



# Aktuelle und zukünftige thermische Energienachfrage in der Stadt Zürich

Kurzbericht zur Dokumentation der im Rahmen des update 2015 am Konzept Energieversorgung 2050 vorgenommenen Änderungen am Gebäudeparkmodell der Stadt Zürich und zu den verwendeten Grundlagen und Annahmen

## **IMPRESSUM**

### **Auftraggeber:**

Stadt Zürich  
Energiebeauftragter  
Fachbereich Energieplanung  
Departement der Industriellen Betriebe  
Beatenplatz 2, Postfach  
8021 Zürich

### **Projektleitung:**

Felix Schmid, Stv. Energiebeauftragter (Lead)

### **Auftragnehmer:**

TEP Energy GmbH  
Rotbuchstr. 68  
8037 Zürich  
martin.jakob@tep-energy.ch

### **Bearbeitung:**

Dr. Martin Jakob (Projektleitung)  
Giacomo Catenazzi  
Claudio Nägeli  
Benjamin Sunarjo

### **Begleitgruppe**

Frank Argast (AFS)  
Bruno Bébié (Energiebeauftragter)  
Simon Diggelmann (AFS)  
Markus Grünenfelder (ERZ)  
Bruno Hoesli (Planar AG)  
Pascal Leumann (ewz)  
Fabia Moret (Planar AG)  
Franz Sprecher (AHB)  
Martin Strebel (Energie 360°)

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Wesentliche Änderungen im neuen Ansatz.....</b>	<b>4</b>
2.1	Mengengerüst.....	5
2.2	Gebäudeerneuerung.....	6
2.3	Szenariodifferenzierung.....	7
<b>3</b>	<b>Aktualisierte Grafiken.....</b>	<b>10</b>

# 1 Einleitung

Als Ausgangslage für eine für 2016 geplante Überarbeitung der kommunalen Energieplanung (STRB 660 / 2014) sollen die im Rahmen des 2013 abgeschlossenen Projektes „Konzept Energieversorgung 2050“ (EK 2050) durchgeführten Berechnungen und Analysen der Energienachfrage und des Energieangebots aktualisiert werden. Dabei sollen teilweise veränderte Rahmenbedingungen (z.B. BZO 2014) sowie neue Erkenntnisse (z.B. Erdwärmesonden, Grundwasserpotenzial) einfließen. Die Aktualisierung betrifft insbesondere die Entwicklung der Energiebezugsflächen in der Zukunft sowie die Experten-Annahmen zum realisierbaren Energieträger-Mix in den verschiedenen Angebotszonen.

Das von TEP Energy entwickelte Gebäudeparkmodell (GPM) wurde zu diesem Zweck überarbeitet. Der folgende Kurzbericht dokumentiert die wesentlichen Änderungen, die am Modell vorgenommen wurden. Diese sind summarisch in Tabelle 1 dargestellt.

## 2 Wesentliche Änderungen im neuen Ansatz

Als Bezugsgrösse dient wie bereits erwähnt das „Konzept Energieversorgung 2050“ (EK 2050), welches 2013 abgeschlossen wurde. Da viele der Annahmen und Inputgrössen (so z.B. das Gebäude- und Wohnungsregister sowie die Parzellendaten des BZO) jedoch schon 2010 erarbeitet wurden, wird der Stand des EK 2050 fortan als „Version 2010“ bezeichnet. Das Update des Gebäudeparkmodells hingegen wird als „Version 2015“ bezeichnet.

Um die Fragestellungen der Energieplanung sachgerecht zu adressieren, kam beim GPM in der Version 2015 ein grundlegend neuer Ansatz zur Anwendung, bei der die Modellierungsebene das einzelne Gebäude darstellt. Dies erlaubt zum einen spezifischen Auswertungen, wie sie in der Energieplanung gewünscht sind. Zum anderen konnte auf dieser Ebene Bezug zu neuen Erkenntnissen in der Modellierung genommen werden. Insbesondere konnte ein Discrete Choice Ansatz für die Gebäude- und Heizanlagenenergieumsetzung umgesetzt werden.

Wie im EK 2050 wird im Update 2015 zwischen zwei Szenarien unterschieden. Das Referenzszenario dient als Vergleichsbasis und stellt in Bezug auf Politikmassnahmen ein moderates Szenario dar. Es bildet den "worst-case" für den Deckungsgrad der lokal verfügbaren Energieressourcen. Das EffizienzszENARIO hingegen zeigt einen möglichen Zielpfad in Richtung einer 2000-Watt-kompatiblen Energienachfrage und -versorgung auf und bildet den worst-case für die Wirtschaftlichkeit leitungsgebundener Versorgungen.

Im Folgenden wird zuerst die Modellierung des Mengengerüsts, das in beiden Szenarien als Basis der energetischen Berechnungen dient, thematisiert. Danach wird auf die Gebäudeerneuerung eingegangen. Die wesentlichen Änderungen werden in Tabelle 1 zusammengestellt.

## 2.1 Mengengerüst

In der GPM Version 2010 wurde grundsätzlich ein Kohortenansatz verfolgt und auch die Entwicklung des Mengengerüsts wurde zuerst pro Kohorte berechnet. Erst in einem zweiten Schritt wurden die Ergebnisse wieder auf die einzelnen Gebäude des Gebäudeparks „verteilt“. Im neuen Ansatz in der Version 2015 hingegen erfolgt die Modellierung durchgängig auf Ebene der einzelnen Gebäude und der Parzellen dies gemäss folgendem Vorgehen:

1. Für jedes Gebäude des Bestandes wird nach einem statistischen Modell ausgewertet, ob und wann es im Verlauf des Modellierungszeitraumes abgerissen wird. Dadurch wird die Fortschreibung des Bestands bestimmt („Bestand“ in Abbildung 1).
2. Für jedes abgerissene Gebäude wird ein neues generiert (Ersatzneubau). Dessen Geometrie richtet sich an der gemäss BZO erlaubten Stockwerkzahl sowie architektonischen Überlegungen, um die auf der Parzelle verfügbare Reserve möglichst auszunutzen. Grundsätzlich ist das neue Gebäude vom gleichen Gebäudenutzungstyp wie das abgerissene. Es werden jedoch Umnutzungen für gewisse Gebäudetypen angenommen, um eine plausible Branchenentwicklung zu erhalten.
3. Schliesslich wird die verbleibende Reserve pro Parzelle durch Neubautätigkeit sowie Dachstockerweiterung und Seitenanbau an bestehenden Gebäuden gemäss Zielsetzung des AFS genutzt.

Bei der Ausnutzung der Reserve kommt die Zielsetzung des AFS in der Kapazitäts- und Reservenberechnung BZO (KaReB) zur Anwendung. Hier werden die Parzellen einer der drei Kategorien „Erneuerung im Bestand“, „Neubau“ und „Umstrukturierung“ zugeordnet (Abbildung 2). Die Zielwerte für den Ausschöpfungsgrad der Reservekapazitäten sind in Tabelle 1 zu finden.

In Abbildung 1 wird die resultierende EBF-Entwicklung im Vergleich zur derjenigen der GPM Version 2010 dargestellt. In der EBF-Definition werden im GPM Version 2015 in den Nutzungskategorien Nichtwohnbauten ebenfalls Lagerflächen berücksichtigt, da hier ebenfalls einen Heizbedarf anfällt (u.a. weil davon ausgegangen wird, dass ein Teil solcher Flächen, wie z.B. Dachräume, zu beheizten Nutzungen umgenutzt werden). Dies führt im Update 2015 gesamthaft zu einer höheren EBF als im EK 2050 angenommen. Zudem ist der Wachstumsverlauf im Update 2015 linearer im Vergleich zur Version 2010.

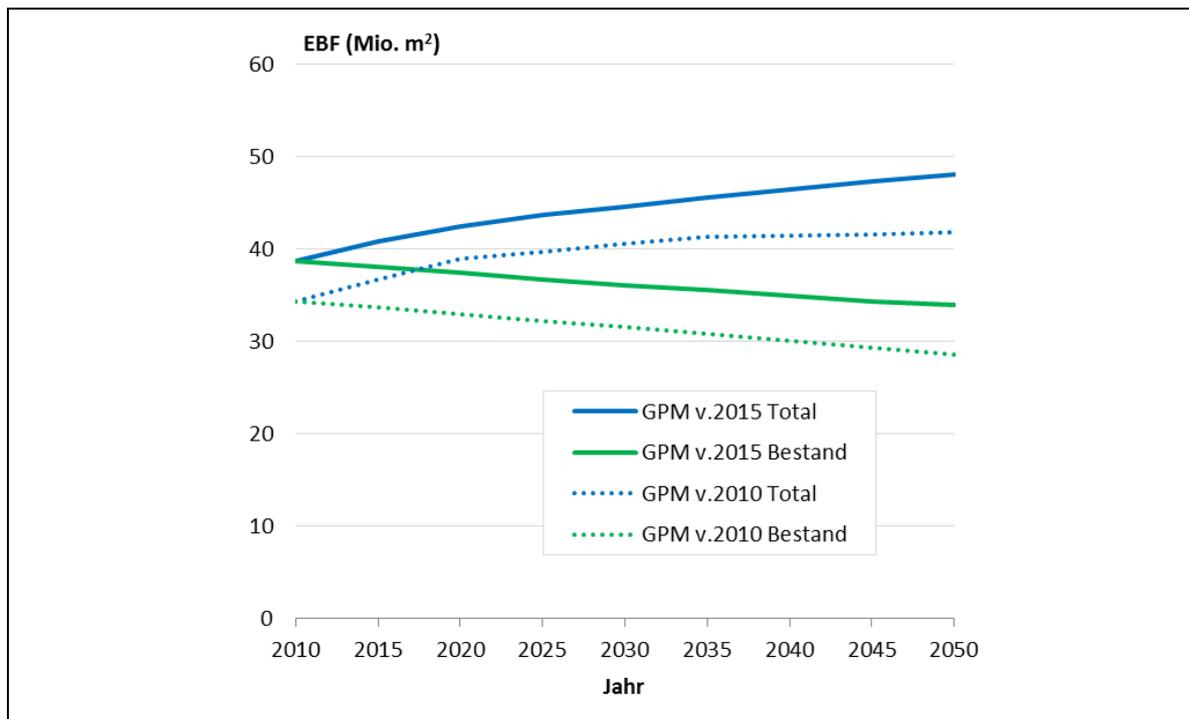


Abbildung 1: Resultierende EBF-Entwicklung des neuen Ansatzes (update 2015) im Vergleich zum bestehenden Ansatz EK 2050 (Version 2010). Zu beachten ist, dass im GPM v.2015 eine veränderte EBF-Definition zur Anwendung kommt, bei der in den Nutzungskategorien Nichtwohnbauten auch Lagerflächen berücksichtigt werden. Aus diesem Grund sind die Werte bereits für 2010 von dem GPM v.2010 verschieden.

## 2.2 Gebäudeerneuerung

Im bisherigen Ansatz (Version 2010) wurde die energetische Gebäudeerneuerung anhand exogen angenommener Renovationsraten bestimmt, die auf Ebene der Kohorte festgelegt wurden. Neu (Version 2015) kommt bei der Renovationstätigkeit ein Entscheidungsmodell zum Einsatz und zwar auf Ebene des einzelnen Gebäudes. Dabei wird wie folgt vorgegangen:

1. Die Lebensdauer bzw. der Zyklus der Instandsetzung der einzelnen Gebäudekomponenten wird durch eine Weibull-Funktion modelliert.
2. Bei Erreichen des Endes der Lebensdauer bzw. des Zyklus werden vom Modell die Optionen zur Verfügung gestellt, die für eine Sanierung in Frage kommen, sowohl für eine Instandsetzung als auch für drei verschiedene Stufen von energetisch wirksamen Erneuerungen.
3. Bei der Wahl der Option kommt ein Discrete Choice Modell zur Anwendung, welches ausgehend von Investitions- und Unterhaltskosten eine Option auswählt. Dabei werden auch die Energiekosten im Betrieb und mögliche Einsparungen berücksichtigt.

Die Parameter des Entscheidungsmodells wurden anhand bekannter, empirisch gestützter Erneuerungsraten (%/Jahr) so kalibriert, dass diese mit den Erneuerungswahrscheinlichkeiten im Modell möglich gut übereinstimmen. Basis bilden empirisch abgestützte Werte, die im Auftrag des Bundesamtes für Energie<sup>1</sup> erarbeitet wurden.

### **2.3 Szenariodifferenzierung**

Aufgrund des unterschiedlichen Modellierungsansatzes bei der Gebäudeerneuerung wird auch die Szenariodifferenzierung unterschiedlich vorgenommen. Zum einen haben im GPM Version 2015 die Energiepreise einen expliziten Einfluss auf die Erneuerungswahrscheinlichkeit eines Bauteils, während sie im GPM Version 2010 nicht explizit auf das Modell einwirken. Zum anderen werden die energetischen Erneuerungsraten im GPM Version 2010 exogen vorgegeben (sie dienen als Modellinput), während sie im GPM Version 2015 nur indirekt festgelegt werden können (sie sind ein Modellergebnis).

Im zweiten Teil von Tabelle 1 sind die Modellinputparameter aufgelistet, die von der Szenariobetrachtung betroffen sind. Änderungen sind nur in den U-Werten und Energiepreise zu finden, welche auf die Sanierungsentscheidung einen Einfluss haben. Alle anderen Entscheidungsparameter sind für beide Szenarien gleich. Im Gegensatz zum GPM Version 2015 findet im Update die Szenariodifferenzierung erst ab dem Jahr 2020 statt.

---

<sup>1</sup> Jakob M., Martius G., Catenazzi G., Berleth H. (2014). Energetische Erneuerungsraten im Gebäudebereich – Synthesebericht zu Gebäudehülle und Heizanlagen. Studie im Auftrag des BFE, 28. Feb. 2014.

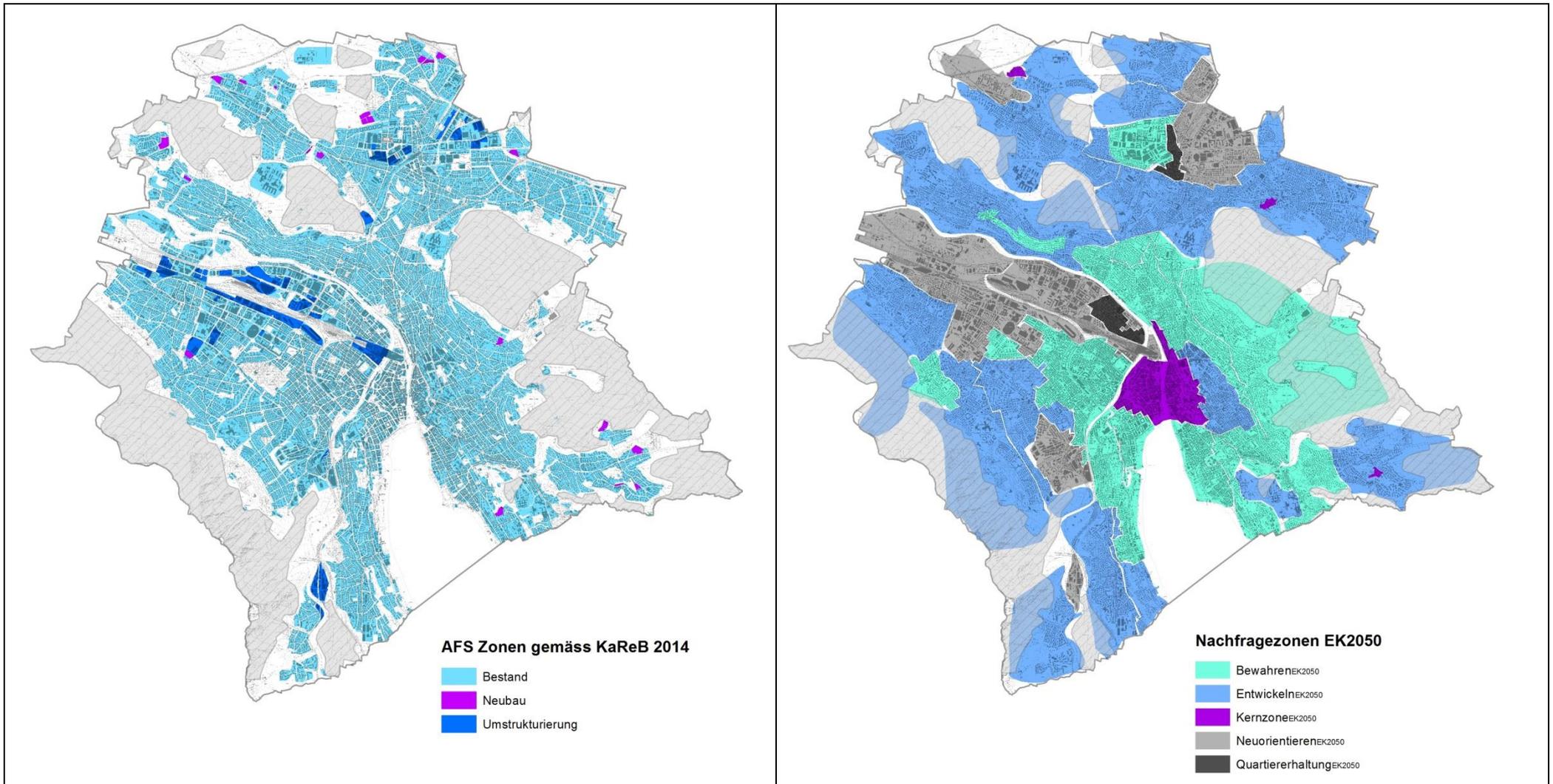


Abbildung 2: Links, AFS Zonen gemäss KaReB (Version 2015), Rechts, Nachfragezonen EK 2050 (Version 2010).

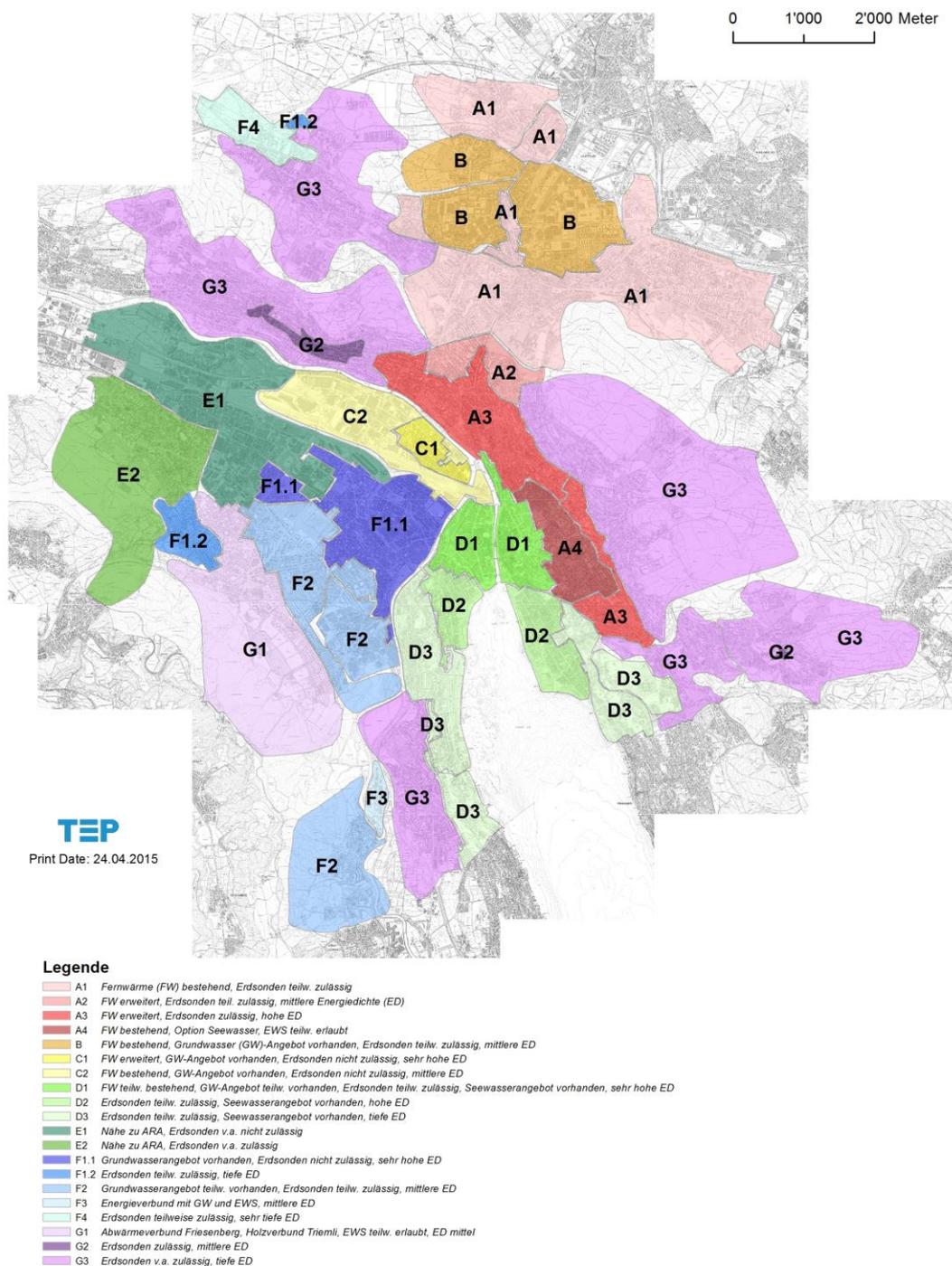
Tabelle 1: EK 2050: Vergleich des Modellierungsansatzes und der Annahmen zur Nachfrageseite zwischen der Version 2010 und der Version 2015

	Thema	EK 2050 Version 2010	EK 2050 Version 2015
Mengengerüst	Ebene der Modellierung	Gebäudekohorten, basierend auf Auswertung / Aggregation gebäudespezifischer Daten	Einzelgebäude und Parzellen
	Inputdaten für die EBF-Modellierung	Gebäude- und Wohnungsregister der Stadt Zürich (GWZ) 2009, BZO-Reservenberechnung 2010	GWZ 2011, KaReB 2014 mit veränderter Kapazität: - Kapazität Wohnen neu 30.3 Mio. m <sup>2</sup> statt 28.8 Mio. m <sup>2</sup> - Kapazität Nichtwohnen neu 19.3 Mio. m <sup>2</sup> statt 24.1 Mio. m <sup>2</sup>
	Ausschöpfung der Reserve	Nachfragezonenspezifisch: - Kernzone: 26% - Quartiererhaltungszone: 30% - Bewahren: 28% - Entwickeln: 53% - Neuorientieren: 41%	Parzellenspezifisch, bezugnehmend auf die Zielsetzung AFS / KaReB bis 2035, differenziert nach drei Zonen: - Erneuerung im Bestand: 25% - Neubau: 80% - Umstrukturierung: 70%
	Definition der Energiebezugsfläche	Ohne Lagerfläche und Parkieren	In den Nutzungskategorien Nichtwohnbauten inkl. Lagerflächen, ohne Parkieren
	Abriss	Skaliert pro Kohorte und Teilgebiet	Explizit modelliert durch ein statistisches Abrissmodell, ausgehend von einer Analyse des GWZ (spezifische Daten zum Abriss)
	Neubau (Ersatzneubau, Nettoneubau und Neubau auf unbebauten Parzellen)	Skaliert pro Kohorte und Teilgebiet	Explizit modelliert auf Ebene Einzelgebäude
	Szenariodifferenzierung	Szenariodefinition	Referenzszenario, Effizienzzenario in drei verschiedenen Varianten und drei Sensitivitäten
Szenariodifferenzierung		Nach 2005	Erst nach 2020, um die Anlaufzeit bei der Umsetzung von Massnahmen zu berücksichtigen
Mengengerüst		Keine Unterschiede zwischen den Szenarien	Keine Unterschiede zwischen den Szenarien
Energetische Erneuerungsraten		Exogene Annahmen auf Ebene der Kohorte, 40-70% höher im Effizienzzenario als im Referenzszenario	Discrete Choice Modell aufgrund Investitions- und Unterhaltskosten zur Wahl zwischen Instandsetzung und Erneuerung und der energetischen Wirksamkeit bei einer Erneuerung
U-Werte Neubau		Gemäss Schlussbericht EK 2050 und MuKE n 2008	Im Effizienzzenario um 10-60% tiefer, je nach Bauperiode, gemäss MuKE n 2014
U-Werte Sanierung		Gemäss Schlussbericht EK 2050	Im Effizienzzenario um 3-33% tiefer, je nach Erneuerungsperiode
Energiepreise		Gemäss Schlussbericht EK 2050 (Tabelle 7), wirken jedoch nicht explizit auf das Modell ein	Die Energiepreise werden im Effizienzzenario relativ zum Referenzszenario zwischen 2020 und 2028 stetig erhöht und erreichen 2028 das doppelte Niveau. Ab 2028 wird im Effizienzzenario mit Energiepreisen gerechnet, die doppelt so hoch sind wie im Referenzszenario. Dies wirkt sich auf die Discrete Choice-Entscheidung aus.

### 3 Aktualisierte Grafiken

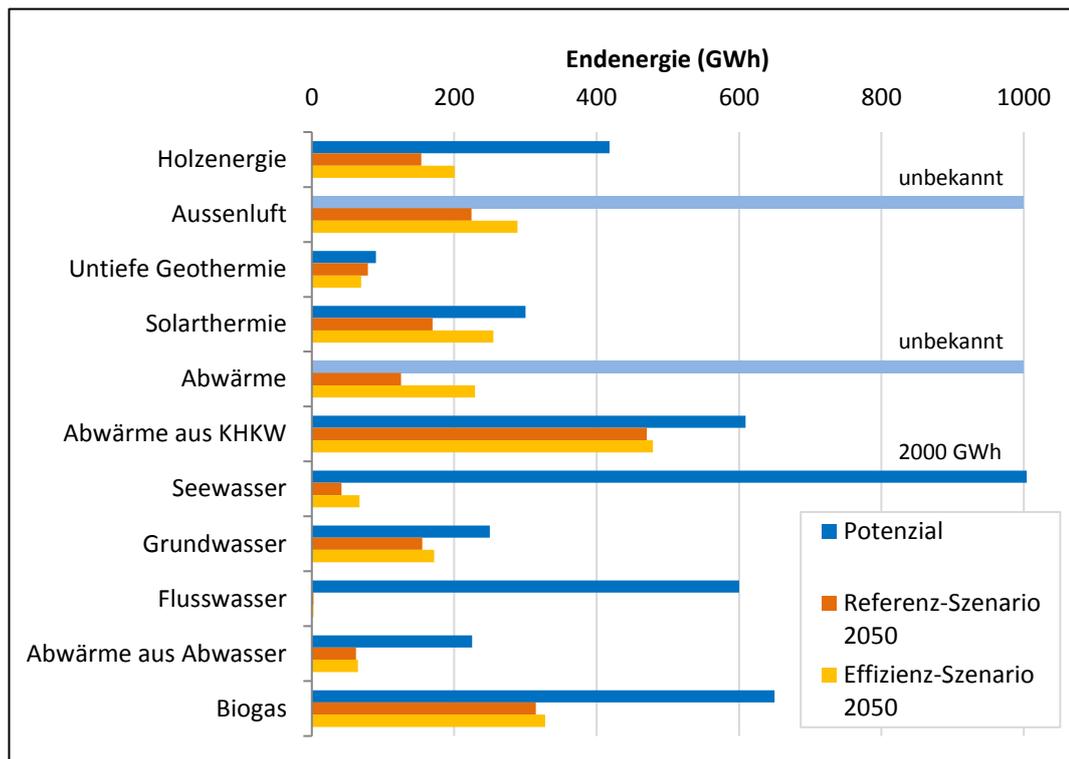
Im Folgenden sind einige zentrale Grafiken aus dem 2014 fertig gestellten Schlussbericht zum Konzept Energieversorgung 2050 der Stadt Zürich<sup>2</sup> aufgeführt, die aufgrund der Aktualisierung 2015 angepasst wurden.

Angebotszonen im Konzept Energieversorgung 2050 (Abb. 6 in <sup>2</sup>)

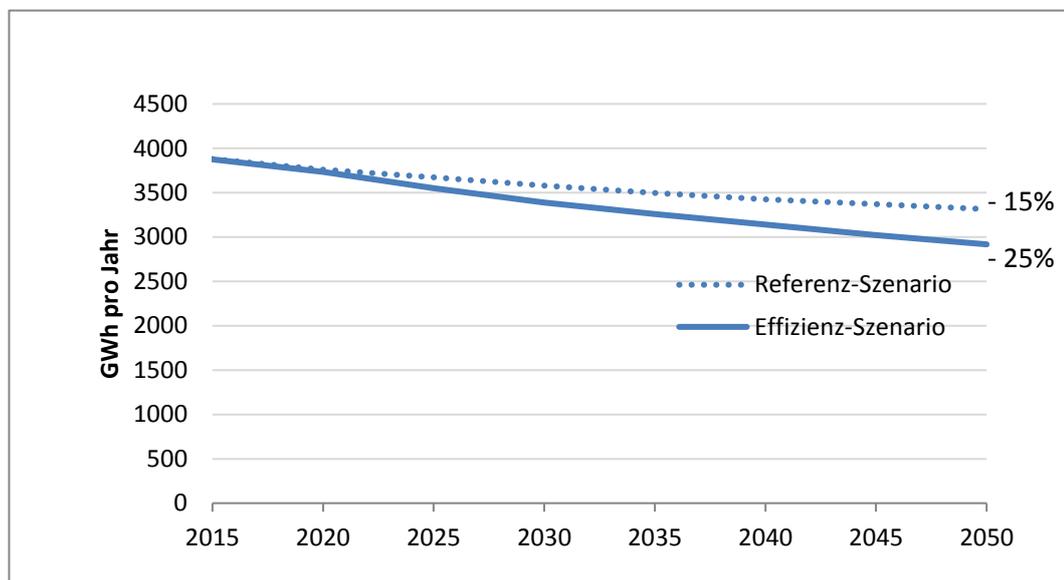


<sup>2</sup> Jakob M. et al. (2014). Kurzbericht Konzept Energieversorgung 2050 für die Stadt Zürich – Szenarien für eine 2000-Watt-kompatible Wärmeversorgung der Stadt Zürich, 9. Juli 2014.

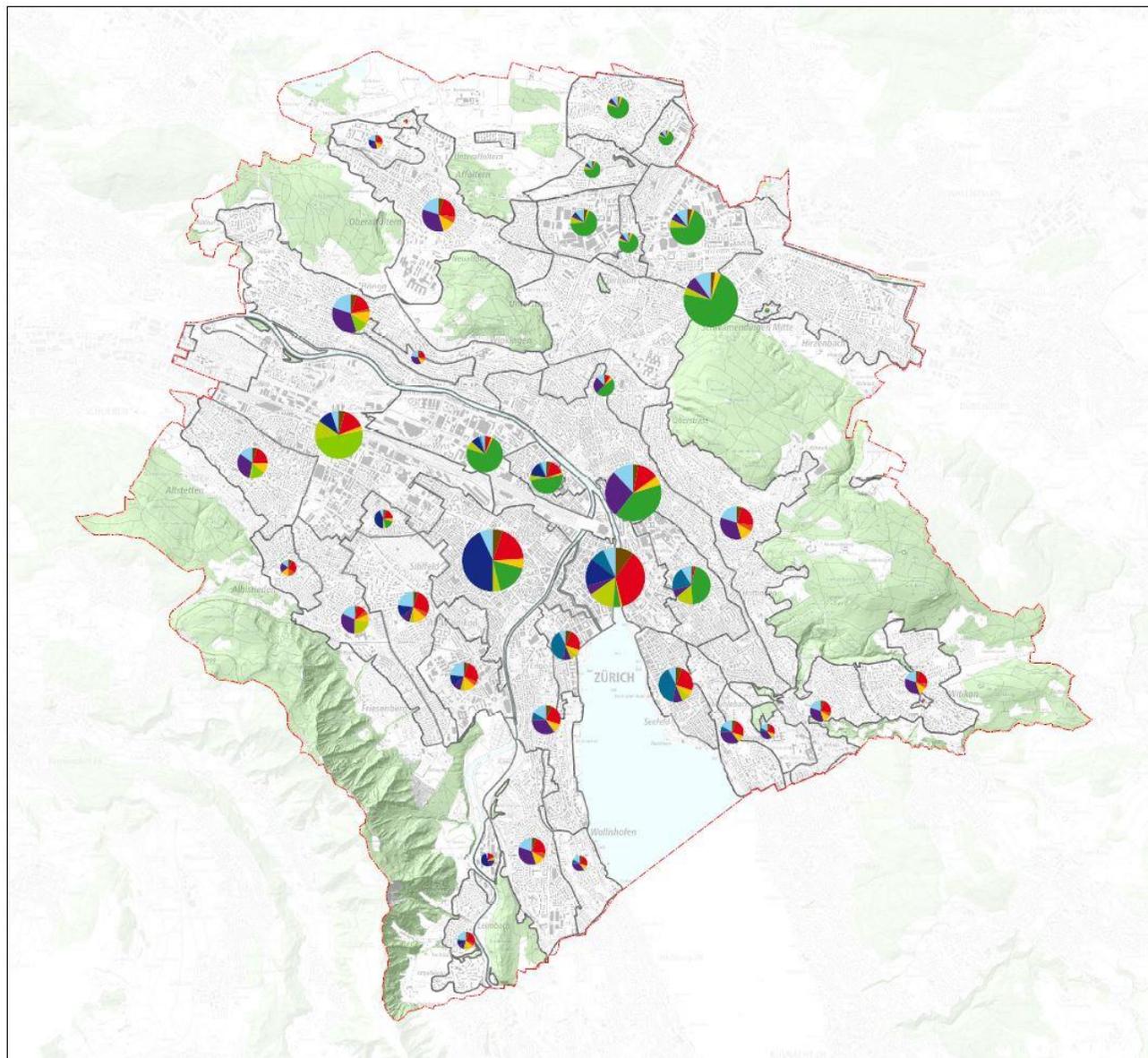
**Angebotspotenziale pro Energieträger im Jahr 2050 im Vergleich zur Endenergienachfrage (angelehnt an Abb. 7 in <sup>2</sup>)**



**Aggregierte Entwicklung der Wärmenachfrage auf Ebene Nutzenergie in GWh für den gesamten Gebäudepark (Abb. 8 in <sup>2</sup>)**



**Energieträgermix auf Stufe Endenergie für das Jahr 2050 für die 40 homogenen Gebiete des Konzepts Energieversorgung 2050**  
 ohne Strom für Wärmepumpen, Energieträgeranteile pro Teilgebiet durch Begleitgruppe geschätzt (Abb. 9 in <sup>2</sup>)



Konzept Energieversorgung 2050 der Stadt Zürich

**Themenkarte T4**  
**Räumliche Differenzierung des**  
**Energiesystem-Mixes im Jahr 2050**  
 gemäss Effizienzscenario

Die Grösse des Kreissymbols ist proportional zur Höhe der Wärmenachfrage (Nutzenergie)



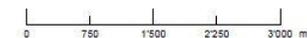
- Öl-Heizungen
- Gas-Heizungen (Erdgas und Biogas)
- Holz-Heizungen (ohne HHKW Aubrugg)
- Solar
- Fernwärme ERZ (inkl. Spitzenlast)
- Wärmepumpen mit Fernwärme aus gereinigtem Abwasser (inkl. Spitzenlast)
- Abwärme (Wärmepumpen und Direktnutzung)
- Wärmepumpen mit Erdwärmesonden
- Wärmepumpen mit Grundwasser
- Wärmepumpen mit Seewasser
- Wärmepumpen mit Flusswasser
- Wärmepumpen mit Aussenluft

Betrachtungszonen (räumliche Differenzierung)

Übriger Informationsinhalt

- Wald
- Gewässer
- Stadtgrenze

Originalmassstab 1:50'000

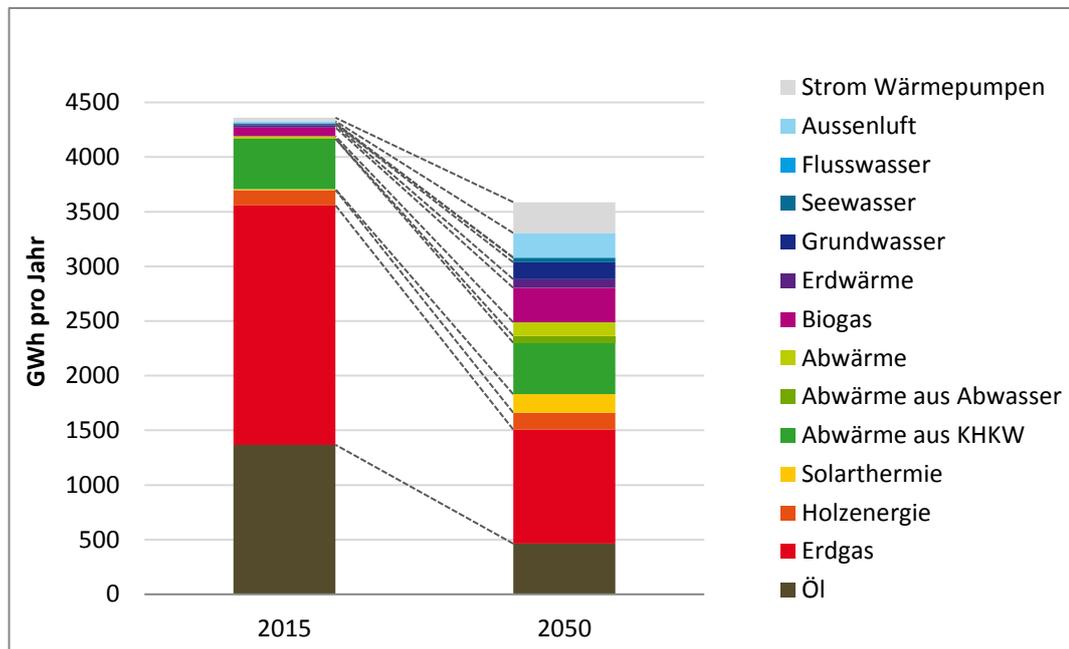


Stadt Zürich / Departement der Industriellen Betriebe / Energiebeauftragter  
 Beletenplatz 2 / Postfach / 8021 Zürich / Tel. 044 412 11 11 / Fax 044 212 19 30  
 www.stadt-zuerich.ch/energiebeauftragter / 12.12.2016, dbextparn

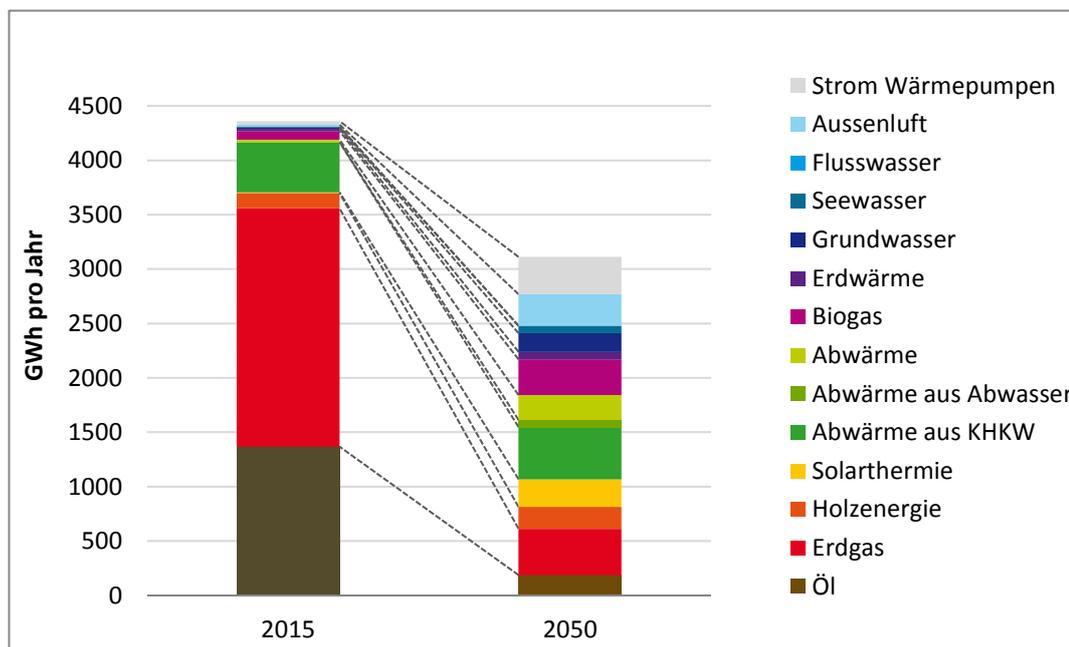
© Swisstopo und Stadt Zürich

**Entwicklung der Endenergienachfrage pro Energieträger im Gebäudepark (Wärme und Strom in Gebäuden) für das Referenzszenario (oben) und das Effizienz-Szenario (unten). (Abb. 9 in 2)**

Referenzszenario

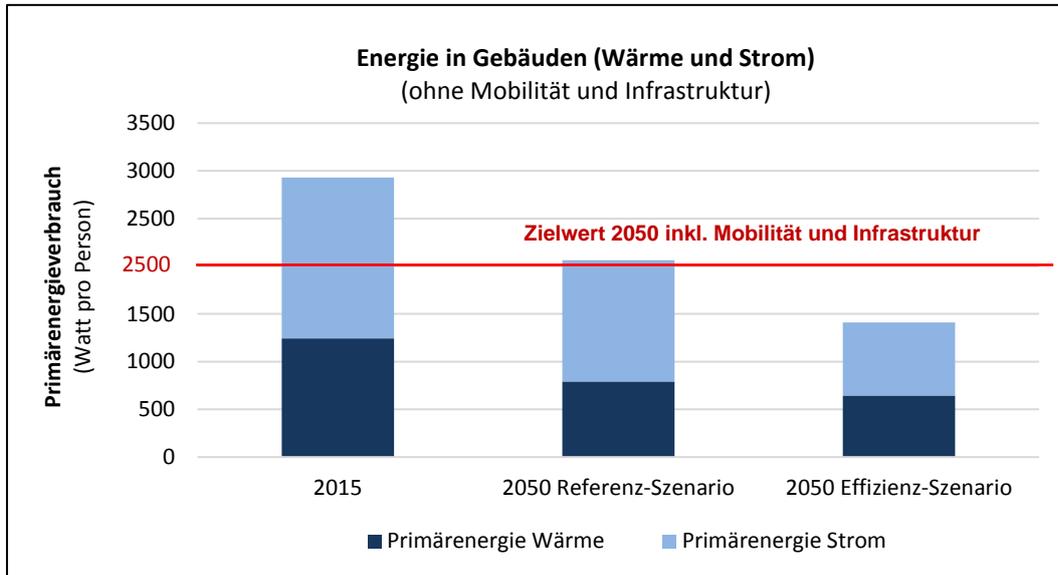


Effizienzscenario



**Entwicklung der Primärenergienachfrage total (oben) und der Treibhausgasemissionen (unten) im Gebäudebereich pro Person in der Stadt Zürich (angelehnt an Abb. 11 in <sup>2</sup>)**

Primärenergie



Treibhausgasemissionen

