



Kanton Zürich
Baudirektion
Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft

Energie in Wohnbauten 2018



In Kürze



Die Dämmqualität neu verbauter Fenster ist abermals deutlich gestiegen – ein bedeutender Fortschritt, da heute zunehmend grössere Fensteranteile realisiert werden. Bei Dächern, Fassaden und Böden wurden hingegen kaum mehr Verbesserungen festgestellt. Allerdings sind die U-Werte opaker Bauteile bereits tief.



Öl- und Gasheizungen werden bei Neubauten und umfassenden Modernisierungen kaum mehr eingesetzt. Hingegen werden beim reinen Heizkesslersatz die allermeisten fossilen Heizungen wieder durch einen fossilen Wärmeerzeuger ersetzt.



Die Wärmeverteilung bei Bodenheizungen kann in einzelnen Zimmern zu unbehaglichen Raumtemperaturen führen. Mit Einzelraumregelung kann dies – selbst bei tiefen Vorlauftemperaturen - verbessert und Energie eingespart werden.



Bei Lüftungen kommen neue Systeme auf den Markt: Das kostengünstigste System mit aktiver Überströmung hat den Praxistest in einem Einfamilienhaus bestanden.



Die Abweichungen zwischen berechnetem Wärmebedarf und effektivem Wärmeverbrauch sind zum Teil beachtlich. Ein möglicher Treiber ist der Fensteranteil: je höher dieser liegt, umso stärker überschreitet der Verbrauch den berechneten Bedarf.

Der durchschnittliche Warmwasserverbrauch beträgt erwartungsgemäss pro Tag und Person etwa 50 Liter. Der individuelle Bedarf streut allerdings sehr stark.

Zur Broschüre

Die Broschüre fasst Erkenntnisse rund um die Gebäudehülle und die Haustechnik in Wohnbauten zusammen, die in aktuellen Untersuchungen von oder im Auftrag des AWEL gewonnen wurden. Mit Messungen, Statistiken, Vor-Ort-Analysen oder Simulationen wurden vor allem neuere Bauten untersucht – jedoch keine Gebäude-übergreifenden Fragen erörtert wie etwa energetische Lösungen für Arealüberbauungen. Die Erkenntnisse für Neubauten sind auch für bestehende Bauten relevant.

Die den Auswertungen zu Grunde liegenden Veröffentlichungen sind auf Seite 10 aufgelistet und kurz erklärt.

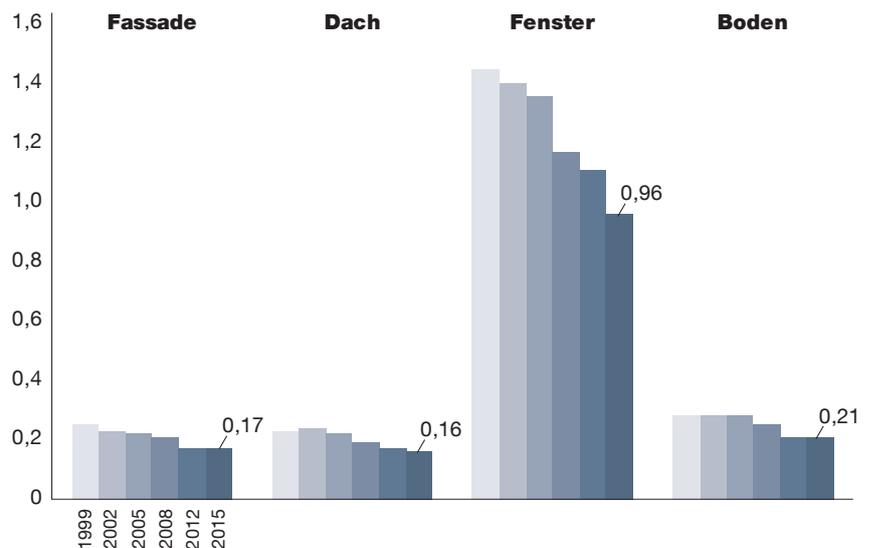
Dämmung

Die Dämmqualität neu verbauter Fenster ist 2015 abermals deutlich gestiegen. Bei Dächern, Fassaden und Böden wurden gegenüber 2012 hingegen kaum mehr Verbesserungen festgestellt. Die U-Werte sind bei den opaken Bauteilen allerdings schon sehr gut.

Erstmals seit Beginn der Untersuchungen (jeweils 100 Neubauten betrachtet) zum Vollzug der Energievorschriften im Kanton Zürich sind mittlere Fenster-U-Werte unter $1 \text{ W/m}^2\text{K}$ festgestellt worden. Eindrücklich: Seit 1999 sind neu verbaute Fenster heute um einen Drittel energieeffizienter. Das ist vor allem auf die Entwicklung bei den Verglasungen zurückzuführen. Weil Neubauten immer höhere Fensteranteile haben, sind weitere Fortschritte erstrebenswert.

Ähnlich starke Verbesserungen wie bei Fenstern erfolgten in der gleichen Periode bei Fassaden, Dächern und Böden, wobei die U-Werte von opaken Bauteilen gegenüber 2012 kaum mehr gesunken sind. Sie lagen allerdings schon damals so tief, dass selbst die Einzelbauteilgrenzwerte für Neubauten gemäss den neuen MuKEN 2014 eingehalten sind.

Wärmedurchlässigkeit (U-Werte) von Bauteilen
[W/m²K]



Fensteranteil ist keine Kostenfrage

Aus vermietungs- und verkaufstechnischen Überlegungen werden heute zunehmend grössere Fensteranteile geplant und gebaut. Die technische Entwicklung bei Fensterrahmen und Fenstergläsern begünstigt diesen Trend. Allerdings ist ein zusätzlicher solarer Wärmegegewinn häufig nicht mehr nützlich. In neueren Bauten übersteigt an sonnigen Tagen die Raumtemperatur schnell das Behaglichkeitsniveau.

Eine Untersuchung bestätigt: Bezüglich der Baukosten sind Fensterfassaden in der Regel teurer als Lochfassaden. Einerseits sind Konstruktionen in Glas pro m² Fassade generell kostenintensiver als Wandkonstruktionen. Andererseits müssen bei Bauten mit hohem Glasanteil aus statischen Gründen tragende Stützen vorgesehen werden und häufig fallen im Bereich des Sonnenschutzes zusätzliche Kosten an. Daher haben Gebäude mit kleineren Fensterflächen neben der besseren Gesamtenergiebilanz auch tiefere Baukosten. Die mit dem hohen Glasanteil verbundenen Mehrkosten machen an den gesamten Baukosten jedoch einen geringen Anteil aus.

Erzeugung

Im Neubaumarkt dominiert bei Wohnhäusern die Wärmepumpe. Die meisten Heizungen in Bestandswohnbauten werden ohne gleichzeitige Erneuerungsmassnahmen ersetzt. Hier sind Öl- und Gasheizungen nach wie vor führend.

Wärmepumpen im Neubau

1997 wurden 20 Prozent aller neu erstellten Einfamilienhäuser im Kanton Zürich mit Wärmepumpen ausgerüstet – seit 2010 sind es bereits 90 Prozent. Ebenfalls stark gewachsen sind die Marktanteile bei neu erstellten Mehrfamilienhäusern, bei denen im Jahr 2015 in rund zwei Dritteln aller Neubauten eine Wärmepumpe installiert wurde. Deren Marktanteil liegt bei den Mehrfamilienhaus-Neubauten etwas tiefer, weil diese häufiger an ein Fernwärme- oder Erdgasnetz angeschlossen werden. Trotz vielen mit Erdgas versorgten Gebieten im Kanton Zürich fiel die Wahl des Heizsystems selbst bei neu erstellten Mehrfamilienhäusern seit 2011 in weniger als zehn Prozent der Fälle auf einen Gaskessel.

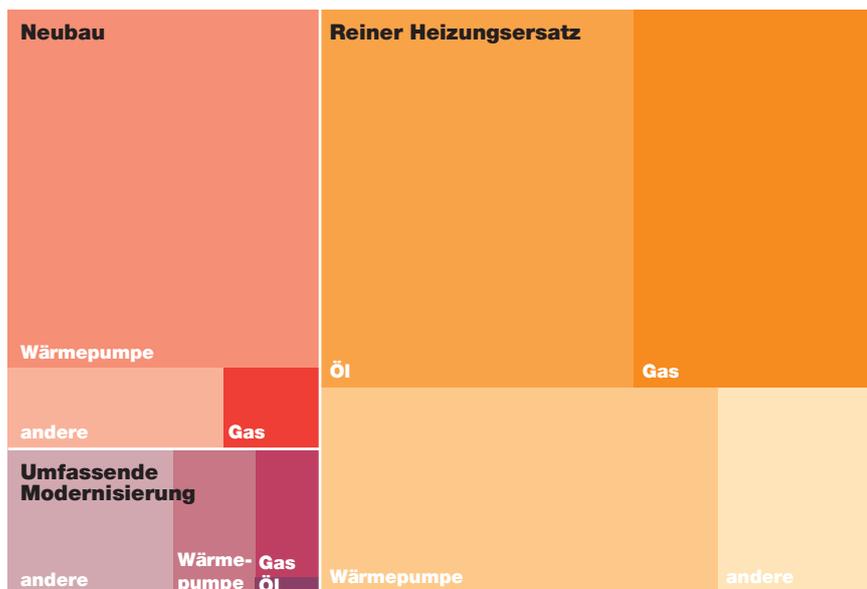
Erneuerbare bei umfassenden Modernisierungen

Eine ähnliche Entwicklung – wenn auch nicht ganz so ausgeprägt – ist bei bestehenden Einfamilienhäusern zu beobachten, bei denen die Heizung im Rahmen einer umfassenden Modernisierung ersetzt wird. Auch hier hat sich die Wärmepumpe zum bedeutendsten Heizsystem entwickelt und war 2010 bis 2015 je nach Jahr in weit mehr als der Hälfte aller Fälle erste Wahl. Bei umfassend modernisierten Mehrfamilienhäusern aber nicht: Hier erreichen Wärmepumpen seit 2010 einen Marktanteil zwischen einem Viertel und einem Drittel. Weiterhin bedeutend bleiben bei Mehrfamilienhaus-Sanierungen Gasheizungen. Falls Fernwärme verfügbar ist, können grössere Gebäude zudem häufig wirtschaftlich an ein Wärmenetz angeschlossen werden.

Fossile beim reinen Ersatz

Die meisten Heizungen in Bestandswohnbauten werden allerdings ohne gleichzeitige Modernisierungsmassnahmen ersetzt. Hier sind die fossilen Heizsysteme Marktführer: In rund zwei Dritteln (Einfamilienhäuser) oder acht von zehn Fällen (Mehrfamilienhäuser) wird ein fossiles System installiert. Dabei handelt es sich vorwiegend um den Ersatz von alten durch neue Ölheizungen sowie von Öldurch Gasheizungen. Der Wechsel von Öl auf Gas wird begünstigt durch die relativ grossflächige Erschliessung des Kantons Zürich mit Gasleitungen. Diese trägt zusätzlich dazu bei, dass sich das fossile Heizen im Kanton Zürich hartnäckig hält.

Marktanteile Heizungssysteme (Zeitraum 2010–2015)

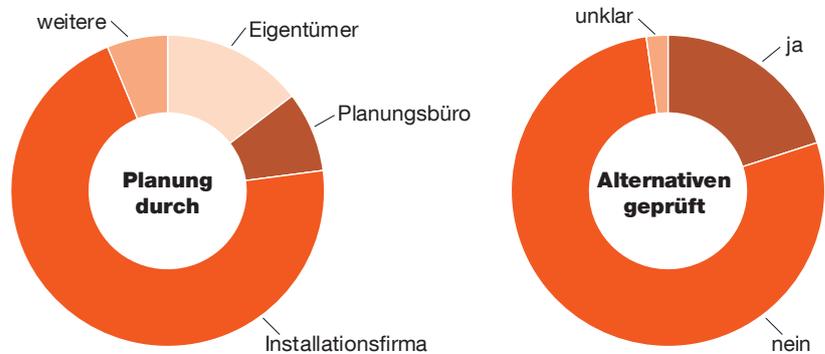


Heizsysteme und ihre Bedeutung im Neu- und Umbaumarkt im Kanton Zürich (Umbaumarkt: Reiner Heizungsersatz oder Heizungsersatz im Rahmen einer umfassenden Modernisierung des Gebäudes; typischerweise liegen die Anteile fossiler Heizsysteme bei Einfamilienhäusern in allen Marktsegmenten tiefer als bei Mehrfamilienhäusern). Basis bilden Daten von Wüest Partner AG.

Alternativen kaum geprüft

Eine Vollzugsuntersuchung zu 51 bestehenden Wohnbauten bestätigt die Erkenntnisse zum reinen Heizungsersatz: Vor dem Kesseleratz waren davon 14 mit Heizöl und 37 mit Erdgas beheizt; nach dem Ersatz waren nur noch vier Bauten ölbeheizt, jedoch 44 gasbeheizt und in lediglich drei Fällen wurde die fossile Heizung durch eine Wärmepumpe ersetzt. Die Verfügbarkeit von Erdgas beeinflusste die Systemwahl wohl stark. Allerdings wurden weitere wichtige Gründe für die Beständigkeit fossiler Heizungen identifiziert: In den allermeisten Fällen wurden Alternativen für den Systementscheid gar nicht geprüft und die Planung erfolgte grossmehrheitlich direkt durch den Installateur. Dies erstaunt umso mehr, da nur in ganz wenigen Fällen die Heizung notfallmässig ersetzt werden musste.

Vorgehen beim Heizkesseleratz

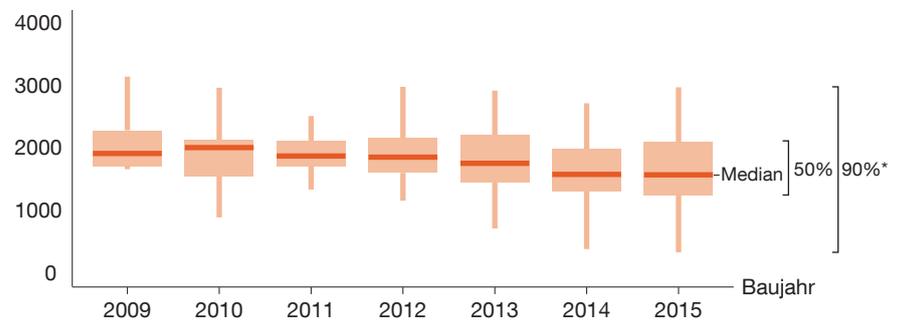


Volllaststunden nehmen ab

Eine kantonsinterne Auswertung von Messdaten zum Nutzwärmeverbrauch in 326 Wohnbauten mit Erdsondenwärmepumpe zeigt: Im Jahr 2016 benötigten die Erdsondenwärmepumpen mit Baujahr 2015 durchschnittlich nur noch 1800 Volllaststunden, währenddem die Anlagen mit Baujahr 2009 oder 2010 annähernd 2000 Volllaststunden aufwiesen. Dies kann auf zwei Entwicklungen zurückgeführt werden: Die Erdsonden werden besser dimensioniert und zunehmend regeneriert. Dies reduziert den Stromverbrauch der Wärmepumpe.

Betriebsstunden Erdsondenwärmepumpen im Jahr 2016

[Volllaststunden]



* Perzentile: 50% bzw. 90% der Daten befinden sich in diesem Bereich

Verteilung ~~!!!!~~

Bei Bodenheizungen liegt der Teufel im Detail beziehungsweise in falschen Anordnungen. Die wichtigsten Ergebnisse einer Untersuchung im Überblick.

Handlungsbedarf bei Bodenheizungen

Überprüfung der Auslegung, Messung der Vorlauf- und Rücklauf- sowie Raumtemperaturen, Infrarot-Aufnahmen der beheizten Flächen, Vor-Ort-Analyse wichtiger Rahmenbedingungen und Befragung der Bewohner: In drei grossen Wohnsiedlungen, drei Mehrfamilienhäusern, drei Einfamilienhäusern und einem Schulhaus wurden die Fussbodenheizungen im Detail untersucht.

Bei der Auslegung wurde die aktuelle Norm SIA 384.201 nur teilweise beachtet, zum Teil wurden vereinfachte oder auf älteren Normen basierende Methoden angewandt. Auf die erforderlichen Vorlauftemperaturen und Verlegungsabstände hatte das aber kaum Auswirkungen. Dennoch wurden einige wichtige Unzulänglichkeiten angetroffen:

Luft in der Verteilung verhindert den Wärmedurchfluss, was zu kalten Dachwohnungen führt (aufwändig zu beheben, sofern es im Dachgeschoss keine Entlüftungsstelle gibt).

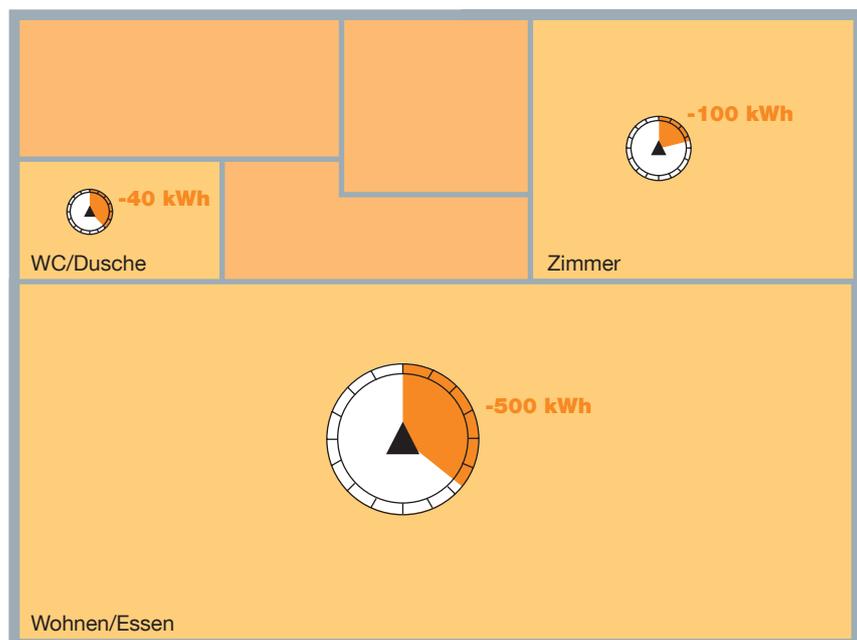
Die **direkte Nachbarschaft von Bad und Schlafzimmer** kann je nach Fussbodenheizungs-Zuleitungen zu Problemen führen: Entweder sind die Badezimmer zu kühl, weil in den Schlafzimmern die Raumthermostaten ganz zuge dreht sind; oder die Schlafzimmer zu warm (trotz zuge drehter Raumthermostaten), da im Badezimmer die Thermostaten voll aufgedreht sind.

Kombination von geregelten und ungeregelten Heizkreisen: Wegen gleichzeitig zu hoch eingestellter Heizkurven geben die ungeregelten Heizkreise so viel Wärme ab, dass Raumtemperaturen bis 24°C resultieren.

Eine **zu hohe Ladung des technischen Speichers** mit Wärmepumpen (in einem Fall um mehr als 10°C) reduziert den Wirkungsgrad stark. In der nachgelagerten Mischgruppe muss die Vorlauftemperatur für die Bodenheizungen wieder auf den gesetzlichen Wert gesenkt werden. Somit bleibt hochwertige Wärmeenergie ungenutzt und wird niederwertiger.

Grosse, dicke Teppiche auf Parkettböden behindern die Wärmeabgabe stark.

Verringerung des Wärmebedarfs durch Einzelraumregelung



Einzelraumregelung senkt Bedarf

Gemäss kantonalen Vorschriften kann bei Bodenheizungen mit tiefen Vorlauftemperaturen aufgrund des Selbstregelleffekts auf eine Einzelraumregelung verzichtet werden. Den dadurch eingesparten Kosten steht jedoch ein Energiemehrbedarf gegenüber. Das zeigt eine Modellsimulation der Hochschule für Technik Rapperswil. Der Energiemehrbedarf resultiert am untersuchten Objekt hauptsächlich im Wohn- und Essbereich. Wichtige Einflussfaktoren auf den Wärmebedarf und damit auf das Kosten/Nutzen-Verhältnis der Einzelraumregelung sind die Einstellung der Heizkurve, der Fensteranteil und die Beschattung im Winter.

Eine Folgestudie auf Bundesebene hat bei einem Mehrfamilienhaus gezeigt, dass mindestens eine Referenzraumregelung pro Wohnung sinnvoll ist.

Lüftung

Lüftungssysteme mit aktiver Überströmung zeichnen sich durch einen geringen Installationsaufwand aus. In einem Minergie-zertifizierten Einfamilienhaus hat das System den Praxistest bestanden.

Immer mehr Neubauten werden mit einer Komfortlüftung ausgerüstet. In Bestandsbauten werden aber noch kaum nachträglich Lüftungen eingebaut. Zunehmend werden neue, einfachere Systeme entwickelt.

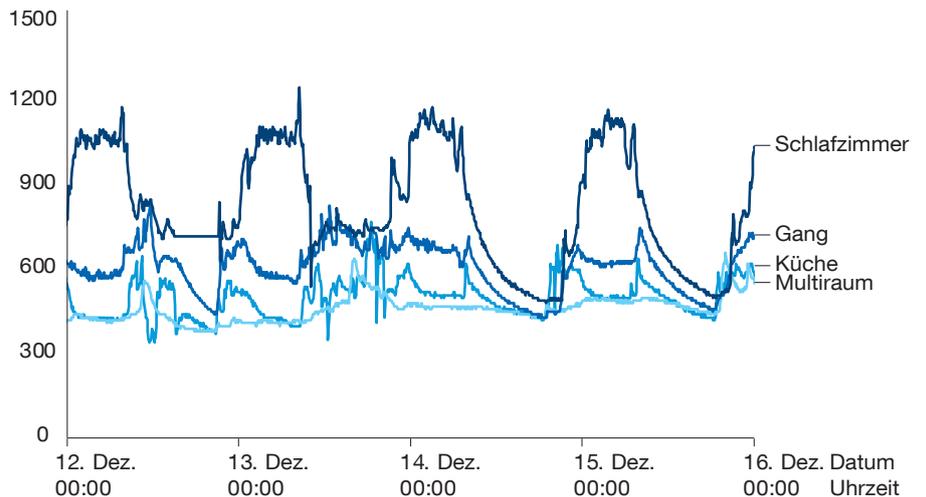
Im Praxistest: das Lüftungssystem mit aktiver Überströmung. Bei diesem System wird verbrauchte Luft aus Küche, Bad und WC abgesogen und die frische Luft zentral in der Erschliessungszone im Erdgeschoss ins Gebäude geblasen. Mittels «aktiver Überströmer», Lüftungsschlitzen mit Ventilatoren, wird die Luft in die übrigen Räume eingeblasen. Der Vorteil des Systems liegt darin, dass der Installationsaufwand gering ist, da weniger Rohre für die Zuluft verlegt werden müssen.

25 Tage lang wurde die CO₂-Konzentration während der Heizperiode in verschiedenen Räumen eines Minergie-zertifizierten Einfamilienhauses im Kanton Zürich gemessen.

Das Ergebnis: Die Empfehlungen gemäss SIA 382/1 – für Wohnräume Maximalwerte zwischen 1000 und 1400 ppm CO₂ – sind praktisch in allen Räumen durchgehend eingehalten. Einzig im Schlafzimmer wurde während insgesamt vier Stunden, entsprechend 0,7% der gemessenen Periode, eine geringe Überschreitung festgestellt (Maximalwert: 1530 ppm). Der Vergleich mit Untersuchungen zu Schlafzimmern mit «klassischem» Lüftungssystem, d.h. mit eigener Zuluftzufuhr, zeigt: Mit den aktiven Überströmern wird in Schlafzimmern eine vergleichbare Luftqualität erreicht.

Gemessene CO₂-Konzentration im untersuchten Einfamilienhaus

[ppm]



Während der Nacht steigt der CO₂-Gehalt der Raumluft im Schlafzimmer am stärksten. In den übrigen Räumen werden die Höchstwerte tagsüber gemessen.

Verbrauch

Messungen zum Wärmeverbrauch bestätigen, dass die Abweichungen zum berechneten Wärmebedarf zum Teil sehr hoch sind. Ein hoher Fensteranteil könnte ein bisher nicht berücksichtigter Einflussfaktor sein.

Zwei umfangreiche Messreihen in Neubauten mit Wärmezählern für Heizung und Warmwasser liefern einen Beleg dafür, dass der gemessene Wärmeverbrauch zum Teil sehr stark vom berechneten Wärmebedarf abweicht. Dabei sind Abweichungen um mehr als einen Faktor zwei gar nicht so selten. Ein Vergleich der Messdaten mit den gebäudespezifischen Energienachweisen zeigt zudem: Typischerweise wird mehr Raumwärme und weniger Warmwasser verbraucht als basierend auf den Modellen gemäss SIA 380/1 berechnet.

Nutzende sind massgebend

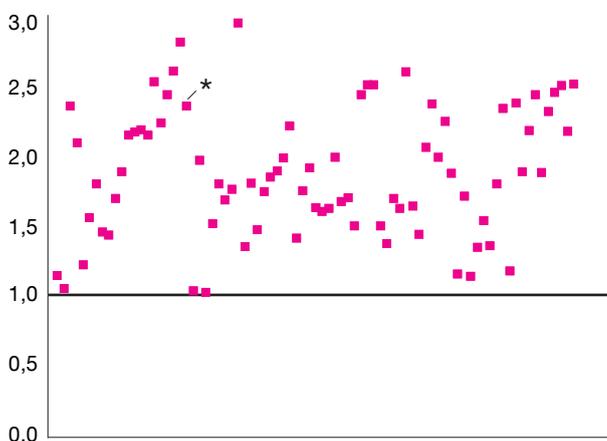
Worauf sind diese Differenzen zurückzuführen? Ein wichtiger Grund dürfte die Personenbelegung sein, die bei Neubauten zu Beginn häufig unter dem Normwert ist. Eine noch grössere Rolle spielt wohl das Verhalten der Gebäudenutzenden: So haben die eingestellten Raumtemperaturen, die individuelle Fensterlüftung (auch in automatisch belüfteten Häusern) und möglicherweise die Beschattung im Winter starken Einfluss auf den Wärmeverbrauch.

Erhöht Fensteranteil die Abweichung?

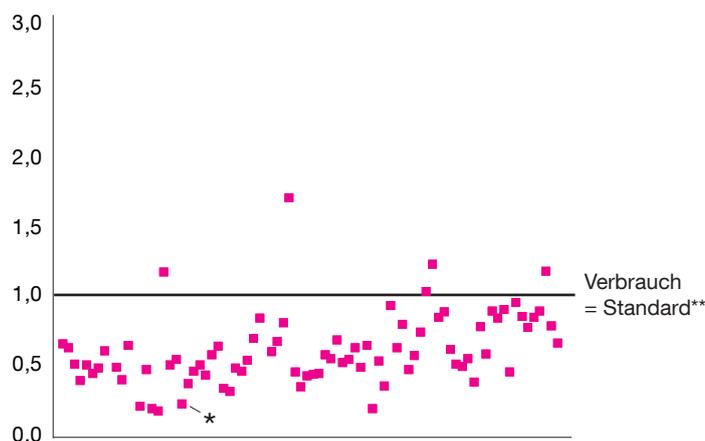
Eine Detailanalyse zu sieben ausgewählten Gebäuden stellt einen weiteren Einflussfaktor zur Diskussion: den Fensteranteil. Je höher dieser liegt, umso stärker überschreitet der Raumwärmeverbrauch den berechneten Bedarf – so jedenfalls deuten das die Untersuchungsergebnisse an. Die Voraussetzungen für statistisch besser abgestützte Folgeanalysen sind gut: Im Gegensatz zum Nutzerverhalten kann der Fensteranteil von Gebäuden strukturiert und zuverlässig erhoben werden.

Nutzenergie: Verhältnis Verbrauch zu Standardwert

Raumwärme



Warmwasser



* Jeder Punkt markiert eine der 81 untersuchten Anlagen

**standardisierter Wert (nach SIA 380/1) für den Nachweis der energetischen Massnahmen (im Rahmen der Baubewilligung einzureichen)

HGT bilden den Raumwärmeverbrauch im Jahresverlauf besser ab

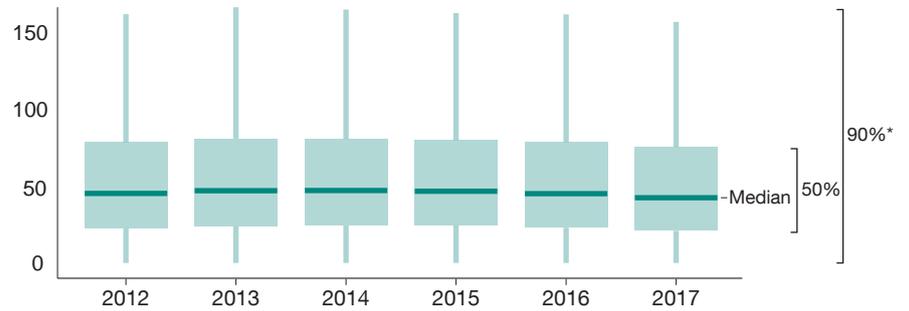
Mit Heizgradtagen (HGT) oder Akkumulierten Temperaturdifferenzen (ATD) kann der Heizwärmebedarf im zeitlichen Verlauf auf einfache Art und Weise modelliert werden. Aktuelle Normen (SIA 380, Ausgabe 2015) empfehlen die ATD-Methode (Basistemperaturen 8/10/12°C). Wie eine kantonsinterne Auswertung von Wärmezähler-Messdaten bei Wohnbauten zeigt, wird der effektive Raumwärmebedarf mit den bisherigen HGT-Werten (20/12°C) besser abgebildet – zumindest im Kanton Zürich.

Warmwasserverbrauch streut stark

Eine kantonsinterne Auswertung von Wärmezählerdaten bei Wohnbauten zeigt, dass der durchschnittliche Warmwasserverbrauch etwa 50 Liter pro Tag und Person beträgt, was in den betrachteten Gebäuden rund einem Drittel des Kaltwasserverbrauchs entspricht. Über das Jahr gesehen ist der durchschnittliche Warmwasserverbrauch relativ konstant. Auf Ebene der Nutzungseinheiten ist die Streuung aber sehr hoch. Bereits das 50-Prozent-Perzentil umfasst einen Bereich von rund 25 bis 75 Litern pro Tag und Person.

Warmwasserverbrauch pro Tag und Bewohner

[Liter]



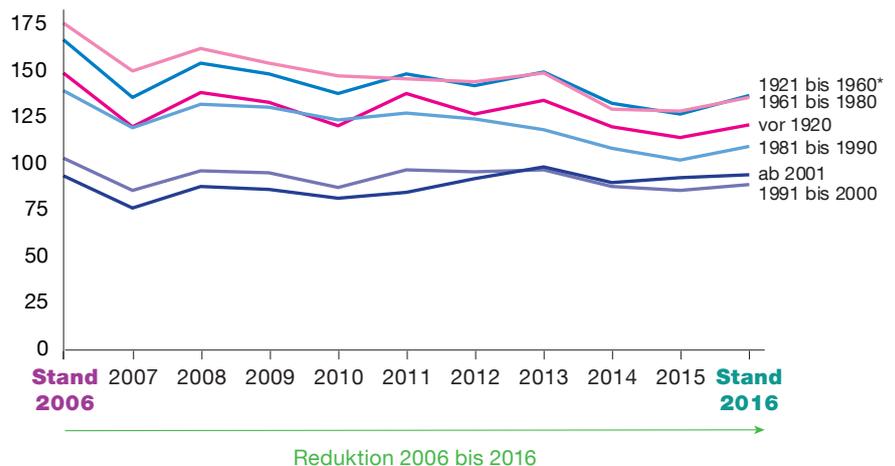
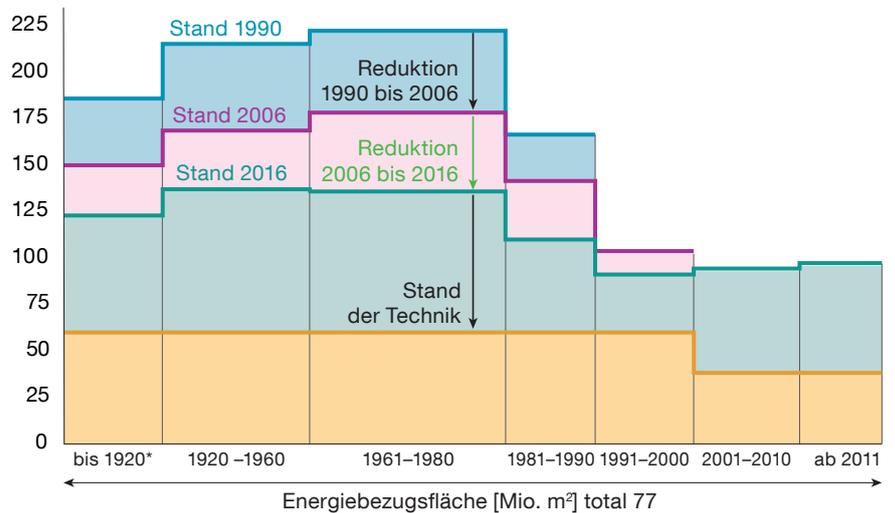
* Perzentile: 50% bzw. 90% der Daten befinden sich in diesem Bereich

Energiekennzahl nimmt ab

Der Energieverbrauch pro m² Energiebezugsfläche von Wohnbauten, die nach 1990 gebaut wurden, liegt deutlich unter dem entsprechenden Bedarf älterer Liegenschaften. Allerdings ist der Wert für die ab 2001 erstellten Bauten nicht so tief, wie aufgrund der seither geltenden Vorschriften zu erwarten wäre. Zudem nahm in dieser Gebäudealtersklasse im Gegensatz zu allen älteren der spezifische Verbrauch zwischen 2006 und 2016 nicht ab; dies zeigt die kantonsinterne Auswertung.

Spezifischer Endenergiebedarf (Energiekennzahl)

[kWh/m² EBF a]



*Gebäudealtersklasse

Die dargestellten Stände (1990, 2006 und 2016) haben unterschiedliche Quellen: Grundlage für die Werte von 1990 sind die ölbeheizten Wohnbauten, deren Energieverbrauch mit Hilfe der Feuerungskontrolle bestimmt werden konnte; die Basis für die Angaben zu 2006 und 2016 bilden die kantonsinternen Auswertungen (vgl. S. 11). Die Resultate sind nicht klimabereinigt.

Weiter informieren

**Folgende Publikationen
sowie weitere Untersuchungen
sind online verfügbar**

www.energie.zh.ch/dok



Vollzug der Energievorschriften - Private Kontrolle Kanton Zürich, 2015

Die Qualität der privaten Kontrolle wurde im Sinne von Vollständigkeit und fachlicher Korrektheit bei verschiedenen Energienachweisformularen untersucht.

Abklärung Einfluss Fensteranteil auf Baukosten, 2016

Die Baukosten bei Wohnbauten mit tiefem Fensteranteil (konventionelle Lochfassaden) und solchen mit hohem Fensteranteil (raumhohe Verglasungen) wurden miteinander verglichen.



Vollzugsuntersuchung Heizkesslersatz 2017

Die Qualität der privaten Kontrolle wurde beim Kesslersatz anhand von Korrektheit und Vollständigkeit der Formulareingaben überprüft. Des Weiteren wurde mittels Besuch vor Ort die Ausführungsqualität beurteilt und bei den Bestellern die Gründe für Ersatz und Systemwahl nachgefragt.



Untersuchung der Fussbodenheizung bei Neubauten, 2018

Die Auslegung von Bodenheizungen wurde überprüft sowie Planung, Umsetzung und Einstellungen (z.B. Vorlauftemperaturen) verglichen. Bei Abweichungen wurden die Gründe aufgezeigt.

Einfluss der Einzelraumregelung auf den Raumwärmebedarf von Niedrigenergiehäusern mit hohem Verglasungsanteil, 2016

Der Nutzen von Einzelraumregelung bei Niedrigenergiehäusern mit hohem Verglasungsanteil und Vorlauftemperaturen bis 30°C wurde modelliert.



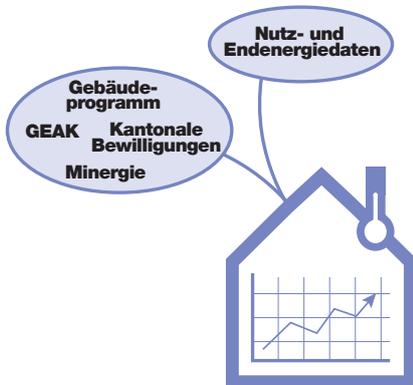
Lüftung mit aktiver Überströmung: Messung und Aufzeichnung von CO₂-Konzentrationen, 2016

In einem Einfamilienhaus, welches als kontrollierte Wohnungslüftung ein System mit «aktiver Überströmung» einsetzt, wurde die Raumluftqualität beurteilt. Dazu wurden die CO₂-Konzentrationen über eine gewisse Periode in vier Räumen gemessen.



Untersuchung Wärmeverbrauchsdaten von Neubauten, 2015

Die Abweichung zwischen rechnerisch ermitteltem und effektivem Bedarf an Heizwärme und an Brauchwarmwasser wurde anhand einiger Objekte untersucht.



Kantonsinterne Auswertungen 2018

In Zusammenarbeit mit dem Statistischen Amt analysierte das AWEL gemessene End- und Nutzenergiedaten für Raumwärme und Warmwasser von Wohnbauten. Insgesamt sind rund 21000 Ein- und Mehrfamilienhäuser mit reiner Wohnnutzung eingeflossen. Davon stammen 14000 Endenergiedaten aus gasbeheizten Bauten und 7000 Nutzenergiedaten aus Bauten mit unterschiedlichen Energieträgern. Um weitere Erkenntnisse zu gewinnen, wurden diese Zählerdaten mit Planungswerten von Minergie, dem Gebäudeenergieausweis der Kantone (GEAK), dem nationalen Gebäudeprogramm und kantonalen Bewilligungen verknüpft und ausgewertet. Die einzelnen Auswertungen basieren zeitlich, räumlich und mengenmässig auf unterschiedlichen Datengrundlagen.

Bezug

Kanton Zürich
Baudirektion
Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft
Abteilung Energie
Stampfenbachstrasse 12
8090 Zürich
+41 43 259 42 66
www.energie.zh.ch
Dezember 2018

