusammenhänge für jedes Gebäude anders sind und von den konkreten Ausführungen der Heizflächen, Reglereinstellungen, Netze und vor allem von den Nutzern abhängen.

### **Weiterentwicklung der Bilanzverfahren**

Aus den positiven Ansätzen der gängigen untersuchten Energiebilanzverfahren und noch zusätzlich definierten neuen Anforderungen an ein Bilanzverfahren werden im Rahmen des Forschungsvorhabens zwei neue Bilanzverfahren abgeleitet. Das Gesamtbilanzverfahren stellt die erste Weiterentwicklung dar. Es ist ein Verfahren, dass:

- sowohl eine Energiebedarfsberechnung als auch eine Verbrauchsbereinigung ermöglicht,
- flexibel in der Wahl der Heizzeit (Bewertung von Neubauten und Bestand) ist,
- für die Bewertung eines eingeschränkten Heizbetriebes geeignet ist,
- den Einfluss der Fremdwärme für alle Arten Fremdwärme eines Gebäudes gemeinschaftlich bewertet (es gibt nur einen Nutzungsgrad für Fremdwärme),
- den Einfluss der dezentralen Regelung, der Art der Wärmeübergabe und des eingeschränkten Heizbetriebes primär in der Raumtemperatur widerspiegelt und
- sowohl für eine Jahres- als auch für eine Monatsbilanz angewendet werden kann.

Gründe für die zweite Weiterentwicklung liegen vor allem in der durch das Gesamtbilanzverfahren unzureichend gelösten Problematik des Fremdwärmenutzungsgrades und der Bewertung der Qualitätssicherung der Anlagentechnik. Es wurde daher nach einem Verfahren gesucht, dass zusätzlich zu den im Gesamtbilanzverfahren realisierten Anforderungen folgende Eigenschaften aufweist:

- Bewertung des Einflusses der Fremdwärme nicht mit Hilfe eines Fremdwärmenutzungsgrades,
- Abbildung des Einfluss der dezentralen Regelung, der Art der Wärmeübergabe und des eingeschränkten Heizbetriebes sowie eines eventuell vorhandenen Mehrverbrauches aufgrund nicht erfolgter Qualitätssicherung der Anlagentechnik in einer Differenzenergiemenge.

Das entwickelte Verfahren ist das  $\Delta Q$ -Verfahren. Die übermäßige Temperatur- und Luftwechselerhöhung, die sich in einer üblichen Bilanz (mit Fremdwärmenutzungsgrad) nur indirekt ermitteln lassen, werden hier zahlenmäßig angegeben. Das Verfahren lehnt sich bei der Bestimmung der Einzelkennwerte an der Gesamtbilanz an. Mit seiner Hilfe wird der Einfluss einer nicht vorhandenen Qualitätssicherung anhand einer Differenzenergiemenge ( $\Delta Q$ ) sichtbar gemacht, die einem unnötigen Mehrverbrauch gegenüber einem idealen Zustand entspricht.

### 3. Ergebnisse der Feldprojekte

Untersucht werden 3 Mehrfamilienhäuser und ein Einfamilienhaus. Alle Gebäude sind mit einem zentralen Heizungssystem (Fernwärme) sowie zentraler Trinkwarmwasserbereitung mit Zirkulation ausgestattet. Allgemeine Gebäudedaten zeigt Tabelle 3.1.

		MFH 1	MFH 2	MFH 3	EFH
Standort		Hannover	Berlin	Hannover	Münster
Baujahr		1998	1979, saniert 1998	1998	2000
äußeres Volumen $V_e$	m <sup>3</sup>	5244	15469	3489	609
Luftvolumen $V$	m <sup>3</sup>	3552	10782	2319	400
Hüllfläche $A$	m <sup>2</sup>	2177	5443	1513	417
Nutzfläche $A_N$	m <sup>2</sup>	1678	4950	1112	195
Energiebezugsfläche $A_{EB}$	m <sup>2</sup>	1421	4228	924	160
Mittelwert für die Hüllfläche (incl. Minderungsfaktoren)	W/(m <sup>2</sup> K)	0,394	0,578	0,427	0,511

Tabelle 3.1 Allgemeine Gebäudedaten

Für die Gebäude ergibt sich eine verlegte Leitungslänge von etwa 1m/m<sup>2</sup> Energiebezugsfläche, wobei davon etwa drei Viertel auf die Heizleitungen entfallen. Etwa ein Viertel der installierten Leitungen befinden sich durchschnittlich im unbeheizten Bereich eines Gebäudes.

Die Gebäude werden mit drei jahresweisen Energiebedarfsrechnungen vorab bewertet:

- der EnEV und DIN V 4701-10,
- dem Hessischen Energiepass und
- dem Gesamtbilanzverfahren.

Anschließend werden verschiedene Bilanzverfahren verwendet, um den gemessenen Energieverbrauch witterungs- und zeitubereinigen. Es werden folgende Verfahren angewendet:

- das Gesamtverfahren in einer Jahresbilanz und in einer Monatsbilanz,
- das  $\Delta Q$ -Verfahren in einer Jahresbilanz und in einer Monatsbilanz.

#### Zusammenhang Luftwechsel und Temperatur

Für die verschiedenen Gebäude wird auf Basis der Verbrauchsdaten mit Hilfe des jahresweisen  $\Delta Q$ -Verfahrens der Zusammenhang zwischen Innentemperatur und Luftwechsel untersucht, da die Innentemperatur kein Messwert für die Gebäude ist. Bei mittleren Innentemperaturen ergibt sich für die Mehrfamiliengebäude ein realistischer Bereich für den Luftwechsel von 0,6... 0,7 h<sup>-1</sup>.

Erfolgt die Untersuchung des Verbrauchs anhand der Monatsmessdaten mit dem monatsweisen  $\Delta Q$ -Verfahren, ergeben sich beispielsweise für das Mehrfamilienhaus 3 die in Bild 3.1 gezeigten Zusammenhänge zwischen Temperatur und Luftwechsel. Es werden drei Temperaturszenarien abgebildet, wobei Szenario 2 etwa das übliche Niveau (mittleres Nutzerverhalten) abbilden wird.

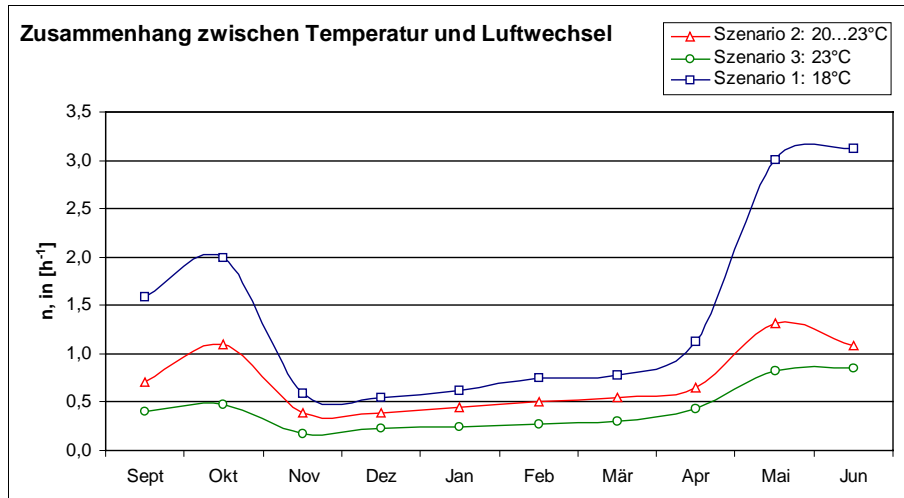


Bild 3.1 Zusammenhang zwischen Temperatur und Luftwechsel für MFH 3

Sehr deutlich sichtbar ist der verhältnismäßig hohe Luftwechsel in den Übergangsmontaten Oktober und Mai. Hier wird stark gelüftet, obwohl die Außentemperaturen deutlich unter der Raumtemperatur liegen. Der Nutzer verursacht – vermutlich beeinflusst durch die gute Wetterlage – einen erhöhten Lüftungswärmebedarf, den die Heizflächen ausgleichen. Die Heizungsanlage ist nachweislich in diesen Monaten bereits eingeschaltet, obwohl die theoretische Heizgrenze weit niedriger läge. Da keine oder nur eine unzureichende Qualitätssicherung der Anlagentechnik vorhanden ist, haben die Heizflächen entsprechend hohes Wärmeabgabepotential, das die Nutzer annehmen. Es ist ebenfalls deutlich sichtbar, dass in beiden Gebäuden in den kalten Monaten ein Mindestluftwechsel von etwa konstant  $0,4... 0,5 \text{ h}^{-1}$  für den Nutzer akzeptabel ist.

### Aussagen zum Einsparpotential $\Delta Q$

Neben den Aussagen zum Luftwechsel und der Temperatur werden Einsparpotentiale - bezogen auf einen idealen (minimalen) Luftwechsel und eine ideale (minimale) Innentemperatur – aus den Verbrauchsdaten abgeleitet. Die idealen, für den Nutzer akzeptablen Werte sind in der Rechnung frei wählbar; von den Autoren werden nach Auswertung der monatlichen Messdaten etwa  $0,4... 0,5 \text{ h}^{-1}$  Luftwechsel und eine Raumtemperatur von etwa  $20^\circ\text{C}$  als realistisch angesehen.

Das Ergebnis  $\Delta Q$  - das Einsparpotential - ist der Anschaulichkeit halber auch auf die Energiebezugsfläche  $A_{EB}$  bezogen angegeben. Es bewegt sich - bei Annahme der oben genannten realistischen, für den Nutzer akzeptablen Innentemperaturen und Luftwechsel für die untersuchten Mehrfamilienwohngebäude zwischen  $15... 25 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . Die geschilderten Zusammenhänge für die Jahresbetrachtung zeigt Bild 3.2.

Für das untersuchte Mehrfamilienhaus 3 sind in Bild 3.3 die monatlichen Einsparpotentiale dargestellt. Besonders im Frühjahr (April, Mai, Juni) und auch im Herbst kann in diesem Gebäude Energie – vor allem durch weniger Lüftung – eingespart werden.

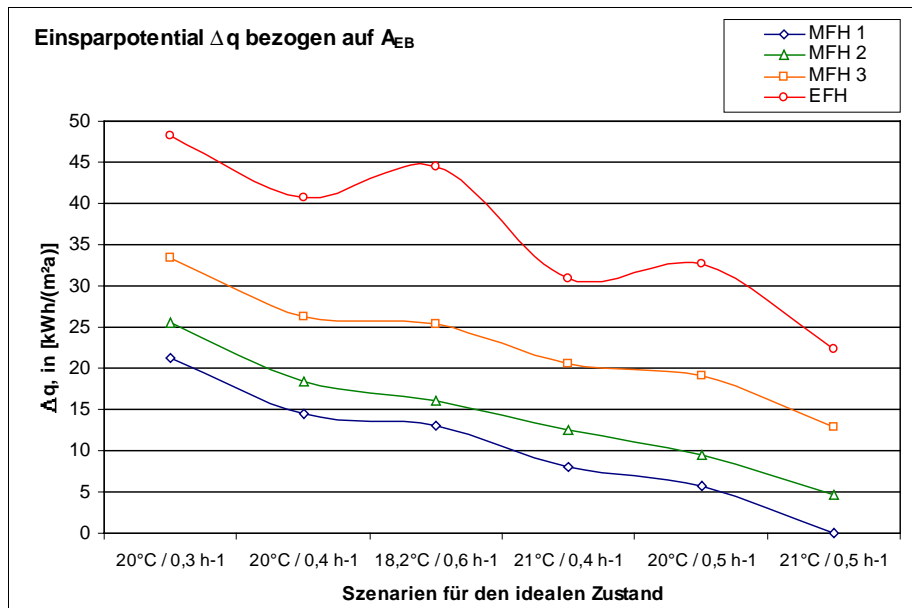


Bild 3.2 Jahresweises Einsparpotential  $\Delta q$  für die Gebäude

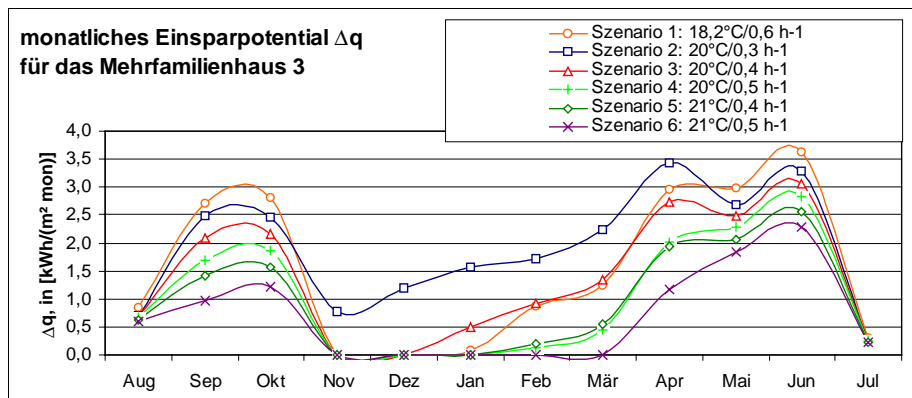


Bild 3.3 Monatliches Einsparpotential  $\Delta q$  für das MFH 1

### Weitere Aussagen aus der Energiebilanz

Die Gebäude werden hinsichtlich ihrer Energiekennwerte miteinander verglichen. Die Mehrfamilienwohngebäude weisen einen recht einheitlichen Endenergieverbrauch von 90... 120 kWh/(m²a) auf. Auf die Heizung entfällt dabei eine Energiemenge von ca. 63... 85 kWh/(m²a). Damit liegen die Gebäude trotz guter Qualität der Außenfassade und der sehr kompakten Bauweise einen für ein NEH recht hohen Energieverbrauch auf.

Die Bedarfsrechnungen der Gebäude werden mit den Verbrauchsrechnungen verglichen. Dies ergibt folgende Ergebnisse: Die Bedarfsrechnungen mit der EnEV und der DIN V 4701-10 liegen tendenziell etwa 20... 25 % unter den Verbrauchswerten, die Bedarfsrechnungen mit dem Energiepass und dem Gesamtbilanzverfahren dagegen etwa 5... 10 % über dem Verbrauchswert. Die Prognose für den Endenergieverbrauch der Trinkwarmwasserbereitung erfolgt mit allen Bedarfsrechnungen recht genau.

Die Anteile der verbrauchten Endenergie für Heizung und Trinkwarmwasserbereitung im NEH-Mehrfamilienhaus liegen bei etwa 1/4... 1/3 für die Trinkwarmwasserbereitung und 2/3... 3/4 für die Heizung. Diese Aufteilung wird auch durch die Bedarfsrechnungen abgebildet.

Die Untersuchungen der Gebäude zeigen weiterhin, dass für die Mehrfamiliengebäude der Anteil der Nutzenergien, d.h. der Energiemengen, die messtechnisch erfasst werden können (Wärmeabgabe der Heizkörper und gezapftes Warmwasser) bei etwa 2/3 der aufgewendeten Gesamtenergiemenge. Das restliche 1/3 wird - nicht messbar - über das Verteilsystem und den Wärmerezeuger abgegeben.

Der Anteil der geregelten Wärmeabgabe in der beheizten Zone des Gebäudes (über die Heizkörper) liegt bei etwa 60%. Die restlichen 40 % der Energie, die zur Deckung der Verluste beitragen, entstammen anderen Wärmequellen.

#### 4. Übertragbarkeit auf andere Objekte und Konsequenzen

Die Messergebnisse entsprechen tendenziell den für die Temperatur und den Luftwechsel in der Literatur angegebenen typischen Werte oder liegen leicht darüber. Ein mittlerer Luftwechsel für das Jahr von etwa 0,6... 0,8 h<sup>-1</sup> im Mehrfamilienhaus (bei ca. 20°C mittlerer Raumtemperatur) kann für die untersuchten Gebäude festgestellt werden. Dabei ist der Luftwechsel in den Übergangsjahreszeiten sehr viel höher als im Winter.

Eine Untersuchung diverser Literatur sowie anderer Praxisprojekte führte zu folgenden Rückschlüssen der Gebäudestruktur und der Anlagentechnik im Bestand:

- Über die Hälfte aller Gebäude in Deutschland sind Mehrfamilienwohnbauten. Die größte Gruppe der Gebäude in Deutschland bilden die zwischen 1958 und 1968 erbauten Häuser. Der Anteil der Niedrigenergiegebäude in Deutschland macht nur etwa 5 % aller Gebäude aus. Die Mehrzahl der Gebäude gehören also dem Bestand an und müssen künftig noch auf einen energetisch besseren Standard saniert werden.
- Der Anteil der zentralen Trinkwarmwasser- und Heizwärmeversorgung nimmt für alle Gebäudetypen zu, je jünger die Gebäude sind. Dabei sind für die älteren Gebäuden auch in den kommenden Jahren im Zuge von Komplettsanierungen noch Zentralisierungen zu erwarten. Die Mehrzahl der Gebäude sind Mehrfamiliengebäude mit ausgedehnten Netzen und einer Vielzahl unterschiedlicher Nutzer, in denen eine Qualitätssicherung der Anlagentechnik und Nutzung den größten Einspareffekt bringen kann.
- Die Ausführung von Rohrsystemen verschiebt sich für neuere Gebäude immer weiter in Richtung Kunststoffrohrsysteme. Diese können flexibel, schnell und kostengünstig verlegt werden - dies führt im Neubau zu den heute üblichen Verlegearten: Anschluss sehr vieler Abnehmer jeweils einzeln an einen zentralen Verteiler, wobei insgesamt eine lange Leitungslänge verlegt wird. Diese Verlegeart mit zentralen Verteilern und Sammlern bewirkt (zumeist wenig gedämmt wegen der Fußbodenaufbauhöhen) hohe Verteilverluste und hohe Fremdwärmeanteile und sollte künftig überdacht werden.
- Die freie Verlegung von Leitungen nimmt tendenziell mit neueren Baujahren ab, dafür die Verlegung im Fußboden zu. Bei der nachträglichen Sanierung ergibt sich damit die Chance, die alten frei liegenden Leitungen nachträglich zu dämmen. Im Neubau besteht bei heutigen Verlegearten keine Chance, eine Dämmung später zu erhöhen.
- Die hauptsächliche Verlegeart für Heizleitungen ist das Zweirohrsystem mit unterer Verteilung. Es bedingt aufgrund seiner Konstruktion den hydraulischen Abgleich u.a. Qualitätssicherungsmaßnahmen.
- Im Quervergleich aller Wohngebäude sind etwa 0,6... 0,7 m/m<sup>2</sup> Heizwasserleitungen und 0,2... 0,3 m/m<sup>2</sup> Trinkwarmwasserleitungen verlegt (bezogen auf die Wohnfläche); davon der größte Anteil innerhalb des beheizten Bereiches. Das bedeutet eine mittlere Wärmeabgabe der Verteilleitungen bei gedämmten Leitungen und mittleren Systemtemperaturen von insgesamt etwa: 25...35 kWh/(m<sup>2</sup>a) innerhalb der Heizzeit. Im größeren Geschosswohnungsbau ist dieser Wert fast ausschließlich im beheizten Bereich zu finden. Der Wert der Wärmeabgabe der Verteilleitungen ist bei nicht abgeglichenen Netzen, bei ungedämmten Leitungen und bei Einrohrsystemen noch sehr viel höher und bietet Potential zur Energieeinsparung.



- In der Praxis lässt sich folgende Tendenz erkennen: die Mehrzahl der Regler und Thermostatventile sind in der Praxis nicht eingestellt, sondern im Auslieferungszustand eingebaut. Der Anteil beläuft sich, je nach Quelle auf etwa 80... 95%. Die Anzahl der Pumpen, die auf oberster Drehzahlstufe läuft, ist etwa genauso groß. Diese Zahlen betreffen alle Arten von Anlagen, sowohl alte als auch neue.
- Die zu Beginn des Aufkommens der Pumpenwarmwasserheizung noch übliche Praxis der Rohrnetzauslegung und des hydraulischen Abgleichs ist heute - aus diversen Gründen - kaum noch vorzufinden. Selbst die einstmals ausgelegten Netze laufen mittlerweile nicht mehr im qualitätsgesicherten Zustand, denn mit der Fassadenmodernisierung vieler Baukörper sind die Heizflächen überdimensioniert.

Die Typologisierung von Gebäuden und Anlagentechniken zeigt, dass die Problematik der fehlenden Qualitätssicherung, damit des Zwangswärmekonsums und der Reaktion der Nutzer auf angebotenes Verschwendungspotential im modernisierten Bestand zumindest in gleicher Höhe - wenn nicht höher - wie im Neubau erwartet werden kann. Dies liegt vor allem an der in sanierten Gebäuden (Fenster, Dämmung der Außenwände) vorhandenen alten Anlagentechnik, im speziellen der Verteilsysteme.

### **Konsequenzen für die Anlagentechnik und Nutzung**

Die Konsequenz für Verteilsysteme ist die Optimierung der Leitungslänge und des Dämmstandards. Die heute üblichen Verteilsysteme sollten in folgender Hinsicht überdacht werden:

- Die Verteilnetze sind kurz zu planen.
- Alle Leitungen sind zu dämmen, auch Anbindeleitungen.
- Die Verlegung soll so weit wie möglich im beheizten Bereich eines Gebäudes erfolgen.
- Die Planung und Ausführung von Dämmmaßnahmen sollte im Rahmen der Qualitätssicherung dokumentiert werden.

Für die Sanierung von vorhandenen Gebäuden wird üblicherweise das vorhandene Rohrnetz beibehalten. In diesem Fall sind alle vorhandenen, zugänglichen Leitungen und Armaturen im unbeheizten Bereiches wenn möglich mit doppeltem Dämmniveau gegen Wärmeverluste zu schützen. Die im beheizten Bereich verlaufenden Leitungen können - sofern es die Optik und eine zugängliche Lage zulässt - ebenfalls wenigstens einfach gedämmt werden. Nur so lässt sich der Fremdwärmeanfall im modernisierten Gebäude begrenzen und damit der Transmissions- und Lüftungswärmeverbrauch effektiv vermindern.

Im Zusammenhang mit den Ergebnissen dieser Studie soll auf zwei Tatsachen die Lüftungstechnik betreffend hingewiesen werden:

- Eine Abluftanlage kann bei heutigen Verteilsystemen einen Mehrverbrauch an Energie bewirken, wenn angebotene Fremdwärme einfach abgelüftet wird. Dies ist zum Beispiel bei belüfteten Bädern der Fall, die ihre Luft aus dem Flur ansaugen, in dem mit sehr hoher Dichte Verteilleitungen verlegt sind. Die Wärmeabgabe dieser Leitungen bleibt für die Wohnung ungenutzt.
- Eine Lüftungsanlage, die auf den für Wohnungen üblichen Luftwechsel von  $0,4 \text{ h}^{-1}$  eingestellt ist, kann die angebotene Fremdwärmemenge in nicht qualitätsgesicherten Gebäuden nicht abführen. Es wird dazu kommen, dass die Nutzer zwangsweise einen zusätzlichen Luftwechsel provozieren, um behagliche Verhältnisse herzustellen.

Die Installation einer Lüftungsanlage ist also vor allem dann sinnvoll, wenn damit durch ausreichende Qualitätssicherung der Heizungsanlage kein sinnloses Ablüften von Fremdwärme zu erwarten ist.

Im Niedrigenergiegebäude kann auf eine Rohrnetzberechnung und einen hydraulischen Abgleich nicht verzichtet werden. Besonderes Augenmerk sollte auf eine saubere nachvollziehbare Dokumentation der notwendigen Planungsdaten gelegt werden. Im Fall der Sanierung ist ein hydraulischer Abgleich des bestehenden Netzes ebenso notwendig. Da die Leitungsdimensionen und Längen oft nur geschätzt werden können, ist der Abgleich überschlägig. Aber auch eine nur überschlägige Einregulierung vermindert das Verschwendungspotential erheblich.

Die Auslegung von Heizflächen erfordert im Niedrigenergiehaus eine feinere Vorgehensweise als es bisher üblich war. Bei der Auslegung der Heizflächen sollte die Leistung der Heizkörper möglichst genau den Vorgaben der Heizlastberechnung entsprechen. Für die Modernisierung liegt die Größe der Heizfläche bereits fest. Hier kann die Überdimensionierung von Heizflächen nur vermieden werden, indem das Temperaturniveau entsprechend angepasst (meist abgesenkt) wird. Wenn einzelne Heizkörper eines Gebäudes sehr knapp bemessen sind und die Absenkung des Temperaturniveaus für das ganze Gebäude damit verhindern, sollte über einen Austausch dieser Heizflächen nachgedacht werden.

Die Temperaturregelung für die Raumheizung sollte auch im Niedrigenergiegebäude überwiegend zweistufig sein: neben der zentralen Vorlauftemperaturregelung gibt es eine dezentrale Nachregelung im Raum. In den meisten Fällen ist diese Forderung mit dem Einsatz einer witterungsgeführten Vorlauftemperaturregelung im Zusammenspiel mit Thermostatventilen oder elektronischen Einzelraumregelsystemen erfüllt. Zu einer Anlagenplanung und -ausführung sollte künftig eine dokumentierte Planung und Einstellung der Vorlauftemperatur gehören.

Die Umsetzung der Planungskonsequenzen setzt immer gleichzeitig eine Nutzerinformation voraus. Im wesentlichen umfasst diese Information Aufklärung über richtiges Lüftungsverhalten, die Funktion der Thermostatventile und der selbsttätigen Abschaltung der Anlage ab bestimmten Außentemperaturen.

## 5. Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden anhand von Felduntersuchungen und Literaturrecherchen Einflüsse auf den Transmissions- und Lüftungswärmebedarf im Wohnungsbau untersucht. Anhand von jahresweisen und monatlichen Messdatenauswertungen mit herkömmlichen und weiterentwickelten Bilanzverfahren sind Bandbreiten für heute übliche Luftwechsel ermittelt worden.

Ein mittlerer realer Luftwechsel für ein nach heutigen baulichen Standards errichtetes oder auf heutigen baulichen Standard modernisiertes Wohngebäude **ohne besondere Qualitätssicherung** der Anlagentechnik und Nutzung liegt bei **ca. 0,6... 0,8 h<sup>-1</sup>**. Dieser Wert kann **mit Qualitätssicherungsmaßnahmen** auf **etwa 0,4... 0,5 h<sup>-1</sup>** reduziert werden.

Der Luftwechsel wird dabei vor allem durch das Fremdwärmeangebot der Anlagentechnik bestimmt. Der Nutzer kann auf ein **Zwangswärmekonsum** nur mit erhöhtem Lüften reagieren bzw. nutzt das Angebot an **Verschwendungspotential** aus. Dabei drückt sich dieses genutzte Mehrenergieangebot real nicht nur in höheren Luftwechseln, sondern auch in erhöhten Raumtemperaturen aus. Der **Effekt** des erhöhten Transmissions- und Lüftungswärmeverbrauchs zeigt sich **im modernisierten Bestand noch sehr viel deutlicher**, wenn keine Gegenmaßnahmen ergriffen werden. Dies liegt vor allem an den früher üblichen ungedämmten Verteilsystemen, die teilweise allein (ohne Wärmeabgabe über die Heizflächen) mehr Fremdwärme emittieren, als zur Aufrechterhaltung der Raumkonditionen notwendig ist.

Eine **Begrenzung des Lüftungs- und Transmissionswärmeverbrauchs** im Neubau und auch in der Bestandssanierung kann **nur durch gleichzeitige Nutzerschulungen und (nachträgliche) Qualitätssicherung der Anlagentechnik** erfolgen. Dazu sind Regeln für die Planung, Ausführung und Nutzung von Gebäuden im Rahmen des Forschungsvorhabens erarbeitet worden.

Die Ergebnisse der untersuchten Objekte bestätigen die Notwendigkeit einer **integrierten**, also gemeinschaftlichen **Planung** von baulicher und anlagentechnischer Seite. Vor allem im Bereich der Planung der Anlagentechnik ist eine tiefere Zusammenarbeit zwischen Anlagentechniker und Architekt notwendig. Die bereits auf der baulichen Seite vorhandene **Qualifizierung und Qualitätssicherung** sollten auch auf die **Heizungs-, Lüftungs- und Regelungstechnik** ausgedehnt werden. Die Dokumentation der wichtigsten Planungsdaten und eine überprüfte und dokumentierte Heizflächendimensionierung, Einstellung von Thermostatventilen, Reglern, Pumpen- und Ventilatorantrieben sind hierfür eine unabdingbare Leistung der ausführenden Firmen.