

Energiespiegel

Methodik und Diskussion

7. August 2015

Inhaltsverzeichnis

1	Bevölkerungszahl	2
2	Gebäudewärmebedarf	2
2.1	Methodik	2
2.2	Diskussion	4
2.2.1	Energiebezugsfläche (EBF)	4
2.2.2	Warmwasser	5
3	Berechnung der CO ₂ -Emission	7

Vorbemerkung:

Dieses Papier dokumentiert die Herkunft der im Energiespiegel dargestellten Daten, beschreibt die Berechnungsmethoden und enthält einen Kommentar zu den Daten. Die Dokumentation ist noch nicht vollständig. Sie wird laufend ergänzt und überarbeitet.

1 Bevölkerungszahl

Die Bevölkerungszahl ist jeweils die ständige Wohnbevölkerung per Ende 2013 nach LUSTAT, Luzern Statistik auf der Basis des Personenregisters.

2 Gebäudewärmebedarf

Bezeichnet die Wärmeenergie, die für die Wohngebäude im Kanton Luzern für die Beheizung und zum Bereitstellen von Warmwasser notwendig ist. Sie beinhaltet nicht den Haushaltsstromverbrauch.

2.1 Methodik

Der Wärmebedarf wird für jedes im GWR verzeichnete Gebäude auf Grund der im GWR verzeichneten Merkmale abgeschätzt und für ein Gemeindegebiet subsumiert.

Der Wärmebedarf der Wohngebäude wird nach folgender Methode abgeschätzt:

Der Wärmebedarf setzt sich aus der Heizenergie des Gebäudes und dem Warmwasserverbrauch zusammen.

$$\text{Gebäudewärmebedarf [kWh/a]} = \text{Heizenergiebedarf [kWh/a]} + \text{Energiebedarf für Warmwasser [kWh/a]}$$

Der Heizenergiebedarf berechnet sich aus der Energiebezugsfläche (EBF) multipliziert mit der Energiekennzahl (E_h).

$$\text{Heizenergiebedarf [kWh/a]} = \text{EBF [m}^2\text{]} * E_h (\text{Kategorie, Baualter}) [\text{kWh/m}^2\text{]} * W_s (\text{Sanierungsjahr})$$

Die EBF muss aus den Wohnungsflächen geschätzt werden. Im GWR wird zu jeder Wohnung die Wohnungsfläche angegeben (Merkmal: WOH_WAREA). Für ein Gebäude werden alle Wohnungsflächen aufsummiert. Mit den empirisch bestimmten Faktoren (Kulawik & Bucher, 2014) von 1.38 für EFH und 1.30 für MFH werden aus den Wohnungsflächen die EBF abgeschätzt. Fehlen im GWR Angaben zu Wohnungsflächen oder sind sie unplausibel, werden sie durch mittlere Schätzwerte anhand der Zimmerzahlen ersetzt.

Kategorie	Kat	EBF_Faktor	
Einfamilienhaus (EFH)	1021	1.38	Aus Vergleich mit GEAK
Mehrfamilienhaus (MFH)	1025	1.30	Aus Vergleich mit GEAK
Wohnhaus m. Nebennutzung	1030	1.50	Willkürlicher Schätzwert
Mit teilw. Wohnnutzung	1040	2.00	Willkürlicher Schätzwert

Die Energiekennzahl (E_h) wurde von Martinelli + Menti AG, 2015 für Gebäude mit Baujahr vor 1990 aus beobachteten Gebäudedaten abgeschätzt. Da sie auf realen Verbrauchszahlen beruhen, beinhalten sie auch den Wirkungsgrad des Heizsystems (meist Öl oder Gas, 89%).

Datenbasis für die Bestimmung der Energiekennzahlen

Ölheizungen:	165 Objekte	68 %
Gasheizung:	52 Objekte	21 %
Holzheizung:	5 Objekte	2 %
Elektroheizung / Wärmepumpe:	18 Objekte	7 %
Fernwärme:	5 Objekte	2 %

Datenbasis für die Energiekennzahl: Anzahl Gebäude

	EFH	MFH
vor 1919	4	10
1919 – 1945	14	23
1946 – 1960	12	29
1961 – 1970	20	36
1971 – 1980	42	37
1981 – 1985	12	16
1986 - 1990	8	5
Summe	112	156

Energiekennzahlen von Gebäuden mit Baujahr nach 1990 werden anhand der damals geltenden Energievorschriften hergeleitet.

Energiekennzahlen E_h in kWh/m² EBF

Geb.Kategorie Baujahr	Einfamilienhaus (EFH)	Mehrfamilienhaus (MFH)	Wohnhaus Nebennutzung	m. Mit teilweiser Wohnnutzung	Sanierungseffekt Sanierungsjahr E_s
	1021	1025	1030	1040	
Vor 1919	150	140	140	150	1.00
1919-1945	175	155	155	175	1.00
1946-1960	150	140	140	150	1.00
1961-1970	150	135	135	150	1.00
1971-1980	140	130	130	140	1.00
1981-1985	125	115	115	125	1.00
1986-1990	120	100	100	120	1.00
1991-1995	115	95	95	115	0.95
1996-2000	110	80	80	110	0.90
2001-2005	105	80	80	105	0.80
2006-2010	90	65	65	90	0.80
2011-2015	55	35	35	55	0.70

Die Energiekennzahl für die Gebäude „Wohnhaus mit Nebennutzung“ wurde den Mehrfamilienhäusern gleichgesetzt. Die Energiekennzahl für Gebäude des Typs „mit teilweiser Wohnnutzung“ wurde den Einfamilienhäusern gleichgesetzt.

2.2 Diskussion

Die benötigte Gebäudeheizwärme, wie sie hier abgeschätzt wird, ist als eine Eigenschaft des Gebäudes zu verstehen und nicht als Verbrauch, der u.a. vom Nutzerverhalten oder von den Heizgradtagen abhängt. Dagegen ist die Schätzung des Warmwasserverbrauchs eine Funktion der Anzahl aktuell im Gebäude als wohnhaft erfasster Personen.

2.2.1 Energiebezugsfläche (EBF)

Bei älteren Gebäuden, die noch nie einem Baugesuchsverfahren unterworfen waren, stammt die Angabe der Wohnfläche durch Deklaration der Gebäudeeigentümer anlässlich der Volkszählung 2000. Neuere Einträge stammen von den kommunalen Bauverwaltungen. Diese Einträge enthalten oft die Bruttogeschossfläche und nicht die Wohnfläche, was zu kleineren systematischen Abweichungen dieses Parameters führen kann.

Die Schätzungen der EBF von Gebäuden der Kategorie „Wohnhaus m. Nebennutzung“ und Gebäuden der Kategorie „mit teilweiser Wohnnutzung“ ist mit grösserer Unsicherheit behaftet, da unter diesen Kategorien Gebäude sehr unterschiedlicher Ausprägung subsumiert werden. Im Einzelfall kann die Schätzung ein Mehrfaches von der tatsächlichen EBF betragen. Dieses Manko kann heute noch nicht behoben werden.

Kantonsweit werden 15% aller Gebäude der Kategorie „Wohnhaus m. Nebennutzung“ und 5% der Kategorie „mit teilweiser Wohnnutzung“ zugeordnet, d.h. bei rund 20% der Gebäude muss eine EBF mit grösserem Fehler in Kauf genommen werden. Dieser Anteil kann in einzelnen Gemeinden deutlich höher sein. In der Gemeinde Romoos werden 48% der Gebäude als *Wohnhaus mit Nebennutzung* erfasst (Bauernhäuser). Die Fläche der Nebennutzung ist hier jedoch oft unbeheizt und gehört damit nicht zur EBF. In der Stadt Luzern werden 8% der Gebäude als „mit teilweiser Wohnnutzung“ erfasst. Dies kann z.B. ein sechsstöckiges Geschäftshaus sein, mit Verkauf im Parterre, Büros in den oberen Stockwerken und im sechsten Stock eine Wohnung mit 100 m² Wohnfläche. In diesem Fall ist die Schätzung der EBF auf das Doppelte der Wohnfläche deutlich zu gering. Andererseits könnte die Abgrenzung von Heizenergie für Wohngebäude und Prozesswärme hier nicht mehr klar gezogen werden; insbesondere, wenn ein gewerblicher Betrieb (z.B. Bäckerei) im Gebäude viel Abwärme erzeugt.

Bei EFH und MFH ist zwar im Einzelfall auch von grösseren Abweichungen auszugehen, im Mittel dürfte sich diese jedoch ausgleichen, da sie zufällig zu gross oder klein sein dürften.

2.2.1.1 Ausblick EBF

Die Grösse der beheizten Fläche ist eine der zentralen Inputinformationen. Der Wärmeenergiebedarf des Kantons ist sehr direkt von der zu beheizenden Fläche abhängig. Durch die neuen Hilfsmittel bei der Bauverwaltung (eBAGE+, Projekt Objektwesen) wird diese Information in Zukunft genauer werden. Nach und nach werden auch bei bestehenden Gebäuden die bei der Volkszählung erhobenen Daten durch präzisere Werte ersetzt werden. Da bei Neubauten im zwingend erforderlichen Wärmeschutznachweis die EBF angegeben werden muss, könnte sogar diese direkt und präzise erfasst werden. Die dafür notwendige Informatik in der Verwaltung des Objektwesens ist jedoch noch nicht entwickelt.

An Stelle der EBF als Schätzung aus der Wohnfläche könnte in Zukunft die Gebäudegrundfläche multipliziert mit der Stockwerkszahl verwendet werden. Auch hier bestehen jedoch für einen nicht unerheblichen Prozentsatz methodische Probleme. Das Projekt GABMO wird dazu führen, dass Vermessungsdaten dem GWR besser zugeordnet werden können, die Gebäudedefinition von Vermessung und GWR ist jedoch noch nicht restlos deckungsgleich. Die Fläche einer Gebäudestruktur mit verschiedenen Stockwerksanzahlen wird nicht notwendigerweise aufgebrochen. So können ein flächenmässig grosser einstöckiger Vorbau und ein vielstöckiger kleinerer Teilbau vermessungstechnisch als ein einziger Bau erfasst werden und bei dieser Methode zu falschen Resultaten führen.

Eine vielversprechende Methode könnte in Zukunft Fernvermessung mittels LIDAR darstellen. Hier wird die Gebäudehöhe über Terrain direkt vermessen. Daraus liesse sich ebenfalls eine EBF mit empirischen Stützdaten abschätzen. In Zukunft werden alle diese Methoden verfolgt und auf ihre Eignung geprüft.

2.2.2 Warmwasser

Der Energiebedarf für die Erzeugung von Warmwasser wird anhand folgender Gleichung geschätzt (Nipkow, S.A.F.E. „Der typische Haushalt-Stromverbrauch sinkt“, 2013):

Für jede Wohnung wird die Abschätzung der Energiebedarfs für die Erwärmung von Warmwasser gemacht und für alle Wohnungen eines Gebäudes aufsummiert:

Im EFH 1'400 kWh/a für die erste Person und jede weitere zusätzliche 800 kWh/a. Bei null Personen 500 kWh/a.

Im MFH 1'200 kWh/a. für die erste Person der Wohnung, dann für jede weitere zusätzliche 800 kWh/a. Bei null Personen 500 kWh/a.

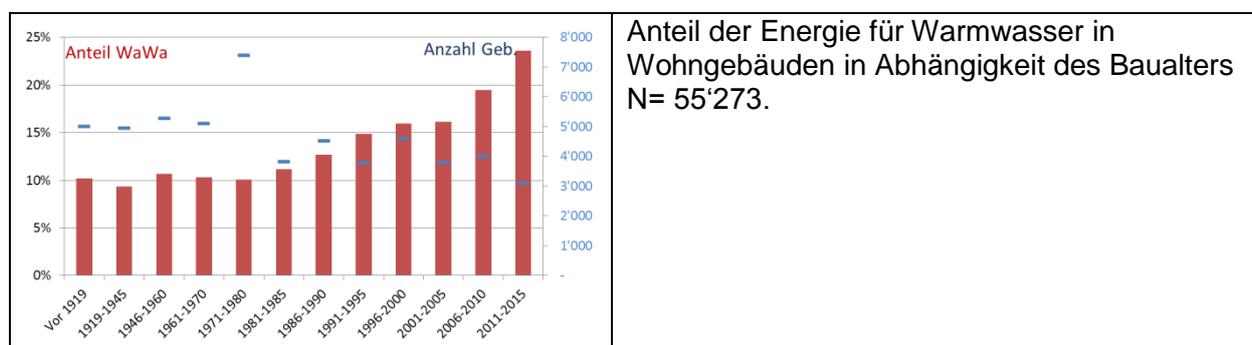
Die Annahme von 500 kWh/a für unbewohnte Wohnungen (Wohnungen in der keine Person im Einwohnerregister als Wohnhaft gemeldet ist) begründet sich darin, dass sie in der Regel trotzdem teilweise genutzt werden (Ferienwohnungen), für Teile des Kalenderjahres doch noch bezogen werden oder auch leerstehend für den Zustandserhalt ab und zu gereinigt und unterhalten und daher Heiz- und Warmwassersystem nicht vollständig ausgeschaltet werden und so auch Verluste erzeugen.

In der zu Grunde gelegten Studie werden die elektrischen Verbrauchswerte von Elektroboilern betrachtet. Der etwas höhere Grundwert bei Einfamilienhäusern begründet sich mit den etwas grösseren Verlusten und grösserem Warmwasserverbrauch. Die Werte wurden auch mit der Planungsempfehlung der SIA 385/2 (2015) verifiziert.

Bemerkenswert ist, dass bei Warmwassersystemen die Wärmeverluste einen sehr hohen Anteil des für Warmwasser notwendigen Energiebedarfs ausmachen. Sie können je nach Konstellation grösser sein, als der Wärmeinhalt des tatsächlich genutzten Warmwassers.

2.2.2.1 Diskussion und Ausblick Warmwasser

Die Schätzung des Energiebedarfs für die Erzeugung von Warmwasser ist von Bedeutung, weil bei neueren Gebäuden der Anteil am Wärmeenergiebedarf immer wichtiger wird. Bei Gebäuden mit Baujahr vor 1985 beträgt er ca. 10%, während er bei neuen, gut gedämmten Gebäuden auf gegen 25% ansteigt.



Zu beachten ist, dass die so geschätzte Energiemenge für Warmwasser nicht vom Gebäudealter, Zustand oder Nutzerverhalten abhängt. Auch die Art der Warmwasserversorgung oder der Energieträger werden nicht berücksichtigt. Der Energieträger der Warmwassererzeugung wird zwar im GWR als Merkmal verzeichnet, ist aber erfahrungsgemäss zu unsicher, als dass eine Auswertung dieser Angabe sinnvoll wäre. In der vorliegenden Version des Energiespiegels wird der Energiebedarf für die Erzeugung von Warmwasser dem Energieträger der Heizung zugeschlagen. Dies ist bei vielen Gebäuden korrekt, die eine Öl-

(62%) oder Gasheizung (76%) bzw. eine Wärmepumpe (67%) sowohl zum Heizen wie auch für die Warmwasseraufbereitung nutzen. Die Unterstützung der Warmwasseraufbereitung durch solare Warmwassergewinnung wird statistisch noch nicht erfasst. Sie wird noch auf unter 1% der gesamten benötigten Warmwasserenergie geschätzt.

		Heizöl	Gas	Elektrizität	Holz	Wärmepumpe	Sonnenkollektor	Fernwärme	Andere Energie	
		Warmwasser Energieträger								
Heizöl	Heizung Energieträger	62%	0%	35%	1%	1%	1%	0%	0%	47%
Gas		1%	76%	20%	0%	0%	1%	0%	0%	8%
Elektrizität		1%	0%	97%	2%	0%	0%	0%	0%	8%
Holz		1%	0%	34%	62%	1%	1%	0%	0%	16%
Wärmepumpe		0%	0%	31%	0%	67%	1%	0%	0%	15%
Sonnenkollektor		6%	2%	5%	13%	2%	70%	0%	2%	0%
Fernwärme		1%	1%	24%	2%	1%	0%	71%	0%	2%
Andere Energie		1%	0%	12%	1%	1%	2%	0%	82%	1%
		30%	7%	37%	11%	11%	1%	1%	1%	

Vergleich der Energieträger für die Heizung und fürs Warmwasser. Anzahl Gebäude, n=69'800. Bei 35% der Gebäude mit Heizöl für die Heizung wird Warmwasser durch Elektroboiler hergestellt. Die Aktualität und Korrektheit der Angaben, insbesondere auch bei Warmwasser kann nicht abgeschätzt werden.

In zukünftigen Versionen könnte der im GWR eingetragene Energieträger „Warmwasser“ zur Berechnung verwendet werden.

3 Berechnung der CO₂-Emission

Um die CO₂-Emission zu berechnen, wird die Energie in MWh mit dem Emissionsfaktor (Mg/MWh) des entsprechenden Energieträgers multipliziert.

Emissionsfaktoren

ET	Code GWR	Mg/MWh	Mg/MWh *)
keine Energieträger	7200	0.000	0.000
Heizöl	7201	0.265	0.265
Kohle	7202	0.338	0.338
Gas	7203	0.198	0.198
Elektrizität	7204	0.000	0.122
Holz	7205	0.010	0.010
Wärmepumpe	7206	0.000	0.037
Sonnenkollektor	7207	0.000	0.000
Fernwärme	7208	0.133	0.133
Andere Energie	7209	0.000	0.000

*) Falls Strom auch mit CO₂-Emissionen belastet würde.

Bei der Fernwärme wird angenommen, dass die eine Hälfte der Anlagen mit Holz, die andere Hälfte mit Öl betrieben wird. In Gemeinden mit grossen Holz-Wärmeverbunden wird dadurch die CO₂-Emission insgesamt deutlich überschätzt. Ziel ist es, die Wärmeverbunde jeder Gemeinde zu erfassen und den tatsächlichen Energieträger zu berücksichtigen. Für die CO₂-Emissionen im Energiespiegel wurde für Elektrizität keine Emission angenommen. Für gewisse Fragestellungen könnte aber die Emission des Schweizer Lieferantenmixes notwendig sein (Treibhausgas-Emissionen der Schweizer Strommixe, 2012, ESU-Services).