



Gebäude- Heizenergiebedarf

*Methodik zur Schätzung
des Heizenergiebedarfs der Wohngebäude
mittels kantonalem Gebäude- und Wohnungsregister*

Zusammenfassung

Die CO₂-Verordnung¹ verlangt von den Kantonen, dass sie die *Entwicklung der CO₂-Emissionen der Gebäude auf dem Kantonsgebiet* erheben und ans BAFU melden. Die Erhebung soll die Wirksamkeit der Massnahmen im Gebäudebereich abbilden. Die Kantone haben aber auch ein eigenes, grosses Interesse, den Energiebedarf und, daraus ableitbar, den CO₂-Ausstoss des kantonalen Gebäudebestandes zu kennen und dessen Entwicklung zu verfolgen. Auch viele Gemeinden, insbesondere solche die sich als Energiestadt engagieren, fragen Daten zum Gebäudebestand und dessen Energieverbrauch nach.

Der Gebäudepark benötigt ungefähr einen Drittel des Energiebedarfs der Schweiz als Heizenergie. Hier liegt noch ein erhebliches Sparpotential. Die Kantone sind für die Verbesserung der thermischen Eigenschaften der Gebäude und den Ersatz von fossilen Energieträgern zuständig. Sie werden dabei vom Bund aus zweckgebundenen Erträgen der CO₂-Abgabe finanziell unterstützt. Wenn massive Investitionen in Massnahmen getätigt werden, ist es naheliegend, dass deren Wirkung nachgewiesen werden sollten. Daten über den Energiebedarf des Gebäudebestands sind jedoch nicht ohne weiteres verfügbar. Der vorliegende Bericht stellt die Ergebnisse einer detaillierten Untersuchung der aktuell im Kanton Luzern zu diesem Thema verfügbaren Daten zusammen. Zentrale Datenquelle ist das Gebäude- und Wohnungsregister (GWR), welches genauer auf Eignung und Datenqualität untersucht wurde. Hier gibt es anzumerken, dass viele Auswertungen durch das GWR überhaupt erst möglich wurden, dieses jedoch nicht primär für die detaillierte Auswertung im Energiebereich konzipiert wurde.

Den Energiebedarf und den CO₂-Footprint des kantonalen Gebäudebestandes mittels GWR und Stichproben-Stützdaten zu erheben, ist sicher die vielversprechendste Methode. Sie lässt differenzierte Aussagen über die Verwendung der Energie in diesem Bereich zu und erlaubt es auch zu kleineren Gebieten wie Gemeinden und Energie-Regionen Aussagen zu machen. Die Einführung des GWR bedeute eine massive Verbesserung der statistischen Möglichkeiten. Damit entstanden umgekehrt auch deutliche erhöhte Ansprüche an das Register von neuen Nutzergruppen. Aus diesen Ansprüchen erwächst die Forderung die Qualität der Daten auf allen Ebenen zu verbessern. Bislang müssen alle gemeinhin publizierten Daten als grobe Schätzungen betrachtet werden. In den Top-Down-Ansätzen steckt, bei genauerer Betrachtung, oft nicht mehr als die Summe des Schweizerischen Energieverbrauchs und der Anteil der Kantonalen Bevölkerung an der Schweizerischen. Dass hier ein Benchmarking zwischen Kantonen keinen Sinn macht, liegt auf der Hand. Will man aussagekräftige Zeitreihen generieren, welche die tatsächlichen Veränderungen abbilden können, müssen die dazugehörigen Basisdaten mit guter Qualität erhoben werden. Die Gebäude-Stichprobe muss genügend gross, repräsentativ und aktuell sein und die Daten im GWR müssen ebenfalls flächendeckend aktuell und korrekt sein. Beide Forderungen zu erfüllen ist mit nicht unerheblichen Kosten verbunden, ergeben aber einen nicht zu unterschätzenden Gegenwert als solide Entscheidungsgrundlage.

Der Aufwand, den Energiebedarf und damit verbunden die CO₂-Emissionen anzugeben wird oft deutlich unterschätzt bzw. die Belastbarkeit und Aussagekraft der kursierenden Daten werden überschätzt. Es wird angenommen, es gäbe Tools, die diese Angaben zuverlässig generieren könnten. Dabei wird ausser Acht gelassen, dass jedes noch so ausgefeilte Tool keine neue Informationen *de nihilo* generieren kann. Die Qualität von aggregierten Daten entsteht nur aus qualitativ guten Detail-Inputdaten. Viele Kantone erstellen Klimagas- und Energieberechnungen mit dem Tool ECO_Region-Rechner der Firma Ecospeed. Dies ist eine gute Datenbank, welche bei fehlenden Daten verifizierte TopDown-Schätzdaten einsetzt und auch Szenarien visualisieren kann. Ohne genaue Basis-Daten kann aber auch dieses Tool keine beanspruchbaren Zeitreihen oder aussagekräftige Benchmarks erstellen. Wenn der Anspruch besteht, belastbare zeitliche Entwicklungen der thermischen Qualität des Gebäudebestandes bzw. des Heizenergie-Bedarfs angeben zu können, dann ist dies nur dann möglich, wenn die Inputdaten für die meisten Gebäuden aktuell und korrekt vorhanden sind.

¹ 641.711 Verordnung über die Reduktion der CO₂-Emissionen (**CO₂-Verordnung**) vom 30. November 2012 (Stand am 12. Februar 2013)

Art. 16

1 Die Kantone erstatten dem BAFU regelmässig Bericht über ihre technischen Massnahmen zur Verminderung der CO₂-Emissionen von Gebäuden.

2 Der Bericht muss Angaben enthalten über:

- a. die getroffenen und die geplanten CO₂-wirksamen Massnahmen und deren Wirkung; und
- b. die Entwicklung der CO₂-Emissionen der Gebäude auf dem Kantonsgebiet.

3 Die Kantone stellen dem BAFU auf Verlangen die notwendigen Unterlagen zum Bericht zur Verfügung.

Die Pflege von guten Basisdaten braucht eine breite Koordination verschiedener Akteure. Insbesondere der gezielte Einbezug und die Koordination von Lieferanten leitungsgebundener Energie, Gemeindebauämtern, externen Beratungsbüros, verschiedenen Kantonalen Dienststellen und der Bundesverwaltung. Dies sind zeitraubende und schwierige Aufgaben, die ohne Gesetzesgrundlage und politische Unterstützung nicht zu leisten sind. Immerhin ist zu bemerken, dass viele Daten hoher Qualität bei Verwaltungsaufgaben ohnehin anfallen. Es gilt eine funktionierende, koordinierte Erhebung sicher zu stellen. Ist das System einmal etabliert, kann mit unwesentlichem Mehraufwand ein respektable Mehrwert in Form von zuverlässigen Daten erzielt werden. Eine Schlüsselrolle bei der Datenerhebung haben die Gemeindebauämter inne. Sie halten jeweils die aktuellsten Daten bei jedem Baugesuchsvorgang, aber auch bei der Feuerungskontrolle, in den Händen. Es sind dies aktuelle Informationen über jene Gebäude, bei denen sich Energieverbrauch und Energieträger neu einstellen oder ändern. Auf längere Sicht eignen sie sich also vorzüglich, um Zeitreihen zu generieren. Die Gemeinden sind häufig die interessiertesten Nachfrager von Energiekennzahlen; insbesondere Gemeinden, welche sich als Energiestädte in Energiefragen besonders engagieren. Die gesetzliche Legimitation, diese Daten überhaupt sammeln und auswerten zu dürfen, muss jedoch erst geschaffen werden.

Sollen die vom Bund in der CO₂-Verordnung verlangten Daten in nutzbringender Qualität erhoben werden, muss, wie beschrieben, die Qualität der Daten im GWR deutlich verbessert werden. Andererseits müsste für das Stichprobenmodell eine genügend grosse und repräsentative Stichprobe an Gebäuden ausgesucht und deren Energieverbrauch erhoben und beobachtet werden. In Anbetracht der Heterogenität des gesamten Gebäudebestandes, was Gebäudealter, Bauqualität, Energieträger sowie Gebäudetypologien betrifft, müsste über geschätzte 3-6% aller Gebäude, also 2-4'000 Gebäude, vertieft Daten erhoben und beobachtet werden. Der vorliegende Bericht lieferte zu den Kriterien der Auswahl gute Hinweise. In längerer Zukunftsperspektive ist vorstellbar, dass eine Reihe von Daten mit Energiebezug in einer kantonalen Gebäudedatenbank geführt wird. Hier könnten Informationen zu Wärmeschutznachweis, GEAK-Daten, Energiezertifikate, PV-Flächen, Erdwärme, Feuerungskontrollen, Sanierungen, usw. abgelegt und ausgewertet werden. Diese Informationen gehen weit über das, was im GWR sinnvollerweise verwaltet wird, hinaus. Die wichtigste Aufgabe des GWRs in diesem Kontext ist es die Gebäude eindeutig identifizierbar zu machen. Daraus leitet sich auch die Forderung ab, dass bei allen Verwaltungsvorgängen zu Gebäuden immer mit dem Identifikator EGID des GWR gearbeitet wird.

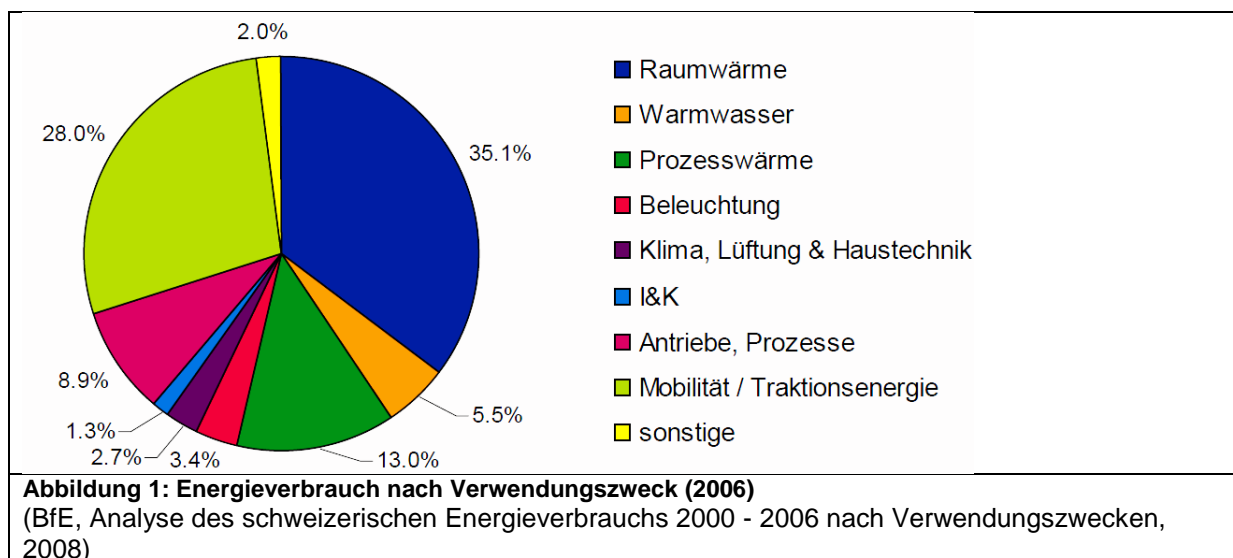
Inhalt

1	Einleitung	6
2	Energiedaten im Kanton Luzern	6
2.1	Datenbeschaffung und Datenquellen in Luzern	6
2.1.1	Wege der Datenbeschaffung	7
2.1.2	Vorhandene Datenquellen im Kanton Luzern	7
2.1.3	Beschreibung der Luzerner Datenlandschaft	8
2.2	Das kGWR	10
2.2.1	Alter des Gebäudepark	10
2.2.2	Energieträger der Heizung	11
2.2.3	Wohnungen	12
2.2.4	Heizungsart (GHEIZ)	13
2.2.5	Verifizierung Energieträger (GENHZ)	14
2.3	Energiebezugsflächen im GWR	16
2.3.1	Umrechnungsfaktoren Wohnungsfläche – Energiebezugs-Fläche	17
2.3.2	Ausreisserbereinigung	17
2.3.3	Überprüfung des EBF-Verfahrens	18
2.3.1	GIS-gestütztes Schätzverfahren der EBF	18
2.4	Analyse der GWR-Einträge	21
2.4.1	Bauperiode (GBAUP)	21
2.4.2	Sanierungen (GRENP)	21
2.4.3	Energieträger für Heizung (GENHZ)	22
2.5	uwe-interne Datenquellen	22
2.5.1	Förderprogramm	22
2.5.2	Erdsonden-Bewilligungen	23
2.5.3	Öltankregister	24
2.6	Direkt zugängliche externe Datenquellen	24
2.6.1	Minergie	24
2.6.2	Das Gebäudeprogramm	25
2.6.3	Kostendeckende Einspeisevergütung KEV	26
2.7	Externe Datenquellen	26
2.7.1	Leitungsgebundene Energie, Energieversorger	26
2.7.2	Nicht-Leitungsgebundene Energieträger	27
2.7.3	Kantonale Bauten	27
2.7.4	Gebäudeversicherung	27
2.8	Kommunale Daten	28
2.8.1	Baugesuche, Wärmenachweis	28
2.8.2	Feuerungskontrollen	28
3	Verknüpfung der Daten aus verschiedenen Quellen	29
3.1	Zuordnung via Adresse	29
3.2	Zuordnung via Parzellennummer	30

3.3	Zuordnung via Koordinaten	30
4	Erhebungsmethoden für Energiekennzahlen	31
4.1	Quantifizierung des Heizwärmebedarfs	31
4.2	Modell für Luzerner Heizwärmeverbrauch	32
5	Datenanalyse des Verbrauchs leitungsgebundener Energieträger.....	35
5.1	Elektro- und Wärmepumpenheizungen.....	35
5.1.1	Vorgehen	35
5.1.2	Ergebnisse.....	35
5.1.3	Detailbetrachtung.....	37
5.1.4	Literaturvergleich	38
5.1.5	Resümee	38
5.2	Gasheizungen.....	39
5.2.1	Vorgehen	39
5.2.2	Ergebnisse.....	39
5.2.3	Resümee	41
5.3	Gegenüberstellung der Energiekennzahlen mit verschiedenen Energieträger.....	41
5.4	Fazit der Datenanalyse.....	42
5.5	Fazit über die Methodik	43
5.6	Numerisches Ergebnis	43
5.6.1	Energieverbrauch für Gebäude und CO ₂ -Emissionen	43
5.6.2	Geo-Referenzierung der Ergebnisse.....	44
5.6.3	Szenarien.....	44
	Literatur.....	i
	Tabellenverzeichnis	i
	Abbildungsverzeichnis.....	i

1 Einleitung

Der Gebäudepark verbraucht ungefähr ein Drittel des Energiebedarfs der Schweiz. Der grösste Teil wird als Heizenergie eingesetzt. Bei Gebäuden aus Bauperioden vor 2000 ist meist ein erhebliches Sparpotential vorhanden, da die Gebäudehüllen nur ungenügend wärmegeämmt sind. Die Kantone sind für Massnahmen zuständig die auf die Verbesserung der thermischen Eigenschaften der Gebäude abzielen. Ausserdem besteht, auf Grund der Klimaproblematik, die Notwendigkeit die CO₂-Emissionen zu reduzieren und damit von fossilen Energieträgern zu erneuerbaren zu wechseln. Für die Kantone ist daher wichtig zu verfolgen, wie sich der Energiebedarf für Gebäudewärme entwickelt und welche Energieträger für das Heizen eingesetzt werden. Daten über den Energiebedarf, wie auch den Gebäudezustand sind nicht ohne weiteres verfügbar. Im Rahmen des uwe internen Projekts *Gebäude-Heizwärmebedarf* wurde eine detaillierte Untersuchung der im Kanton Luzern verfügbaren Daten vorgenommen. Zentrale Datenquelle ist diesbezüglich das Gebäude und Wohnungsregister (GWR), welches genauer analysiert wurde. Des Weiteren wurden erste Schritte zur Modellbildung für eine langfristige Erhebung des kantonalen Heizwärmebedarfs in Wohngebäuden erarbeitet. Der Modellansatz konnte zuletzt mit Hilfe zweier Stichproben von leitungsgebundenen Energieträgern überprüft und bewertet werden.



2 Energiedaten im Kanton Luzern

Im Kanton Luzern liegt derzeit kein umfassendes Register für Energiedaten der Wohngebäude vor. Daher muss bei der Ermittlung von kantonsspezifischen Energiekennzahlen auf verschiedene Daten zurückgegriffen werden, welche jeweils Teile der relevanten Informationen beinhalten. Dieses Kapitel beschreibt die aktuelle Luzerner Gebäudeenergie-Datenlandschaft.

2.1 Datenbeschaffung und Datenquellen in Luzern

Kantonale Kennzahlen zur Beschreibung des gebäudegebunden Energieverbrauchs lassen sich mit einem Top-Down-Ansatz abschätzen. Dabei werden die Zahlen der Gesamtschweiz proportional zur Einwohnerzahl, allenfalls zum Gebäudebestand heruntergerechnet. Diese Zahlen sind in der absoluten Grösse zuverlässig. Das Vorgehen ist jedoch nicht in der Lage spezifische Entwicklungen im Kanton z.B. der energetischen Qualität der Gebäudehülle des kantonalen Gebäudebestandes abzubilden. Auch ein kantonaler Benchmark ist auf dieser Basis nicht sinnvoll.

Ein Bottom-Up-Ansatz erfordert deutlich grösseren Aufwand, verspricht aber, dass Veränderungen der kantonalen Bausubstanz im zeitlichen Verlauf real widergegeben werden können. Konsistente und aussagekräftige Energiekennzahlen lassen sich nur auf der Basis eines ausreichend grossen, repräsentativen, aktuellen und fehlerarmen Datensatzes bestimmen. Entscheidend ist, dass die Daten tatsächlich Information über den interessierenden Gegenstand enthalten. Soll z.B. die für das Heizen

verwendete Energiemenge erhoben werden, müssen die Daten entweder die Wärmedämmeigenschaften der einzelnen Gebäude widerspiegeln oder die tatsächliche Energiemenge für diesen Zweck getrennt nach Energieträgern flächendeckend angeben können. Beide Angaben sind momentan nicht verfügbar. In einer Näherung können Gebäude auf Grund bekannter Eigenschaften (Baujahr, Einfamilienhaus, Nordlage, saniert, usw.) einer Energie-Verbrauchskategorie zugeordnet und so der Gesamtverbrauch modelliert und abgeschätzt werden. Dafür müssen einerseits die Informationen vorhanden sein um jedes Gebäude in eine Energie-Verbrauchskategorie einzuteilen und der durchschnittliche Verbrauch der auftretenden Gebäudekategorien muss bekannt sein. In einer ersten Phase des Energiekennzahlenprojektes wurden mögliche Datenquellen identifiziert und auf ihre Qualität und Eignung untersucht. Eine qualitativ zufriedenstellende Datenbasis sollte mit vertretbarem Aufwand zu beschaffen sein. Primär sollen Daten genutzt werden, die bei Verwaltungsvorgängen ohnehin anfallen.

2.1.1 Wege der Datenbeschaffung

Grundsätzlich lassen sich die Möglichkeiten der Beschaffung von Gebäudedaten in drei Gruppen einteilen:

- Befragung von Gebäudeinhabern oder -bewohnern („Fragebogen“)
- Erhebung der interessierenden Grössen durch Fachpersonen („Hausbesuche“, z.B. GEAK)
- Nutzung bestehender Datensätze, insbesondere des kGWR.

Vor- und Nachteile der einzelnen Methoden sind in

Tabelle 1 zusammengefasst. Bei Studien zur Ermittlung von Energiekennzahlen kamen in der Schweiz bisher alle drei Methoden zum Einsatz. Einen Sonderfall stellt der Kanton Genf dar, der die Energiebezugsfläche aller Gebäude in Hausbesuchen erfassen liess und den jährlichen Energieverbrauch auf gesetzlicher Grundlage von den Hausbesitzern abfragt (BfE, Vorstudie zur Erhebung von Energiekennzahlen von Wohnbauten, 2007).

2.1.2 Vorhandene Datenquellen im Kanton Luzern

Alle Luzerner Wohngebäude (inkl. Gebäude mit Mischnutzungen) sind zwingend im kantonalen Gebäude- und Wohnungsregister (kGWR) erfasst. Das kantonale Register bildet einen Teil des eidgenössischen GWR, in dem alle Schweizer Wohnbauten registriert sind. Die Wohnbauten sind deshalb zwingend erfasst, weil jede in der Schweiz wohnhaft gemeldete Person, einer Wohnungsnummer zugeordnet werden muss. Daneben sind in wachsender Zahl auch nicht fürs Wohnen genutzte Gebäude im GWR erfasst worden (4'586 Gebäude). Neben den bestehenden Gebäuden umfasst das GWR auch Gebäude in ihrer Bau- oder Projektierungsphase, wobei die Erfassung in diesen frühen Phasen stark von der Praxis der jeweiligen Gemeinde abhängt. Von einer vollständigen Datenlage kann bei projektierten und im Bau befindlichen Gebäuden – im Gegensatz zu den bereits bezogenen Wohnbauten – nicht ausgegangen werden. Die ursprüngliche Information über bestehende Bauten wurde aus den Daten der letzten Volkszählung ins GWR migriert. Seit 2008 werden laufend die neu erstellten Bauten darin erfasst. (Weiterführende Information zur Registerharmonisierung: www2.lustat.ch/index/infothek/registerharmonisierung/lureg_gwr_konsolidierung.htm)

Eine Analyse des Luzerner Gebäudekatasters folgt in Kapitel 2.2. Die Datenbeschaffung für das uwe (Umwelt und Energie Kanton Luzern) interne Projekt *Gebäude-Heizwärmebedarf* basiert auf dem kantonalen GWR, da dieses für das uwe zugänglich ist und die vollständigste Datenbasis darstellt.

Tabelle 1: Methoden zur Datenbeschaffung.

Kriterium	Fragebogen	Hausbesuch (z.B. GEAK)	kGWR + andere DB
Datenqualität	unsicher	sehr gut	Heterogen, ältere Bestände schlecht, neue Einträge gut
Datenumfang	mittlere Probengrösse (bis mehrere Tausend)	kleine Probengrösse (Limitierung: Zeit und Kosten)	flächendeckend (je nach Datenbank)
Datentiefe	Gering	Detailliert, optimal	gering
Rücklauf	ca. 50% (mit Erinnerungen)	100%	teilweise Lücken bei Zweckfremden Datenbanken
Aufwand / Kosten	hoch	sehr hoch	gering bis mittel (bei schlechter Datenqualität)
Datenschutz	unproblematisch	Besuch nur mit Einverständnis	Einschränkungen je nach Halter der Daten
Bemerkung	Die Vorkenntnisse der Befragten schränken die Frageoptionen ein. Eine Plausibilisierung der Ergebnisse ist immer nötig. Mögliche Falschaussagen erfordern min. Probengrösse.	Methode für hochwertige Stützdaten mit geringer Stichprobe	Da bisher wenige energiespezifische Datenbanken vorliegen, ist mit teilweise grossen Aufwand zur Adaption der Daten an den Verwendungszweck zu rechnen (z.B. Gebäudefläche -> EBF)

2.1.3 Beschreibung der Luzerner Datenlandschaft

Alle weiteren Datenquellen – neben dem kGWR –, welche Teile des Luzerner Gebäudebestandes abdecken und, zumindest teilweise energierelevante Daten beinhalten, sind in Abbildung 2 dargestellt. Darin wird zwischen uwe-internen respektive direkt zugänglichen Daten (grün) sowie Informationen von externen Quellen unterschieden. Der Grossteil der internen Daten stammt aus dem Förderprogramm Energie des Kantons respektive des Bundes. Eine Ausnahme bilden die Minergie-Daten (orange) zu welchen das uwe Zugang besitzt. Die übrigen externen Datenquellen verteilen sich über die Energieversorger, kantonale Immobilienverwalter, Angaben der Feuerungskontrolleure sowie die Gebäudeversicherung.

Neben der Datenquelle sind in der Abbildung der Datenlandschaft auch die Anzahl der verfügbaren Daten sowie – wo vorhanden – der Erfassungszeitraum angegeben. Zudem zeigt die Übersicht, wie sich die Daten einzelnen Gebäuden zuordnen lassen (GWR-Nummer, Parzellen-Nummer, Adresse etc.) und welche energierelevanten Informationen bei den einzelnen Datenquellen zu erwarten sind. Bei externen Daten sind darüber hinaus Angaben zur Zugänglichkeit der Informationen, zukünftig denkbare Nutzungsmöglichkeiten sowie offene Fragen verzeichnet.

Eine detailliertere Beschreibung der einzelnen Daten folgt in den Kapiteln 2.5, 2.6 und 2.7. Diese Kapitel geben zudem Hinweise zum Umgang mit den Datenquellen und gehen auf mögliche Einschränkungen und Besonderheiten in der Nutzung der Informationen ein.

EKZ Datenlandschaft
(Stand 24.09.2012)

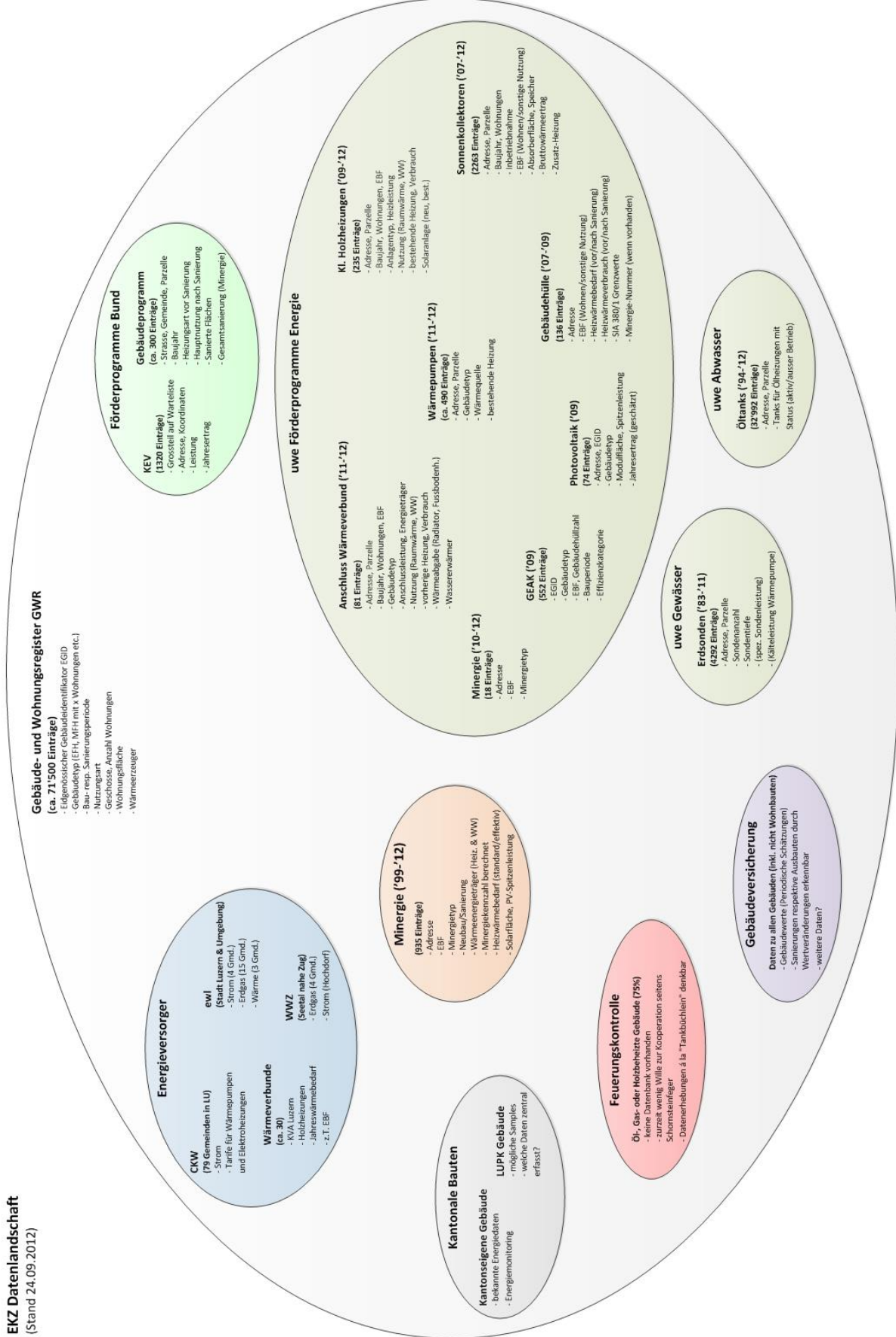


Abbildung 2: Übersicht verfügbarer Datenquellen für energetisch relevante Gebäudeinformationen im Kanton Luzern.

2.2 Das kGWR

Insgesamt sind im kantonalen Gebäude- und Wohnungsregister 72'199 Gebäude sowie 188'110 Wohnungen mit 405'802 Bewohnern registriert (Stand 1. Mai 2013). Bei knapp 90% der erfassten Gebäude handelt es sich um reine Wohnbauten (Tabelle 2). 44% der Gebäude sind Einfamilienhäuser in denen 22% der Bevölkerung lebt. Die Vollständigkeit der erfassten Gebäudedaten variiert stark. Beispielsweise sind bei Gebäuden mit Baujahr vor 2001 kaum je die Gebäudegrundflächen eingetragen. Diese wurden erst ab Baujahr 2001 systematisch eingetragen (bei mehr als 50% der Gebäude). Das exakte Baujahr ist selten vermerkt, nur die Bauperiode ist eine zwingende Angabe. Beim Renovationsjahr bzw. Renovationsperiode lässt sich die Vollständigkeit nicht direkt prüfen, da auch nicht renovierte Gebäude korrekterweise keinen Eintrag aufweisen.

Tabelle 2: Gebäudeklassen (GKLAS) nach GWR

Gebäudetyp	Anzahl
Gebäude mit 1 Wohnung	36'796
Gebäude mit 2 Wohnungen	10'261
Gebäude mit 3+ Wohnungen	17'171
Wohngebäude für Gemeinschaften	137
Hotelgebäude	220
Andere Beherbergung	40
Bürogebäude	548
Gross- und Einzelhandel	187
Verkehr / Kommunikation	34
Garagengebäude	363
Industriegebäude	579
Behälter, Silo, Lager	127
Kultur-/Freizeitstätte	134
Museum / Bibliothek	13
Schul-/Hochschulgebäude	333
Krankenhaus	29
Sporthalle	26
Landwirtschaftl. Betriebsgebäude	685
Kirche / Kultgebäude	74
Denkmäler	2
Sonstiger Hochbau	305
kein Eintrag	4'070

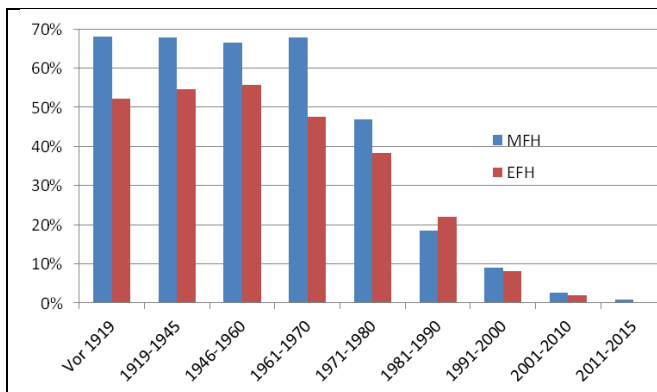


Abbildung 3: Renovationsstand der Gebäude
Anteil der Gebäude nach Bauperiode, die nach 1980 renoviert wurden. Ältere Renovierungen sind nicht berücksichtigt. Bei Renovierungen nach 1980 kann angenommen werden, dass die Renovation auch zu thermischen Verbesserungen führten. Einfamilienhäuser sind seltener renoviert worden. 42% aller vor 2001 gebauten Gebäude wurden renoviert (nach 1980). Unbekannt ist, wie hoch der Anteil nicht nachgetragener Renovationsperioden liegt.

2.2.1 Alter des Gebäudepark

Die Verteilung der Gebäude nach ihren Bauperioden zeigt eine relativ gleichmässige Bautätigkeit über die Zeit. Bis 1970 wurden in jeder Dekade je ca. 2'500 Einfamilien- und ca. 2'500 Mehrfamilienhäuser gebaut. Ab 1970 verdoppelte sich die Bautätigkeit der EFH während sie bei den MFH bei 3'000 stagnierte.

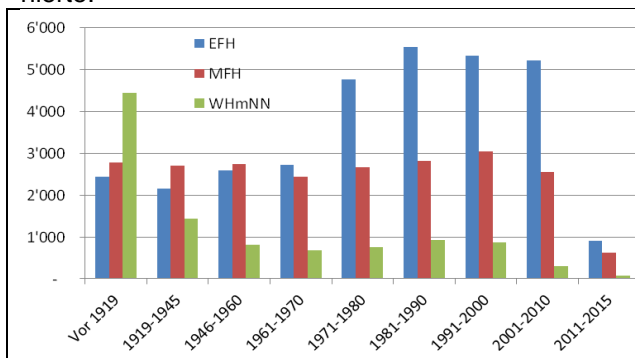
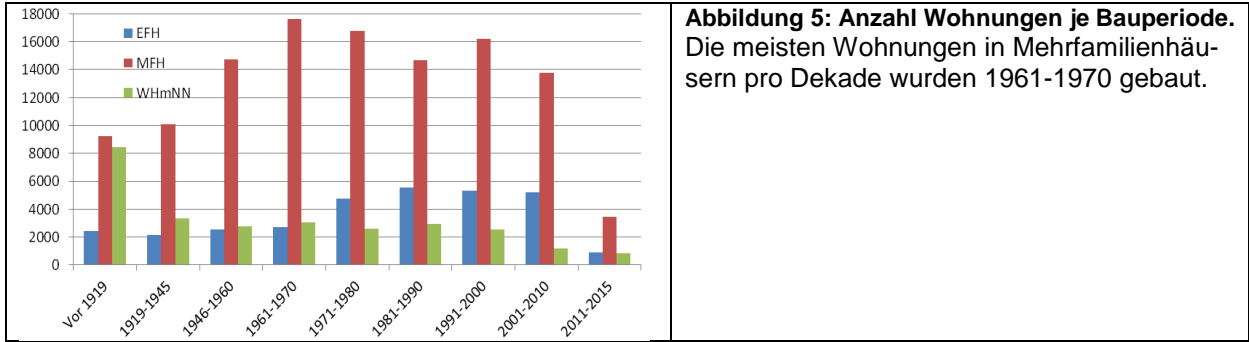


Abbildung 4: Anzahl Gebäude je Bauperiode.
Deutlich: Der ab 1970 einsetzende, Einfamilienhäuschen-Boom. WHmNN: Wohnhaus mit Nebennutzung: enthalten auch industrielle, gewerbliche oder kommerzielle oder landwirtschaftliche Räumlichkeiten. z.B. ein Geschäft oder Werkstatt im Erdgeschoss. Wohngebäude mit Wohnungen und Arztpraxen oder Büroräumlichkeiten im Gebäude. Landwirtschaftliche Betriebsgebäude mit Wohnteil.

Die Anzahl erstellter Wohnungen in MFH übersteigt in allen Dekaden diejenige der EFH sehr deutlich. 70-80% der Wohnungen befinden sich in MFH.



2.2.2 Energieträger der Heizung

Ein Blick auf die Energieträger der Heizungssysteme aufgeteilt auf die Bauperioden lässt Trends erkennen. Holzheizungen sind vor allem in Gebäuden mit Baujahr vor 1919 noch im Einsatz. In Gebäuden mit Baujahr zwischen 1919 und 1980 sind vor allem Ölheizungen in Gebrauch. In Gebäuden zwischen 1981 und 1990 sind noch viele Elektroheizungen installiert, insbesondere in EFH. In neuen Gebäuden ab 2001 wuchs der Anteil von Wärmepumpen rapide an und erreicht inzwischen bei EFH 83%. Die Datenqualität ist aber noch nicht restlos aktuell. Relativ häufig werden Änderungen des Energieträgers (z.B. Wechsel von Öl auf Gas, oder von Öl auf WP) nicht korrekt nachgetragen. In älteren Baujahrs-Perioden dürfte in Wirklichkeit der Anteil von Gas und Wärmepumpen auf Kosten von Öl höher liegen.

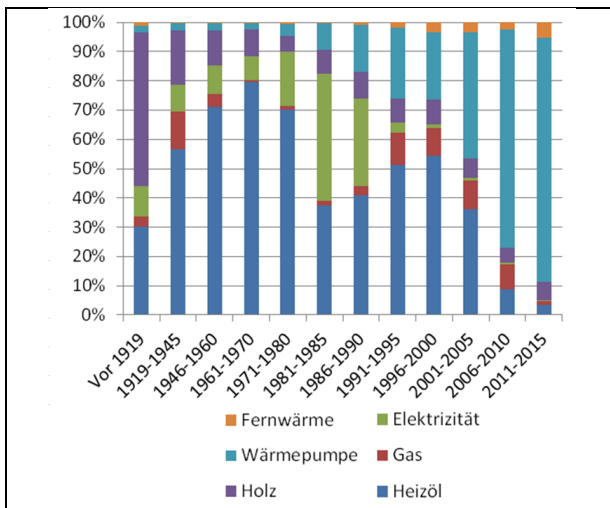


Abbildung 6: Bauperioden Energieträger EFH
Anteile der aktuell eingesetzten Heizenergieträger je Bauperiode des Gebäudes bei EFH

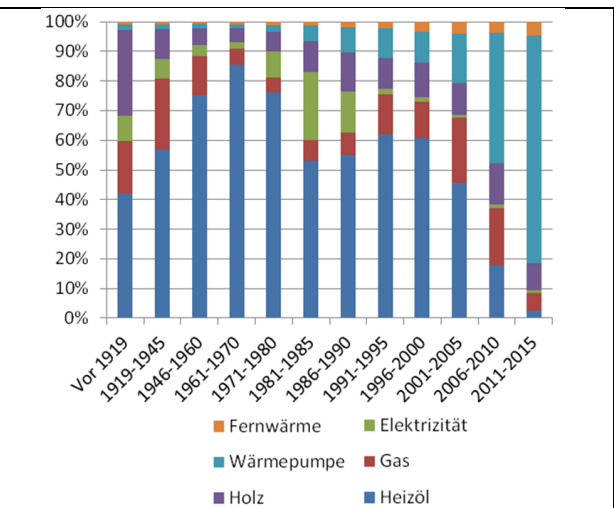


Abbildung 7: Bauperioden Energieträger MFH
Anteile der aktuell eingesetzten Heizenergieträger je Bauperiode des Gebäudes bei MFH

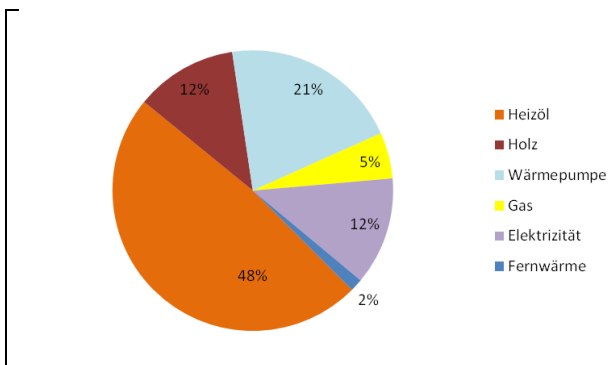


Abbildung 8: Im Kanton Luzern eingesetzte Energieträger für Einfamilienhäuser

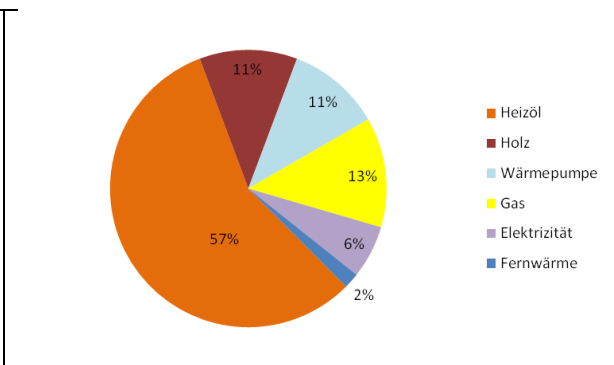


Abbildung 9: Im Kanton Luzern eingesetzte Energieträger für Mehrfamilienhäuser

Bei den Energieträgern für EFH ist die Wärmepumpe (WP) über alle Bauperioden mit 21% schon stark verbreitet. Bei den MFH wird dafür Gas deutlich häufiger eingesetzt. Dies liegt unter anderem an der Verteilung des Gasnetzes in der Stadt Luzern und deren Agglomeration, die beide eine hohe Dichte an MFH aufweisen.

2.2.3 Wohnungen

Insgesamt sind in Wohngebäuden 175'747 Wohnungen untergebracht. Deren mittlere Fläche beträgt im Mittel aller Baujahre für EFH 151 m² und für MFH nur 92m². Die mittlere Fläche der nach 2006 gebauten Wohnungen in EFH liegt bei 169 m² und in MFH bei 115 m² (Abbildung 10). Die Wohnungsflächen sind also bei MFH stärker angestiegen als bei EFH. Die Wohnungsfläche und die Energiebezugsfläche (EBF) stehen in einem direkten Zusammenhang. Je nach Gebäudealter kennt man die durchschnittliche Energiemenge die für die Beheizung der EBF eingesetzt werden muss.

Im Gebäuderegister sind die Wohnungsflächen meistens erfasst und lassen sich zur Abschätzung der Energiebezugsfläche nutzen. Die Gebäude-Grundflächen sind dagegen bei weniger als 10% der Gebäude eingetragen. Sie wurden bei der Volkszählung 2000 nicht erhoben und daher auch nicht ins GWR migriert.

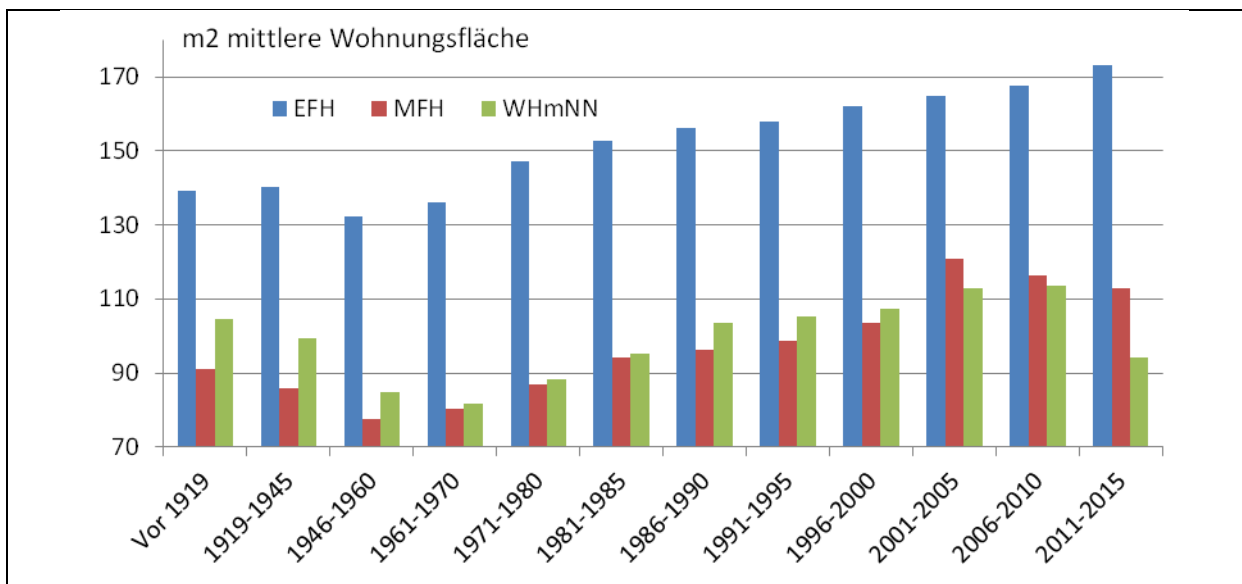


Abbildung 10: Entwicklung der mittleren Wohnungsflächen nach Bauperioden.

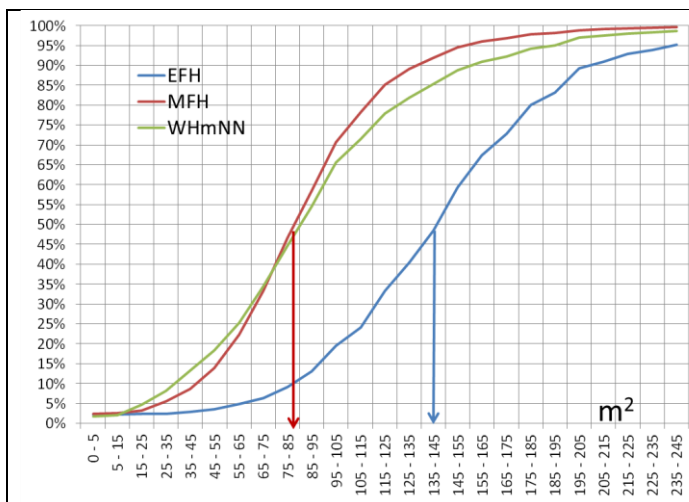


Abbildung 11: Summenhäufigkeit der Wohnungsflächen.

Für MFH und WHmNN liegt der Median bei 80-90 m², für EFH bei 140 – 150m². 95% der Wohnungen in MFH haben eine Fläche unter 160m², in EFH weisen 5% mehr als 250m² auf.

Bei den EFH werden 11% der Gebäude von nur einer Person bewohnt. Bei den Wohnungen in MFH sind es 38%.

Bei den wohnungsspezifischen Angaben ist die Lage besser. Hier fehlen lediglich 2% der Wohnungsflächen. Wie wir später zeigen, sind diese bei Einträgen, die bei Gebäuden vor 2005 noch aus der Volkszählung stammen, jedoch oft fehlerbehaftet. Die Angabe der Anzahl gemeldeter Bewohner der

Wohnungen ist hingegen aktuell und richtig, da diese aus dem Personenregister stammen. Wohnungen ohne Bewohner können als Leerwohnungen oder Ferienwohnungen interpretiert werden (7% der EFH, 7% der Wohnungen in MFH). Bei den Betrachtungen zum Energieverbrauch sind insbesondere die Ferienwohnungen als eine spezielle Kategorie zu handhaben. Beispielsweise ist der Anteil der Elektroheizungen in EFH ohne eingetragene Bewohner (Ferienhäuser) bei 24% während er im Durchschnitt bei nur 12% liegt. Die Elektroheizung ist bei Ferienwohnungen ein beliebter Energieträger.

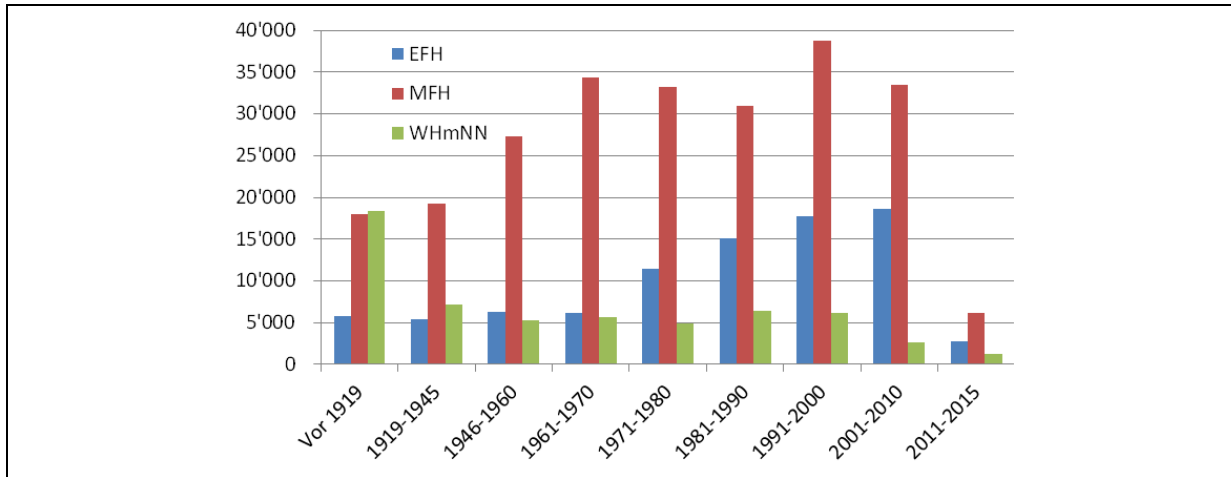


Abbildung 12: Bewohner nach Bauperiode der Gebäude (Periode 2011-15 unvollständig).

Die, den Bewohnern zur Verfügung stehende Wohnungsfläche (Abbildung 13), widerspiegelt nicht nur die Gebäudeeigenschaften, sondern auch die Altersstruktur der im Gebäudepark einer Bauperiode wohnhaften Bevölkerung. In neueren Wohnungen in MFH ab Baujahr 2001 hat der Bewohner durchschnittlich deutlich mehr Fläche zur Verfügung, als in EFH.

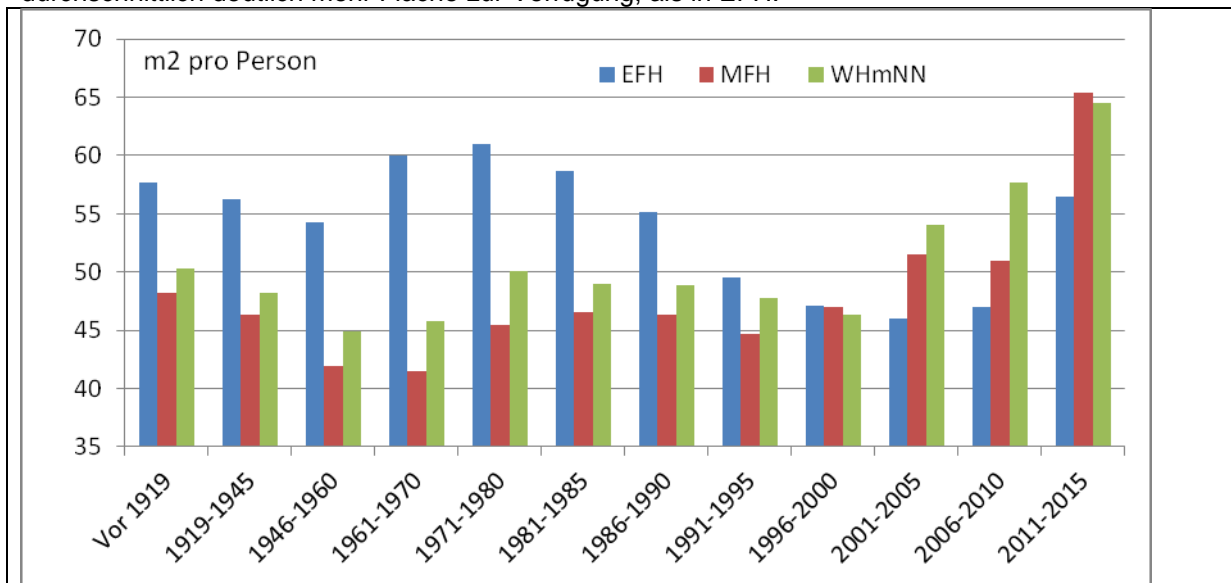
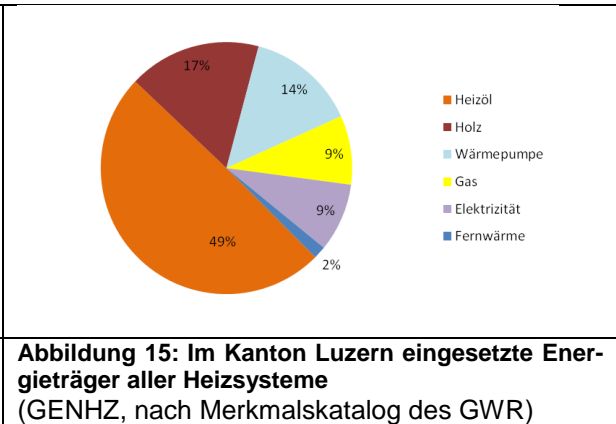
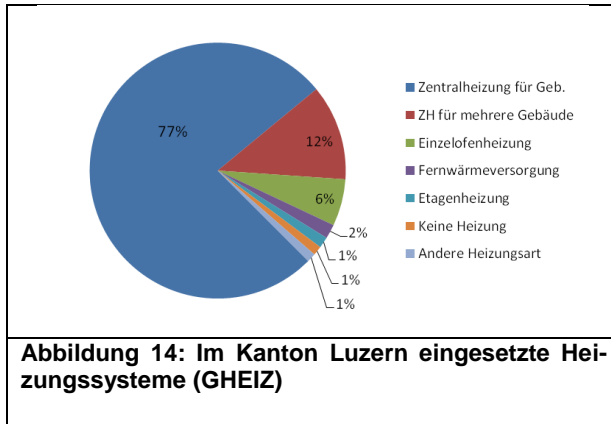


Abbildung 13: Wohnungsfläche in m² pro Person nach Bauperiode.

2.2.4 Heizungsart (GHEIZ)

Der Grossteil (77%) aller Luzerner Gebäude wird mit Zentralheizungen beheizt (Abbildung 14); 12% mittels einer gemeinsamen Heizanlage für mehrere Häuser (Wärmeverbund); nur 6% verfügen über Einzelofenheizungen. Bei knapp der Hälfte aller Heizungsarten ist Heizöl der Energieträger.



Bei den 4'177 mit Einzelöfen beheizten Gebäuden ist zu 60% Holz der Energieträger; bei 19% Heizöl und bei 16% Elektrizität (Abbildung 16). Betrachtet man umgekehrt, welches Heizsystem die 6'061 mit Elektrizität beheizten Wohngebäude aufweisen (Abbildung 17), so sind dies zu 81% Zentralheizungen. Dies ist von Bedeutung, da bei Zentralheizungen bereits ein Wärmeverteilssystem im Gebäude vorhanden ist und daher der Energieträger Elektrizität leichter ersetzt und z.B. auf Wärmepumpe umgestellt werden kann.

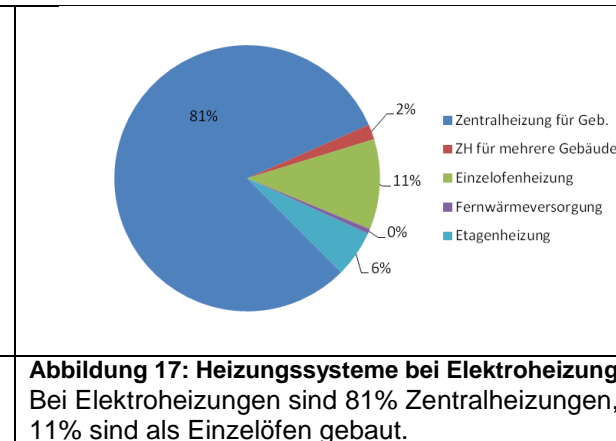
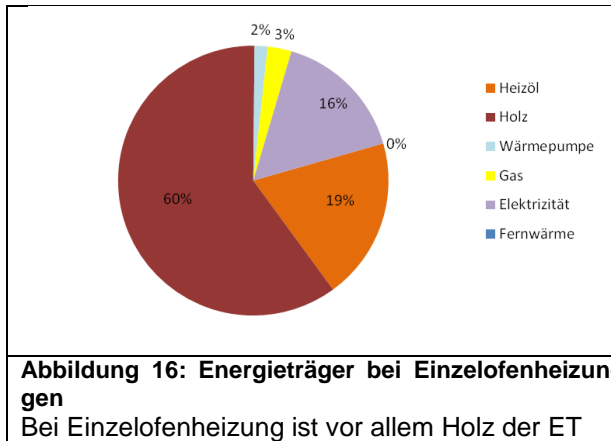


Tabelle 3: Heizsysteme und Energieträger aller Gebäudetypen

Energieträger Heizungsart	Summe	Heizöl	Holz	Wärmepumpe	Gas	Elektrizität	Fernwärme	Andere Energie
Zentralheizung für ein Gebäude	53'987	27'542	7'880	8'543	4'564	4'890	127	441
ZH für mehrere Gebäude	8'522	5'520	874	581	1'295	111	92	49
Einzelofenheizung	4'177	807	2'503	65	119	665		18
Öffentliche Fernwärmeversorgung	1'275	80	131	94	43	36	887	4
Etagenheizung	979	242	298	27	66	342		4
Keine Heizung	824							
Andere Heizungsart	798	35	84	446	30	17	4	182
Summe	70'562	34'226	11'770	9'756	6'117	6'061	1'110	698

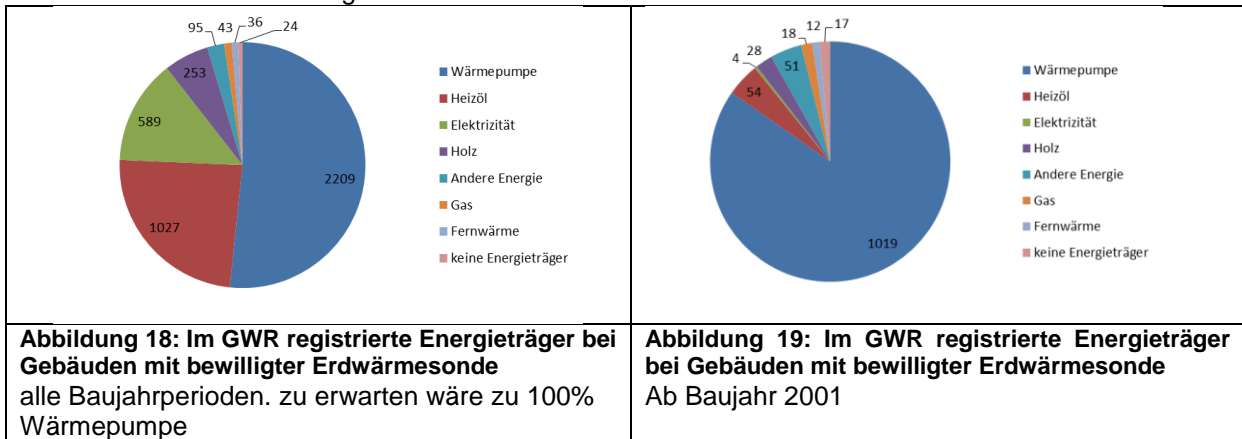
2.2.5 Verifizierung Energieträger (GENHZ²)

30% der Einträge des Energieträgers bei der Heizungsart „öffentliche Fernwärmeversorgung“ sind eindeutig falsch. Gemäss dem Merkmalskatalog des GWRs müsste hier zwingend Fernwärme als Energieträger eingetragen sein. Offensichtlich wurde hier oft (fälschlich) der ET der Fernwärmeanlage

² Nomenklatur nach Merkmalskatalog des GWR

eingetragen. Allerdings ist die Bezeichnung „öffentliche Fernwärmeversorgung“ auch sehr irreführend. Die Unterscheidung von Fernwärme und Nah-Wärmeverbund - im GWR als Zentralheizung für mehrere Gebäude“ umschrieben - wird technisch auf Grund des Temperaturniveaus des Mediums vorgenommen. Ein Fernwärmenetz arbeitet mit Dampf über 100 Grad, und die Wärme der einzelnen Konsumenten wird mittels Wärmetauscher auskoppelt. Ob sie öffentlich sind, ist nicht die entscheidende Frage. Im GWR werden vermutlich auch öfters kleine Wärmeverbunde fälschlich nicht als „Zentralheizung für mehrere Gebäude“ sondern als „öffentliche Fernwärmeversorgung“ registriert. Dies sollte bei der Revision des Merkmalskatalogs besser erläutert werden.

Eine Möglichkeit den Eintrag des Energieträgers zu überprüfen sind die Bewilligungen für Erdwärmesonden. Bei 4'281 Gebäuden oder 82% der Bewilligungen konnten die bewilligten Sonden einem Gebäude im GWR zugordnet werden. Bei diesen sind nur in 52% aller Fälle Wärmepumpe als ET eingetragen. Häufig ist noch Heizöl, Elektrizität oder Holz eingetragen. Theoretisch kann tatsächlich Holz auch Hauptenergieträger sein und die WP nur als Zusatzheizung oder für Warmwasser genutzt werden, bei Öl ist eher wahrscheinlich, dass der ET (GENHZ) nicht nachgetragen wurde. Betrachtet man nur Gebäude ab Baujahr 2006 (376 Gebäude) sind diese zu 90% korrekt eingetragen. Hier besteht noch Bedarf an Verifizierung der Daten im GWR.



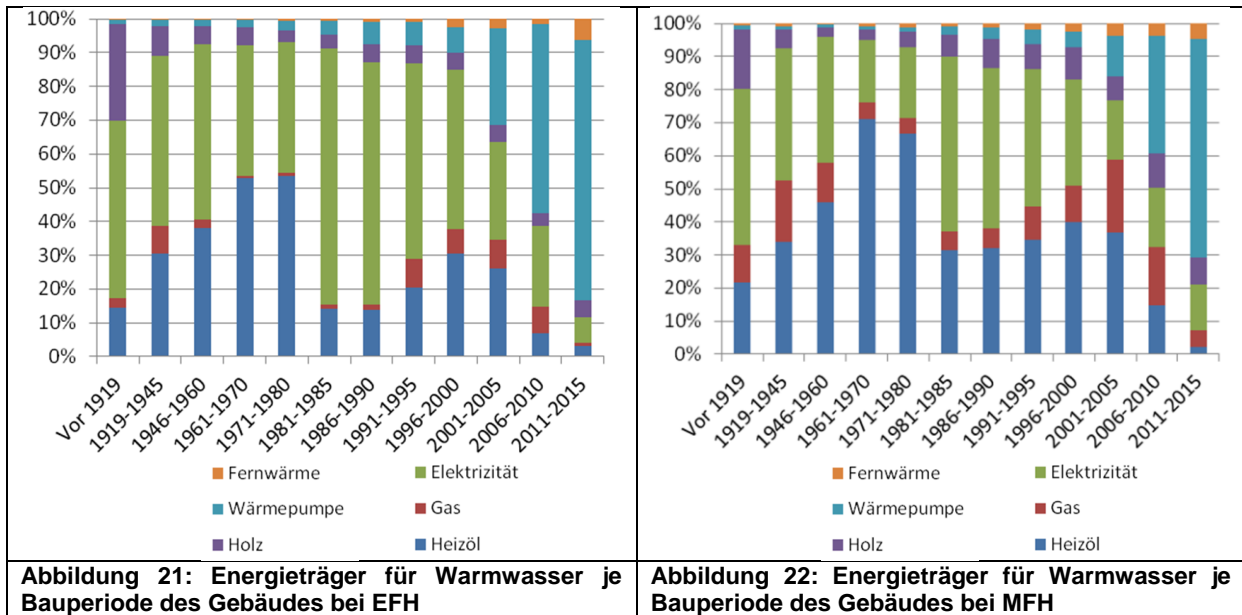
Bei der Definition des hauptsächlichsten Energieträgers für Heizzwecke ist ausserdem erschwerend, dass moderne Gebäude oft mehrere Energieträger zu unterschiedlichen Anteilen nutzen. (z.B. Wärmepumpe mit solarer Unterstützung und Einzelöfen mit Holz zur Deckung der Peak-Nachfrage.) Oft haben auch die Eigentümer keine exakten Angaben zu den tatsächlichen Anteilen der Herkunft der Heizenergie mehr. Dies führt zu unklaren Einträgen. So wird bei 81 Gebäuden als Haupt-ET für die Heizung „Sonnenkollektor“ angegeben, was doch eher unwahrscheinlich ist.

GEAK \ GWR	Heizöl	WP	Gas	Holz	Elek.	Fernw.	Σ	falsch
Heizöl	258	20	16	6	4	15	319	19%
WP	2	35			4		41	15%
Gas	6	1	61				68	10%
Holz	1	3	1	14	2	1	22	36%
Elek.	3	15		2	66		86	23%
Fernw.			2			3	5	40%
andere ET	3		2				5	
Σ	273	74	82	22	76	19	437	
falsch	5%	53%	26%	36%	13%	84%		20%

Abbildung 20: Vergleich der Energieträger gemäss GEAK mit den Einträgen im GWR.
 Im Mittel dieser Stichprobe ist die Angabe des ET bei 20% nicht übereinstimmend. Bei Wärmepumpen ist in 52% der Gebäude ein abweichender Eintrag vorhanden.

2.2.5.1 Energieträger Warmwasser (GENWW)

In puncto Wassererwärmung hängt der Energieträger stärker vom Gebäudetyp ab, als bei der Erzeugung der Heizwärme (Abbildung 6). So wird das Brauchwarmwasser in durchschnittlich 41% der Gebäude elektrisch erwärmt, bei Mehrfamilienhäusern liegt der Wert aber unter einem Drittel, da die Wassererwärmung häufiger über die zentrale Ölheizung erfolgt. Ein Blick auf die nach 2000 renovierten Bauten zeigt, dass der Anteil der elektrischen Wasser-Boiler zurück geht und Sonnenkollektoren respektive Zentralheizungen diesen Teil übernehmen.



2.3 Energiebezugsflächen im GWR

Der Heizwärmebedarf eines Gebäudes wird standardmässig auf die Energiebezugsfläche (EBF) bezogen (Norm SIA 380:1). Die EBF ist definiert, als alle innerhalb der thermischen Gebäudehülle liegenden beheizten Bruttoflächen. Die Gebäudegrundfläche mit der Anzahl Stockwerken zu multiplizieren wäre eine mögliche Art die EBF zu schätzen und zu verifizieren. Im GWR sind, wie bereits erwähnt, nur bei ca. 10% der Gebäude Angaben zur Gebäudefläche vorhanden, wodurch es mit dieser Methode nicht möglich ist die EBF für den Gebäudepark herzuleiten. Im GWR sind jedoch die Wohnungsflächen aller im Gebäude befindlichen Wohnungen angegeben. Die Definition der einzutragenden Wohnungsfläche laut Merkmalskatalog des GWRs lautet:

Wohnungsfläche (WAREA): Bewohnbare Fläche der Wohnung in Quadratmetern.

Als Wohnungsfläche ist die Summe der Flächen sämtlicher Zimmer, Küchen, Kochnischen, Badezimmer, Toilettenräume, Abstellräume, Gänge, Veranden etc. einer Wohnung erfasst. Zusätzliche separate Wohnräume (z.B. Mansarden), offene Balkone und Terrassen sowie nicht bewohnbare Keller- und Dachgeschossräume fallen bei der Berechnung ausser Betracht. Wo keine genauen Flächen ermittelt werden können, sind Schätzwerte (Länge x Breite der Wohnung) erfasst. Wo Netto- und Bruttowohnflächen verfügbar sind, sind die Bruttowerte anzugeben.

Diese Definition dürfte, korrekt angewendet, eine kleinere Fläche als die EBF nach SIA180:1 ergeben. Es werden beim Merkmal WAREA Keller- und Dachgeschosse sowie Treppenhäuser, die innerhalb des Dämmperimeters liegen und daher zur EBF gehören, ausgeschlossen.

Bei bestehenden älteren Bauten (vor 2001) sind die Wohnungsflächen als Schätzung der Eigentümer in der Volkszählung zu verstehen. Diese sind ziemlich fehlerbehaftet, aber sie stellen die momentan einzige verfügbare Informationsquelle über diese entscheidende Grösse dar. Bei Neubauten zeigt sich, dass die Gemeindebauämter, in der Regel, die im Baugesuch für die Berechnung der Ausnutzungsziffer angegebenen Flächen (Anrechenbaren Geschossflächen, AGF), eintragen. Dies kann zu deutlich tieferen Zahlen führen, als durch die Definition WAREA des GWRs vorgesehenen. Beide Flächenangaben (GWR-Wohnfläche und AGF) entsprechen nicht der Definition der EBF gemäss SIA. Die Wohnfläche im GWR wurde vermutlich eher als soziologische Grösse definiert um zu beschreiben wie viel Wohnfläche einer Person zur Verfügung steht.

Bei Studien die den Energiebedarf der Gebäude abschätzen, wird sehr oft nicht zwischen Wohnfläche des GWR und EBF unterschieden. Das heisst, Energiekennzahlen, die als Energieverbrauch pro EBF definiert werden, werden mit der Wohnungsfläche der GWR multipliziert, was nach unseren Berechnungen systematisch zu 30% zu tiefen Energie-Verbrauchswerten führt. Allerdings sind andere Fehlerquellen noch grösser, so dass argumentiert wird, dass dies nicht ins Gewicht fällt. Auch sind die

Wohnungsflächen im GWR stark fehlerbehaftet, so dass dort mit Ausreisser-Bereinigung und Schätzwerten der Datensatz zuerst bereinigt werden muss (siehe Kapitel 2.3.2).

Werden die einzelnen Wohnungsflächen jedes Gebäudes summiert, erhält man einen Näherungswert für die EBF, der erwartungsgemäss unter der EBF liegt. Um aus der summierten Wohnungsfläche die Energiebezugsfläche (EBF) abzuschätzen, werden in einer Studie des BFE³ Korrekturfaktoren vorgeschlagen (Wohnungsfläche +15% für EFH und +20% für MFH). Da diese Korrekturfaktoren vom Gebäudepark und der kantonal variierenden Praxis der Dateneinträge abhängen können, mussten diese überprüft werden.

Für die Evaluation der Flächenangaben im GWR werden hauptsächlich zwei Vergleichsdatsätze herangezogen; Angaben aus den Minergie-Zertifizierungen und Daten des GEAK. Bei diesem Vergleich werden nur Gebäude der Kategorie Wohngebäude (EFH und MFH) berücksichtigt. Bei Bauten mit gemischten Nutzungen (WHmNN) könnten die Flächenangaben nicht ausgewertet werden, da zu den nicht als Wohnungen genutzten Gebäudeteilen keinerlei Flächenangaben vorliegen.

2.3.1 Umrechnungsfaktoren Wohnungsfläche – Energiebezugs-Fläche

Für die Gebäude der beiden Datensätze aus GEAK und MINERGIE standen von Experten evaluierte EBFs zur Verfügung. Diese wurden als korrekt angesehen. Für diese Gebäude, sofern sie einer EGID (Eidgenössischer Gebäude Identifikator) im GWR zugeordnet werden konnten, wurde aus dem GWR, anhand der Summe der Wohnungsflächen und mittels eines Korrekturfaktors für EFH und MFH getrennt die EBF geschätzt und den aus GEAK und MINERGIE EBFs bekannten gegenübergestellt. Der Korrekturfaktor für die GWR-Daten wurde variiert und die Abweichungen von den bekannten EBFs nach oben und unten evaluiert. In der Tabelle 4 sind die 30-, 50-, und 70-Quantile der relativen Abweichung der Schätzung von der tatsächlichen EBF angegeben. Die Faktoren wurde so optimiert, dass sowohl nach oben wie unten möglichst geringe Abweichungen auftreten. Aus diesem Verfahren resultiert ein Korrekturfaktor für EFH von 1.38 und für MFH: 1.30. Diese Faktoren sind deutlich höher als die vom Bundesamt für Energie angegebenen und sie sind für EFH höher als für MFH (BFE: 1.15 bzw. 1.20). Die 20% bzw. 8% höheren Faktoren zur Umrechnung der Wohnungsflächen in EBF resultieren letztendlich auch in entsprechend höheren Angaben zum Heizenergiebedarf. In Tabelle 4 ist die Verteilung der relativen Abweichung der aus GWR geschätzten von den bekannten EBF aus dem Datenvergleich zwischen GWR, Minergie und GEAK, in Funktion des Korrekturfaktors aufgelistet. Bei den verwendeten Korrekturfaktoren weichen die Schätzungen im Mittel um 14.5% bzw. 9% von den „wahren“ Werten ab.

Tabelle 4: Korrekturfaktor Wohnfläche EBF.
(Faktoren: 1,38 x WAREA für EFH & 1,30 x WAREA für MFH)

Faktor EFH	30-Quantil	Median	70-Quantil	Faktor MFH	30-Quantil	Median	70-Quantil
1	0.230	0.345	0.530	1	0.210	0.272	0.353
1.1	0.139	0.241	0.391	1.1	0.112	0.162	0.255
1.2	0.095	0.184	0.299	1.2	0.057	0.097	0.171
1.3	0.081	0.148	0.246	1.25	0.044	0.080	0.147
1.35	0.083	0.144	0.236	1.275	0.041	0.086	0.145
1.375	0.088	0.144	0.231	1.3	0.041	0.090	0.144
1.38	0.091	0.145	0.229	1.35	0.061	0.100	0.167
1.4	0.091	0.146	0.225	1.4	0.084	0.117	0.181
1.5	0.109	0.167	0.238	1.5	0.124	0.165	0.217

2.3.2 Ausreisserbereinigung

Neben der Anwendung von Korrekturfaktoren lassen sich Analysefehler vermindern, indem unrealistische Einträge des GWR von der Analyse ausgeschlossen werden. Es können untere und obere Werte festgelegt werden. Diese minimalen, respektive maximalen Flächen pro Wohnung, sind jeweils für EFH und MFH definiert.

Bei Einfamilienhäusern mit einer Wohnungsfläche unter 70m² kann man von einer Falschangabe ausgehen, dieses Kriterium schliesst immerhin 5% aller EFH aus (2% solcher die keinen Eintrag haben). Ebenso sind Angaben mit über 400m² wenig plausibel (0,2% aller EFH). Für MFH wurde das Minimum bei 20m² pro Wohnung und das Maximum bei 400m² pro Wohnung festgelegt.

³ (BfE, Vorstudie zur Erhebung von Energiekennzahlen von Wohnbauten, 2007)

Wenn ein Gebäude unter die Ausschlusskriterien fällt, ist jeweils die mittlere Wohnfläche des entsprechenden Gebäudetyps (EFH, MFH) mit der entsprechenden Zimmerzahl einzusetzen. Mit dieser Regelung wird vermieden, dass die gesamte EBF des Kantons durch Fehleinträge verfälscht wird.

2.3.3 Überprüfung des EBF-Verfahrens

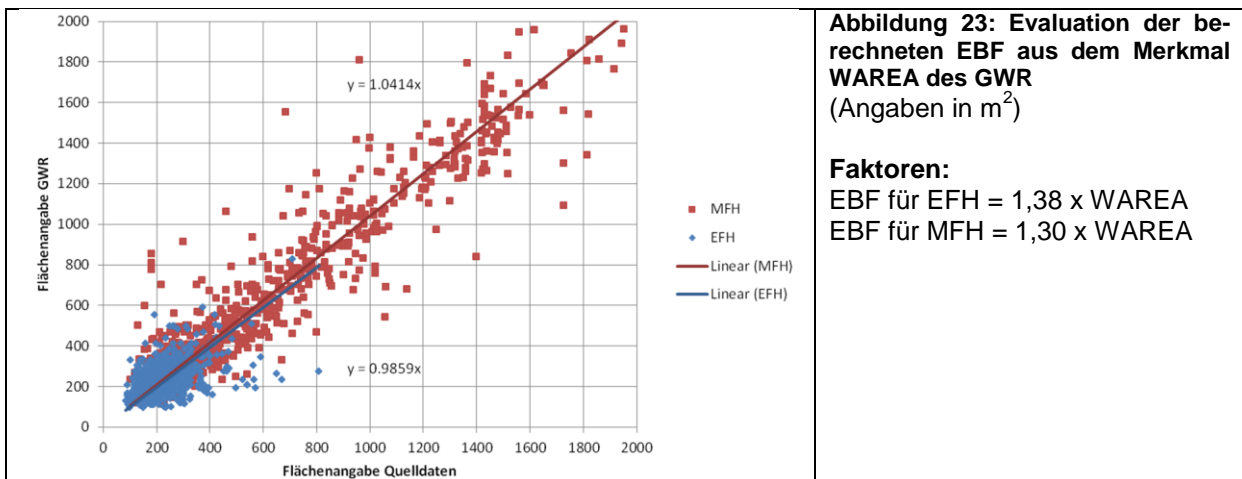
Nach der Eruiierung der Korrekturfaktoren und Ausschlusskriterien für den Luzerner kGWR, muss deren Qualität beurteilt werden. Dafür werden die ermittelten Analyseregeln auf alle Objekte des GWR angewendet, deren EBF aus mindestens einer zusätzlichen Quelle (Minergie, Förderprogramme etc.) bekannt ist. Insgesamt konnten die Faktoren somit an knapp 2000 Objekten überprüft werden, wobei der Fehler bei 50% der Gebäude unter 16% lag. Die Standardabweichung beträgt 22%, wobei ein deutlicher Unterschied zwischen EFH und MFH auszumachen ist, was vermutlich durch die deutlich grössere Diversität von EFH-Grössen und -Arten zu erklären ist.

Anmerkung zur Energiebezugsfläche bei Minergie

Grosse Abweichungen zu Einträgen im GWR treten bei Minergie-Daten vor allem aus zwei Gründen auf. Zum einen stimmt die zugeordnete EGID teilweise offensichtlich nicht mit den aktuellen Gebäude. Dies ist z.B. daran erkennbar, dass im GWR Bauperioden vor 1995 vermerkt sind, als das Minergie-Label noch gar nicht existierte (Verbreitung erst nach 2000). Zum anderen werden Minergie-Zertifikate nicht nur für einzelne Gebäude (nach der GWR-Definition) vergeben. Das heisst, Minergie-Flächenangaben müssen fallweise auf mehrere EGID verteilt werden, was automatisiert nicht sinnvoll möglich ist. Derartige Doppelzuordnungen müssen in einer zukünftigen Analyse ausgeschlossen werden. Neben den erwähnten systematischen Fehlern existieren nur sehr wenige grobe Abweichungen die offensichtlich durch Erfassungsfehler zustande kommen (beispielsweise ein EFH mit EBF von 3500 m²).

Eine grafische Gegenüberstellung der aus GWR berechneten und der „realen“ EBF (aus Minergie- und GEAK-Daten) verdeutlicht die gute Korrelation (Abbildung 23). Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde der dargestellte Datenbereich auf Gebäude mit einer EBF unter 2000 m² beschränkt. Das Diagramm bestätigt die berechnete Standardabweichung, verdeutlicht aber zudem, dass die Streuung des Fehlers relativ symmetrisch ist. Folglich sollten sich die Fehler bei einer ausreichend grossen Stichprobe relativ gut ausgleichen.

Wie oben (Textbox) am Beispiel der Minergiebauten bereits diskutiert wurde, sind auch die Vergleichsmengen nicht frei von Fehlern. Im Zuge der Analyse wurden offensichtlich fehlerhafte Einträge aus der Vergleichsmenge entfernt. Es ist aber nach wie vor davon auszugehen, dass die Streuung der dargestellten Stichprobe nicht allein durch Fehler im GWR zu begründen ist.



2.3.1 GIS-gestütztes Schätzverfahren der EBF

Ein einfaches, theoretisch gutes Verfahren zur Schätzung der Energiebezugsfläche könnte das Produkt aus Gebäudegrundfläche mal Stockwerkzahl darstellen. Beide Zahlen sollten im GWR abgelegt sein. Effektiv sind die Gebäudegrundflächen erst ab dem Baujahr 2001 zu mehr als 50% (frühere <5%) angegeben. Bei 8'646 Gebäuden nach 2001 ist sowohl die Gebäudefläche, wie auch die Wohnfläche angegeben. An diesen Daten kann das Verfahren geprüft werden. Es sollten keine Wertepaare auftreten, bei denen die Wohnfläche grösser ist, als die Gebäudefläche mal Stockwerke. Auffällig ist bei den EFH die Häufung der Daten bei denen das Produkt Gebäudefläche mal Stockwerk

das zwei und dreifachen der Gebäudefläche ausmacht. Vermutlich rührt das daher, dass z.B. ein Stockwerk bewohnt wird und das zweite, z.B. als Estrich nicht. In Fällen wo die Wärme-Dämmgrenze beide Stockwerke umfasst, würde das Produkt Gebäudefläche mal Stockwerk die EBF besser beschreiben als es die Wohnfläche tut. Die Steigung dieser Korrelationsgeraden (durch 0/0) deuten an, dass die Summe der Wohnflächen mit den Faktoren 1,6 auf EBF hochgerechnet werden müssten, was deutlich über den aus dem Vergleich zu von Experten evaluierten EBF von 1,38 und 1,30 liegt.

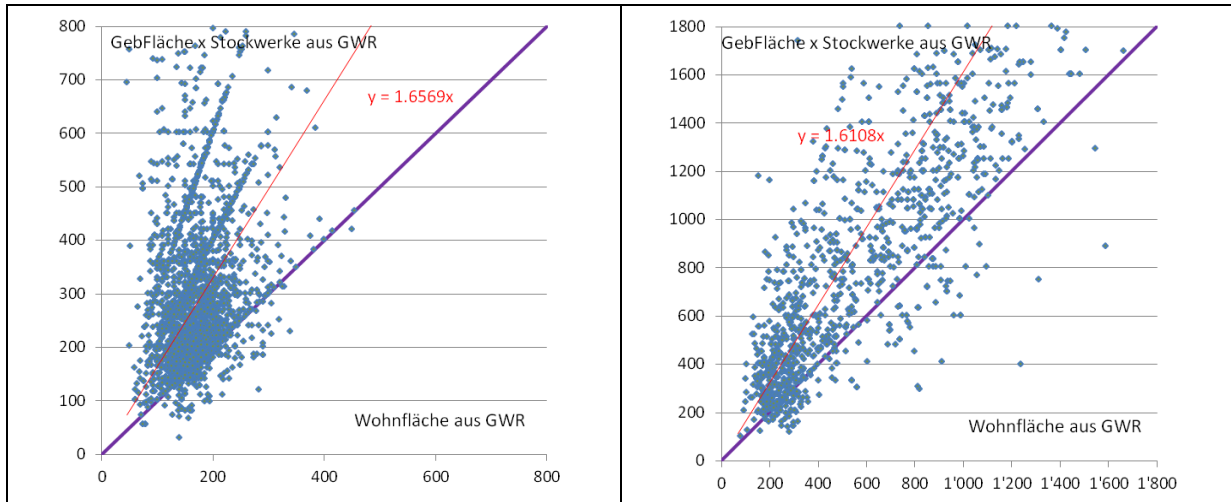


Abbildung 24: Wohnfläche aus Gebäudefläche und Stockwerk:
Im GWR angegebene Wohnungsfläche versus die im GWR angegebene Gebäudefläche mal Stockwerkszahl. (links EFH n=5'836, rechts MFH n=2'831) ab Baujahr 2001.

Es wurde versucht mittels der im GIS abgelegten amtlichen Vermessungsdaten die fehlenden Gebäudegrundflächen bei älteren Gebäuden zu ergänzen. Dazu wurden die im GWR abgelegten Koordinaten geprüft, ob sie innerhalb einer Gebäudefläche der Amtlichen Vermessung (AV) liegen. Bei einer Übereinstimmung wurde die so gefundene Fläche dem EGID des GWRs zugeordnet. Zur Auswertung wurden nur Flächen verwendet, bei denen eine einzige GWR-Koordinate innerhalb einer AV-Fläche liegt und der Abstand zur Schwerpunkts-Koordinate weniger als 5m betrug.

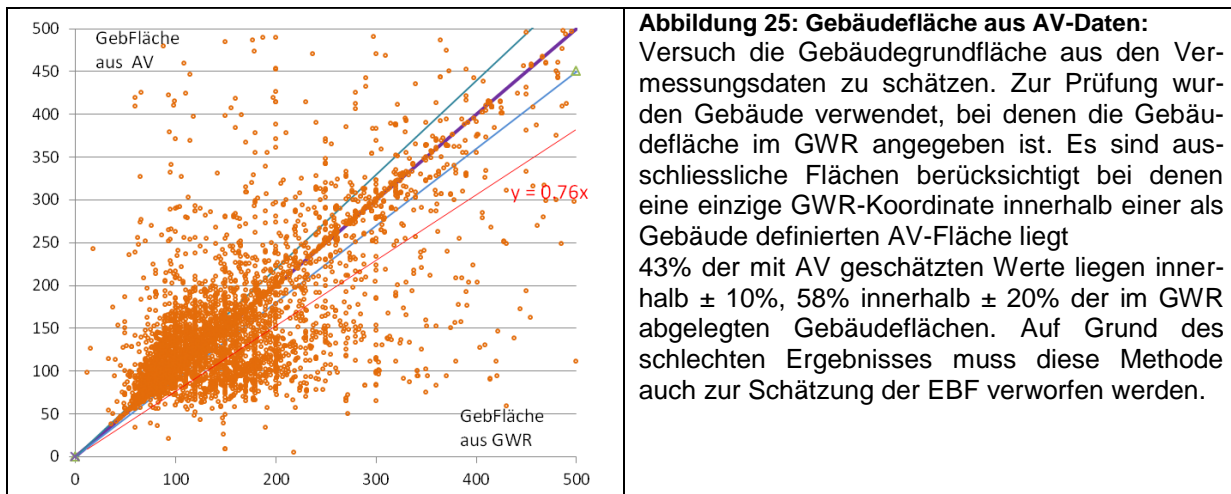


Abbildung 25: Gebäudefläche aus AV-Daten:
Versuch die Gebäudegrundfläche aus den Vermessungsdaten zu schätzen. Zur Prüfung wurden Gebäude verwendet, bei denen die Gebäudefläche im GWR angegeben ist. Es sind ausschliessliche Flächen berücksichtigt bei denen eine einzige GWR-Koordinate innerhalb einer als Gebäude definierten AV-Fläche liegt
43% der mit AV geschätzten Werte liegen innerhalb $\pm 10\%$, 58% innerhalb $\pm 20\%$ der im GWR abgelegten Gebäudeflächen. Auf Grund des schlechten Ergebnisses muss diese Methode auch zur Schätzung der EBF verworfen werden.

Wie die Überprüfung in der Abbildung 25 zeigt ergibt dies nur bei der Hälfte der Daten eine brauchbare Angabe. Damit erzielt man auch auf diesem Weg nur eine sehr mangelhafte Schätzung der EBF. Es bleibt allerdings offen, was die Ursachen dafür sind. Der Fehler kann sowohl bei fehlerhaften Einträgen im GWR (Abbildung 26) wie auch unzulängliche Übereinstimmung der AV-Daten mit GWR-Koordinaten sein (Abbildung 27).



Abbildung 26: Divergenz der Definition von AV und GWR

Nach amtlicher Vermessung misst die Gebäudegrundfläche (grüne Fläche), 1'309 m², im GWR sind 360 m² als Gebäudefläche sowie 6 Stockwerke und 10 Wohnungen eingetragen.

Problematisch ist, dass die amtliche Vermessung die Gebäude Flächen nur dann als einzelne Flächen ausweist, wenn diese auf unterschiedlichen Parzellen liegen. Dies führt dazu, dass verschiedene Gebäude (nach der GWR Definition) nur eine einzige, identische Koordinate zugewiesen bekommen können (Abbildung 28). Generell ist festzustellen, dass etliche Koordinaten im GWR offensichtlich nicht korrekt sind, was solche Auswertungen enorm erschwert. Hier ist noch Koordinations- und Bereinigungsaufwand zu leisten.



Abbildung 27: Koordinatenfehler

Beispiel „verirrter“ Koordinaten im GWR. Die Nummern 4, 4a, 6, 6a, 8 und 8a gehören sinngemäss auf die nicht beschrifteten Gebäude auf der rechten Seite. Bei solchen Fällen ist eine Zuordnung zu einer AV-Fläche nicht möglich oder fehlerhaft (inzwischen Koordinaten bereinigt).

Abbildung 28: AV ein Gebäude, GWR sieben

Die Gebäude sind nach GWR-Definition einzelne Gebäude (7 EGIDs), nach AV jedoch nicht, da sie in einer Parzelle liegen. Die Koordinaten der sieben bzw. 5 Gebäude fallen daher im gemeinsamen Flächenschwerpunkt zusammen.

Aus dieser Analyse geht insgesamt hervor, dass verlässliche Angaben zur EBF generell nur schwer zu erhalten sind. Der Fehler jeder Schätzung des Energiebedarfs des Kantonalen Gebäudeparks hängt jedoch direkt von der Qualität dieser Angabe ab. Heute ist insgesamt mit einem Fehler der Schätzung der gesamten Kantonalen EBF in der Grössenordnung von mindestens 30% zu rechnen. Insbesondere konnte noch keine Methode gefunden werden um die EB-Flächen ohne Wohnnutzung (Büro, Gewerbe, usw.) zu quantifizieren (geschätzte 6-10%). Bei der Schätzung mittels Wohnflächen werden diese nicht berücksichtigt.

Damit ist der Fehler bei der Schätzung der Heizenergie und der CO₂-Emissions des Gebäudebestandes deutlich höher als 30%. Bei Einschränkung der Berechnungen auf kleinere Gebiete (Gemeinden, Regionen) kann dieser Fehler, alleine auf Grund falscher EBF, auch grösser werden. Zeitreihen über solche Daten bergen das Risiko nicht „echte“ Veränderungen sondern nur methodische Verbesserungen in der Erhebung solcher Daten abzubilden.

2.4 Analyse der GWR-Einträge

Der Fehler bei Flächenangaben wurde in Kapitel 2.3, Energiebezugsflächen im GWR, bereits umfassend diskutiert. Hier soll nur noch darauf hingewiesen werden, dass die Fläche proportional in Energiekennzahlen einfließt, wodurch dieser Fehler erheblich ist. Neben der berechneten EBF wurden alle anderen energetisch relevanten Einträge im GWR mittels Vergleichsdaten auf Abweichungen überprüft. Der für diese Analyse verwendete GWR-Datensatz wurde im Juni 2012 exportiert. Die Vergleichsdaten wurden überwiegend nach 2007 erhoben. Genaue Angaben zu den einzelnen Datenquellen sind in der Datenlandschaft in Kapitel 2.1.3 ersichtlich. Die Ergebnisse der Datenanalyse sind in Tabelle 5 zusammengefasst. Die mit 17% relativ grosse Abweichung beim Eintrag Gebäudekategorie (GKAT) mag überraschen, ist aber mit den unterschiedlichen Bezeichnungen verschiedener Datensätze zu erklären. So liegt die Abweichung zwischen den Vergleichsdaten und dem GWR im Hinblick auf EFH und MFH bei lediglich 8%. Bei gemischten Nutzungen ist die Situation häufig unklarer, so dass Gebäude z.T. in einer Datenbank als MFH und in einer anderen als Wohngebäude mit Nebennutzung bezeichnet werden. Dies ist zu berücksichtigen, wenn gemischte Nutzungen aus dem GWR verwendet werden.

2.4.1 Bauperiode (GBAUP)

Gravierender ist die 19%-Abweichung in Bezug auf das Baujahr resp. die Bauperiode. In fast einem Fünftel der Fälle stimmt die GWR-Bauperiode nicht mit den Vergleichsdaten überein. Für Energiekennzahl-Modelle des Kantons, in denen die Bauperiode einer der wichtigsten Parameter sein dürfte, wirken sich fehlerhaft erfasste Bauperioden direkt auf den modellierten Energieverbrauch aus.

Tabelle 5: Auswertung der GWR-Einträge mit Vergleichsdaten

Parameter	Vergleichsdaten	Stichprobe	Abweichung
Gebäudekategorie (GKAT) ⁴	Förderprogramm, Gebäudeprogramm, GEAK, Minergie	4'900 (4'400)	17% (nur EFH, MFH 8%)
Bauperiode (GBAUP)	Förderprogramm, GEAK	1'850	19%
Sanierungsstand resp. Renovationsperiode (GRENP) ⁵	Förderprogramm, Gebäudeprogramm, GEAK, Minergie	4'070	78%
Energiebezugsfläche (EBF)	Förderprogramm, GEAK, Minergie	1'940	21% (EFH 24%, MFH 18%) ⁶
Heizenergieträger (GENHZ)	Förderprogramm, GEAK, Minergie, CKW	13'800 (450)	20% (Saniert 80-90%)

2.4.2 Sanierungen (GRENP)

Neuere Sanierungen (Renovationen (Gebäude Renovations-Periode)) sind im GWR selten erfasst. So fehlen 78% der Sanierungen nach 2005, welche in den Vergleichsdaten enthalten sind (Abbildung 29). Nur im Vergleich mit den GEAK-Daten wurde die Sanierungsperiode der letzten Sanierung überprüft. Das bessere Ergebnis bestätigt, dass ältere Sanierungen besser erfasst sind. Insbesondere Heizungssanierungen finden äusserst selten ihren Weg in den GWR, wie Abbildung 29 verdeutlicht.

⁴ Die untersuchten Kategorien sind: EFH, MFH, Nebennutzung (WHmNN), teilw. Wohnnutzung

⁵ Lediglich beim GEAK-Datensatz wurden die exakten Sanierungsperioden mit dem GWR verglichen. Bei den anderen Datensätzen wurde untersucht, ob eine Sanierung nach 2005 (Zeitraum der Förderprogramme) im GWR eingetragen ist.

⁶ Der Mittelwert der relativen Abweichung der berechneten GWR-EBF von den Vergleichsdaten beträgt 21%. Der Median liegt bei 16% (vgl. Kapitel 1.3)

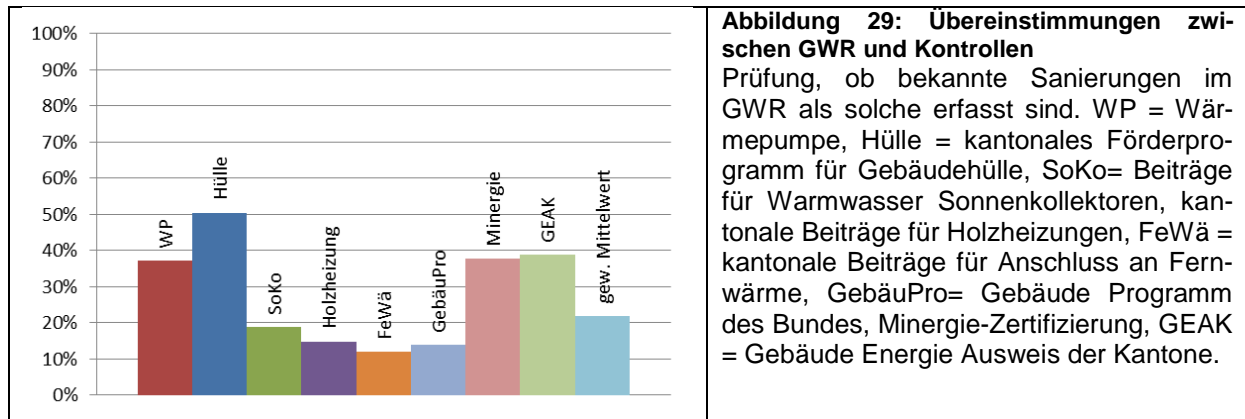


Abbildung 29: Übereinstimmungen zwischen GWR und Kontrollen

Prüfung, ob bekannte Sanierungen im GWR als solche erfasst sind. WP = Wärmepumpe, Hülle = kantonales Förderprogramm für Gebäudehülle, SoKo= Beiträge für Warmwasser Sonnenkollektoren, kantonale Beiträge für Holzheizungen, FeWä = kantonale Beiträge für Anschluss an Fernwärme, GebäuPro= Gebäude Programm des Bundes, Minergie-Zertifizierung, GEAK = Gebäude Energie Ausweis der Kantone.

2.4.3 Energieträger für Heizung (GENHZ)

Die grösste Stichprobe lag für den Vergleich des Heizenergieträgers vor. Die Bezeichnung des Energieträgers im GWR war bei 50% der überprüften Daten abweichend. Es dürfte sich insbesondere um alte, bei Renovationen nicht nachgeführte Datensätze handeln. Nach den obigen Ausführungen zu den Einträgen bei Heizungssanierungen überrascht dies weniger. Neben tatsächlich falschen GWR-Daten kommt bei den Heizsystemen dazu, dass Gebäude vermehrt mit kombinierten Systemen beheizt werden. So sind Sonnenkollektoren zur Heizungsunterstützung bei neueren Gebäuden häufig in Kombination mit Holzheizungen zu finden. Alte direkt elektrisch beheizte Bauten haben öfters zusätzliche Holzöfen. Dazu kommen elektrische Not- oder Zusatzheizungen zur Abdeckung der Spitzenlast in Kombination mit verschiedenen Heizsystemen.

2.5 uwe-interne Datenquellen

Wie bereits erwähnt, stellen die kantonseigenen Förderprogramme die ergiebigste interne Datenquelle des uwe dar. In den Abteilungen Gewässer und Abwasser liegen zahlenmässig umfangreichere Datensätze vor. Beispielsweise sind die Baubewilligungen für Erdsonden-Bohrungen und Register der Heizöltanks zu erwähnen. Letztere enthalten jedoch wenig Information über die Gebäude oder deren Wärmebedarf. Aus den Erdwärmesonden-Bewilligungen kann jedoch abgeleitet werden, dass der Energieträger der, auf derselben Parzelle liegenden Gebäude, eine Wärmepumpe sein sollte. Aus der Länge der Erdwärmesonde kann grob der Energiebedarf abgeschätzt werden.

2.5.1 Förderprogramm

Seit 2007 werden vom Kanton Luzern Massnahmen für energetische Verbesserungen im Gebäudebereich finanziell unterstützt. Namentlich sind dies Sanierungen an der Gebäudehülle und die Umstellung auf energieeffiziente Heizsysteme. Die GEAK-Daten bilden einen Sonderfall, da sie von Energie-Schweiz verwaltet werden, der Kanton aber Zugriffsrechte besitzt. Alle Daten sind gebäudescharf und lassen sich über die Postadresse respektive die Parzellennummer (bei etwa 50% der Einträge) zuordnen. Dabei fällt auf, dass sich etwa ein Viertel der Einträge nicht automatisiert mit einem eindeutigen EGID verknüpfen lässt. Die Ursachen sind in Kapitel 3 genauer beschrieben.

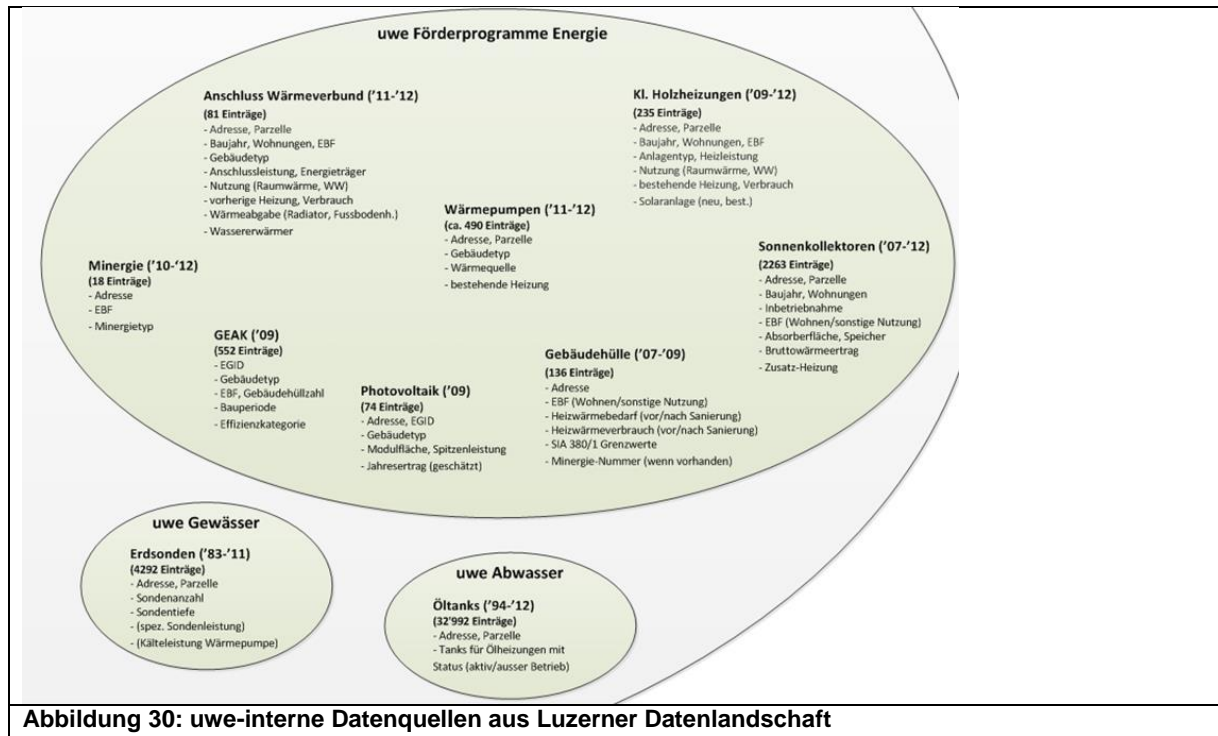


Abbildung 30: uwe-interne Datenquellen aus Luzerner Datenlandschaft

Die Stichprobe der geförderten Gebäude ist nicht repräsentativ für den Gesamtgebäudebestand im Kanton Luzern. Alle Fördermassnahmen dürften die energetische Qualität der Bauten auf ein überdurchschnittliches Niveau bringen. Inwiefern die Gebäude bezüglich ihrer Typologie und Altersstruktur den Gesamtbestand widerspiegeln bleibt indes abzuklären.

Besonders interessant sind die Förderungen für Anschlüsse an Nahwärmeverbunde, kleine Holzheizungen, Verbesserungen an der Gebäudehülle, da hier effektive Heizwärmeverbräuche angegeben werden. Aber auch die geförderten Minergie-Sanierungen und die GEAK-Aktion von 2009 erlauben eine gute Einschätzung des Heizwärmeverbrauchs, durch die Gegebenen Grenzwerte und Energieklassen. Nur indirekt nutzbar sind die Daten aus den Förderprogrammen für thermische Solaranlagen, da deren Erträge den Energiebedarf nur zu unbekanntem Teil abdecken.

Bei der Mehrzahl der Förderprogramme wird die Energiebezugsfläche der Objekte erhoben, was eine Überprüfung der Wohnungsflächen des GWR ermöglicht. Auch der teilweise angegebene Heizungstyp vor der Sanierung und die aktuelle Art der Wärmeerzeugung (Heizung und Warmwasser) erlauben die Evaluation der Aktualität und generellen Datenqualität des GWR. Gleiches gilt für den angegebenen Gebäudetyp (EFH, MFH) sowie die Anzahl Wohnungen pro Gebäude.

Als interne Datenquelle, die auch zukünftig hochwertige Informationen liefern wird, konnten in der Folge dieser Arbeit Verbesserungen für die Gestaltung und Nutzung der Fördergesuche bereits umgesetzt werden. Grundsätzlich verbessert und vereinfacht eine Abfrage der EGID die Zuordnung der Gebäude drastisch. Auch für die interne Qualitätssicherung ist die Identifikation von Gebäuden mittels EGID bei Verwaltungsvorgängen sehr vorteilhaft. Mittels kGWR kann jederzeit der aktuelle Gebäudebesitzer ermittelt werden, was bei Handänderungen bereits getätigte Förderungen trotzdem sicher dem Gebäude zuordenbar macht.

2.5.2 Erdsonden-Bewilligungen

Seit 1983 sind bis Mai 2013 in der Abteilung für Gewässerschutz ca. 5'200 Gesuche zur Bewilligung einer Bohrung zur Nutzung von oberflächennaher Erdwärme eingegangen. Alle Gesuchsformulare sind archiviert und Teile der Angaben sind in einer Datenbank erfasst. Die elektronisch erfassten Daten betreffen in erster Linie Informationen mit Relevanz für den Gewässerschutz, sind aber teilweise auch für Energiefragen verwendbar. Für Energiefragen ist es zentral die Sondenanlage einem oder mehreren Gebäuden zuzuordnen zu können, welche die daraus gezogene Wärme verwenden. Die Zuordnung der Sondenanlage zu dem damit beheizten Gebäude ist in der Regel via Parzellennummer möglich. Probleme bereitet die Zuordnung dann, wenn Parzellen nach Bewilligung in weitere Parzellen aufgeteilt werden. Nicht selten besteht eine Sondenanlage auch aus mehreren Bohrungen die auf verschiedenen Parzellen liegen, jedoch mit einer einzigen Wärmepumpe betrieben wird. Die Heizwärme wird dann auch oft an ein oder mehrere Gebäude wieder verteilt. Probleme bereitet die Zuord-

nung dann, wenn es sich um Parzellen in zusammengelegten Gemeinden handelt und diese mehrfach vorkommen. Um diese Fehler zu identifizieren kann geprüft werden, ob die Koordinaten der Sonden in der Nähe der Koordinaten des, auf der Parzelle stehenden Gebäudes liegen (z.B. näher als 50m). Da aber sowohl die Koordinaten der EWS wie auch der GWRs Fehlerbehaftet sind, werden so einige an sich korrekt zugeordnete Gebäude, wieder eliminiert. Auf diese Weise kann in knapp 80% der Fälle eine verifizierte Zuordnung von Sonden zu Gebäuden des GWR erfolgen. Würde beim Einreichen der Gesuche das, oder die mit der Sondenanlage zu beheizenden Gebäude mittels EGID erfasst, könnten die Daten wesentlich einfacher und sicherer verwertet werden. Würde zusätzlich der, der Dimensionierung der Sonde zu Grunde liegende Heizwärmebedarf erfasst, wäre hier eine ideale Quelle von Energiedaten zugänglich. Es ist ein Beispiel, wie mit minimalem Mehraufwand ohnehin vorhandene Information für Energiefragen genutzt werden können!

In ihrer zeitlichen Spreizung über knapp 30 Jahre weisen die Erdsonden-Daten eine gute Repräsentativität auf, wobei die Anzahl der Bohrungen vor allem in den letzten 10 Jahren stark zugenommen hat. Insgesamt ist davon auszugehen, dass Gebäude mit einer Wärmepumpenheizung energetisch überdurchschnittliche Qualität aufweisen. Zudem kommen Erdsonden-Wärmepumpen vermehrt in Einfamilienhäusern zum Einsatz.

Von den elektronisch erfassten Informationen sind für energetische Auswertungen die Anzahl der gebohrten Sonden sowie deren Bohrtiefe interessant. Mit einer geschätzten spezifischen Wärmeleistung des Erdreiches (z.B. 40 W/m) und einer Betriebsstundenzahl von 1800 h/Jahr lässt sich der projektierte jährliche Wärmebezug eines Gebäudes abschätzen. Indirekt lässt sich aus den Erdsonden-Bewilligungen die Angabe zum Energieträger im GWR überprüfen. Im Falle einer realisierten Erdsonden-Bohrung kann davon ausgegangen werden, dass das dazugehörige Gebäude mit einer Wärmepumpenheizung ausgestattet wurde.

Neue Erdwärme-Sonden werden nach der SIA-Norm 384/6 dimensioniert. Als Inputgrösse ist hier vom Wärmeenergiebedarf Q_H des Hauses auszugehen. Das ist genau die Grösse die, dividiert durch die EBF, die Energiekennzahl des Gebäudes ergibt. Der Wärmeenergiebedarf Q_H ist die Schlüsselgrösse um die Energetische Qualität des Gebäudebestandes zu umschreiben. Daher wäre es sehr gewinnbringend bei der Bewilligung diese, vom Planer der EWS ohnehin bekannte Grösse in die Datenbank der EWS abzulegen.

2.5.3 Öltankregister

Die Abteilung Abwasser registriert alle Öltanks im Kanton Luzern und aktualisiert deren Status. Insgesamt sind knapp 33'000 Öltanks in der Datenbank erfasst. Die Tanks sind zum Schutz des Grundwassers bewilligungspflichtig. Mit den erfassten Angaben zur Adresse, den Koordinaten und der Parzellennummer lassen sich die Tanks relativ gut einzelnen Gebäuden aus dem GWR zuordnen. Mit rund 50% aller Luzerner Gebäude ist die Menge der Öltankdatenbank zweifellos repräsentativ, zumal Ölheizungen in allen Gebäudetypen verwendet werden. Da jedoch lediglich der Status des Tanks (in oder ausser Betrieb) erfasst ist, können keine weiteren Rückschlüsse über den Heizwärmebedarf der Bauten gemacht werden. Die Angabe eignet sich letztlich zur Prüfung der GWR-Angaben der Energieträger der Heizung. Auch in Zukunft wird diese Datenquelle vermutlich nicht in den Fokus energetischer Betrachtungen rücken.

2.6 Direkt zugängliche externe Datenquellen

Neben den Datensätzen, welche im uwe direkt verfügbar sind, besitzt es direkte Zugriffsrechte auf eine Gruppe von Datenquellen externer Datenhalter. Dazu zählen das Minergielabel im Kanton Luzern und die Förderprogramme des Bundes (Abbildung 31). In diesen Fällen erhält das uwe regelmässig oder auf Anfrage aktuelle Auszüge aus den Datenbanken.

2.6.1 Minergie

Der Kanton Luzern ist berechtigt, das Label Minergie auf seinem Gebiet zu vergeben. In der Praxis hat der Kanton den Vollzug dieser Aufgabe an externe Unternehmen ausgelagert. Anträge zur Zertifizierung mit dem Minergie-Standard werden, von diesen geprüft und – nach Visum durch die Abteilung Energie des uwe – ausgestellt.

Alle Minergie-Daten (knapp 1'000 Einträge) sind für energetische Untersuchungen sehr ergiebig, jedoch mit ähnlichen Schwierigkeiten bei der Zuordnung zu GWR behaftet wie die bisher beschriebenen Datensätze. Im Falle der Minergie-Datenbank kommen zu den nicht eindeutig formulierten Adressdaten noch Mehrfacherfassungen hinzu. Zum einen können mehrere Gebäude gleichzeitig zertifiziert werden, was die eindeutige Zuordnung von Minergie-Nummer zu EGID erschwert. Zum anderen wur-

den in manchen Fällen nach der provisorischen Zertifizierung neue Minergie-Nummern für die endgültige Zertifizierung vergeben, was zu Doppelnennungen bei der EGID-Vergabe führt und die aggregierte Statistik verfälscht.

Da es sich bei Minergie um einen Standard für energetisch besonders hochwertige Gebäude handelt, ist dieser Datensatz nicht repräsentativ für den Gesamtgebäudebestand. Selbst bei Neubauten werden im Kanton Luzern lediglich wenige Prozent der Gebäude Minergie-zertifiziert. Für jedes Minergie-Gebäude liegen der berechnete Heizwärmebedarf, die gewichtete Minergiekennzahl und der effektive Heizenergieverbrauch (berechnet) vor. Zudem beinhaltet die Datenbank die Energieträger für Heizwärme und Warmwasser sowie die EBF und den Gebäudetyp. Als gut dokumentierte Stützmenge eignen sich die Minergie-Bauten also sehr gut für energetische Analysen die keine hohe Repräsentativität erfordern. Auch eine Überprüfung der GWR-Daten ist möglich.

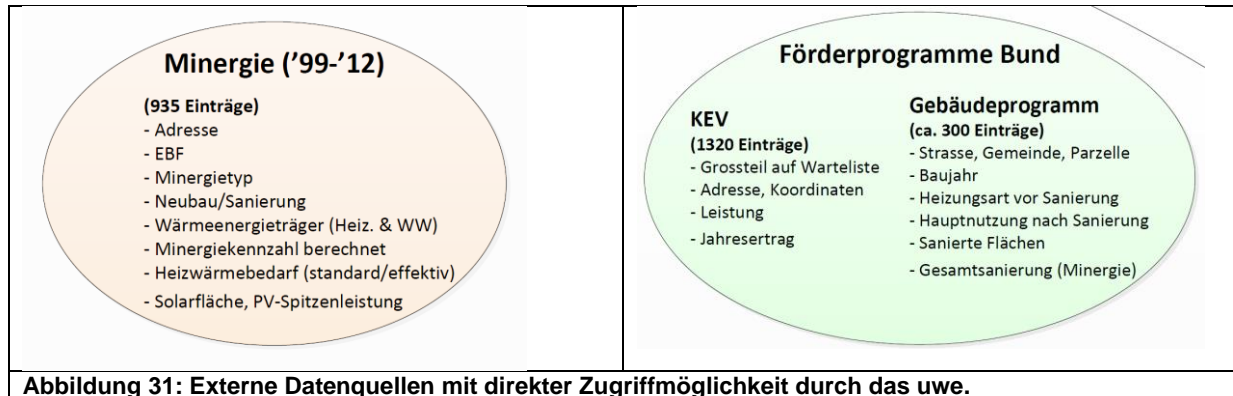


Abbildung 31: Externe Datenquellen mit direkter Zugriffsmöglichkeit durch das uwe.

Mögliche Verbesserungen sind bei der elektronischen Erfassung der Adressdaten vorhanden, welche die eindeutige Zuordnung der Bauten vereinfacht. Bei zukünftig geplanten Online-Versionen des Minergie-Antrags sollten entsprechende Kontrollmechanismen eingeführt werden. Wünschenswert wäre zudem eine Erfassung des EGID, wobei dieser im Falle von Neubauten bereits in der Baugesuchphase durch die Gemeinde gelöst werden müsste, was heute nicht flächendeckend der Praxis entspricht. Insbesondere bei der Berechnung von Szenarien bezüglich der Entwicklung des gebäudebezogenen Energieverbrauchs im Kanton, könnten die Minergie-Daten genutzt werden, da sie bereits heute zukünftige Gebäudestandards abbilden können.

2.6.2 Das Gebäudeprogramm

Mit seinem Gebäudeprogramm (ehemals Stiftung Klimarappen) fördert der Bund Sanierungstätigkeiten an der Gebäudehülle. Die Abwicklung der Förderung liegt bei der Gebäudeprogramm AG, welche von Ernst Basler und Partner unterstützt wird. Das uwe hat Zugriff auf die Datenbank mit den elektronisch erfassten Angaben aus Fördergesuchen für Gebäude auf dem Kantonsgebiet. Bis 2012 umfasst die Datenbank etwa 300 Einträge, welche sich wiederum über die Gebäudeadresse und Parzellennummer dem GWR zuordnen lassen.

Da es sich um eine kleine Stichprobe energetisch gut sanierter Gebäude handelt, ist diese Datenquelle kaum repräsentativ. Möglicherweise können aber Aussagen zum Sanierungsverhalten abgeleitet werden.

Für energetische Auswertungen interessant sind die Angaben zu sanierten Bauteilen und ihren U-Werten. Zudem ist vermerkt, ob das Gebäude einer Gesamtsanierung nach Minergie unterzogen wurde. In diesem Fall liesse sich in einem Quervergleich die Konsistenz der unterschiedlichen Datenbanken überprüfen (Förderung Minergie, Minergie, Gebäudeprogramm). Die Angaben zum Baujahr, dem Sanierungszeitpunkt, der Hauptnutzung nach der Sanierung und der Heizungsart lässt sich zudem die GWR-Datenqualität untersuchen.

Leider wird die Energiebezugsfläche im Gesuchsformular des Gebäudeprogramms nicht abgefragt, was für zukünftige Analysen durchaus wünschenswert wäre. Auch der Anteil der sanierten Flächen an der Gesamtfläche (z.B. Dach, Fenster etc.) wäre hilfreich, um die Sanierungstiefe zu quantifizieren. Aus den erfassten Daten ist nur schwer ersichtbar, in welchem Ausmass die Sanierung den Energiebedarf des unterstützten Gebäudes senken wird.

2.6.3 Kostendeckende Einspeisevergütung KEV

Die Kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) des Bundes fördert Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energie mit langfristig garantierten Vergütungssätzen. Diese Datenquelle ist nur der Vollständigkeit halber aufgeführt, da erneuerbare Energiequellen zwar mit Gebäuden verbunden sein können, jedoch wenig Rückschlüsse auf dieselben zulassen. Lediglich der Anteil an Photovoltaikanlagen im Gebäudebestand könnte indirekte Hinweise auf die Gebäudetechnik geben. Zu der grundsätzlich schwierigen Verwendbarkeit der Daten kommt, dass die meisten Objekte in der KEV-Datenbank den Status einer Warteliste tragen. Darüber hinaus ist die Verknüpfung mit den GWR-Daten erschwert. Das liegt einerseits daran, dass es viele PV-Anlagen auf Nicht-Wohnhäusern (z.B. Ställen) gibt, die nicht alle eine EGID besitzen. Zudem wird die Erfassung der KEV-Projekt-Adresse durch die Antragsteller gemacht, weshalb sie nicht überprüft werden und entsprechend fehlerbehaftet sind. Da viele PV-Anlagen auf Gebäuden im ländlichen Raum in Weilern gebaut werden, ist hier die nicht eindeutige Adress-Gebäude-Beziehung besonders häufig anzutreffen. Hier wäre es besonders nützlich wenn lückenlos allen Gebäuden eine EGID zugeordnet werden könnte um auch PV-Anlagen eindeutig zu verorten.

2.7 Externe Datenquellen

Aus der Vielzahl externer Datenquellen zu denen das uwe keinen direkten Zugang besitzt, werden in diesem Kapitel einige vorgestellt, welche potenziell über interessante Energiedaten verfügen. Die Auflistung beansprucht keine Vollständigkeit. Zudem variiert die Datenqualität bezüglich Gebäude-Energieverbrauch stark. Bei allen externen Datenquellen sind Datenschutzfragen zu beachten. Bei kleineren Stichproben kann man eine anonymisierte Abfrage vornehmen. Eine korrekte Auswertung zu aggregierten Daten ist nur auf korrekten und detaillierten Einzelinformationen mit Bezug zu einem konkreten Objekt möglich.

2.7.1 Leitungsgebundene Energie, Energieversorger

Grundsätzlich sind den Versorgungsunternehmen die Verbräuche leitungsgebundener Energieträger (Strom, Gas, Wärme) mindestens Gebäudescharf bekannt. Dem energieliefernden Unternehmen ist in der Regel aber nicht genau bekannt wozu die Energie verwendet wird. Wird beispielsweise Gas für eine Gasfeuerung geliefert, so weiss der Gaslieferant nicht, welche und wie viele Gebäude mit der erzeugten Wärme beheizt werden. Die Adresse des Kessels ist für den Gaslieferant gleichzeitig der Verbrauchsort, dieser ist jedoch nicht notwendigerweise deckungsgleich mit den Bezugsorten der erzeugten Wärme. Bei der Installation der Strom-Anschlüsse wird zwar der Verwendungszweck vermerkt. Es kann aber kaum überprüft werden ob nach vielen Jahren an einem bestimmten Netzanschluss dass noch immer eine Elektroheizung und nur diese angeschlossen ist. So ist auch dem Stromlieferanten oft unbekannt wozu der Kunde den Strom braucht. Ein Sperrtarif bei der Netzeinspeisung ergibt allerdings einen eindeutigen Hinweis, dass der Anschluss für eine Wärmepumpe oder Widerstandsheizung genutzt wird.

So sind bei der CKW ungefähr 12'000 Anschlüsse vertraglich als Sperrtarif konzipiert. Das heisst, der Lieferant kann bei hoher Netzlast und hohem Marktpreis die Last bei den Kunden zwischen zwei und acht Stunden pro Tag ausschalten. Diese Möglichkeit macht ausschliesslich bei Widerstandsheizungen und Wärmepumpen Sinn, da hier in der Regel ein Wärmezwischenspeicher die stromlose Zeit problemlos überbrücken kann. Bei den Anschlüssen mit Sperrtarif kann also mit Sicherheit davon ausgegangen werden, dass sie zu Heizzwecken verwendet werden. Allerdings ist damit noch nicht bekannt, welche Gebäude, oder Gebäudeteile mit dieser Wärme beheizt werden. Ebenso wenig ist bekannt ob zusätzliche Wärmequellen (z.B. Holz) im Einsatz sind.

Im Falle der genannten Sperrzeit-Tarife kann der Verwendungszweck des Stroms für Wärmepumpen, respektive Elektroheizungen, eindeutig identifiziert werden. Der GWR gibt ausserdem Auskunft ob der Sperrtarifanschluss für Widerstandsheizung oder WP verwendet wird. Bei Wärmepumpen muss aber eine Jahres-Arbeits-Zahl (JAZ) angenommen werden, um aus dem Stromkonsum die erzeugte Wärme abzuschätzen. Hier liegt eine relativ grosse Unsicherheit, da die JAZ von vielen Parametern abhängt und stark streut (Erdsonde oder Luft WP, korrekt dimensioniert oder ungünstig). In jedem Fall müssen die Verbrauchswerte mit Angaben zur Warmwassererzeugung aus dem GWR ergänzt werden, da hier verschiedene Wärmeerzeuger zum Einsatz kommen (etwa Sonnenkollektoren als Heizungsunterstützung oder Direkt-Elektrische Wasserboiler für den Sommerbetrieb bei Fernwärme).

Wärme wird häufig (bei 12% aller Heizungen) in Wärmeverbunden (ZH-Heizung für mehrere Gebäude) geliefert. Der Energieträger ist hier meistens Öl, bei MFH auch oft Gas (22%). Aus dem Gasverbrauch und der Wärmeabgabe von Wärmeverbunden an einzelne Gebäude können Energiekennzah-

len gut hergeleitet werden. In diesen Fällen kann der Energieverbrauch, nach Heizgradtagen bereinigt, auf die EBF bezogen, angegeben werden. Es muss verifiziert werden, ob Warmwasser auch mit diesen Energieträgern hergestellt wird.

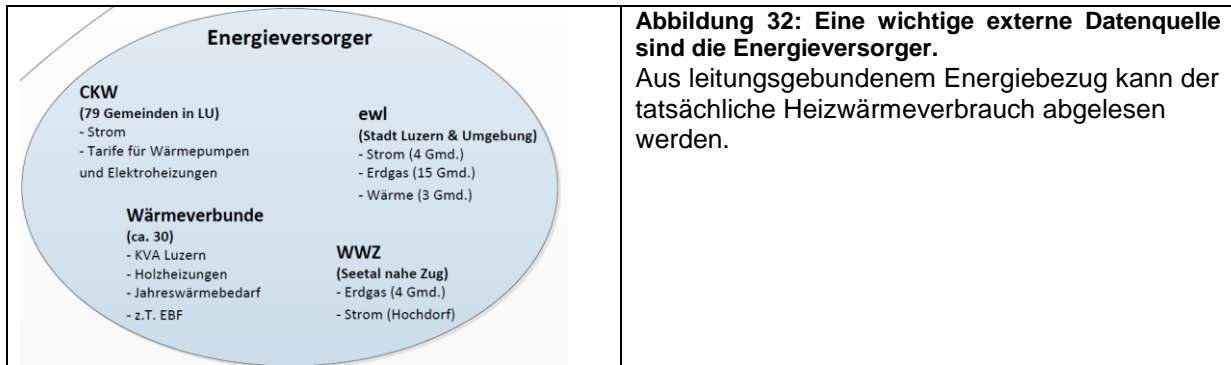


Abbildung 32: Eine wichtige externe Datenquelle sind die Energieversorger.

Aus leitungsgebundenem Energiebezug kann der tatsächliche Heizwärmeverbrauch abgelesen werden.

Allen diesen Methoden der Auswertung von leitungsgebundenen Energieträger ist gemeinsam, dass es sehr genaue Daten auf der Basis des einzelnen Gebäudes braucht, um überhaupt eine brauchbare Energiekennzahl zu berechnen. Es ist grundsätzlich nicht möglich aggregierte Daten zu erzeugen, ohne über die Einzeldaten zu verfügen. Momentan bietet das Energiegesetz den Energielieferanten keine ausreichende Basis um die Daten ihrer Kunden den Behörden zu statistischen Zwecken bekannt zu geben. Um in Zukunft Energiekennzahlen für ein kontinuierliches Monitoring des kantonalen Energieverbrauchs zu nutzen, muss eine gesetzliche Grundlage geschaffen werden, die es den Versorgungsunternehmen ermöglicht, auch unaggregierte Energieverbrauchsdaten an den Kanton weiterzugeben. Letztlich sind Verbräuche leitungsgebundener Energieträger die am besten verwertbare Datenquelle. Allerdings ist auch dann noch eine aufwändige, detaillierte Bereinigung und Ergänzung der Daten notwendig bevor Energiekennzahlen berechnet werden können.

2.7.2 Nicht-Leitungsgebundene Energieträger

Bei entsprechender Gesetzesgrundlage ist in Zukunft auch denkbar den Verbrauch an Heizöl einzelner Verbraucher zu erheben. Dies bedingt in der Regel aber zusätzliche technische Installationen. Den Verbrauch aus unregelmässigen Lieferungen von Tankfüllungen zu erheben ist sehr ungenau und kaum einer Auswertungsperiode zuzuordnen. Daher müsste bei Brennern mit konstanter Leistung mindestens ein Betriebsstundenzähler installiert und regelmässig oder mindestens an definierten Daten ausgelesen werden. Bei leistungsmodulierenden Brennern müsste eine Brennstofffluss-Messung vorgenommen und aufgezeichnet werden. Beides ist, ohne gesetzliche Pflicht nur schwer umsetzbar. Holzverbrauchsdaten sind sehr schwer zu erheben. In ländlichen Regionen ist Holz ein weit verbreiteter Energieträger. In den Gemeinden Hasle, Werthenstein, Entlebuch, Schongau, Ufhusen, Escholzmatt-Marbach, Hergiswil bei Willisau, Luthern, Ebersecken, Romoos liegt der Anteil über 40% aller Gebäude. Oft wird er günstig aus eigenen Waldbeständen gewonnen. Diese Brennstoffe erscheinen nie in einer Statistik. Meist hat nicht einmal der Betreiber eine genaue Vorstellung wie viel Holz er braucht.

2.7.3 Kantonale Bauten

Zu kantonalen Bauten zählen in diesem Zusammenhang Gebäude im Besitz des Kantons (Schulhäuser, Amtsgebäude etc.) und Gebäude der Luzerner Pensionskasse (LUPK). Während der Kanton nur wenige oder gar keine Wohnbauten besitzt, verfügt die LUPK über ein grösseres Portfolio. Eine Abklärung der verfügbaren Energiedaten von Seiten der LUPK könnten sinnvoll sein, da es sich um einen kantonalen Gebäudeeigentümer mit einer grösseren Menge von Objekten handelt. Zukünftig könnten die Bauten der LUPK mit Verbrauchsmessungen als Stützmeng in ein Monitoring-Konzept eingebunden werden. Auch hier zeigten sich erste Erfahrungen, dass die Erhebung von brauchbaren Energiedaten bestimmter Gebäude für die Energiebuchhaltung technisch viel anspruchsvoller ist als erwartet.

2.7.4 Gebäudeversicherung

Noch umfassender als das GWR ist die Datenbank der kantonalen Gebäudeversicherung (GVL), da sie nicht auf Wohngebäude beschränkt ist. Insgesamt sind über 116'000 Gebäude bei der GVL erfasst. Fachleute der GVL schätzen den Wert jedes Gebäude alle 10 bis 15 Jahre oder wenn wertverändernde Massnahmen (Anbau, Sanierung, Abbruch) vom Eigentümer gemeldet werden.

Die GVL arbeitet mit eigenen Versicherungsnummern, welche im GWR ebenfalls erfasst sind. Da alle Gebäude registriert sind, ist die Datenquelle repräsentativ. Für energetische Analysen nutzbar sind vermutlich nur wenige Angaben aus der Gebäudeversicherung. Die Wertveränderung im Sanierungsfall könnte, beispielsweise Aufschluss über die Sanierungsqualität geben. Es ist aber trotzdem nicht eindeutig erkennbar, ob es sich um eine energetische Verbesserung oder beispielsweise den Ausbau eines Dachstockes handelt. Auch im Falle der GVL dürfte der Datenschutz die Einsicht in Teile der Datenbank erschweren. Insgesamt ist diese Datenquelle zurzeit nicht prioritär zu behandeln, könnte sich aber allenfalls für eine Überprüfung der Vollständigkeit des GWR eignen.

2.8 Kommunale Daten

Grundsätzlich haben die Daten im GWR ihren Ursprung bei den Gemeindebauämtern. Im Kanton sind die Gemeinden die Bauwilligungserteilende Behörde. Bei Ihnen fallen die primären Daten an. Würden diese, wie im Falle des GWR, in einer zentralen Datenbank eingepflegt, so können diese leicht genutzt werden. Es fallen wesentlich detailliertere und aussagekräftigere Daten an, die mangels eines Instruments und einer Gesetzesgrundlage nicht zentral erfasst werden und daher einer Auswertung auch nicht zugänglich sind.

2.8.1 Baugesuche, Wärmenachweis

Bei Neubauten und Umbauten ist von der Bauherrschaft ein Wärmeschutz-Nachweis notwendigerweise beizubringen. Die Wärmeschutznachweis (Energienachweis, SIA 180:1) Diese Daten werden zwar geprüft, jedoch nicht in einer Datenbank systematisch erfasst. Diese würden, richtig erfasst, eine exzellente Quelle von Informationen über den Gebäudezustand des neuen und erneuerten Gebäudes ermöglichen. Es muss in Zukunft eines der dringendsten Anliegen der Energiestatistik sein, diese qualitativ hochstehenden und entsprechend teuren Daten nicht ungenutzt zu verwerfen. Der Energienachweis gibt den berechneten theoretischen Energiebedarf an. Er ist eine Gebäudeeigenschaft unabhängig vom Nutzerverhalten. Liessen sich diese Daten auf den gesamten Gebäudebestand hochrechnen würden sie Entwicklungen und Wirkung von Massnahmen besser und direkter wiedergeben als der tatsächliche Energieverbrauch, der ja vom Nutzerverhalten und vom Wetter beeinflusst wird.

2.8.2 Feuerungskontrollen

Drei Viertel aller Gebäude im Kanton Luzern sind Öl-, Gas- oder Holzbeheizt. Alle Feuerungsanlagen erfordern regelmässige Kontrollen durch Fachpersonen (Kaminfeger). Diese werden bei kleinen Anlagen durch die kommunale Feuerungskontrolle beaufsichtigt. Im Rahmen dieser gesetzlich verankerten Kontrollen könnten Leistungs-, Verbrauchs- und Heizungsdaten erfasst werden. Diese Erfassungsart verspricht eine hohe Datenqualität, da sie von Fachleuten ausgeführt wird. Aktuell erhalten die Kontrolleure keinen Auftrag auch Leistungs- oder Verbrauchsdaten zu erfassen. Lediglich der Brennstoff wird erfasst. Zurzeit liegt jedoch keine gemeinsame kantonale Datenbank vor. In einzelnen Gemeinden werden die Adress-Daten durch die Kontrolleure noch nicht einmal elektronisch verwaltet. Für die Zukunft wäre eine Datenerfassung bei Anlagen in kommunaler Zuständigkeit ein vielversprechender Weg. Zumindest könnte systematisch der Brennstoff und die Kesselleistungen dieser Anlagen erfasst und mit dem GWR abgeglichen werden. Dies hätte zur Folge, dass die Energieträger im GWR wesentlich zuverlässiger wären. Mittels Betriebsstundenzähler oder notfalls geschätzten Betriebsstunden kann so der Energiebedarf abgeschätzt werden. Es wäre interessant, bei Feuerungen im GWR das zusätzliche Merkmal der Kesselleistung zu erfassen. Bei Heizungen ohne Kessel könnte entsprechend die Wärmepumpenleistung bzw. Elektroinstallationsleistung erfasst werden.

3 Verknüpfung der Daten aus verschiedenen Quellen

Der Datensatz des kGWR muss mit weiteren Angaben aus anderen Quellen ergänzt werden um Aussagen zum Energieverbrauch machen zu können. Hierbei ist es von entscheidender Wichtigkeit, dass ein bestimmtes Gebäude einfach, sicher und eindeutig identifiziert und mit Angaben zu Gebäuden aus anderen Datensätzen verknüpft werden kann. Die Identifikation sollte elektronisch und automatisch möglich sein. Diese scheinbar simple Forderung ist in der Praxis eines der Haupthindernisse um einfach gute Analysen erstellen zu können. In den Kapiteln 2.1.2 und 2.1.3 wurden – im Rahmen der Vorstellung aller Datenquellen – bereits Hinweise auf deren Zuordenbarkeit zum GWR gegeben. Die Identifikation und Zuordnung kann mittels der folgenden Schlüssel erfolgen:

- EGID des GWR ist in beiden Datenbanken angegeben (ideal)
- Postadresse des Gebäudeeingangs (Strassenname, Nummer, Zusatz, Postleitzahl)
- Parzellennummer (plus Gemeinde)
- Koordinaten

3.1 Zuordnung via Adresse


Häufig ist in den verschiedenen Teildatenbanken (Förderprogramme, Minergie, usw.) die Gebäudeadresse vorhanden (Strasse, Hausnummer, PLZ, Gemeindename) und lässt sich mit der im kGWR erfassten Adresse vergleichen. Grundsätzlich eignet sich dieses Zuordnungsverfahren, um die Daten eindeutig zu verknüpfen. Das Datenmodell des GWR erlaubt jedoch, dass einzelne Gebäude zwei Gebäudeeingänge und somit auch zwei Adressen besitzen können. In diesem seltenen Fall könnten korrekterweise mehrere Adressen einer EGID zugeordnet werden.

In der Praxis stellen Schreib- und Erfassungsfehler bei den Adressen der Teildatenbanken die grösste Unsicherheit dar. Strassenname, Hausnummer und PLZ sind häufiger mit Fehlern behaftet als rein numerische Grössen, wie etwa die Parzellennummer. In ländlichen Gebieten sind häufig keine eindeutigen Adressen je Gebäude vorhanden. Ein Weilername wird für mehrere Gebäude verwendet. In Tabelle 6 ist eine Auswahl typischer Zuordnungsprobleme dargestellt.

Tabelle 6: Typische Erfassungsfehler in Adressdatenbanken.

Daten falsch	Daten korrekt	Bemerkung
Pilatusstr. 4 Chr.-Schnyderstrasse 45	Pilatusstrasse 4 Christoph-Schnyder- Strasse 45	Im GWR ist der Strassenname ohne Abkürzung vermerkt
Luzernerstrasse 38	Luzernstrasse 38	Ortbezeichnungen im Strassennamen sind ungenau
Menznauerstrasse	Menznauerstrasse 103	Hausnummer nicht vermerkt (falsche Zuordnung, wenn im GWR Einträge ohne Nummer vorhanden)
Sonnhalde 40	Sonnhaldestrasse 40	Teile der Strassenbezeichnung sind weggelassen
Sonnenhaldenstrasse 11	Sonnhaldenstrasse 11	Verwechslungen zwischen Mundart und Schriftdeutsch
Berta-Reginastrasse 7a	Berta-Regina-Strasse 7a	Bei mit Bindestrich geschriebenen Namen treten unterschiedliche Variationen auf
In den Breiten 25 Rosenmättliweg 9	In der Breiten 25 Rosemättliweg 9	Schreibfehler treten an beliebigen Stellen auf
Mooshüsli/Moosstrasse Arigstrasse-HausA	Moosstrasse 2 Arigstrasse	Gebäudenamen oder -bezeichnungen sind in der Strassenbezeichnung angegeben
Hofmattweg 5-15 Hochhüsliweid 13+15	Hofmattweg 5 Hochhüsliweid 13	Mehrere Gebäude sind unter einem Eintrag zusammen genommen
6010 Schüpfheim 294 Ermensee	6170 Schüpfheim 6294 Ermensee	PLZ sind fehlerhaft angegeben
Buchrain (LU) Buchs St. Niklausen (LU)	Buchrain Buchs LU St. Niklausen LU	Das Kantonskürzel ist unnötigerweise oder in Klammern verfasst
Keine Bezeichnung	???	Leerzellen oder Phantasieeinträge
Moos, Malters		Weiler: verschiedene Gebäude mit nur einer Adresse

Abbildung 33: Beispiel nicht eindeutiger Adressen bei Weiler
(die Wirtschaftsgebäude haben keine EGID)

	Moos, Malters
	4 mal die selbe Adresse: EGID
	WHmNN 190210264
	MFH 215647
	MFH 215643
WHmNN 2061480	

Lediglich systematische Fehler wie abgekürzte Strassennamen oder falsche Klammern für Kantonskürzel in der Gemeindebezeichnung lassen sich automatisiert beheben. Alle anderen Ungenauigkeiten bei der Erfassung von Adressdaten verunmöglichen eine eindeutige Zuordnung oder führen sogar zu falschen Verknüpfungen der Daten. Letzteres bleibt in der Regel unerkannt, während fehlende Verknüpfungen durch Recherchieren gesucht werden müssen, falls die benötigte Stichprobengrösse dies erfordert. Die manuelle Recherche ist allerdings extrem zeitaufwändig und damit dauerhaft kein nutzbares Mittel. Ausserdem werden die externen Datensätze in der Regel fortlaufend ergänzt, wodurch diese manuellen Zuordnungen wieder verloren sind.

Eine weitere Besonderheit stellen die Daten kleinerer Wärmeverbunde dar. Darin sind die Wärmebezügler teilweise nur mit Nummern oder Gebäudebezeichnungen versehen und müssen über einen Ortsplan zugeordnet werden. Bei wenigen Gebäuden kann sich dieser Aufwand lohnen, wenn die Datenbank gute Energiedaten liefert. Flächendeckend für alle 8'500 im Wärmeverbund beheizten Gebäude ist dies nicht möglich. Zusammenfassend muss festgehalten werden, dass die Adresse keine eindeutige und zuverlässige Methode zur Identifikation eines Gebäudes ist.

3.2 Zuordnung via Parzellenummer

Grundsätzlich ist bei der Zuordnung mittels Parzellen- und Gemeindenummer mit weniger Erfassungsfehlern zu rechnen als bei der Adressmethode. Allerdings ist die Parzellenummer nur in einigen Datenbanken überhaupt erfasst (in vielen Fällen lediglich teilweise). Selbst bei korrekter Parzellenummer kann ein Teil der Gebäude nicht eindeutig zugeordnet werden: erstens können mehrere Bauten auf einer einzigen Parzelle stehen. Die Trefferquote verbessert sich diesbezüglich etwas, wenn aus dem GWR lediglich Bauten mit Wohnnutzung berücksichtigt werden, um Mehrfachtreffer durch Nicht-Wohnbauten zu vermeiden. Zweitens kommt es im Zuge von Gemeindefusionen zu mehrfach vorhandenen Parzellen in einer Gemeinde. In diesem Fall kann – wenn vorhanden – eine zusätzliche Berücksichtigung der PLZ oder des Orts- respektive Strassennamens Abhilfe schaffen. Trotz der beiden erwähnten Schwierigkeiten ist die Zuordnung mittels der Parzellenummer eine sichere Methode mit relativ guter Trefferquote, welche einen relativ geringen Teil an falschen Ergebnissen liefert.

Schwieriger ist, dass oft ist bei dem Erfassen von Daten bei neuen Überbauungen nur eine alte Parzellenummer vorhanden. Meist ist dann von der Gemeinde auch noch keine EGID beantragt. Erst im Laufe der Bautätigkeit werden aus einer grossen Parzelle neue, kleinere Parzellen abparzelliert. Die alte Nummer verschwindet ganz oder bezeichnet neu nur eine kleine Teilfläche. Die erfassten Gebäude können dann nicht mehr über die ursprüngliche Parzellenummer zugeordnet werden. Hier müsste bei den Datenbanken (Minergie, Erdwärmesonden, Förderungen) eine Nachbearbeitung der erst nach Bauabschluss vorhandenen, korrekten Information vorgenommen werden. Hier wäre es enorm hilfreich, wenn die Gemeinden schon bei Eingabe der Baugesuche eine EGID beantragen und bereits beim Baugesuchsverfahren angeben würden, obwohl sie dazu rechtlich nicht verpflichtet sind.

3.3 Zuordnung via Koordinaten

Mittels der geografischen Koordinaten eines Gebäudes in einer Teildatenbank kann über die Suche des minimalen Abstandes zu den im GWR erfassten Koordinaten eine Zuordnung erfolgen. Allerdings sind die geografischen Koordinaten nur in wenigen Datenbanken erfasst (z.B. Erdsonden-Daten). Bei dieser Methode muss zudem berücksichtigt werden, dass auch im GWR die Koordinaten fehlen oder grob falsch sein können (Abbildung 27). Eine Korrektur solcher falscher Koordinaten im GWR, ans BfS gemeldet, dauert momentan mehrere Jahre. Einfache Korrekturen der Koordinaten sind nicht beständig, da die AV-Koordinaten der Gebäude Primat haben und bei regelmässigen Importen ins GWR bereits korrigierte wieder überschreiben. Bei älteren Datenbanken sind die Koordinaten oft mit erheblicher Ungenauigkeit behaftet, da die heutigen GIS-gestützten Möglichkeiten der Bestimmung früher

nicht vorhanden waren. Neben falsch erfassten Koordinaten existiert noch eine weitere grundlegende Unsicherheit. Durch die Zuordnung über den geringsten Abstand zweier Koordinaten, kann auch irrtümlich das Nachbargebäude zugeordnet werden, wenn dieses nah der Grundstücksgrenze steht. Diese Unsicherheit lässt sich durch eine Kombination mit anderen Zuordnungsmethoden minimieren oder mindestens erkennen.

4 Erhebungsmethoden für Energiekennzahlen

Grundsätzlich können Energiekennzahlen auf sehr unterschiedliche Arten erhoben werden. Entscheidend für das Vorgehen ist der Zweck der Kennzahlen die dargestellt werden sollen. Allerdings ist es in der Praxis eher so, dass sich die Methode nach den verfügbaren Datensätzen richten muss, als nach den Ansprüchen des Zweckes. Typische Fragen die mit Energiekennzahlen beantwortet werden sollen sind exemplarisch:

- Wie entwickelt sich der Heizenergie-Bedarf des kantonalen Gebäudeparks?
- Wie hoch ist der Anteil erneuerbarer Energien am Gebäudeenergieverbrauch bzw. am Gesamtenergieverbrauch?
- Wie hat sich dieser Anteil in den letzten Jahren verändert?
- Wie viel Energie verbrauchen Elektrowiderstandsheizungen im Verhältnis zum Stromverbrauch aller Gebäude?
- Wie viel Strom brauchen die Wärmepumpen?
- Wie viel Strom muss zur Verfügung stehen, wenn alle Ölfeuerungen durch Wärmepumpen ersetzt würden?
- Zeigen sich die Anstrengungen zu Gebäudewärmedämmung in einem sinkenden Energiebedarf? Wie gross ist diese Änderung?
- Wie weit sind wir noch von der 2000Watt Gesellschaft entfernt?
- Wie hoch sind die CO₂-Emissionen durch die Erzeugung von Gebäudewärme? Und wie verändert sie sich?
- Wie gross ist die Gebäudeerneuerungsrate?

Um nur einige Beispiele zu nennen. Grobe Schätzungen sind recht schnell möglich. Bei kritischer Betrachtung dieser Grobschätzungen zeigt sich oft, dass die Genauigkeit nicht ausreicht um die eingangs gestellten Fragen schlüssig zu beantworten. Insbesondere die Frage nach Veränderungen, also Zeitreihen, ziehen den Anspruch nach sich, recht genau und immer mit gleicher Methode zu messen. Die Veränderungen bewegen sich in den interessierenden Zeitspannen von 5-20 Jahren oft nur im kleinen Prozentbereich. Da braucht es eine deutliche Verbesserung der Grundlagendaten um diese Genauigkeit zu leisten.

In diesem Kapitel werden eingangs theoretisch mögliche Modellansätze gegenübergestellt. Im zweiten Abschnitt folgt eine genauere Beschreibung des gewählten Modells für die Erhebung Luzerner Energiekennzahlen.

4.1 Quantifizierung des Heizwärmebedarfs

Je nach Anspruch an die Datenqualität variiert der Erhebungsaufwand für Energiedaten beträchtlich. Das Spektrum reicht von der Ableitung vorhandener nationaler Verbrauchszahlen bis zu einem kontinuierlichen Monitoring mit Wärmehählern in allen Haushalten. Grundsätzlich kann der Heizwärmebedarf mit zwei Ansätzen bestimmt werden: Zum einen durch die Messung oder Herleitung tatsächlicher Energieverbräuche oder zum anderen durch die Bestimmung des theoretischen Wärmebedarfs ausgehend von der Dämmqualität der Gebäude. Letzterer ist insofern interessant, dass er über die Qualität des Gebäudebestandes, unabhängig vom Nutzerverhalten, Auskunft gibt. Damit ist er ein direkteres Mass für den Erfolg der getroffenen Massnahmen, als der tatsächliche Wärmebedarf. Dieser Ansatz wäre längerfristig möglich, wenn die, für Bauvorhaben notwendige Nachweise von Wärmeschutz nach SIA 380:1 flächendeckend erfasst werden könnten. Daten dieser Art könnten langfristig auch über eine GEAK-Pflicht von bestehenden Gebäude erhoben werden (GEAK: Gebäude-Energie-Ausweis der Kantone). Unabhängig vom gewählten Ansatz müssen die Ergebnisse richtig interpretiert und gekennzeichnet werden. Verschiedene Ansätze können Energiekennzahlen liefern. Nur mit einer klaren Deklaration wie sie erhoben wurden, welches die Bezugsgrösse ist und mit einer Angabe der

geschätzten Genauigkeit können sie nutzbringend interpretiert werden können. Wichtig ist das Bewusstsein aller Akteure, die mit Energiedaten arbeiten. Zurzeit versprechen eine Reihe von Energiedatentools Ergebnisse mit geringem Aufwand, ohne den Aussagewert der Resultate zu kennzeichnen. Die visuell ansprechenden graphischen Outputs dieser Tools wecken mitunter unerfüllbare hohe Erwartungen an die Belastbarkeit der Aussagen dieser Tools. Politische Entscheidungsträger sind sich oft nicht bewusst wie ungenau solche Schätzverfahren sind. Massnahmenakzente auf Grund grober Schätzungen von schnell und einfach erhobenen Daten können bei genauerer Betrachtung auch falsch gesetzt sein.

4.2 Modell für Luzerner Heizwärmeverbrauch

Für die Evaluation des Luzerner Heizwärmeverbrauchs wurde ein Modell gewählt, das auf dem Energieverbrauch leitungsgebundener Energieträger einer ausgewählten Stichprobe von Gebäuden basiert (Stichproben-Modell: StiMo). Die Kantone beider Basel haben ein vom Prinzip her identischer Ansatz umgesetzt.

Die Idee des Stichproben-Modells basiert auf der Typisierung des Gebäudebestandes. Einzelnen Gebäudetypen sollten sich über die Auswertung von Stützdaten (Stichprobe) spezifische Verbräuche zuordnen lassen, wodurch der Gesamtenergieverbrauch des Kantons und vor allem dessen zeitliche Entwicklung mittels Bottom-Up-Methode ermittelt werden kann. Die Stützmengen setzen sich dabei aus unterschiedlichen leitungsgebundenen Heizenergieträgern zusammen. Um trotzdem einheitliche Energiedaten zu erhalten, werden die Verbrauchsdaten in einen Heizträger-unabhängigen Heizwärmebedarf umgerechnet. Das heisst, die Wirkungsgrade der Heizsysteme müssen berücksichtigt werden.

In einer ersten Phase wird eine Typisierung nach verschiedensten, einfach ermittelbaren oder bekannten Parametern vorgenommen, die auf GWR-Daten beruhen. Die breite Typisierung scheint sinnvoll, um mögliche Einflussgrössen überprüfen zu können, kann aber möglicherweise in einer späteren Projektphase auf einige besonders relevante Faktoren reduziert werden, um den Erhebungsaufwand zu vermindern.

Beschreibung der Parameter des Modells

Bauperiode:	Die Altersstruktur der untersuchten Gebäude wird in fünf Bauperioden dargestellt. Im GWR umfasst diese Differenzierung zwölf Perioden, was für Energiekennzahlen jedoch weder handhabbar noch nützlich ist, da sich die Bauweise vor allem in der Vergangenheit nicht derart schnell verändert hat. Grundsätzlich unterscheidet sich der Energieverbrauch verschiedener Bauperioden durch andere Gebäudehüllen deutlich. Um die zunehmende Verbesserung der Gebäudedämmung in den letzten Jahrzehnten zu erfassen sind diese Perioden kürzer gewählt.
Gebäudeklasse:	Der GWR enthält drei Gebäudeklassen für reine Wohngebäude oder Gebäude mit Nebennutzungen. Ins Stichproben-Modell fliessen jedoch vorerst nur Daten reiner Wohngebäude ein; immerhin 90% der Bauten. Dabei wird zwischen Einfamilien- und Zweifamilienhäusern sowie Gebäuden mit mehr als zwei Wohnungen unterschieden. Der Energieverbrauch der Gebäudeklassen unterscheidet sich vor allem durch die unterschiedlichen Gebäudehüllzahlen sowie die freie Gebäudehülle (freistehend respektive gemeinsame Aussenmauern)
Sanierungsstand:	Der GWR differenziert Sanierungen nach Sanierungsperiode. Im Stichproben-Modell wird der Parameter Sanierung jedoch auf eine einfache Differenzierung nach saniert resp. unsaniert reduziert; wobei nur Sanierungen mit Sanierungsperiode nach 2000 berücksichtigt werden. Gebäude mit Sanierungen vor 2000 gelten als unsaniert. Angesichts der lückenhaften GWR-Angaben in diesem Bereich und der fehlenden Information über das Ausmass der Sanierung muss diese Information kritisch betrachtet werden. Prinzipiell sollte erwartet werden, dass die Energiekennzahl bei sanierten Gebäuden durch verbesserte Gebäudehüllen oder Heizsysteme sinkt.
Exposition:	Die geografische Exposition ist im GWR nicht erfasst. Sie kann aber mittels GIS aus den Gebäudekoordinaten bei einem Grossteil der Gebäude bestimmt werden. Dabei enthält der Parameter Exposition zwei GIS-Angaben: die Hangneigung und die Ausrichtung des Hangs. Gebäude welche auf Südhängen (SW, S, SE) mit mindestens 3% Steigung stehen, gelten im Modell als südexponiert. Alle übrigen werden als „Nord-Lage“ bezeichnet, obwohl sie

auch Gebäude an geringer Hangneigung beinhaltet. In Bezug auf die Exposition unterscheidet sich der Energieverbrauch durch die passiven Solargewinne südlich exponierter Gebäude.

Höhenlage:

Die geografische Höhenlage von Gebäuden ist im GWR nicht erfasst, kann aber per GIS aus der Gebäudekoordinate bestimmt werden. Im Stichprobenmodell wird zwischen Berglagen (über 600m) und Tallagen unterschieden. Je nach Höhenlage variiert die durchschnittliche Aussentemperatur, wodurch sich auch der Heizenergieverbrauch unterscheidet.

In Tabelle 8 ist die verwendete Typisierung mit der Anzahl Wohngebäude des jeweiligen Typ in Luzern dargestellt. Die Darstellung verdeutlicht den hohen Differenzierungsgrad. Eine Abfrage aller Typen mit Stichproben von 20 Gebäuden (soweit vorhanden) führt zu 2400 Datensätzen. In ersten Analysen wurde daher nur eine Stichprobe einzelner Typen aus den grün markierten Bereichen gezogen und dann versucht den leitungsgebundenen Energieverbrauch dieser Gebäude zu erheben um die Parameter zu plausibilisieren.

Tabelle 7: Verteilung der Luzerner Wohngebäude nach Typ, Alter, Sanierungsstand und Lage

Anzahl Gebäude im kGWR (reine Wohngebäude)			unsaniert		saniert	
			Tal	Berg	Tal	Berg
Vor 1960	EFH	Nord	1'047	398	2'742	880
		Süd	435	177	1'075	365
	2FH	Nord	787	116	3'339	625
		Süd	243	64	1'079	273
	3+	Nord	297	5	802	7
		Süd	61		169	4
1961-1980	EFH	Nord	1'984	555	1'706	389
		Süd	1'213	462	824	344
	2FH	Nord	617	194	903	236
		Süd	303	160	419	144
	3+	Nord	580	33	932	35
		Süd	144	7	192	15
1981-1990	EFH	Nord	2'273	507	581	171
		Süd	1'178	420	324	108
	2FH	Nord	699	215	180	61
		Süd	357	172	116	44
	3+	Nord	572	32	61	5
		Süd	158	20	20	4
1991-2000	EFH	Nord	2'749	677	222	46
		Süd	1'021	416	101	44
	2FH	Nord	793	282	103	18
		Süd	385	195	38	15
	3+	Nord	711	52	40	5
		Süd	195	19	6	1
ab 2001	EFH	Nord	3'165	785	47	6
		Süd	1'220	451	22	4
	2FH	Nord	749	212	24	1
		Süd	539	186	12	3
	3+	Nord	746	44	14	
		Süd	169	17	2	

Die beschriebenen fünf Parameter (Baujahrsperiode, Typ, Sanierungsstand, Exposition, Standorthöhe) ergeben insgesamt 120 Gebäudetypen, die ins Modell einfließen. Sie wurden folgendermassen durchnummeriert:

Tabelle 8: Nomenklatur der Gebäudetypen

Typisierung	Haustyp	Exposition	unsaniert		Nach 2000 saniert	
			Tal	Berg	Tal	Berg
Vor 1960	EFH	Nord ⁷	Typ 1	Typ 31	Typ 61	Typ 91
		Süd	Typ 2	Typ 32	Typ 62	Typ 92
	2FH	Nord	Typ 3	Typ 33	Typ 63	Typ 93
		Süd	Typ 4	Typ 34	Typ 64	Typ 94
	3+	Nord	Typ 5	Typ 35	Typ 65	Typ 95
		Süd	Typ 6	Typ 36	Typ 66	Typ 96
1961-1980	EFH	Nord	Typ 7	Typ 37	Typ 67	Typ 97
		Süd	Typ 8	Typ 38	Typ 68	Typ 98
	2FH	Nord	Typ 9	Typ 39	Typ 69	Typ 99
		Süd	Typ 10	Typ 40	Typ 70	Typ 100
	3+	Nord	Typ 11	Typ 41	Typ 71	Typ 101
		Süd	Typ 12	Typ 42	Typ 72	Typ 102
1981-1990	EFH	Nord	Typ 13	Typ 43	Typ 73	Typ 103
		Süd	Typ 14	Typ 44	Typ 74	Typ 104
	2FH	Nord	Typ 15	Typ 45	Typ 75	Typ 105
		Süd	Typ 16	Typ 46	Typ 76	Typ 106
	3+	Nord	Typ 17	Typ 47	Typ 77	Typ 107
		Süd	Typ 18	Typ 48	Typ 78	Typ 108
1991-2000	EFH	Nord	Typ 19	Typ 49	Typ 79	Typ 109
		Süd	Typ 20	Typ 50	Typ 80	Typ 110
	2FH	Nord	Typ 21	Typ 51	Typ 81	Typ 111
		Süd	Typ 22	Typ 52	Typ 82	Typ 112
	3+	Nord	Typ 23	Typ 53	Typ 83	Typ 113
		Süd	Typ 24	Typ 54	Typ 84	Typ 114
ab 2001	EFH	Nord	Typ 25	Typ 55	Typ 85	Typ 115
		Süd	Typ 26	Typ 56	Typ 86	Typ 116
	2FH	Nord	Typ 27	Typ 57	Typ 87	Typ 117
		Süd	Typ 28	Typ 58	Typ 88	Typ 118
	3+	Nord	Typ 29	Typ 59	Typ 89	Typ 119
		Süd	Typ 30	Typ 60	Typ 90	Typ 120

⁷ Unter Nord werden alle Standorte mit weniger als 3 Grad Hangneigung und den Expositionen Ost bis West zusammengefasst.

5 Datenanalyse des Verbrauchs leitungsgebundener Energieträger

Zur Analyse standen Datensätze von mit Gas und elektrisch (Widerstand und WP) beheizten Gebäuden zur Verfügung. Ergebnisse der Analyse sollen hier kurz zusammengefasst werden. Als Vergleichsgrösse zur Plausibilisierung der Ergebnisse dient eine Prognos-Studie (PROGNOS, 2007) zum kantonalen Heizwärmebedarf, welche auf der Volkszählung von 2000 basiert. Darin wird der Energiebedarf aufgrund nationaler Zahlen zum spezifischen Wärmeleistungsbedarf nach Bauperiode, Gebäudetyp und Belegungszahlen abgeleitet.

5.1 Elektro- und Wärmepumpenheizungen

In Zusammenarbeit mit den Energieversorgern wurde eine Stichprobe generiert, um den Heizwärmeverbrauch elektrisch beheizter Luzerner Wohngebäude evaluieren zu können. Dabei wurden sowohl Gebäude mit Elektro- als auch mit Wärmepumpenheizungen berücksichtigt.

5.1.1 Vorgehen

Aus der definierten Stichprobe gemäss Tabelle 8 von 240 ausgewählten Gebäuden konnten in einem ersten Schritt keine plausiblen Ergebnisse gewonnen werden. Insgesamt lagen die Energieverbräuche deutlich unter dem Niveau der Prognos-Studie und streuten sehr stark. Der Sommerverbrauch überstieg bei einigen Objekten den Winterverbrauch, was darauf schliessen lässt, dass ein Teil der im GWR als elektrisch beheizt vermerkten Gebäude tatsächlich andere Heizenergieträger verwenden. Dafür spricht auch, dass ein Grossteil der ermittelten Energiekennzahlen unter 30 kWh/m² liegt. Aus diesem Grund wurde das Vorgehen geändert.

Im zweiten Versuch wurden uns zwei grössere Datensätze zur Verfügung gestellt. Zum einen den Verbrauch von als Elektroheizung verzeichneten Anschlüsse (knapp 5000, ohne solche mit Sperrtarifen) und zum anderen solche mit Sperrtarifen (ca. 12'000). Da bei ersteren unklar ist, ob die Anschlüsse weiterhin zu Heizzwecken genutzt werden oder lediglich Haushaltsstrom bezogen wird, konzentriert sich die Analyse auf Verbräuche von sperrbaren Anschlüssen. Bei letzteren ist aufgrund der täglichen Versorgungsunterbrüchen von bis zu 6 Stunden auszuschliessen, dass diese für den Bezug von Haushaltsstrom genutzt werden.

Das Verzeichnis der Anschlüsse wird ohne EGID geführt, weshalb die bekannten Zuordnungsprobleme (vgl. Kapitel 2) auftreten. Durch eine Zuordnung über die Assekuranznummer plus Parzellenummer und Postleitzahl plus Parzellenummer konnten 80% der Gebäude eindeutig mit einer EGID identifiziert werden. Des Weiteren wurde die Auswahl anhand der Beschreibungstexte der Anschlüsse möglichst auf Wohnnutzungen eingeschränkt, wodurch rund 8'000 Gebäude in der Stichprobe übrig blieben (Tabelle 13). Auch Ferienhäuser und -wohnungen (Gebäude mit 0 Bewohnern) wurden aus der Stichprobe entfernt. Die Anschlüsse werden durch die CKW gekennzeichnet, ob eine Wärmepumpe oder eine Widerstandsheizung angeschlossen ist.

Bei Elektroheizungen kann der verrechnete Stromverbrauch direkt mit der Heizwärmemenge gleich gesetzt werden (Wirkungsgrad = 1). Elektroboiler werden in einem ersten Schritt nicht berücksichtigt, sodass Energie zu Wassererwärmung mit als Heizenergie bilanziert wird. Bei Wärmepumpen macht der elektrische Strom nur den kleineren Teil der gesamten Heizenergie aus. Hier wird vorerst für alle Gebäude eine Jahresarbeitszahl von 3 angenommen, d.h. der Stromverbrauch mit dem Faktor 3 multipliziert. (EWS-Wärmepumpen haben eine höhere JAZ als Luft-Wasser-WPs. Schätzungsweise 60% der WP sind Luft-Wasser WP mit einer JAZ zwischen 2 und 3, während EWS-WP JAZ von 3,5 und mehr erreichen)

5.1.2 Ergebnisse

Während die erste Stichprobe nach Gebäudeklasse, Sanierungsstand und Lageparametern gegliedert war, entspricht die zweite weitaus grössere Datenmenge der Grundgesamtheit aller Gebäude mit Sperrtarif. Für die weitere Analyse wurden die Daten nach Gebäudeklasse (EFH, 2FH, MFH) und Bauperiode differenziert, um die Verbrauchswerte zu plausibilisieren. Der Energieverbrauch für Elektroheizungen ist mit einem Mittelwert von 60 kWh/m² überraschend gering (Abbildung 34), obwohl zum Teil der Strom für die Wassererwärmung mittels Elektroboiler enthalten ist. Zwar zeigt sich, wie zu erwarten war, eine tendenziell abnehmende Energiekennzahl für Gebäude jüngerer Alters. Das gesamte Niveau liegt jedoch deutlich unter den Literaturwerten. Auch bei Gebäuden mit einem Baujahr zwischen 1981 und 1990 – bei welchen nicht davon auszugehen ist, dass diese bereits umfassend saniert worden sind – liegt der Verbrauch mit ca. 70 kWh/m² sehr deutlich unter den Literaturwerten

von 97 kWh/m². Wenn Gebäude mit einem Verbrauch von unter 30 kWh/m² aus der Stichprobe heraus genommen werden (mutmassliche Zusatzheizungen) bleibt der mittlere Verbrauchswert mit ca. 80 kWh/m² (1981-1990) kleiner als der erwartete Vergleichswert. Eine Gegenüberstellung der Gebäude die im GWR als mit Elektroheizung beheizt bezeichnet sind mit denen, die im GWR einen anderen Heizenergieträger besitzen zeigt, dass der Energieverbrauch bei den GWR-Elektroheizungen um den Faktor zwei höher⁸ ist, was dafür spricht, dass die Übrigen – zumindest teilweise – tatsächlich Zusatzheizungen sind. Anhand der Elektroheizungen, die auch im GWR als solche geführt werden, wurde zudem der Einfluss von Elektroboilern⁹ untersucht. Es zeigt sich, dass die Energiekennzahl der Stichprobe mit Elektroboilern (78 kWh/m²) deutlich über derer ohne Elektroboiler liegt (54 kWh/m²). Dieser Unterschied lässt sich durch den Wärmebedarf für die Standardnutzung¹⁰ der SIA 380/1 für Warmwasser plausibilisieren. Der Unterschied entspricht dem von etwa dem Warmwasser-Energiebedarf von 1,5 Einwohnern. Bisher nicht genauer untersucht wurde der Einfluss der Bewohnerzahl gemäss GWR sowie die Übereinstimmung der Energieträger für Wassererwärmung im GWR.

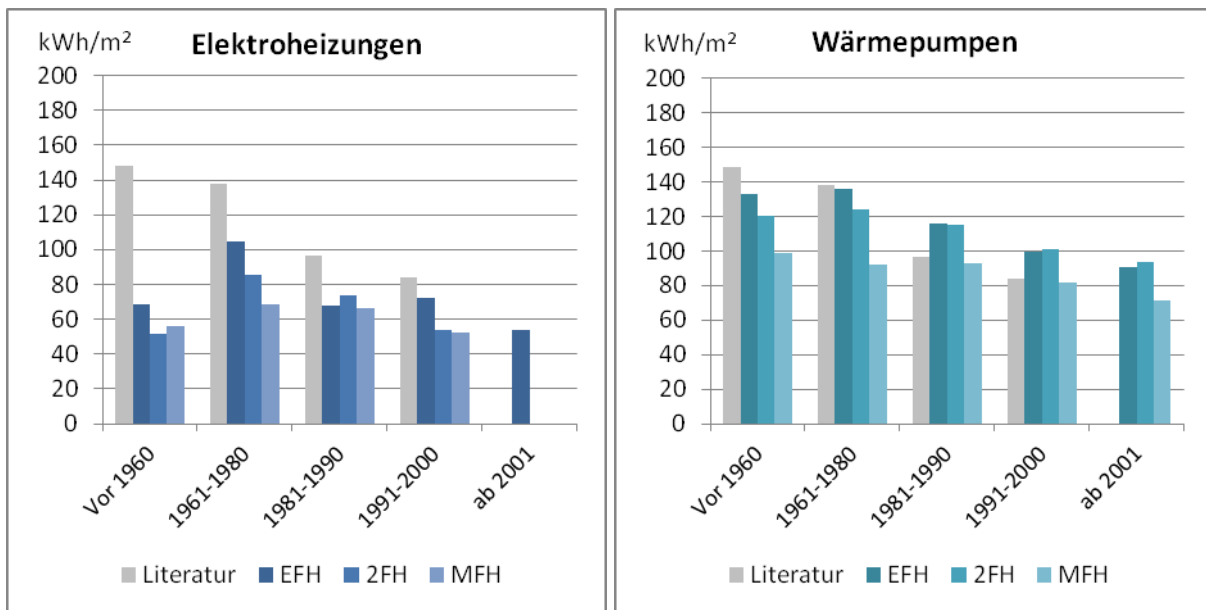


Abbildung 34: Energiekennzahlen von elektrisch beheizten Gebäuden
[kWh/m²] n_{EH}=741, n_{WP}=6'943,

Der Strombedarf für Wärmepumpen zeigt sich in Abbildung 34 relativ nah an den Literaturwerten und weist keine Ausreisser auf, was vermutlich durch die grössere Stichprobe zu erklären ist. Der Verbrauch nimmt bei späteren Bauperioden ab. Dies ist ein Indiz der Plausibilität. Zu beachten ist, bei dieser Stichprobe, dass Wärmepumpen erst seit den 1990er-Jahren eingesetzt wurden (Flächendeckend erst nach 2000). Folglich handelt es sich bei Gebäuden aus früheren Bauperioden um Sanierungsgebäude. Dadurch ist zu erklären, dass die Verbrauchswerte vor 1980 unter den Literaturwerten liegen. Ferner hängt der absolute Verbrauch der Wärmepumpen-Gebäude stark vom gewählten Faktor (gewählt 3 bei einem plausiblen Bereich von 2,0 bis 3,5) der Jahresarbeitszahl ab, wodurch das Ergebnis absolut einer grösseren Bandbreite verfälscht sein kann. Die Jahresarbeitszahl von Wärmepumpen variiert stark von Objekt zu Objekt. Breit abgestützte Studien dazu gibt es nicht. Nur selten weisen Wärmepumpen einen Wärmezähler auf, der es überhaupt erst ermöglichen würde eine JAZ zu berechnen. Insgesamt scheint das Ergebnis der Schätzung im Vergleich mit den nationalen Daten der Literatur plausibel. Insbesondere bestätigt die Wärmepumpen-Stichprobe die Erkenntnisse bestehender Studien, die einen sinkenden Energieverbrauch in jüngeren Bauperioden aufzeigen, was letztlich die normative Praxis bei Neu- und Umbauten wiedergibt. Zudem weist diese Stichprobe über alle Bauperioden eine geringere Energiekennzahl für MFH gegenüber EFH auf. Auch dies bestätigt die Erwartungen aufgrund der Vorschriften der SIA 380/1, die von MFH einen geringeren Heizwärmebedarf verlangt.

⁸ Gebäude mit GWR-Eintrag Elektroheizung 81 kWh/m²; Gebäude mit anderen Einträgen 43 kWh/m²

⁹ Gebäude die gemäss CKW-Angaben mit Elektroboilern ausgestattet sind.

¹⁰ Jährlicher Wärmebedarf für Warmwasser gemäss Standardnutzung: 14 kWh/m² (EFH), 21 kWh/m² (MFH)

5.1.3 Detailbetrachtung

Um die geringen Verbrauchswerte der Elektroheizungen plausibilisieren zu können, wurde einzelne Gebäudegruppen näher unter die Lupe genommen. Die in Abbildung 17 dargestellten Gebäude stammen alle aus der Bauperiode 1986 bis 1990 und sehen auf dem Luftbild baugleich aus. Trotzdem variiert deren aus dem Stromverbrauch berechnete Energiekennzahl zwischen 22 und 84 kWh/m². Für die entsprechende Bauperiode ist nur der höchste Verbrauchswert im Bereich der Literaturangaben.

Heizungstyp	EBF	Verbrauch	EKZ	Bewohner
Elektroheizung	173	14'530	84	3
Elektroheizung	182	5'727	31	2
Elektroheizung	207	9'031	44	5
Elektroheizung	207	4'469	22	5
Elektroheizung	221	9'349	42	3
Elektroheizung	248	14'366	58	2
Elektroheizung	345	14'707	43	3
Elektroheizung	353	14'251	40	5
Elektroheizung	353	10'460	30	2



Tabelle 9: EBF gemäss GWR und Verbrauchsdaten von baugleichen Gebäuden mit Elektroheizung.
Resultierende EKZ zwischen 22 und 84 kWh/m² für identische Gebäude!

Abbildung 35: Gebäude mit Elektroheizung

Auffallend ist bei der genauen Betrachtung, dass die aus der GWR-Wohnfläche berechnete EBF zwischen 173 und 353 m² um den Faktor zwei auseinander geht (Tabelle 9), obwohl es sich um baugleiche Bauten handelt. Die Diskrepanz zwischen den Flächenangaben ist dabei zu gross, als dass allein ein ausgebauter Dachstock den Unterschied erklären könnte. Auch die unterschiedliche Belegung der Gebäude hat einen Einfluss auf den Verbrauch, wobei dieser für die betrachtete Stichprobe keine Systematik aufweist. Gebäude mit höherer Bewohnerzahl haben keinen systematisch höheren oder geringeren Verbrauch.

5.1.4 Literaturvergleich

Die Studie von Prognos erob 2007 die EBF und die EKZ nach Gebäudealtersschichtung aller Kantone. Die dabei verwendete Methodik ist für uns nicht bis ins Detail nachvollziehbar. Insbesondere ist nicht klar wie die EBF geschätzt wurden. In der Tabelle 10 werden diese Zahlen für den Kanton Luzern aufgeführt und daraus den Heizenergiebedarf berechnet. Der Gebäudeflächenzuwachs der Bauperioden 2001 bis 2012 wird aus eigenen Daten sinngemäss ergänzt. Diese Zahlen ergeben einen geschätzten Heizenergiebedarf von 2'543 MWh pro Jahr. Wir schätzen den Fehlerbereich auf mindestens +/- 30% also zwischen 1'956 und 3'306 MWh. Dabei bleibt unter anderem unberücksichtigt, dass die EKZ in den älteren Baujahrskategorien auf Grund der Sanierungstätigkeiten inzwischen gesunken sein müssten.

Tabelle 10: EKZ der Prognos Studie (PROGNOS, 2007)

Baujahrperiode ¹¹	EKZ kWh/m ² a	Summe EBF m ²	Energie in MWh
bis 1918	147	2.51	370
1919-1945	151	1.72	260
1946-1960	146	2.05	300
1961-1970	144	2.42	349
1971-1980	132	2.88	380
1981-1990	97	3.13	303
1991-1995	86	1.79	155
1996-2000	81	1.46	119
2001-2012 (ergänzt eigene Daten)	71	4.15	342
Mittel / Summe bis 2000	124	17.96	2'235
Mittel / Summe bis 2012	115	22.11	2'543

Dies zeigt auch klar, dass eine Zeitreihe nur dann erstellt werden kann, wenn mindestens eine genügend grosse Stichprobe solche Entwicklungen auch tatsächlich abbilden. Das heisst die Energiekennzahlen bei einer Stichprobe von Gebäuden müssen ständig neu erhoben und nachgeführt werden.

5.1.5 Resümee

Die, mit den Energieversorgern geführten Gespräche über die Fragen zur Energiestatistik, waren sehr konstruktiv. Dabei wurde einerseits klar wie gute statistische Zahlen in der letzten Zeit zunehmend an Bedeutung gewonnen haben und sicher noch gewinnen werden. Es wurde ausserdem transparent wo die wichtigen Schnittstellen sind um interessante Aussagen machen zu können. Allerdings reifte auch die Erkenntnis, dass es noch erhebliche Anstrengung bedarf um zu aussagekräftigen Daten im Bereich der Gebäudeheizungen zu gelangen. Sollen Stichproben von Gebäuden zur Verbrauchskalibrierung genutzt werden müssen unter anderem folgende Punkte beachtet werden:

- Im Gegensatz zu Gas kommen bei der Verwendung von Elektrizität als Heizenergieträger vielfältigere Verwendungszwecke in Betracht. Es sind Mischnutzungen am gleichen Anschluss möglich. Die Elektrizitätsversorger kennen den Verwendungszweck nicht detailliert.
- Der teilweise sehr geringe Verbrauch einzelner Gebäude deutet darauf hin, dass Elektroheizungen heute vermutlich häufig als Zusatz- oder Notheizung zum Einsatz kommen resp. weitere Heizungen eingesetzt werden (z.B. Holzöfen, WP die noch als Widerstandsheizung registriert sind)
- Elektroheizungen wurden vor allem in den 1970er- und 1980er-Jahren eingebaut, weshalb die Stichprobe vor allem für diesen Zeitraum repräsentativ ist.
- Bei reinen Elektroheizungen entspricht der Stromverbrauch direkt der produzierten Heizwärme, ist ein elektrischer Boiler mit am Anschluss ist jedoch auch die Warmwasseraufbereitung undifferenzierbar mit dabei.
- Bei thermischem Verteilsystem (elektrische Zentralheizung) können auch Übertragungsverluste auftreten, wobei diese meist innerhalb der gedämmten Gebäudehülle auftreten und somit nicht ins Gewicht fallen.

¹¹ Erarbeitung einer dem vorliegenden Bundesergebnis vergleichbaren Darstellung der kantonalen Heizwärmebedarfe nach Gebäudetypen und Baualtersklassen, (PROGNOS, 2007)

- Der Stromverbrauch von Wärmepumpenheizungen lässt nur indirekte Aussagen auf den Heizenergiebezug der Gebäude zu. Die Jahresarbeitszahl (JAZ) der WP muss immer geschätzt werden und diese ungenaue Schätzung geht dann direkt in den Wert der zu bestimmenden Energiekennzahl ein.
- Wärmepumpen wurden in grossem Stil erst nach der Jahrtausendwende eingesetzt, weshalb die Stichprobe nur für neuere Gebäude ab 2000 oder Sanierungen repräsentativ ist.
- Der Wechsel von Elektroheizungen auf Wärmepumpen ist den Energieversorgern nicht in jedem Fall bekannt.
- Denkbar ist der Rückschluss von der Verbrauchsmenge auf den Heizungstyp (E-Heizung, WP, gar keine Heizung). Allerdings wird bei diesem Verfahren automatisch das Ergebnis beeinflusst.
- Wie sich in der Detailbetrachtung gezeigt hat sind die GWR-Flächenangaben (trotz Korrekturfunktion bei der EBF-Umrechnung) im Einzelfall oft stark fehlerbehaftet.

5.2 Gasheizungen

Die ewl (Elektrizität Wasser Luzern) betreibt das Luzerner Gasnetz und versorgt vor allem Gebäude der Stadt Luzern sowie ihrer Agglomeration mit Gas. Mittels einer konstruierten Stichprobe von ca. 550 Gebäuden wurde der Heizwärmeverbrauch verschiedener Gebäudetypen evaluiert.

5.2.1 Vorgehen

In der Stichprobe für Gasheizungen sind insgesamt 28 unterschiedliche Gebäudetypen enthalten, die nach folgenden Kriterien eingeteilt wurden: Gebäudeklasse (EFH, MFH klein, MFH gross)¹², Bauperiode (Vor 1960, 1961-1980, 1981-1990, 1991-2000, ab 2001), Sanierungsstand (unsaniert, saniert), Höhenlage (Tal, Berg) sowie Exposition (Nord, Süd). Für die 28 gefragten Kombinationen wurden jeweils 20 Gebäude abgefragt, sofern im Versorgungsgebiet so viele des jeweiligen Typs existieren. Anhand der Adressdaten konnten praktisch alle Gebäude identifiziert und die Verbräuche des Jahres 2010 sowie den maximalen und minimalen Verbrauch der letzten 10 Jahre angeben werden.

Rund 18% der im GWR als gasbeheizt registrierten Gebäude nutzten im Herbst 2012 effektiv keine Gasheizung. Was die Stichprobe um knapp 100 Gebäude reduzierte. Nur 4% der untersuchten Bauten nutzen Gasherde, die über denselben Zähler laufen (in MFH werden separate Zähler pro Wohnung verwendet). Zum Kochen genutztes Gas kann also vernachlässigt werden. Separate Gasboiler für die Wassererwärmung werden nur in 2,4% der Gebäude verwendet. Das heisst, dass bei fast allen Gebäuden Heiz-, und Warmwasserverbrauch zusammen angegeben werden. Eine Trennung zwischen Heizenergie und Energie zur Wassererwärmung ist nicht möglich. Folglich beschreiben die ermittelten Energiekennzahlen nicht allein den Heizwärmebedarf, sondern beinhalten zusätzlich den Energieaufwand zur Wassererwärmung, welche gemäss SIA 380/1 bei 14 kWh/m² (EFH) resp. 21 kWh/m² (MFH) liegt. Hier ist anzumerken, dass mittels der bekannten Anzahl Bewohner eine Warmwasserenergie-Bedarfsschätzung gemacht werden könnte, die etwas plausibler ist, als die flächenbezogene Angaben (ca. 1'400 kWh/ Person und Jahr).

Deutliche Ausreisser wurden aus der Stichprobe herausgenommen und versucht deren Ursachen nachzuvollziehen. Zum Teil begründen sich unrealistische Verbräuche durch offensichtlich falsche Flächenangaben, teils sind Zwei-Stoff-Heizungen im Einsatz, deren Ölverbrauchsanteil nicht bekannt ist. Zudem ist nicht immer bekannt, wie viele Gebäude an der Wärmeerzeugung eines Kessels angeschlossen sind. Bei der Überprüfung der Angaben wurde versucht möglichst wenige Gebäude aus der Probenmenge zu streichen, um das Ergebnis nicht zu beeinflussen. Nach der Bereinigung der Stichprobe blieben trotzdem nur rund 330 verwertbare Verbrauchsdaten übrig.

Zu beachten ist jedoch, dass der Gasverbrauch – anders als bei Elektroheizungen – nicht direkt dem Heizwärmeverbrauch entspricht. Dazwischen liegt der Wirkungsgrad der Gasheizung, die einen Teil (rund 10%) der produzierten Wärme mit dem Abgas an die Umwelt abgibt. Aus diesem Grund wurden alle Ergebnisse mit einem Wirkungsgrad von 90% umgerechnet.

5.2.2 Ergebnisse

Gesamthaft weisen die Energieverbräuche mit einer Höhe von rund 140-150 kWh/m² (1960) respektive 65 kWh/m² (nach 2000) eine Entwicklung in Funktion der Baujahrsperiode auf (Abbildung 36), die den Literaturwerten sehr ähnlich ist. Nicht ganz schlüssig sind dagegen die teilweise grösseren Verbräuche bei Mehrfamilienhäusern im Vergleich zu Einfamilienhäusern. Möglicherweise lässt sich die-

¹² MFH klein: 2-6 Wohnungen; MFH gross: mehr als 6 Wohnungen

ser zum Teil durch die Wassererwärmung erklären, welche aufgrund der höheren Belegungszahl in MFH stärker auf das Ergebnis wirkt. Wie bei den elektrisch beheizten Stichproben bestätigt sich auch hier der abnehmende Verbrauch bei jüngeren Bauperioden. Bei der Untersuchung der Einzeldaten fällt allerdings auf, dass Sanierungen nur lückenhaft im GWR verzeichnet werden (z.B. EFH 1961-1980). Daraus resultiert eine teilweise falsche Einordnung der Bauten in die Stichproben-Kategorie. Bei der Differenzierung der Gebäudegrösse ist dagegen keine eindeutige Aussage möglich. Es wäre zu erwarten, dass der flächenbezogene Energieverbrauch mit zunehmender Anzahl Wohnungen abnimmt. Dies ist mit der typischerweise kleineren Gebäudehüllzahl grosser Bauten und der damit verbundenen besseren Dämmwirkung erklärbar. Dies zeigt das dargestellte Ergebnis jedoch nicht.

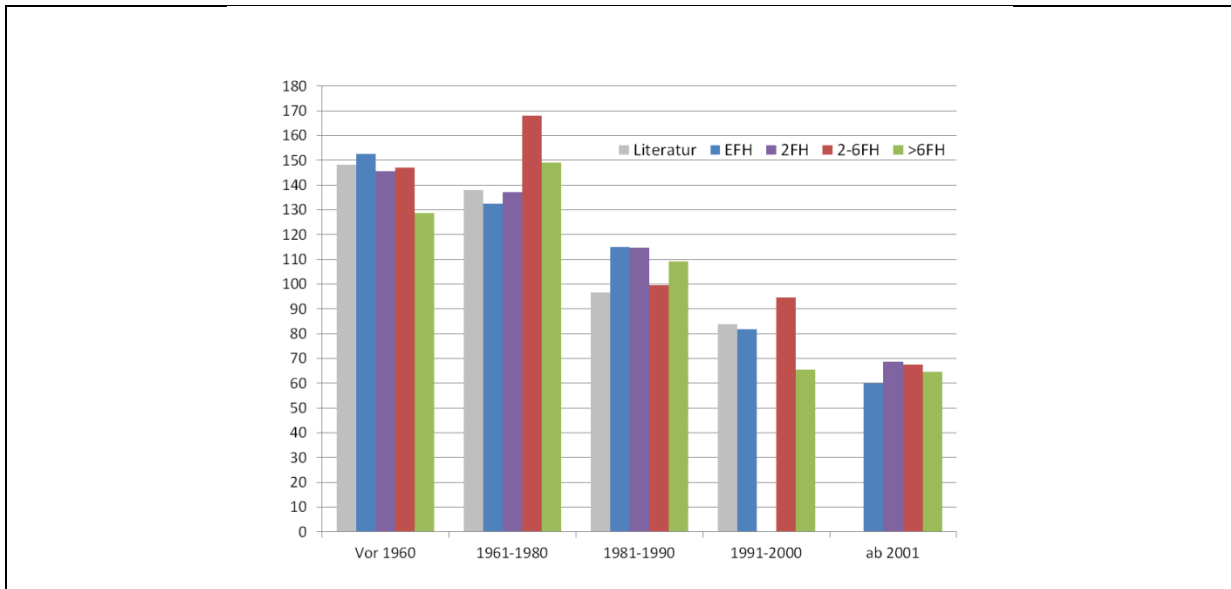


Abbildung 36: Energiekennzahlen gasbeheizter Gebäude [kWh/ m² EBF] (saniert und unsaniert). Die 2-FH wurden hier noch separat betrachtet, sie sind auch in der Kategorie 2-6FH enthalten

Mit einer Differenz von 30 kWh/m² zwischen sanierten und unsanierten Gebäuden, welche vor 1960 gebaut wurden, ist der energetische Sanierungseffekt offensichtlich (Abbildung 36). Über alle Gebäudetypen wird eine deutliche Energiebedarfsenkung durch Sanierungen sichtbar. Folglich kann davon ausgegangen werden, dass im GWR vermerkte Sanierungen in der Regel energetische Verbesserungen beinhalten. Dies insbesondere, weil im GWR als unsaniert geführte Bauten teilweise trotzdem saniert sind. Sicher ist im Einzelfall einer neueren Sanierung der Spareffekt höher anzusetzen, als er hier statistisch in Erscheinung tritt.

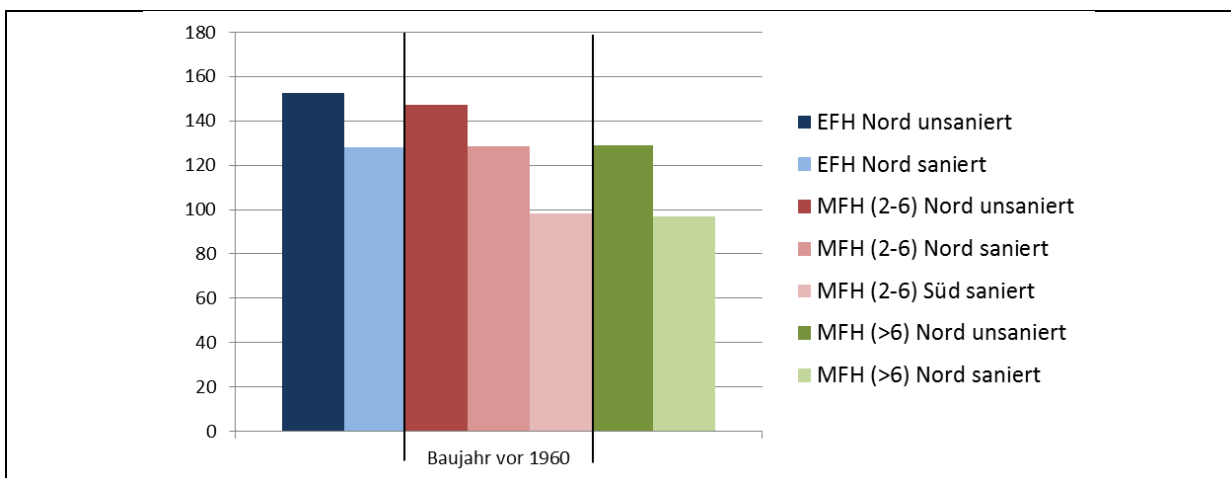


Abbildung 37: Energiekennzahlen sanierter und unsanierter Gebäude mit Gasheizung

Die Differenzierung nach geografischer Orientierung (ab einer Hangneigung von 3°) zeigt dagegen keine deutlichen Auswirkungen. Der erwartete Effekt, geringerer Energieverbräuche durch solare

Wärmegewinne tritt nur teilweise und nicht konsistent auf. Die Bewertung des Einflusses der Höhenlage führt nicht zu eindeutigen Ergebnissen. Für EFH und kleine MFH trifft bei dieser Differenzierung die erwartete Differenz im Energieverbrauch ein; wenn auch deutlich stärker als erwartet. Höher gelegene Gebäude haben durch die geringere Durchschnittstemperatur einen erhöhten Heizenergieverbrauch. Für grosse MFH trifft dieser Effekt nicht zu. Allerdings ist die Stichprobe aufgrund des kleinen Anteils höher gelegener Gebäude im Gas-Versorgungsgebiet der nicht repräsentativ, da alle untersuchten EFH in Wolhusen und alle grossen MFH in Ruswil jeweils im selben Quartier liegen.

5.2.3 Resümee

- Gasenergie wird vor allem zum Heizen und Wasser erwärmen gebraucht (Anteil zum Kochen ist zu vernachlässigen) was die Zuordnung des Verbrauchs einfach macht. Der Anteil der Wassererwärmung muss allerdings aufgrund von Standardnutzungen abgeschätzt werden.
- Gasbeheizte Gebäude liegen gemäss dem Gasnetz eher in urbanen Zonen, sind aber bis auf höhere Lagen in allen Gebäudetypen enthalten.
- Über praktisch alle Bauperioden sind gasbeheizte Gebäude in saniertem und unsaniertem Zustand vorhanden.
- Bei der Bestimmung des Heizwärmeverbrauchs muss ein Wirkungsgrad (ca. 90%) für die Heizungsanlagen angenommen werden, der aber weniger streut als die JAZ bei Wärmepumpen.
- Für die Gasanschlüsse ist die Zahl der am Kessel angeschlossenen Gebäude in der Datenbank unbekannt. Das müsste im Einzelfall geklärt werden.
- Die GWR-Flächenangaben (trotz Korrekturfunktion bei der EBF-Umrechnung) sind auch bei gasbeheizten Gebäuden fehlerbehaftet.

5.3 Gegenüberstellung der Energiekennzahlen mit verschiedenen Energieträger

An sich müsste davon ausgegangen werden, dass der Energieverbrauch und damit die EKZ nicht vom Energieträger abhängt. Treten hier deutliche Unterschiede auf, müssen dafür methodische Gründe vorliegen. Grundsätzlich weisen gas- und wärmepumpenbeheizte Gebäude plausible Resultate auf, wobei letztere von der geschätzten JAZ beeinflusst werden. Je höher die angenommene JAZ desto höher fällt der Wärmeenergie-Verbrauch der aus dem Stromverbrauch berechnet wird und damit die EKZ aus. Elektroheizungen weisen in der Gesamtheit unglaublich tiefe Verbrauchswerte auf, was bisher nicht erklärt werden konnte (Abbildung 39). Bei den Wärmepumpen sind wohl die meisten gleichzeitig in gut sanierten Gebäuden anzutreffen, was ihre tiefere durchschnittliche EKZ erklären könnte.

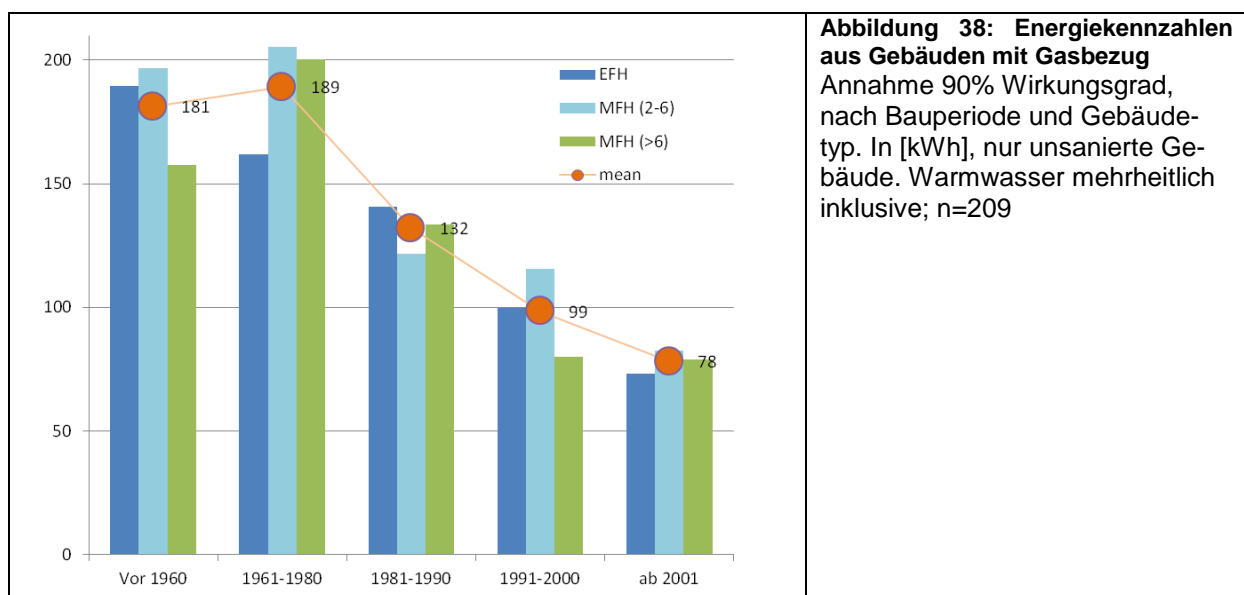


Abbildung 38: Energiekennzahlen aus Gebäuden mit Gasbezug
Annahme 90% Wirkungsgrad, nach Bauperiode und Gebäudetyp. In [kWh], nur unsanierte Gebäude. Warmwasser mehrheitlich inklusive; n=209

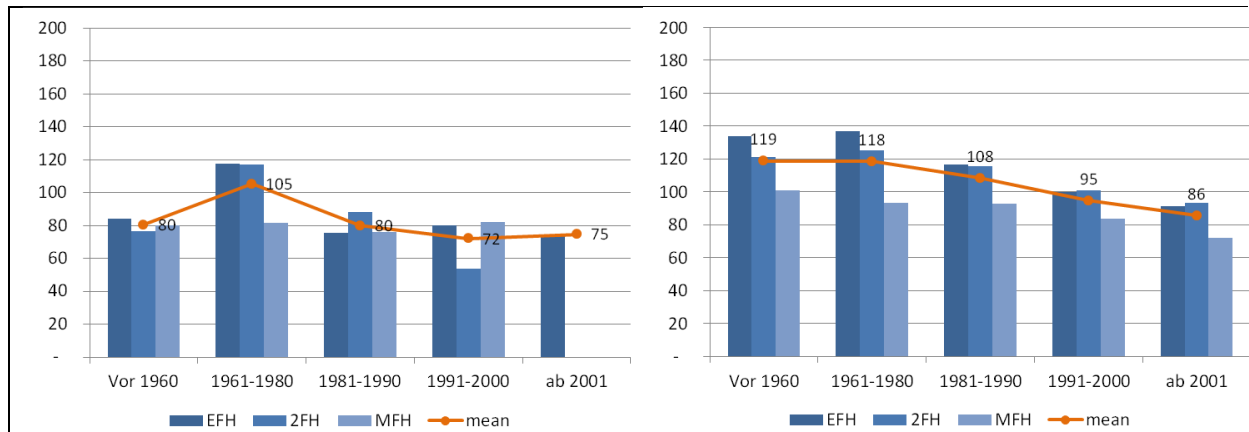


Abbildung 39: Energiekennzahlen aus Elektroheizungsdaten.
Nach Bauperiode und Gebäudetyp in [kWh];
n= 552

Abbildung 40: Energiekennzahlen aus Wärmepumpen
(Annahme: JAZ=3) nach Bauperiode und Gebäudetyp in [kWh]; n= 6'943

5.4 Fazit der Datenanalyse

Die dargelegte Analyse der Verbrauchsdaten macht deutlich wie komplex die Erfassung realer Energiedaten ist. Selbst bei der Nutzung vermeintlich eindeutiger leitungsgebundener Energieträger lässt sich der Heizwärmeverbrauch einzelner Gebäude nicht ohne weiteres bestimmen. Letztlich konnten aber durch die Analyse der Versorger-Daten, die relevanten Einflussgrössen auf das Ergebnis von stichprobenbasierten Energiekennzahl-Modellen bestimmt werden. Auch erste Erkenntnisse über die Grösse deren Wirkung auf die resultierenden Energiekennzahlen liegen vor und sind in Tabelle 11 zusammengefasst. Selbstverständlich könnte jedes der untersuchten Gebäude genauer geprüft, fehlende Informationen eingeholt, alle Störfaktoren ausgeräumt und korrigiert werden. Da dies aber sehr viel Aufwand bedeutet müsste die Stichprobe entsprechend verkleinert werden. Das führte dazu, dass nur noch ein oder zwei Gebäude stellvertretend für einige hundert oder Tausend dieses Typs stehen würde. Die Repräsentativität ginge verloren.

Tabelle 11: Zusammenfassung der Erkenntnisse aus den Stichproben der gas- und strombeheizten Gebäude

Daten	Einflussfaktor	Einfluss auf Resultat	max. Einzelfehler
Gebäudedaten (GWR)	Wohnfläche	EBF-Schätzung wirkt proportional auf EKZ	+/- 100%
	Sanierungsstand	Sanierungen häufig nicht im GWR verzeichnet (78% nach 2005)	- 50%
	Energieträger (für Stichprobenbildung)	Verkleinerung der Stichprobe durch falsche Heizenergieträger	20% ohne Verbrauchsangaben
	Anzahl Bewohner	wirkt sich nur indirekt über den Warmwasserbedarf aus	
Fit von GWR und Versorgerdaten	Adressdaten für Gebäudezuordnung	Stichprobe nur teilweise nutzbar (ohne Einfluss auf EKZ)	20% nicht zuordenbar
Wassererwärmung	separat oder über Gebäudeheizung	Kombinierte Wassererwärmung erhöht Energieverbrauch	+14 kWh/m ² (EFH) +21 kWh/m ² (MFH)
Kombinierte Heizungen	Solarthermie, Holzofen, elektr. Zusatzheizungen	erhebliche Streuung nach unten	- 80%
Anschlussbelegung (Versorgerdaten)	Wärmepumpe als Elektroheizungsersatz	deutlich reduzierter Verbrauch	- 70%
	Mehrere Gebäude an Gasanschluss	deutlich erhöhter Verbrauch	+ 600%
	Notheizung	deutlich reduzierter Verbrauch	- 95%

5.5 Fazit über die Methodik

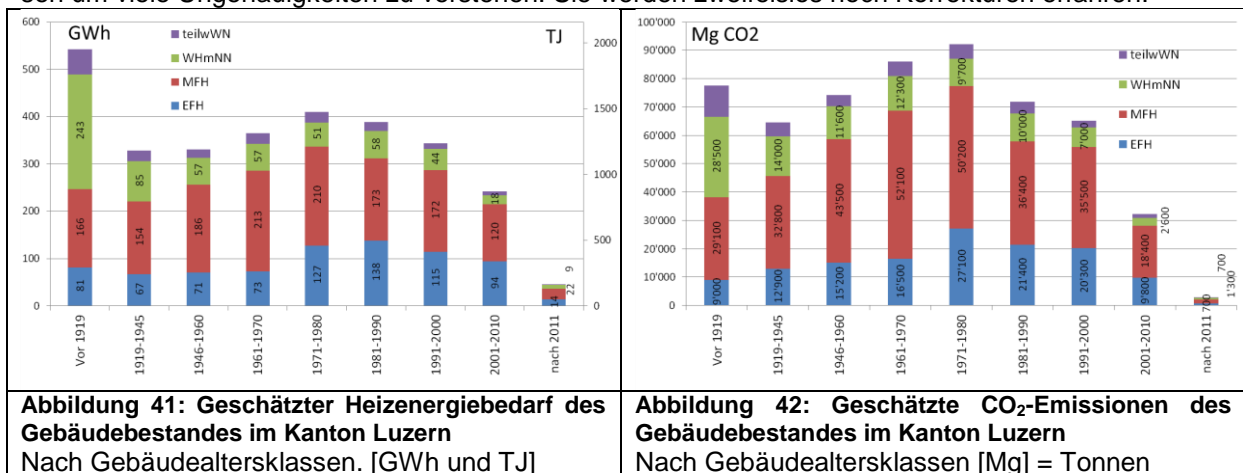
Den Energiebedarf des kantonalen Gebäudebestandes mittels GWR und Stichproben-Stützdaten zu erheben, ist sicher die vielversprechendste Methode. Das GWR ist die eindeutig beste und ergiebigste Datenquelle für Gebäude. Seine Einführung bedeute eine massive Verbesserung der statistischen Möglichkeiten. Damit entstanden umgekehrt auch deutliche erhöhte Ansprüche an das Register von neuen Nutzergruppen. Aus diesen Ansprüchen erwächst die Forderung die Qualität der Daten auf allen Ebenen zu verbessern. Bislang müssen alle gemeinhin publizierten Daten zum Energieverbrauch und CO₂-Austoss von Gebäudeheizungen als sehr grobe Schätzungen betrachtet werden. Will man aussagekräftige Zeitreihen generieren, welche die tatsächlichen Veränderungen abbilden können, müssen die dazugehörigen Basisdaten mit wesentlich grösserer Qualität erhoben werden. Die Gebäude-Stichprobe muss genügend gross, repräsentativ und aktuell sein und die Daten im GWR müssen flächendeckend verifiziert werden. Beides ist mit nicht unerheblichen Kosten verbunden.

In Anbetracht der Heterogenität des gesamten Gebäudebestandes, was Gebäudealter, Bauqualität, Energieträger so wie Gebäudetypologien betrifft, müsste über geschätzte 3-6% aller Gebäude, also 2'000-4'000 Gebäude vertieft Daten erhoben und sporadisch überprüft werden. Sie müssten sorgfältig nach Kriterien der Gebäudetypologie ausgesucht werden. Die erste Hürde einer solchen Erhebung, wäre allerdings die gesetzliche Legimitation diese privaten Daten überhaupt sammeln und auswerten zu können.

5.6 Numerisches Ergebnis

5.6.1 Energieverbrauch für Gebäude und CO₂-Emissionen

Obgleich es nicht erstes Ziel dieser Arbeit war, sollen hier einige Ergebnisse der Berechnungen dargestellt werden. Sie sind als erste Schätzwerte mit vielen Annahmen und Extrapolationen und im Wissen um viele Ungenauigkeiten zu verstehen. Sie werden zweifellos noch Korrekturen erfahren.



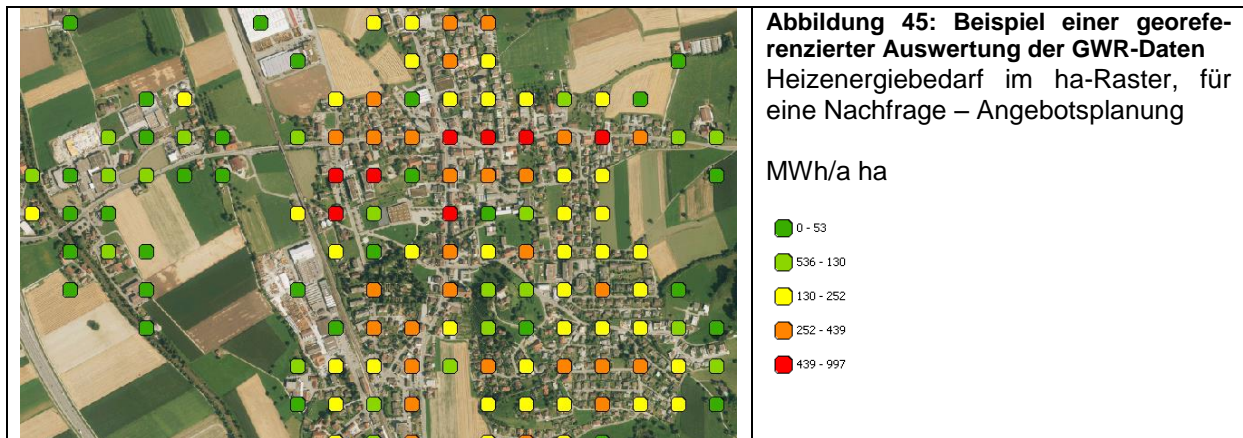
Die CO₂-Emissionen sind nicht direkt zum Energiebedarf proportional, da in der Gebäudealtersklasse vor 1919 besonders viele holzbeheizte und in derjenigen ab 2001 überwiegend wärmepumpenbeheizte Gebäude enthalten sind. Für Elektrizität wurde ein Wert von 0,11 kg CO₂/kWh (ESU-services Ltd. Rolf Frischknecht, 2012) und für Wärmepumpen eine mittlere JAZ von 3 eingesetzt.



Die Summe des Energieverbrauchs der Gebäude über den ganzen Kanton beträgt 2'996 GWh oder 10'787 TJ. Die CO₂-Emissionen belaufen sich auf 566'000 Tonnen oder 1'400 kg/Kopf. Der Energiebedarf fällt 18% höher als, als auf Grund der Studie (PROGNOS, 2007) (Tabelle 10). Er liegt jedoch innerhalb der angenommenen Fehlerbande.

5.6.2 Geo-Referenzierung der Ergebnisse

Die Daten aus dem GWR sind selbstverständlich auch leicht mittel GIS auswert- und darstellbar. Abbildung 45 zeigt ein Beispiel. Diese Art der Darstellung eignet sich für regionale Energiepläne um beispielsweise die potentielle Nachfrage an zentral zur Verfügung stehender Wärme zu lokalisieren. Leicht darstellbar auch z.B. die Verwendung fossiler ET oder diejenige nachhaltig erzeugter ET.



5.6.3 Szenarien

Es lassen sich mit diesem Ansatz auch leicht Szenarien berechnen um verschiedene Massnahmenansätze in ihrer potentiellen Wirksamkeit zu prüfen. Es ist dabei wichtig klar zu definieren welche Zielsetzung man anstrebt und möglichst mehrere im Auge behält:

- Hohe Energieeffizienz und damit geringer Energieverbrauch Insgesamt (auch graue Energie spielt eine Rolle)
- Senkung der CO₂-Emission
- Möglichst geringer Verbrauch von Elektrizität für Heizzwecke
- Hoher Anteil Erneuerbarer Energien, mit möglichst lokaler Wertschöpfung

Um die Wichtigsten zu nennen: Im Folgenden sind einige Szenarien beispielhaft berechnet:

Bei einer Sanierung aller Gebäude auf einen Standard von 50 kWh/m², sinkt der Energieverbrauch und CO₂ Ausstoss auf 45% des heutigen. Könnte man alle Elektroheizungen durch Wärmepumpen mit JAZ = 3 ersetzen, würde der CO₂-Ausstoss um 2,4% sinken, der Stromverbrauch zu Heizzwecken würde jedoch von heute 262TWh auf 137TWh um die Hälfte zurückgehen.

Ein kompletter Ersatz von Ölheizungen durch Gas hätte eine Reduktion des CO₂-Ausstosses um 19% zur Folge. Ein Ersatz der Hälfte aller Ölheizungen durch Wärmepumpen würde den CO₂-Ausstoss um 34% Senken, den Stromeinsatz zu Heizzwecken aber verdoppeln.

Literatur

- BfE. (2007). *Vorstudie zur Erhebung von Energiekennzahlen von Wohnbauten.*
- BfE. (2008). *Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000 - 2006 nach Verwendungszwecken.*
- ESU-services Ltd. Rolf Frischknecht, e. a. (2012). *Treibhausgas-Emissionen der Schweizer Strommixe.*
- PROGNOS. (2007). *Erarbeitung einer dem vorliegenden Bundesergebnis vergleichbaren Darstellung der kantonalen Heizwärmebedarfe nach Gebäudetypen und Baualtersklassen. Studie im Auftrag des BFE.*

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Methoden zur Datenbeschaffung.	7
Tabelle 2: Gebäudeklassen (GKLAS) nach GWR.....	10
Tabelle 3: Heizsysteme und Energieträger aller Gebäudetypen.....	14
Tabelle 4: Korrekturfaktor Wohnfläche EBF.....	17
Tabelle 5: Auswertung der GWR-Einträge mit Vergleichsdaten	21
Tabelle 6: Typische Erfassungsfehler in Adressdatenbanken.	29
Tabelle 7: Verteilung der Luzerner Wohngebäude nach Typ, Alter, Sanierungsstand und Lage	33
Tabelle 8: Nomenklatur der Gebäudetypen	34
Tabelle 9: EBF gemäss GWR und Verbrauchsdaten von baugleichen Gebäuden mit Elektroheizung.....	37
Tabelle 10: EKZ der Prognos Studie (PROGNOS, 2007)	38
Tabelle 11: Zusammenfassung der Erkenntnisse aus den Stichproben der gas- und strombeheizten Gebäude	42

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Energieverbrauch nach Verwendungszweck (2006).....	6
Abbildung 2: Übersicht verfügbarer Datenquellen	9
Abbildung 3: Renovationsstand der Gebäude.....	10
Abbildung 4: Anzahl Gebäude je Bauperiode.....	10
Abbildung 5: Anzahl Wohnungen je Bauperiode.....	11
Abbildung 6: Bauperioden Energieträger EFH	11
Abbildung 7: Bauperioden Energieträger MFH	11
Abbildung 8: Im Kanton Luzern eingesetzte Energieträger für Einfamilienhäuser.....	11
Abbildung 9: Im Kanton Luzern eingesetzte Energieträger für Mehrfamilienhäuser.....	11
Abbildung 10: Entwicklung der mittleren Wohnungsflächen nach Bauperioden.	12
Abbildung 11: Summenhäufigkeit der Wohnungsflächen.	12
Abbildung 12: Bewohner nach Bauperiode der Gebäude (Periode 2011-15 unvollständig).	13
Abbildung 13: Wohnungsfläche in m ² pro Person nach Bauperiode.	13
Abbildung 14: Im Kanton Luzern eingesetzte Heizungssysteme (GHEIZ)	14
Abbildung 15: Im Kanton Luzern eingesetzte Energieträger aller Heizsysteme	14
Abbildung 16: Energieträger bei Einzelofenheizungen	14
Abbildung 17: Heizungssysteme bei Elektroheizung	14
Abbildung 18: Im GWR registrierte Energieträger bei Gebäuden mit bewilligter Erdwärmesonde.....	15
Abbildung 19: Im GWR registrierte Energieträger bei Gebäuden mit bewilligter Erdwärmesonde.....	15
Abbildung 20: Vergleich der Energieträger gemäss GEAK mit den Einträgen im GWR.....	15
Abbildung 21: Energieträger für Warmwasser je Bauperiode des Gebäudes bei EFH	16
Abbildung 22: Energieträger für Warmwasser je Bauperiode des Gebäudes bei MFH.....	16
Abbildung 23: Evaluation der berechneten EBF aus dem Merkmal WAREA des GWR.....	18
Abbildung 24: Wohnfläche aus Gebäudefläche und Stockwerk:	19
Abbildung 25: Gebäudefläche aus AV-Daten:.....	19
Abbildung 26: Divergenz der Definition von AV und GWR	20
Abbildung 27: Koordinatenfehler	20

Abbildung 28: AV ein Gebäude, GWR sieben.....	20
Abbildung 29: Übereinstimmungen zwischen GWR und Kontrollen	22
Abbildung 30: uwe-interne Datenquellen aus Luzerner Datenlandschaft	23
Abbildung 31: Externe Datenquellen mit direkter Zugriffsmöglichkeit durch das uwe.	25
Abbildung 32: Eine wichtige externe Datenquelle sind die Energieversorger.....	27
Abbildung 33: Beispiel nicht eindeutiger Adressen bei Weiler	30
Abbildung 34: Energiekennzahlen von elektrisch beheizten Gebäuden	36
Abbildung 35: Gebäude mit Elektroheizung	37
Abbildung 36: Energiekennzahlen gasbeheizter Gebäude	40
Abbildung 37: Energiekennzahlen sanierter und unsanierter Gebäude mit Gasheizung	40
Abbildung 38: Energiekennzahlen aus Gebäuden mit Gasbezug.....	41
Abbildung 39: Energiekennzahlen aus Elektroheizungsdaten.	42
Abbildung 40: Energiekennzahlen aus Wärmepumpen	42
Abbildung 41: Geschätzter Heizenergiebedarf des Gebäudebestandes im Kanton Luzern.....	43
Abbildung 42: Geschätzte CO ₂ -Emissionen des Gebäudebestandes im Kanton Luzern.....	43
Abbildung 43: Heizenergiebedarf	43
Abbildung 44: CO ₂ -Emissionen	43
Abbildung 45: Beispiel einer georeferenzierter Auswertung der GWR-Auswertungen.....	44

Impressum

Herausgeber



Bau-, Umwelt- und Wirtschaftsdepartement

Umwelt und Energie (uwe)

Postfach 3439

6002 Luzern

uwe@lu.ch

www.uwe.lu.ch

Telefon 041 228 60 60

Telefax 041 228 64 22

Autoren

Moritz Kulawik

Peter Bucher

Titelbild

L. Butler Carpentry & Building Services

Wotton-under-Edge

Gloucestershire UK

Ausgabe

12. Juli 2013