

Energieanalyse im Rahmen von LEEP 2012

Spezialanalyse GWG



Inhaltsverzeichnis

1	Themenstellung und Vorgangsweise.....	3
2	Begriffsdefinitionen	4
2.1	Energiekennzahl - Heizwärmebedarf.....	4
2.2	Bruttogeschoßfläche.....	6
2.3	Heizgradtage	6
2.4	Verbrauch bzw. Heizenergieverbrauch.....	6
3	Vergleich Energiekennzahl – tatsächlicher Energieverbrauch.....	7
4	Tatsächlicher Energieverbrauch – mögliche Einflussfaktoren.....	8
4.1	Thermischer Zustand der Gebäudehülle	8
4.2	Witterung	8
4.3	Nutzerverhalten	10
4.4	Bewohnerstruktur	10
4.5	Heizsystem.....	12
5	Genauere Betrachtung von FE 102, FE 104 & FE 116.....	13
6	Schlussfolgerung.....	15

Erstellungsdatum: April 2014

1 Themenstellung und Vorgangsweise

Die im Energieausweis berechneten Werte (Energiekennzahl) weichen oft vom tatsächlichen Energieverbrauch eines Gebäudes ab. Mit dieser Untersuchung sollen mögliche Ursachen definiert werden. Die Ausgangslage bilden 15 Wohngebäude der GWG aus 9 unterschiedlichen Bauperioden.

Zunächst wird die Methode zur Berechnung der Energiekennzahl erläutert. Damit ist genau ersichtlich, wie diese Kennzahl zu interpretieren ist und warum die Energiekennzahl rein auf Grund der Berechnungsmethodik nicht exakt mit dem tatsächlichen Energieverbrauch übereinstimmen kann.

Anschließend findet eine Gegenüberstellung der Energiekennzahlen der 15 Objekte mit dem tatsächlichen Energieverbrauch statt.

Im nächsten Schritt werden anhand der 15 Wohngebäude mögliche Einflussfaktoren auf den Energieverbrauch eines Gebäudes dargestellt. So soll erläutert werden, ob der tatsächliche Energieverbrauch im Wesentlichen vom Baujahr und thermischen Zustand der Gebäudehülle, der Bewohnerstruktur, vom NutzerInnenverhalten und/oder von weiteren Faktoren abhängig ist. Entscheidend ist in weiterer Folge, ob diese Faktoren auch in der Energiekennzahlberechnung Berücksichtigung finden oder nicht.

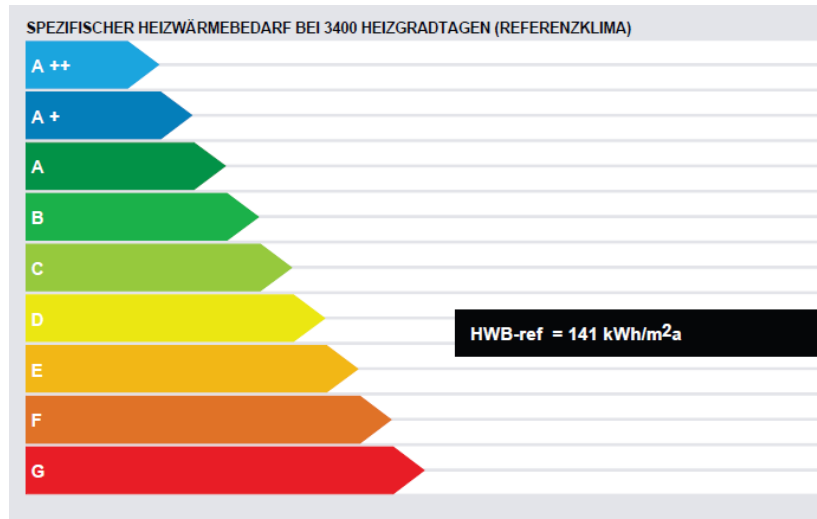
Gebäude	Bezeichnung	Baujahr	Bauperiode	Anzahl Bewohner	BGF [m ²]
Unionstraße 50-70	FE 452	1927	Bis 1930	277	11.235
Am Anger 6,6a,6b,7,7a, Blindwiesen 2-6, Pachmayerstr. 5	FE 314	1941	1931-1945	83	4.689
Im Bachlfeld 22-38c	FE 308	1940	1931-1945	328	13.857
Lederergasse 31,a,b,33,	FE 527	1950	1950-1955	106	4.648
Bürgerstraße 65-69	FE 032	1953	1950-1955	54	2.683
Kapuzinerstraße 31-33	FE 526	1955	1956-1960	43	1.692
Karl-Steiger-Straße 24-28	FE 104	1967	1966-1970	160	3.470
Karl-Steiger-Straße 54-58	FE 102	1967	1966-1970	153	6.282
Zeppelinstraße 14,16	FE 01.645/51.645	1971	1971-1975	40	1.422
Spinnereistraße 3	FE 116	1973	1971-1975	163	6.575
Leonfeldnerstraße 233,235	FE 124	1976	1976-1980	135	3.768
Franckstraße 26	FE 618	1980	1976-1980	76	3.910
Kreiskystraße 6,8 Victor-Adler-Weg 7	FE 142	1993	1991-1995	73	3.013
Dauphinestraße 31	FE 152	1996	1996-2000	57	2.236
Fabrikstraße 14, 14a,14b	FE 153	1997	1996-2000	66	2.704

2 Begriffsdefinitionen

Im folgenden Abschnitt werden die wichtigsten Begriffe zu diesem Thema näher erklärt.

2.1 Energiekennzahl - Heizwärmebedarf

Bei der Energiekennzahl, die auf der ersten Seite des Energieausweises aufscheint, handelt es sich um den Heizwärmebedarf.



Laut ÖNORM B 8110-6 ist der Heizwärmebedarf, HWB, die rechnerisch ermittelte Wärmemenge (Nutzenergie), die während einer Heizperiode zur Aufrechterhaltung einer vorgegebenen Innentemperatur benötigt wird. Im Energieausweis bezieht sich der Heizwärmebedarf auf eine Raumtemperatur von 20°C.

Zur Definition der Heizperiode dienen die Heizgradtage. Der Heizwärmebedarf wird sowohl für das Standortklima als auch für ein Referenzklima ermittelt.

[ÖNORM B 8110-6; Broschüre Energieausweis, OÖ Energiesparverband; Ökologisch Bauen und Gesund Wohnen, Land OÖ]

Berechnet wird der Heizwärmebedarf lt. folgender Formel:

$$\text{HWB} = \text{QT} + \text{QV} - (\text{Qs} + \text{Qi}) \cdot \text{Ausnutzungsgrad der Wärmegewinne}$$

Legende: QT: Transmissionswärmeverluste
QV: Lüftungswärmeverluste
Qs: solare Wärmegewinne
Qi: interne Wärmegewinne

Die **Transmissionswärmeverluste** beschreiben die Wärmeverluste eines Gebäudes durch die Gebäudehülle (Außenwände, Dach, Kellerdecke, Fußboden, Fenster). Sie berechnen sich durch die Multiplikation eines Wertes von 0,024 mit den Heizgradtagen und dem Transmissionsleitwert der Gebäudehülle. Der letzte Wert gibt Auskunft über den thermischen Zustand der Gebäudehülle. [Skript Energieberater, <http://www.energie-lexikon.info/transmissionswaermeverlust.html>, <http://www.chanceenergiesparen.at/component/glossary/Glossary-1/T/Transmissionsw%C3%A4rmeverluste--72/>]

Die **Lüftungswärmeverluste** hingegen beschreiben die Wärmeverluste eines Gebäudes durch einen Luftaustausch im Gebäude durch Öffnen der Fenster, Undichtheiten im Gebäude bei Fenstern, Türen usw. Sie berechnen sich durch die Multiplikation eines Wertes von 0,024 mit den Heizgradtagen und dem Lüftungsleitwert der Gebäudehülle. Zur Ermittlung des Lüftungsleitwerts wird eine standardisierte Luftwechselrate von 0,4 1/h herangezogen. [Skript Energieberater, <http://www.chanceenergiesparen.at/component/glossary/Glossary-1/L/L%C3%BCftungsw%C3%A4rmeverluste-QV-49/>, <http://www.enzyklo.de/Begriff/L%C3%BCftungsw%C3%A4rmeverlust>]

Die **solaren Wärmegewinne** ergeben sich durch die Ausnutzung der Sonneneinstrahlung für die Erwärmung des Gebäudes. Die **internen Wärmegewinne** ergeben sich durch die Ausnutzung der abgegebenen Wärme von Elektrogeräten, beim Kochen, des Menschen usw. Die Höhe des **Ausnutzungsgrads** wird bestimmt durch die Bauweise des Gebäudes. Der Wert ist bei Gebäuden mit einer schweren Bauweise höher als bei Gebäuden mit einer leichten Bauweise. [Skript Energieberater, <http://www.propassivhaus.de/wissen/glossar-passivhaus/13-interne-warmegewinne.html>, <http://www.enzyklo.de/2014/Begriff/solare%20W%C3%A4rmegewinne>]

Zu beachten ist auch, dass im Heizwärmebedarf der Energiebedarf für das Warmwasser nicht enthalten ist.

2.2 Bruttogeschoßfläche

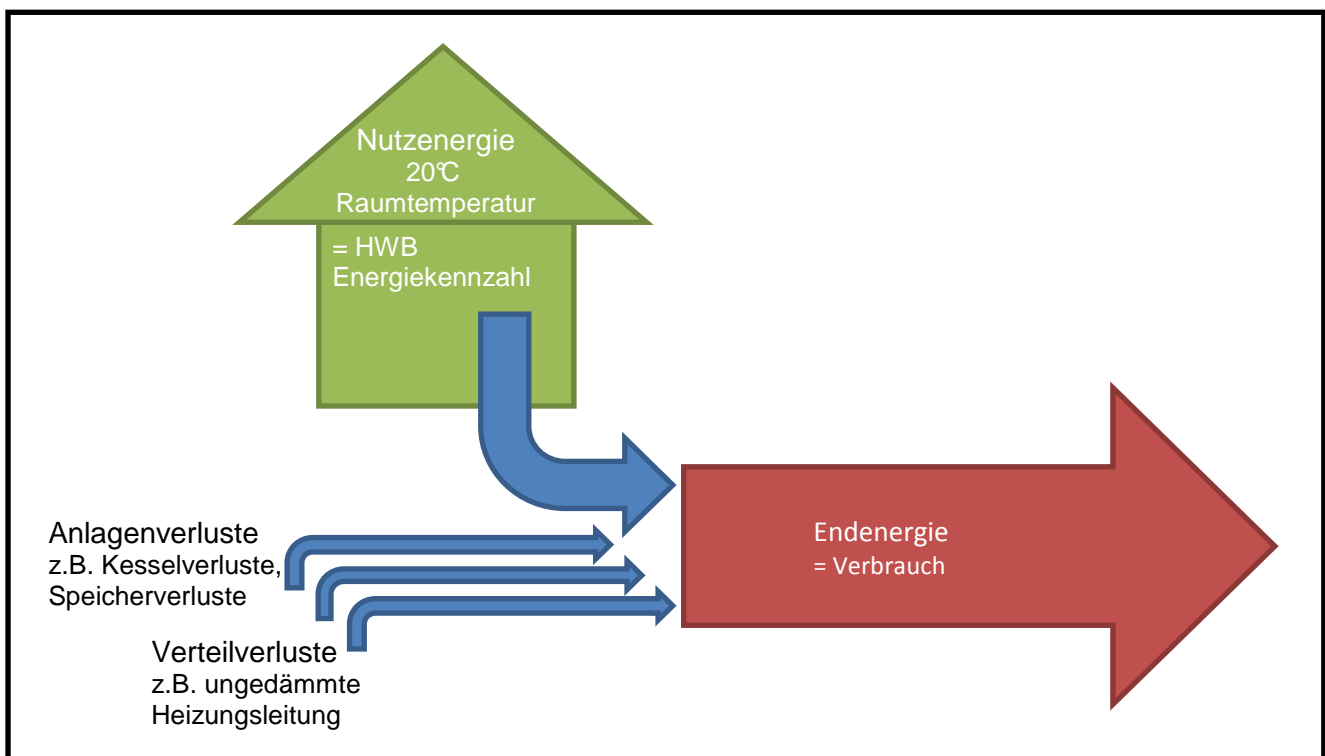
Die Bruttogeschoßfläche bzw. die Bruttogrundfläche, BGF, ist die Summe aller beheizten Flächen in einem Gebäude inklusive der Außenwände. [ÖNORM B 8110-6; energiesparhaus.at; klima-sucht-schutz.de]

2.3 Heizgradtage

Der Wert für einen Heizgradtag errechnet sich dadurch, dass an jedem Tag an dem die Außentemperatur unter 12°C liegt, die Differenz zu der genormten Innentemperatur von 20°C gebildet wird. Die Heizgradtage für ein Jahr ergeben sich anschließend aus der Summe der einzelnen Werte pro Heizgradtag. [<http://www.energiesparhaus.at/fachbegriffe/hgt.htm>]

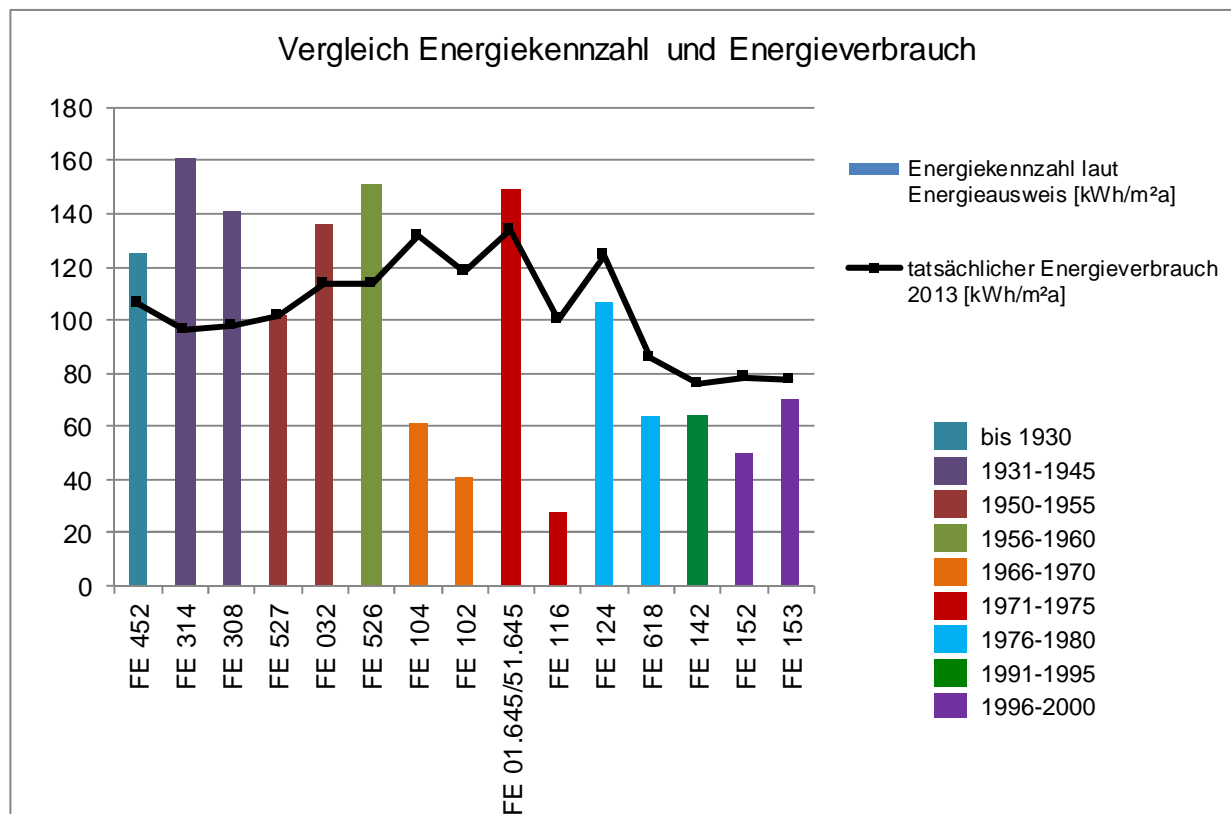
2.4 Verbrauch bzw. Heizenergieverbrauch

Der Heizenergieverbrauch ist die tatsächliche Endenergie, die für die Heizung und Warmwasserversorgung benötigt wird. Im Gegensatz dazu bezieht sich der Heizwärmebedarf auf die Nutzenergie nur fürs Heizen und ohne Warmwasser. Der Unterschied zwischen Nutzenergie und Endenergie besteht darin, dass in der Endenergie noch die Verluste vom Heizkessel und die Verluste der Wärmeverteilung und Wärmeabgabe enthalten sind. [Broschüre Energieausweis, OÖ Energiesparverband]



3 Vergleich Energiekennzahl – tatsächlicher Energieverbrauch

In der Grafik ist für 15 Wohngebäude der GWG die Energiekennzahl laut Energieausweis im Vergleich zum tatsächlichen Energieverbrauch des Jahres 2013 dargestellt. Die unterschiedlichen Farben der Balken beziehen sich auf die unterschiedlichen Bauperioden der Gebäude.



Energiekennzahl laut Energieausweis bezogen auf Standortklima

In der Grafik ist eindeutig erkennbar, dass bei den Gebäuden bis einschließlich der Bauperiode 1956 – 1960 die Energiekennzahl laut Energieausweis höher ist als der tatsächliche Energieverbrauch. In den nachfolgenden Bauperioden liegt die Energiekennzahl unter dem tatsächlichen Verbrauch, eine Ausnahme bildet das Gebäude mit der Nummer FE 01.645/51.646. Weiters wäre anzunehmen, dass der Energieverbrauch von neueren Gebäuden wesentlich geringer ist als von älteren. Dieser Trend ist jedoch nicht eindeutig erkennbar.

Besonders auffällig sind die großen Unterschiede zwischen tatsächlichem Energieverbrauch und Energiekennzahl bei den Gebäuden FE 104, FE 102 und FE 116. Aus diesem Grund werden die Untersuchungen bei diesen Gebäuden noch vertieft.

4 Tatsächlicher Energieverbrauch – mögliche Einflussfaktoren

In diesem Kapitel sollen Faktoren erläutert werden, die den Energieverbrauch eines Gebäudes beeinflussen. Entscheidend ist in weiterer Folge, ob diese Faktoren auch in der Energiekennzahlberechnung Berücksichtigung finden oder nicht.

4.1 Thermischer Zustand der Gebäudehülle

Ein schlecht gedämmtes oder unsaniertes Objekt weist höhere Wärmeverluste über die Gebäudehülle auf als ein Objekt, dessen Außenwände, Dach, Kellerdecke usw. gut gedämmt sind bzw. geringe U-Werte (Wärmedurchgangskoeffizient) haben. Es handelt sich um Transmissionswärmeverluste, die in der Berechnung der Energiekennzahl ausreichend berücksichtigt werden. Je höher diese Verluste, umso mehr Heizenergie muss bereitgestellt werden, um die gewünschte Raumtemperatur zu erreichen.

Es wäre deshalb anzunehmen, dass der Energieverbrauch von neueren Gebäuden wesentlich geringer ist als von älteren. Dieser Trend ist bei den 15 untersuchten Objekten jedoch nicht eindeutig feststellbar, was unter anderem auf den auch in anderen Untersuchungen festgestellten Prebound- & Reboundeffekt zurückgeführt werden könnte (siehe 4.3).

4.2 Witterung

In der Energiekennzahlberechnung werden die Witterungsverhältnisse durch standardisierte Werte - die Heizgradtage - miteinbezogen. Heizgradtage wurden für jede Katastralgemeinde definiert und ergeben sich aus einem Mittelwert einer jahrzehntelangen Periode.

In untenstehender Tabelle sind die Heizgradtage, die standardisiert zur Berechnung der Energiekennzahl der 15 Objekte herangezogen wurden, aufgelistet. Sie liegen zwischen 3553 und 3570 [Kd]. Laut Luftgütestation Neue Welt betragen die tatsächlichen Heizgradtage im Jahr 2013 3255 [Kd]. Die jeweilige Abweichung in Prozent ist in der rechten Spalte dargestellt.

Bezeichnung	Gebäude	Katastral- gemeinde	HGT [Kd]	Abweichung zu IST HGT 2013
FE 452	Unionstraße 50-70	Linz	3556	9,25 %
FE 314	Am Anger 6,6a,6b,7,7a, Blindwiesen 2-6, Pachmayerstr. 5	Pöstlingberg	3569	9,65 %
FE 308	Im Bachlfeld 22-38c	Urfahr	3567	9,59 %
FE 527	Lederergasse 31,a,b,33,	Linz	3554	9,19 %
FE 032	Bürgerstraße 65-69	Linz	3555	9,22 %
FE 526	Kapuzinerstraße 31-33	Linz	3570	9,68 %
FE 104	Karl-Steiger-Straße 24-28	Kleinmünchen	3553	9,16 %
FE 102	Karl-Steiger-Straße 54-58	Kleinmünchen	3552	9,12 %
FE 01.645/51.645	Zeppelinstraße 14,16	Kleinmünchen	3551	9,09 %
FE 116	Spinnereistraße 3	Kleinmünchen	3552	9,12 %
FE 124	Leonfeldnerstraße 233,235	Katzbach	3559	9,34 %
FE 618	Franckstraße 26	Lustenau	3553	9,16 %
FE 142	Kreiskystraße 6,8 Victor-Adler-Weg 7	Kleinmünchen	3553	9,16 %
FE 152	Dauphinestraße 31	Kleinmünchen	3554	9,19 %
FE 153	Fabrikstraße 14, 14a,14b	Linz	3554	9,19 %

Jahr	IST-HGT [Kd]
2000	2782
2001	3327
2002	3129
2003	3354
2004	3239
2005	3307
2006	3258
2007	2868
2008	3163
2009	3054
2010	3476
2011	2987
2012	3197
2013	3255

Die für die Berechnung herangezogenen Heizgradtage liegen durchschnittlich 9-10% über den tatsächlichen Heizgradtagen des Jahres 2013. Oder umgekehrt formuliert: die Witterung im Jahr 2013 war milder als in der Berechnung angenommen. Der tatsächliche Energieverbrauch müsste somit durchwegs niedriger sein als die Energiekennzahl.

In der linken Tabelle sind die Heizgradtage seit dem Jahr 2000 abgebildet. Die durchschnittlichen Heizgradtage betragen in diesem Zeitraum 3171 Kd. Anhand dieser Werte ist erkennbar, dass der Winter im Jahr 2013 weder besonders kalt noch besonders mild war.

Mit den zuvor genannten Erkenntnissen kann schlussfolgend gesagt werden, dass die Witterungsverhältnisse kein Grund für einen höheren Energieverbrauch als im Energieausweis angegeben sind.

4.3 Nutzerverhalten

Die Berechnung der Energiekennzahl beruht auf einem Standardrechenverfahren und enthält keine Informationen über das tatsächliche Nutzerverhalten der Bewohner. Es ist anzunehmen dass die theoretischen Werte (Rauminnentemperatur 20°C, Luftwechselrate 0,4 1/h) von der Praxis abweichen.

Durch die Änderung der Raumtemperatur wird der tatsächliche Energieverbrauch erheblich beeinflusst. Eine Erhöhung der Raumtemperatur um ein Grad Celsius bewirkt einen Mehrverbrauch an Heizenergie um rund 6%. [http://www.landkreis-wunsiedel.de/file/793_Heizenergie_sparen.pdf, Minna Sunikka-Blank und Ray Galvin, Universität Cambridge].

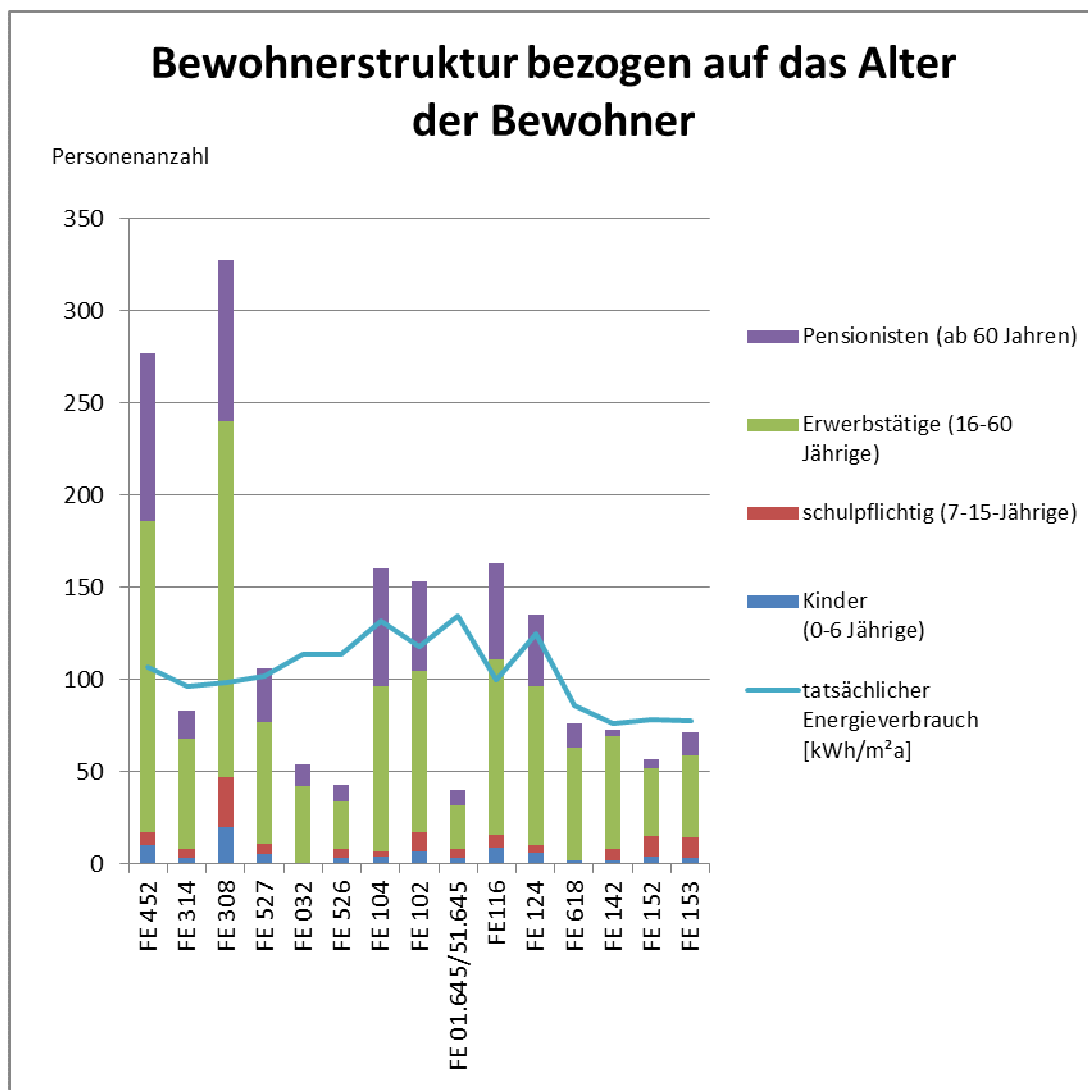
Weiters können in der Praxis zB. durch dauerhaftes Kipplüften zum Teil wesentlich höhere Luftwechselraten auftreten und Raumboflächen stark abkühlen. Das hat ebenfalls einen erhöhten Wärmebedarf zur Folge.

In der wissenschaftlichen Literatur geht man übereinstimmend davon aus, dass das Verhalten der Bewohner ein determinierender Faktor für den tatsächlichen Energieverbrauch ist [Minna Sunikka-Blank und Ray Galvin, Universität Cambridge]. Mehrere Untersuchungen legen die Vermutung nahe, dass sich Bewohner umso sparsamer beim Heizen verhalten, je schlechter die thermische Qualität des Gebäudes ist. Der tatsächliche Energieverbrauch ist geringer als die theoretische Energiekennzahl. **Energieausweis (= Preboundeffekt)**. Ein Beispiel dafür ist, dass die Bewohner durch ihre begrenzten finanziellen Mittel z.B. weniger heizen, um dadurch Energiekosten zu sparen. [Studie GBV; Minna Sunikka-Blank und Ray Galvin, Universität Cambridge; IBOmagazin, 2/13, Zu arm, um nachhaltig zu wohnen?]

Umgekehrt ergibt sich der **Reboundeffekt** bekanntermaßen in sanierten Gebäuden bzw. in Neubauten und erklärt sich durch ein weniger energiesparendes Verhalten der Bewohner. Ein Beispiel dafür ist, dass ein Teil der Energieeinsparung einer Sanierung durch zusätzlichen Energieverbrauch z.B. durch erhöhte Raumtemperatur und Komfortansprüche wettgemacht wird. [Studie GBV; Minna Sunikka-Blank und Ray Galvin, Universität Cambridge]

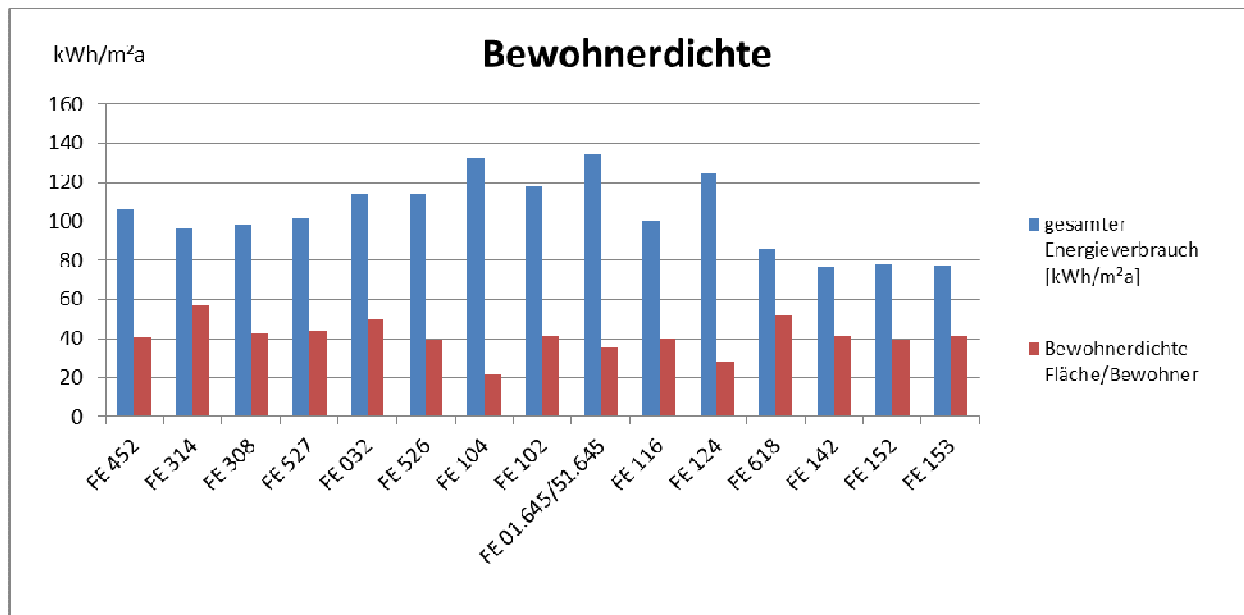
4.4 Bewohnerstruktur

In der folgenden Grafik ist die Bewohnerstruktur der einzelnen Gebäude dargestellt. Sie gibt Auskunft darüber, wie viele Personen pro Altersgruppe in einem Gebäude wohnen. Weiteres enthält die Grafik noch die Information über die Anzahl der Bewohner pro Gebäude im Vergleich zum tatsächlichen Energieverbrauch.



Anhand der ausgewählten Gebäude kann jedoch kein Zusammenhang zwischen der Bewohnerstruktur und dem tatsächlichen Energieverbrauch abgeleitet werden. Aufgrund der geringen Anzahl an Nebenwohnsitze in dem einzelnen Gebäude lässt sich auch aus der Bewohnerstruktur bezogen auf Haupt- und Nebenwohnsitz kein Zusammenhang zum Energieverbrauch feststellen.

In der nachkommenden Grafik ist die Bewohnerdichte der einzelnen Gebäude dargestellt. Sie gibt Auskunft darüber wie viel m² ein Bewohner theoretisch zur Verfügung hat. Für die Berechnung wurden die Bruttogeschoßfläche sowie die Anzahl der Bewohner lt. Angaben der GWG verwendet. Auch anhand dieser Grafik lässt sich kein Zusammenhang mit dem tatsächlichen Energieverbrauch darstellen.



4.5 Heizsystem

Wie im Kapitel 2.4 bereits erläutert wurde, ist der Heizenergieverbrauch die tatsächliche Endenergie, die für die Heizung und Warmwasserversorgung benötigt wird. Im Gegensatz dazu bezieht sich der Heizwärmebedarf auf die theoretische Nutzenergie nur fürs Heizen und ohne Warmwasser (= Energiekennzahl). Der Unterschied zwischen Nutzenergie und Endenergie besteht darin, dass in der Endenergie noch die Verluste vom Heizkessel und die Verluste der Wärmeverteilung und Wärmeabgabe enthalten sind.

So etwa haben beispielsweise zwei Gebäude, die die gleiche thermische Qualität der Gebäudehülle, aber unterschiedliche Heizsysteme aufweisen (zB. alter und neuer Heizkessel, gedämmte und ungedämmte Heizungsleitungen) zwar die gleiche Energiekennzahl, aber unterschiedliche Heizenergieverbräuche.

5 Genauere Betrachtung von FE 102, FE 104 & FE 116

Bei den drei Gebäuden FE 102, FE 104 und FE 116 wurde der Energieverbrauch der letzten vier Jahre näher betrachtet. In der folgenden Tabelle sind neben der Bezeichnung und dem Baujahr der Gebäude die Energiekennzahl und der Mittelwert des Energieverbrauchs der letzten vier Jahre ersichtlich.

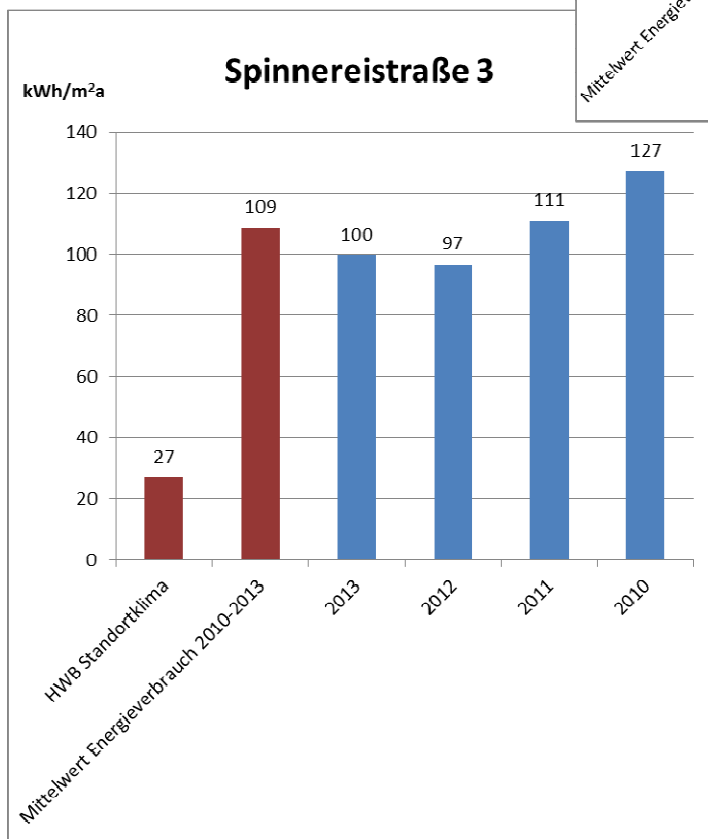
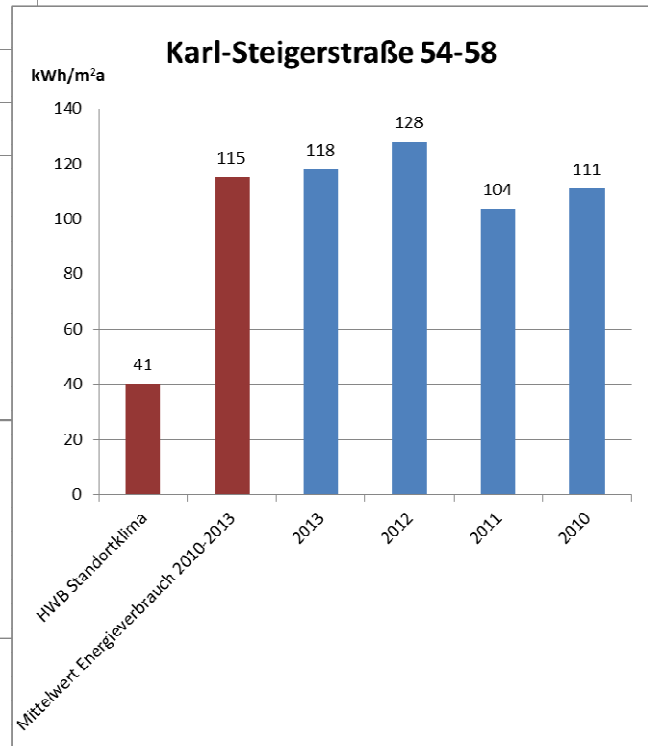
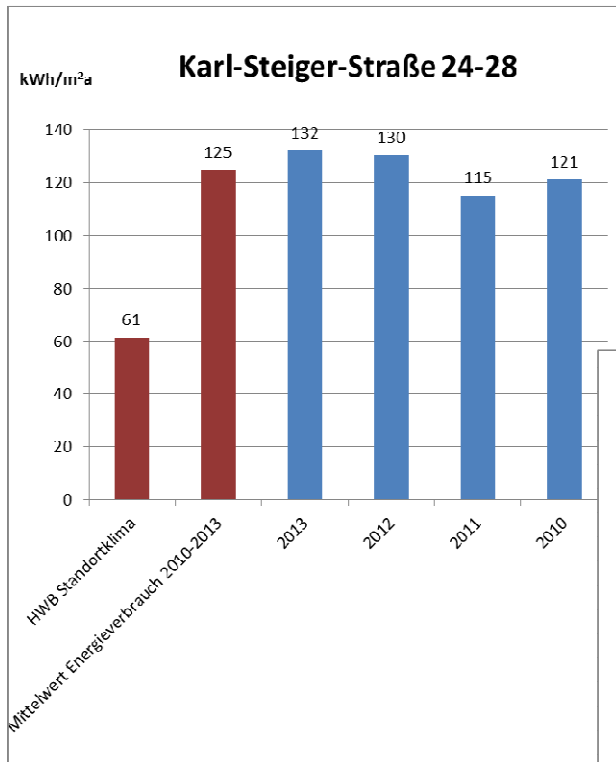
Gebäude	FE	Baujahr	Mittelwert Energieverbrauch 2010-2013 [kWh/m ² a]	Energiekennzahl (HWB) Standortklima [kWh/m ² a]
Karl-Steiger-Straße 24-28	FE 104	1967	124,62	61
Karl-Steiger-Straße 54-58	FE 102	1967	115,23	41
Spinnereistraße 3	FE 116	1973	108,68	27

Die folgenden Grafiken zeigen zusätzlich zum Mittelwert der Energieverbräuche 2010-2013 und der Energiekennzahl lt. Energieausweis noch die einzelnen Energieverbräuche der letzten vier Jahre für jedes der ausgewählten Gebäude.

Zu beobachten ist, dass in der Karl-Steiger-Straße 24-28 und 54-58 die Energieverbräuche nach einer Reduktion von 2010 auf 2011 im Jahr 2012 wieder gestiegen sind. Im Jahr 2013 gab es in der Karl-Steiger-Straße 24-28 einen leichten Anstieg und in der Karl-Steiger-Straße 54-58 eine Reduktion des Energieverbrauchs. Diese Verläufe korrelieren nicht eindeutig mit den Heizgradtagen. Eine Ursache dafür könnte das Nutzerverhalten der Bewohner sein.

Das Gebäude in der Spinnereistraße fällt insofern positiv auf, dass der Energieverbrauch von 2010 bis 2012 rückläufig war und im Jahr 2013 nur einen leichten Anstieg verzeichnete. Im Jahr 2011 wurde die thermische Sanierung dieses Gebäudes abgeschlossen.

Allerdings ist auch zu erkennen, dass die Energieverbräuche der Gebäude im Jahr 2013 nicht stark vom Mittelwert des Energieverbrauchs der letzten vier Jahre abweichen. Somit kann ein einmalig höherer Energieverbrauch kein Grund für die starke Differenz zwischen Energiekennzahl und tatsächlichem Energieverbrauch sein.



6 Schlussfolgerung

Die Energiekennzahl eines Gebäudes kann rein auf Grund der Berechnungsmethode nicht mit dem tatsächlichen Energieverbrauch übereinstimmen:

- Die standardisierten Annahmen der Berechnungsmethode (Innentemperatur, Lüftungsverhalten) sind theoretische Werte und sind in der Praxis in der Regel anders ausgeprägt.
- Weiters beschreibt die Energiekennzahl lediglich die erforderliche Nutzenergie zur Bereitstellung von Raumwärme. Sie enthält weder den Bedarf für die Warmwasserbereitung noch jenen Energiebedarf, der aufgewendet werden muss um Verluste des Heizsystems auszugleichen.
- Vor allem bei ineffizienten Heizsystemen bzw. hohe Verlusten der Wärmeverteilung kann dies zu einer großen Differenz zwischen berechneter Energiekennzahl und tatsächlichem Verbrauch beitragen.

Was die Höhe des tatsächlichen Energieverbrauchs betrifft, so scheint vor allem das Nutzerverhalten ein wichtiger Faktor zu sein. Diese Behauptung ist ua. darin begründet, dass bei den untersuchten 15 Objekten der tatsächliche Energieverbrauch von jüngeren Objekten nur unwesentlich geringer als jener von älteren Objekten ist.

In diesem Zusammenhang ist besonders der Prebound- und Reboundeffekt zu erwähnen. Diese Effekte sagen aus, dass Personen in älteren Gebäuden sparsamer mit der Ressource Energie umgehen als Personen welche in neueren bzw. in neu sanierten Gebäuden wohnen.

Anhand dieser Erkenntnisse kann der Energieverbrauch neben einer thermischen Sanierung auch durch eine Bewusstseinsbildung der Bewohner gesenkt werden.