



Stadt Zürich
Energiebeauftragter

18.12. | 2013

Thermischer Energiebedarf in Zürich-Altstetten

Ist-Zustand (2010) und Entwicklungsszenarien bis 2050

Schlussbericht

IMPRESSUM

Auftraggeber:

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

Projektleitung:

Felix Schmid, Stv. Energiebeauftragter (Lead)
Toni W. Püntener, Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich, Abteilung Energie und Nachhaltigkeit
Franz Sprecher, Fachstelle Energie- und Gebäudetechnik, Amt für Hochbauten

Auftragnehmer:

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

Bearbeitung:

Dr. Martin Jakob (Projektleitung)
Gregor Martius
Benjamin Sunarjo

Begleitgruppe:

Bruno Bébié, Energiebeauftragter
Stephan Bleuel, Amt für Städtebau
Christoph Deiss, ewz-Energiedienstleistungen
Ingo Siefertmann, Erdgas Zürich AG
Martin Strebel, Erdgas Zürich AG
Hanspeter Wegmann, ERZ Fernwärme

Externe Fachbegleitung:

Martin Ménard, Lemon Consult, 8006 Zürich
Adrian Mattmüller, E+H Ingenieurbüro, 8200 Schaffhausen
Urs Steinemann, Ingenieurbüro Urs Steinemann, 8832 Wollerau

Download als pdf von

<http://www.stadt-zuerich.ch/content/dib/de/index/energieversorgung/energiebeauftragter.html>

Zürich, 18. Dezember 2013

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	4
2	Ausgangslage und Zielsetzung	6
2.1	Ausgangslage	6
2.2	Zielsetzung.....	7
3	Methodisches Vorgehen	9
3.1	Bezug zum Gebäudeparkmodell	9
3.2	Berechnung der Wärme- und Kältenachfrage	10
4	Gebäudestruktur und Siedlungsentwicklung	12
4.1	Ist-Zustand (2009).....	12
4.2	Künftige Entwicklung (Szenario BZO)	16
4.3	Szenario zusätzliche Verdichtung.....	22
5	Wärmebedarf	25
5.1	Nutzenergiebedarf Wärme.....	25
5.2	Wärmeleistungsbedarf	30
5.3	Validierung der Modellergebnisse anhand einzelner Erdgas-Grossverbraucher	32
6	Kältebedarf	35
6.1	Kältebedarf für Klimakälte.....	35
6.2	Kältebedarf für gewerbliche Zwecke.....	48
6.3	Kältebedarf für Rechenzentren.....	51
7	Fazit	52
7.1	Ergebnisse Szenario BZO	52
7.2	Ergebnisse Szenario Verdichtung	56
7.3	Potenzial gereinigtes Abwasser.....	57
7.4	Weitere Energiepotenziale.....	58
7.5	Weiterentwicklung GPM	59
8	Anhang	60
8.1	Literaturverzeichnis.....	60
8.2	Abkürzungsverzeichnis	62
8.3	Glossar.....	63

1 Zusammenfassung

Gemäss der Räumlichen Entwicklungsstrategie der Stadt Zürich (RES) soll die Zentrumsfunktion des Stadtteils Zürich-Altstetten gestärkt werden. Vor diesem Hintergrund wird die Energie-versorgung in den Bereichen Wärme und Kälte im Gebiet Zürich-Altstetten in diesem Bericht genauer analysiert, um Grundlagen für einen potenziellen Wärmeverbund zur Verfügung zu stellen.

Aufgebaut wird auf das bereits erarbeitete Konzept Energieversorgung 2050 (EK 2050) der Stadt Zürich. In dessen Rahmen wurde die heutige und zukünftige Entwicklung der Wärmeenergienachfrage über das Stadtgebiet bereits räumlich differenziert ermittelt. Davon ausgehend wurden die Auswirkungen einer zusätzlichen Verdichtung in Teilgebieten von Altstetten berechnet. Zur Kältenachfrage fehlten detaillierte raumbezogene Informationen. Solche wurden in diesem Projekt ausgearbeitet, wobei der Kältebedarf für die Bereiche Klimakälte, gewerbliche Kälte und IT-Kälte für Rechenzentren unterschiedlich behandelt wurde.

Die Energiebezugsfläche (EBF) steigt im Gebiet Altstetten relativ gesehen deutlich stärker an als in der Stadt Zürich (44% vs. 22%). Dabei werden räumliche Hotspots von erhöhter Nachfrage ersichtlich. Diese Gebiete, im Bericht als Trakt 1 und 2 definiert, zeichnen sich durch eine hohe EBF-Dichte, hohe thermische Energienachfrage, sowie einen hohen Anteil von Dienstleistungsgebäuden aus.

Im Modellierungszeitraum zwischen 2010 und 2050 steigt im Betrachtungsperimeter der Studie der thermische Kältebedarf um bis zu 100% an (abhängig von den unterstellten Annahmen), d.h. deutlich stärker als die EBF, welche um 44% zunimmt. Im Gegensatz dazu sinkt der Wärmebedarf aufgrund von Effizienzsteigerungen um 32%.

Gemäss Angaben des Amtes für Städtebau ist im Stadtteil Altstetten in Zukunft eine Aufzoning gegenüber der heutigen Bau- und Zonenordnung (BZO) denkbar. Die daraus folgende Ver-dichtung und deren Einfluss auf den thermischen Energiebedarf wurden in einer zusätzlichen Szenario-Variante untersucht. Im Betrachtungsperimeter der Studie steigen die EBF aufgrund der Verdichtung gegenüber dem ursprünglichen Szenario (Zeitpunkt 2050) um 5%, der Wärmebedarf um 3% und der Klimakältebedarf um 6%.

Der grössere Teil der thermischen Energienachfrage befindet sich innerhalb eines Erdwärmennutzungs-Sperrgebietes, in dem auch das Grundwasserwärmepotenzial weitgehend erschöpft ist. In diesem Gebiet kommt vor allem das gereinigte Abwasser des Klärwerks Werdhölzli mit einem Wärmepotenzial von ca. 265 GWh/a als Energieträger in Frage. Über einen Wärmeverbund kann mit dem Abwärmepotenzial des Abwassers ein grosser Teil des Wärme- und Kältebedarfs in den Trakten 1 und 2 gedeckt werden.

Nebst den oben beschriebenen inhaltlichen Ergebnissen resultiert aus diesem Projekts ein weiteres Projektergebnis, nämlich ein Prototyp eines Kältemoduls des Gebäudeparkmodells (GPM) der Stadt Zürich sowie eine Schnittstelle für eine Darstellung der Ergebnisse in einem Geographischen Informationssystem (GIS). Die Anwendung dieses

erweiterten GPM konnte im Rahmen einer konkreten Projektsituation evaluiert werden. Die gemachten Erfahrungen und die beschriebenen Ergebnisse zeigen, dass das GPM auch für raumplanerische Anwendungen geeignet ist. Durch den Vergleich der Modelresultate mit tatsächlichen Verbrauchswerten konnte zudem das GPM im Bereich Wärme validiert werden. Das im Rahmen dieses Projekts verbesserte und erweiterte GPM steht in der Folge für ähnliche Studien und weitere Anwendungen zur Verfügung.

2 Ausgangslage und Zielsetzung

2.1 Ausgangslage

Im Rahmen des Projekts „Konzept Energieversorgung 2050 – Auf dem Weg zu einer 2000-Watt-tauglichen Wärmeversorgung“ (EK 2050), wurden erste Grundlagen zur aktuellen und künftigen Entwicklung der Wärmenachfrage in der Stadt Zürich erarbeitet (Jakob et al. 2013a). Zu diesem Zweck wurde ein räumlich differenziertes Gebäudeparkmodell (GPM) entwickelt und eingesetzt, um die mögliche künftige Entwicklung in verschiedenen Szenarien abzubilden (Jakob et al. 2013b). Grundlage des Gebäudeparkmodells bilden gebäudespezifische Daten des Gebäude- und Wohnungsregisters (GWZ) der Stadt Zürich sowie parzellenspezifische Daten der Bau- und Zonenordnung (BZO) des Amts für Städtebau, die zur Berechnung der Kapazitäten und baulichen Reserven dienen.

Aufgrund der Zielsetzungen des EK 2050 und der festgestellten Datenqualität wurden die erwähnten Grundlagen zu rund 40 Stadtgebieten mit mehr oder weniger homogenen Verhältnissen bezüglich bestehender Energieinfrastruktur, Angebot von erneuerbaren Energien und Nachfragecharakteristik aggregiert. Diese 40 Teilgebiete bilden die modelltechnische Basis des räumlich differenzierten Gebäudeparkmodells. Nebst der Gebietszugehörigkeit ist das Gebäudeparkmodell (GPM) nach verschiedenen sogenannten Kohorten strukturiert, welche den Gebäudepark in Gebäudetypen, Nutzungen, Bauperioden, Denkmalpflegestatus, Energieträger, etc. einteilen.

Mittels Bildung von gebiets- und kohortenspezifischen Kennwerten kann ein Teil der Ergebnisse der Szenariorechnungen feineren räumlichen Aggregaten zugeordnet werden. Eine solche Zuordnung ist hilfreich, wenn es darum geht, die im EK 2050 skizzierten Handlungsoptionen in Bezug auf die künftige Wärmeversorgung vertieft zu analysieren. Dabei soll auch untersucht werden, ob Synergien mit der Deckung der Kältenachfrage genutzt werden können, z.B. mittels Umwelt- und Abwärmenetzen, welche innerhalb dafür geeigneter Temperaturbänder betrieben werden.

Gemäss Einschätzung des Auftraggebers, der Begleitgruppe und der Autoren des EK 2050 könnten sich Teile des Gebiets Zürich-Altstetten grundsätzlich für solche Energieverbundslösungen eignen. Hierbei steht die Nutzung von Abwärme aus dem gereinigten Abwasser des Klärwerks Werdhölzli im Vordergrund. Dieses Abwärmepotenzial wird schon heute teilweise genutzt, u.a. durch einen Wärmeverbund, welcher ein Teilgebiet der Stadt Schlieren versorgt (Quelle: EWZ 2008). Es besteht aber noch ein grosses ungenutztes Potenzial.

Darüber hinaus wurde Altstetten im Rahmen der Räumlichen Entwicklungsstrategie der Stadt Zürich (RES) als ein Gebiet identifiziert, welches sich zu einem neuen Zentrum innerhalb einer polyzentrischen Struktur der Stadt entwickeln soll (Argast und Thoma, 2010). Die Grundlagen für eine entsprechende Entwicklung im Stadtteil Altstetten werden derzeit unter der Leitung des Amts für Städtebau (AfS) in einem „Entwicklungsleitbild“ aufgearbeitet. Eine darauf abgestützte zusätzliche bauliche

Verdichtung (Aufzoning) gilt es bei Energienachfrage und -versorgung zu berücksichtigen.

Bezugnehmend auf diese Ausgangslage erarbeitete der Fachbereich Energieplanung des Energiebeauftragten der Stadt Zürich ein Pflichtenheft für die Durchführung einer Vertiefungsstudie, welche Grundlagen für weitergehende energieplanerische Studien im Stadtteil Zürich-Altstetten bereitstellen soll (Schmid, 2012). Das vorliegende Projekt stützt sich inhaltlich und bezüglich Projektumfang grundsätzlich auf dieses Pflichtenheft.

2.2 Zielsetzung

Bezugnehmend auf die oben beschriebene Ausgangslage beinhaltet das Projekt die Darstellung der heutigen und möglichen künftig thermischen Energienachfrage (Wärme und Kälte) in Zürich-Altstetten in einer räumlichen Differenzierung, wie es die Planung von Energieversorgungsanlagen durch die städtischen Energieversorger erfordert (aggregiert auf ein Hektarraster). Explizites Projektziel ist zudem eine Schnittstelle für eine Darstellung der Ergebnisse in einem Geographischen Informationssystem (GIS) sowie die Entwicklung eines Prototyp eines Kältemoduls für das Gebäudeparkmodell (GPM) der Stadt Zürich inkl. einer Evaluierung im Kontext einer raumplanerischen Anwendung, damit das so verbesserte und erweiterte GPM in der Folge für ähnliche Studien und weitere Anwendungen zur Verfügung steht.

Die inhaltlichen Ergebnisse werden in folgender Form bereitgestellt:

- Jahresnutzenenergiebedarf Wärme (GWh/ha bzw. pro Parzelle oder Gebäude).
- Jahresnutzenenergiebedarf Kälte (GWh/ha bzw. pro Parzelle oder Gebäude), differenziert nach Klimakälte, IT-Kälte (Rechenzentren) und gewerblicher Kälte (bzw. der daraus anfallenden Abwärme).
- Neubauanteil je Hektare als Hinweis zur Option "Freewarming/Freecooling" (Möglichkeit zum Heizen und Kühlen von Gebäuden, ohne Einsatz einer Wärme-Kälte-Maschine – dies dank Systemtemperaturen nahe der Temperatur der genutzten Umweltwärme oder Abwärme).
- Entsprechend dem Gebäudeparkmodell sollen diese Resultate nach den Zeitpunkten 2010 (Ist-Wert), 2030 und 2050 sowie für rund 14 Gebäudekategorien differenziert werden.

Weiter sollen die Ergebnisse kartografisch dargestellt werden (aus Datenschutzgründen aggregiert auf ein Hektarraster). Zudem sollen die Daten in einem elektronischen, datenbankfähigen Auslieferungsformat bereitgestellt werden, um die Weiterverarbeitung durch die Energieversorger und in weiteren Vertiefungsstudien sicher zu stellen (GIS-Shape, EGID- und EGRID-spezifische Tabellen im Excel oder Access Format).

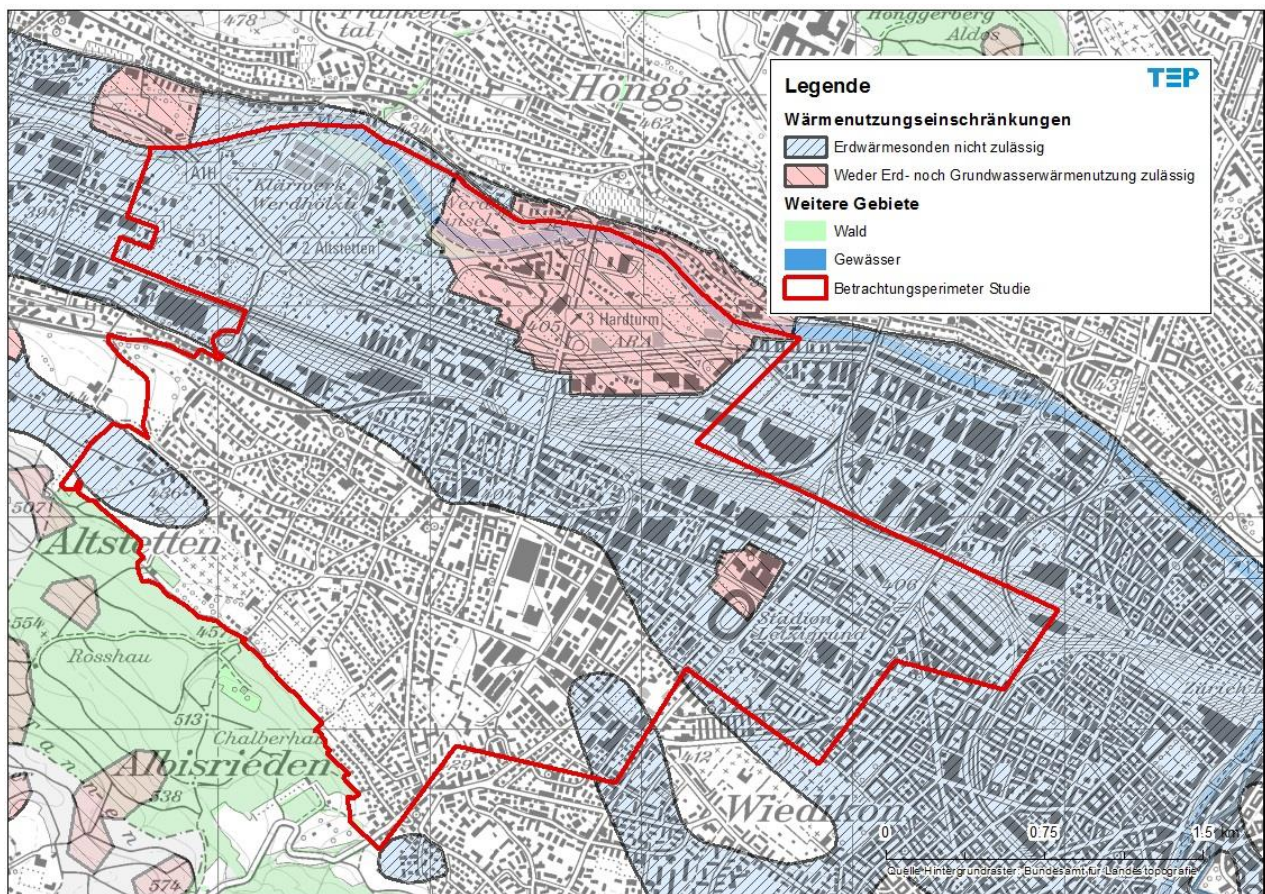
Ausdrücklich nicht Bestandteil des durchgeführten Projekts sind Aussagen zur Endenergienachfrage nach Energieträgern (Öl, Gas, Strom etc.).

Das vorliegende Projekt übernimmt die EBF- und Nutzenergieentwicklung des Effizienzscenario (Variante a) des EK 2050. Im Vergleich zum Referenzscenario des EK 2050 geht das Effizienzscenario von erhöhten Erneuerungsraten sowie weitergehenden Effizienzmassnahmen und Standards bei Wärme- und Stroman-

wendungen aus. Für einen potenziellen Wärmeverbund stellt das Effizienzscenario aus Sicht der Nachfrageentwicklung ein Absicherungsszenario gegen unten dar, da die spezifische Energienachfrage aufgrund der oben erwähnten Szenario-Definition stark zurück geht. Sollte diese Entwicklung nicht eintreten, würde ein grösserer Energiebedarf resultieren, was für die Wirtschaftlichkeit einer Verbundlösung von Vorteil wäre. Weitere Erläuterungen zu den Szenario-Annahmen befinden sich im Kapitel 2.3 des Projekts EK 2050 (Jakob et al. 2013a).

Der Betrachtungsperimeter der vorliegenden Studie orientiert sich am Betrachtungsperimeter des Entwicklungsleitbilds Altstetten. Er umfasst einen grossen Teil des Stadtkreises 9, sowie Teile der Kreise 3, 4, 5 und 10 (siehe Abbildung 1). Alle Angaben zum Gebiet Altstetten, z.B. bezüglich des Energieverbrauchs, beziehen sich auf diesen Perimeter und die darin enthaltenen Gebäude.

Abbildung 1: Betrachtungsperimeter der Studie (das erweiterte Gebiet Altstetten), sowie Wärmenutzungsmöglichkeiten und -einschränkungen in Form Erdwärme- und Grundwassernutzungs-Sperrgebieten.



3 Methodisches Vorgehen

Dieses Projekt geht grundsätzlich vom EK 2050 aus (Jakob et al. 2013a). In den nachfolgenden Unterkapiteln dieses Kapitels 3 wird das methodische Vorgehen im Überblick erläutert. In den weiteren Hauptkapiteln wird spezifisch auf einzelne methodische Aspekte eingegangen. Im Kapitel 4 wird das der thermischen Energienachfrage zugrundeliegende Mengengerüst bezüglich Struktur und künftiger Entwicklung analysiert und dargestellt. Die thermische Energienachfrage wird in zwei Module gegliedert, wobei das erste Modul die Wärmenachfrage behandelt (Kapitel 5) und das zweite Modul die Kältenachfrage (Kapitel 6). In Kapitel 7 wird schliesslich ein übergreifendes Fazit über die verschiedenen Aspekte gezogen.

3.1 Bezug zum Gebäudeparkmodell

Das Gebäudeparkmodell (GPM), welches durch Wallbaum, Jakob et al. 2009 entwickelt und im EK 2050 erweitert und angewendet wurde (Jakob et al. 2013a), berechnet den Wärmebedarf in einem bottom-up Modell über ein spezifisches Mengengerüst und verschiedenen Stufen von Energiediensten, Energieanwendungen und Energieumwandlungen. Das Mengengerüst, zusammengefasst nach Gebäudekohorten mit ähnlichem Baualter, Gebäudetyp und Schutzstatus, wird mit spezifischen Wärmebedarfswerten verknüpft. Diese werden im Bereich Raumwärme mittels Gebäudegeometrien, Bauteile und U-Wert-Annahmen über das Berechnungsverfahren der SIA 380/1 „Thermische Energie im Hochbau“ für die verschiedenen Gebäudekohorten berechnet. Annahmen über Erneuerungsraten und spezifische energetische Verbesserungen führen zu einer Veränderung dieser Wärmebedarfswerte im Zeitablauf.

Um mit dem GPM auch räumliche Aussagen machen zu können, wird ein Datenauszug des Gebäude- und Wohnungsregisters der Stadt Zürich (GWZ) in eine gebäudespezifische GIS-Umgebung eingebunden und mit den vorgehend berechneten spezifischen Wärmebedarfswerten verknüpft (Abbildung 2). Somit können im Prinzip gebäude- oder parzellenscharfe Aussagen über den gesamten Gebäudepark gemacht werden (Abbildung 3). Weitere Angaben zum GPM und dessen Verknüpfung mit der gebäudespezifischen GIS-Umgebung können dem Bericht zum EK 2050 (Jakob et al. 2013a), Kapitel 1.5.4 bis 1.5.5, sowie diversen Fachbeiträgen entnommen werden (u.a. Bébié und Jakob 2012; Jakob et al. 2013b, c). Als Ausgangslage dient das GWZ 2009. Annahmen zur Entwicklung des Gebäudeparks für den Betrachtungszeitraum 2010 bis 2050 werden im Kapitel 4.2 sowie im EK 2050 (Kapitel 5.1) erläutert.

Abbildung 2: Schnittstelle zwischen der räumlichen, gebäudespezifischen GIS-Umgebung und dem kohorten-basierten Gebäudeparkmodell. Ausgehend von einem aus räumlichen Daten abgeleiteten Mengengerüst der Energiebezugsfläche (EBF) werden aufgrund kohortenspezifischer Annahmen flächenspezifische Kennwerte zum Energieverbrauch berechnet. Diese werden dann wieder mit der GIS-Umgebung verknüpft und räumlich ausgewertet. Abkürzungen siehe Glossar.

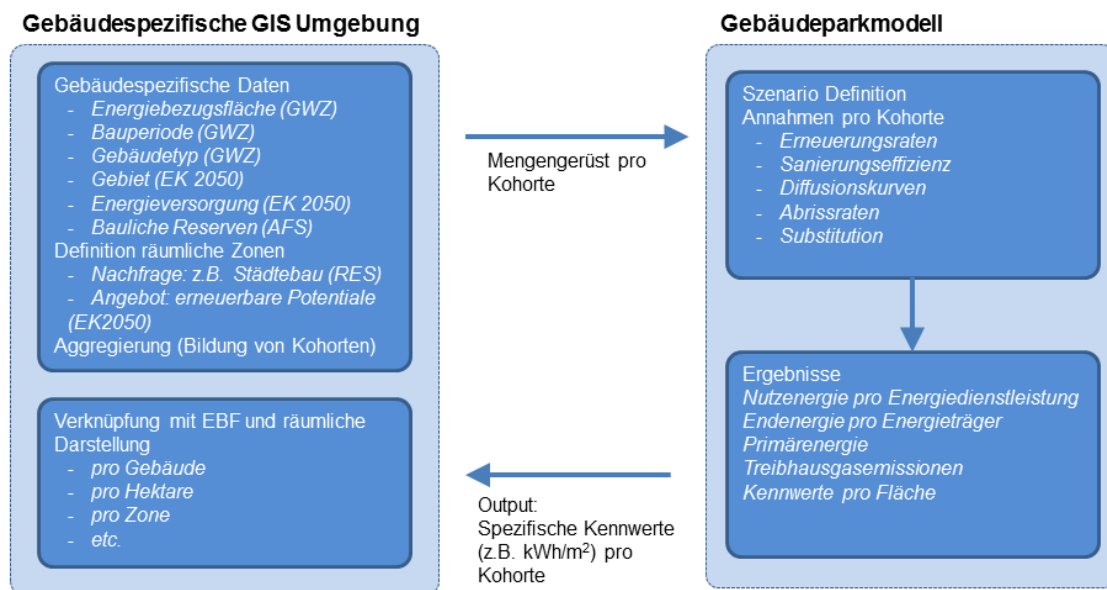
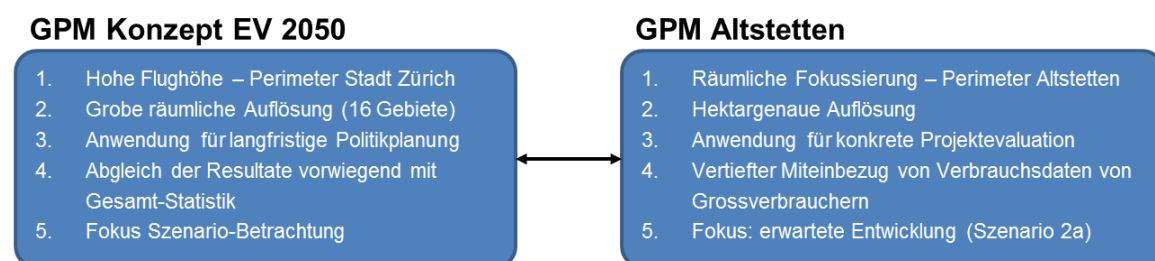


Abbildung 3: Das Gebäudeparkmodell verfolgt für die gegenwärtige Studie im Gebiet Altstetten eine andere Zielsetzung als im bereits erarbeiteten EK 2050.



3.2 Berechnung der Wärme- und Kältenachfrage

Die Wärmenachfrage für Raumwärme und Warmwasser wurde im EK 2050 bereits für die Stadt Zürich berechnet. Die nachfolgend präsentierten Ergebnisse im Bereich Wärme repräsentieren also eine Neuauswertung der bereits vorhandenen Resultate für das Gebiet Altstetten. Diese Ergebnisse wurden wie erwähnt mit dem Berechnungsverfahren der SIA 380/1 und Annahmen zu Erneuerungsraten, Gebäudegeometrien und U-Wert der Bauteile erzielt. Für weitere Details zum Berechnungsverfahren siehe Jakob et al. (2012) und Jakob et al. (2013a).

Im Gegensatz zur Wärmenachfrage musste das Berechnungsverfahren der Kältenachfrage neu entwickelt werden. Während die Wärmebedarfswerte auf einem physikalischen Berechnungsmodell basieren, werden die spezifischen Kältebedarfswerte im

Kältemodul auf Experteneinschätzungen und Modell-Werte aus der Literatur (SIA 2024, Jakob et al. 2006) abgestützt.

Zusätzlich wurden die Ergebnisse der Wärme- und Kältebedarfsberechnungen jeweils mit tatsächlichen Verbrauchswerten verglichen. Dabei kamen folgende Datenquellen zum Einsatz:

- Verbrauchsdaten der Erdgas Zürich AG von Verbrauchern mit hohem Erdgasbezug im Gebiet Altstetten
- Daten des Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich zu bewilligten Klimaanlage
- Daten zur gewerblichen Kälte eines in Zürich tätigen Detailhandelsunternehmens
- Daten zum (Prozess)kälteverbrauch von einzelnen Rechenzentren, die in Altstetten betrieben werden.

In Tabelle 1 ist mittels x gekennzeichnet, welche Ergebnisse für den gegenwärtigen Bericht neu erstellt wurden und welche vom EK 2050 übernommen wurden.

Tabelle 1: Übersichtsmatrix, welche Ergebnisse vom EK 2050 übernommen wurde und welche hier neu erarbeitet wurden.

	EK 2050	Bericht Altstetten
Szenario BZO		
Energiebezugsfläche (EBF)	x	
Wärmebedarf	x	
Kältebedarf		x
Differenzierte kartographische Darstellungen		x
Vergleich mit tatsächlichen Verbrauchswerten		x
Szenario Verdichtung		
EBF, Wärmebedarf, Kältebedarf		x

4 Gebäudestruktur und Siedlungsentwicklung

Der gegenwärtige und künftige Wärme- und Kältebedarf sind zum einen Funktionen der Struktur und Veränderung der mengen-basierten Treiber des Energiebedarfs (z.B. Zuwachs der Energiebezugsfläche durch bauliche Verdichtung). Zum anderen handelt es sich um Funktionen spezifischer Bedarfswerte, die von der Energieeffizienz abhängen (z.B. Fassaden-Erneuerung bestehender Gebäude). In den folgenden Unterkapiteln werden die Struktur des Mengengerüsts und deren Entwicklung bis 2050 beschrieben. Dies bildet die Grundlage der energetischen Betrachtungen in den folgenden Kapiteln. In Kapitel 4.1 und 4.2 wird von einer Entwicklung des Mengengerüsts gemäss EK 2050 ausgegangen, bei der die gegenwärtig gültige Bau- und Zonenordnung (BZO) bestehen bleibt (Szenario BZO). In Kapitel 4.3 wird ein Entwicklungsszenario skizziert, bei dem die bestehende BZO angepasst und von einer zusätzlichen Verdichtung ausgegangen wird (Szenario Verdichtung).

4.1 Ist-Zustand (2009)

Der gesamte Gebäudepark der Stadt Zürich umfasst im betrachteten Ausgangszustand rund 54'000 Gebäude mit einer Energiebezugsfläche (EBF) von 34.3 Mio. m². Im Betrachtungsperimeter der Studie sind es ungefähr 5'200 Gebäude und 4 Mio. m² EBF. Diese verteilen sich auf die verschiedenen Gebäudetypen und Bauperioden gemäss den Tabellen 2 und 3.

Weitere detaillierte, auch räumlich differenzierte Grundlagen zum Gebäudepark in der Stadt Zürich sind in Jakob et al. (2012) zu finden. Folgende Aussagen lassen sich aus den genannten Tabellen für das Gebiet Altstetten ableiten:

- Die wichtigsten Gebäudetypen sind Bürogebäude, Industriebauten und Mehrfamilienhäuser. Untervertreten im Vergleich zur Stadt Zürich sind Hoch- und Volksschulen sowie Spitäler.
- Relativ gesehen sind Industrie und Gewerbe in Altstetten im Vergleich zur Stadt Zürich besonders wichtig (14% vs. 7% der Fläche Nichtwohnen).
- Der Gebäudebestand in Altstetten ist neuer im Vergleich zur Stadt Zürich. Die Hälfte der Gebäude in Altstetten sind nach 1976 gebaut worden, bei der Stadt Zürich sind es nur ein Drittel.
- Die wichtigste Bauperiode ist 1947 bis 1975, sowohl bei den Wohngebäuden als auch bei den Nichtwohngebäuden.

Die verschiedenen Gebäudetypen sind innerhalb des Betrachtungsperimeters der Studie nicht homogen über das Gebiet verteilt. Folgende Tendenzen ergeben sich bei einer räumlichen Betrachtung:

- Zentren mit hoher EBF-Dichte befinden sich um die Badenerstrasse (in Abbildung 4 als Trakt 1 bezeichnet) und die Flurstrasse (als Trakt 2 bezeichnet).

- Dienstleistungs- und Wohnquartiere sind räumlich relativ klar voneinander getrennt. Dienstleistungsgebäude befinden sich vorwiegend angrenzend an den Eisenbahnkorridor und um die Flurstrasse. Ein grosses Wohngebiet befindet sich im südwestlichen Teil des Betrachtungsperimeters (Abbildung 5).
- Klimakältebedarf ist vermehrt in Bürogebäuden zu erwarten und zeigt eine nicht-lineare Abhängigkeit zur Gebäudegrösse (siehe Erläuterungen in Kapitel 6.1.5). Hier wurde deshalb gezielt die räumliche Verteilung von grossen Bürogebäuden (Abbildung 6) und Handels-/Verkaufsgebäude (Abbildung 7) untersucht. Grosse Bürogebäude (>1000 m² EBF) befinden sich vorwiegend in den Trakten 1 und 2, während kleine Bürogebäude (<1000 m² EBF) ebenfalls in Wohngebieten vertreten sind (vorwiegend entlang grosser Strassen).

Tabelle 2: Flächenanteile der verschiedenen Gebäudetypen in den Bereichen Wohnen und Nichtwohnen für die Stadt Zürich und für den Betrachtungsperimeter der Studie.

Gebäudetyp	Stadt Zürich		Betrachtungsperimeter Studie	
	Wohnen	Nichtwohnen	Wohnen	Nichtwohnen
Büro	2%	41%	1%	41%
Hotel	0%	2%	0%	1%
Restaurant	0%	1%	0%	0%
Handel und Verkauf	0%	13%	0%	12%
Industrie, Gewerbe	0%	7%	0%	14%
Kirche, Sport, Kultur	0%	6%	1%	3%
Nachrichten, Verkehr	0%	3%	0%	5%
Hochschule	0%	5%	0%	0%
Volksschule	0%	6%	0%	4%
Heim	2%	3%	1%	2%
Spital	0%	4%	0%	0%
Übrige	26%	9%	21%	15%
Einfamilienhaus	8%	0%	5%	0%
Mehrfamilienhaus	61%	2%	70%	2%
Total	100%	100%	100%	100%
Total (in Mio. m²)	19.5	14.8	2.1	1.9

Tabelle 3: Flächenanteile nach Bauperiode in der Stadt Zürich und im Betrachtungsperimeter der Studie.

Bauperiode	Stadt Zürich		Betrachtungsperimeter Studie	
	Wohnen	Nichtwohnen	Wohnen	Nichtwohnen
vor 1920	21%	24%	6%	8%
1920 bis 1946	26%	12%	26%	6%
1947 bis 1975	32%	31%	37%	36%
1976 bis 1990	11%	19%	17%	30%
1991 bis 2009	10%	15%	14%	20%
Total	100%	100%	100%	100%
Total (in Mio. m²)	19.5	14.8	2.2	1.9

Abbildung 4: Räumliche Verteilung der Energiebezugsfläche (EBF) für das Jahr 2010. Schwarz eingeraht sind die Trakte 1 und 2, welche sich durch eine hohe EBF-Dichte, hohe thermische Energienachfrage, sowie einen hohen Anteil von Dienstleistungsgebäuden auszeichnen.

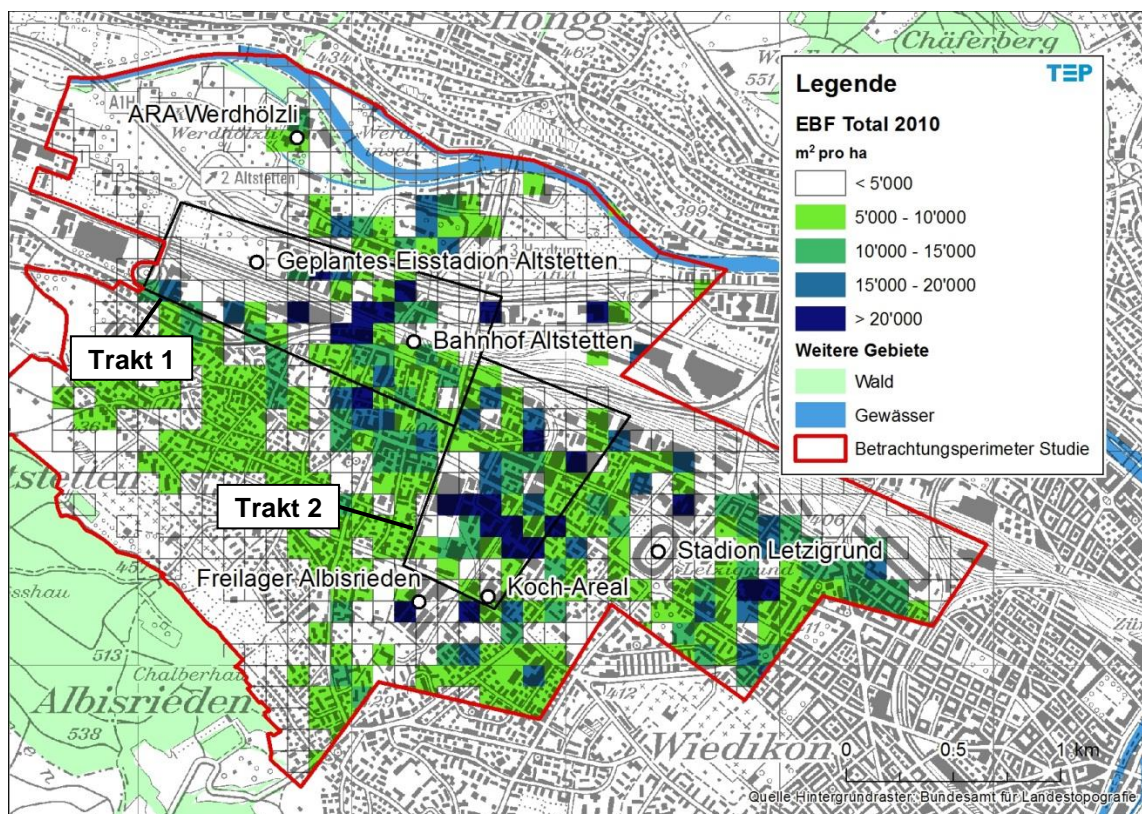


Abbildung 5: Räumliche Verteilung der EBF im Nichtwohnbereich für das Jahr 2010.

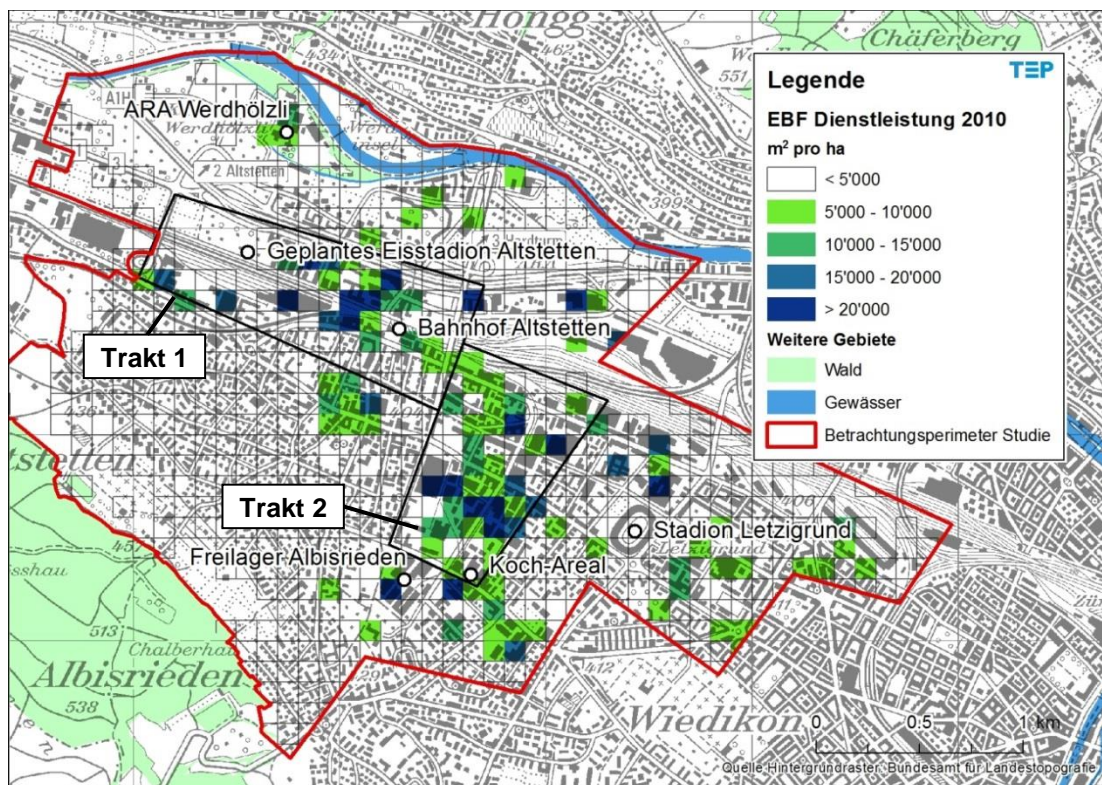


Abbildung 6: Bürogebäude in Altstetten nach Energiebezugsfläche. Grosse Bürogebäude (>1000 m² EBF) befinden sich hauptsächlich in den Trakten 1 und 2, während kleine Bürogebäude auch im südwestlichen Wohnquartier vertreten sind.

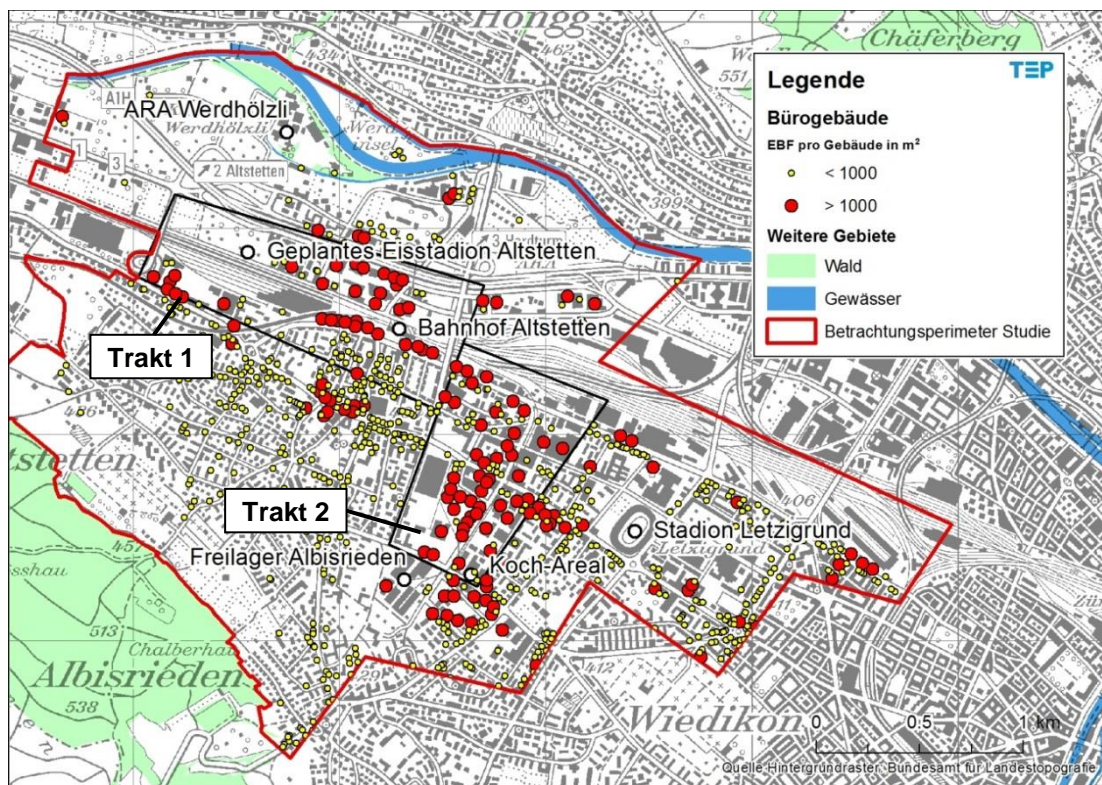
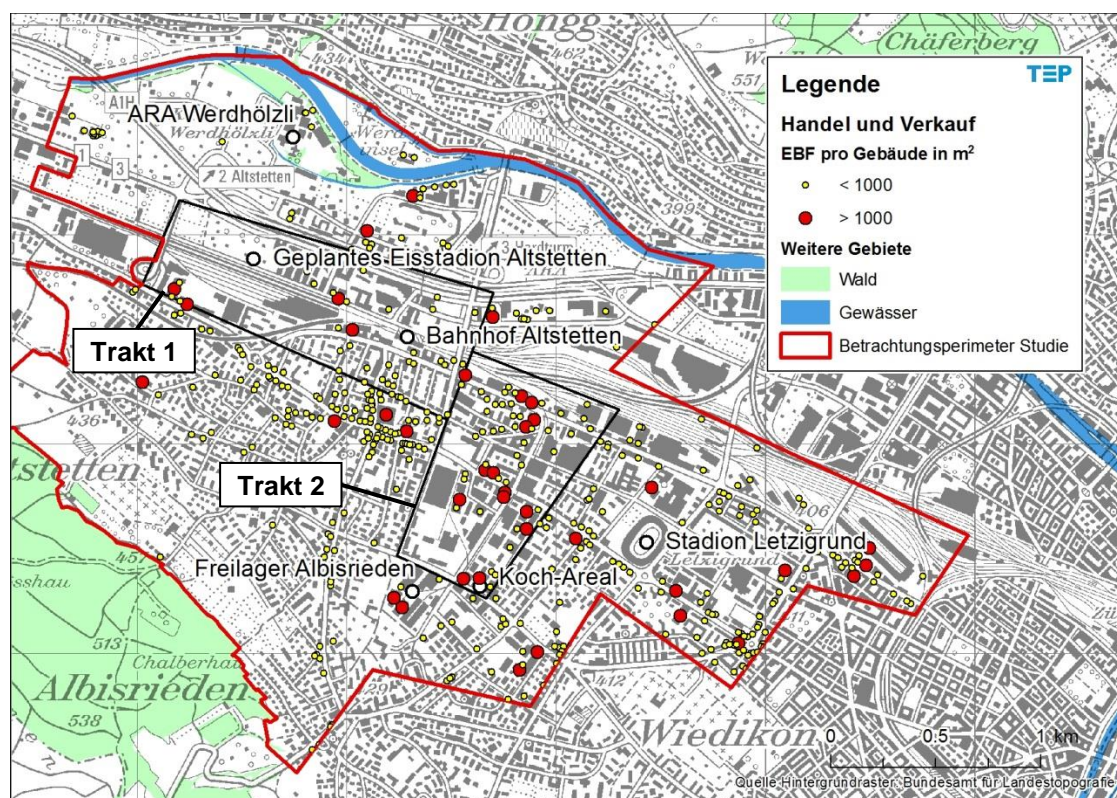


Abbildung 7: Handels- und Verkaufsgebäude nach Energiebezugsfläche. Während sich grosse Bürogebäude (>1000 m² EBF) auf die Trakten 1 und 2 konzentrieren sind grosse Handels- und Verkaufsgebäude (>1000 m² EBF) über das ganze Quartiergebiet verteilt.

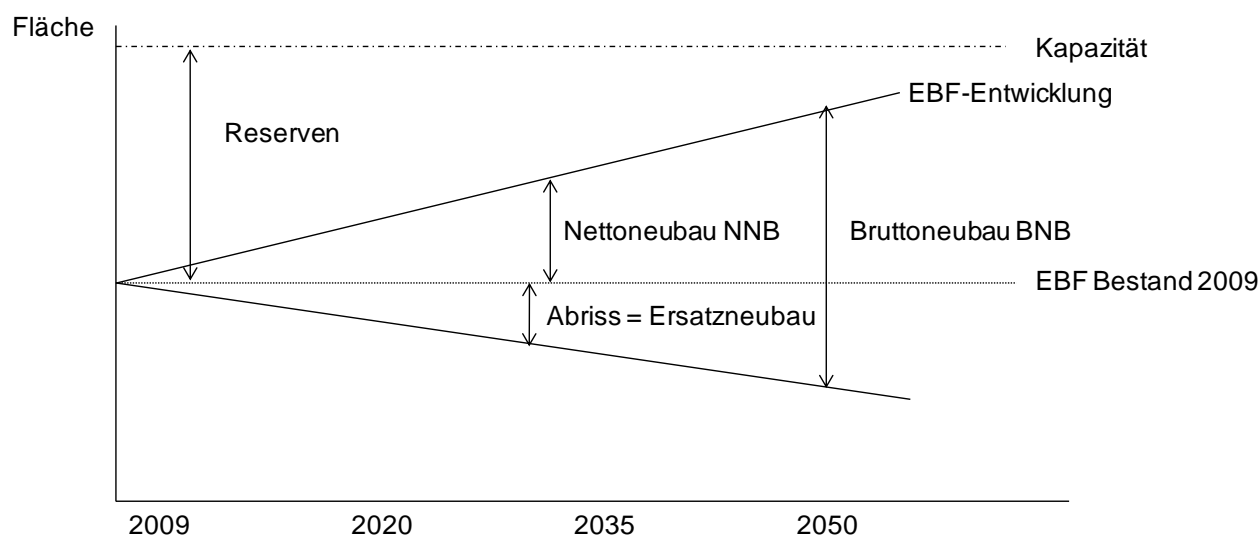


4.2 Künftige Entwicklung (Szenario BZO)

Die in diesem Bericht angenommene Entwicklung der Energiebezugsfläche stützt sich auf das EK 2050 (Jakob et al. 2013a, Kapitel 5.1). Ausgehend von der gemäss heutiger Bau- und Zonenordnung (BZO) möglichen Ausnutzungskapazität einer gewissen Parzelle wurde ein Teil der baulichen Reserve im Modell für den Zuwachs des Gebäudebestandes verwendet (Nettoneubau¹). Zudem wurde angenommen, dass Gebäude mit einer gewissen Rate abgerissen und durch neue ersetzt werden (Ersatzneubau). Aus der Summe von Netto- und Ersatzneubau ergibt sich der Bruttoneubau, welcher für energetische Betrachtungen letztlich relevant ist (Abbildung 8). Die gemäss aktuell gültiger BZO vorhandene Gesamtkapazität wird derzeit zu 65% und gemäss den getroffenen Annahmen bis 2050 zu knapp 80% ausgeschöpft. Dies bedeutet, dass in der Zukunft nur noch geringes zusätzliches Ausschöpfungspotenzial besteht (die Kapazität wird in der Praxis nie zu 100% ausgeschöpft, da z.B. Denkmalschutz den Ersatzneubau verhindert, die Grundstückform eine zusätzliche Bebauung verhindert, etc.).

¹ In Zürich stellt der Neubau auf unbebauten Parzellen ein Spezialfall des Nettoneubaus dar, da dieser nicht einem bestimmten GWZ-Eintrag zugeordnet werden kann. Hier wird aber von der gleichen Potenzialerschöpfung ausgegangen wie beim restlichen Nettoneubau. Wo diese Parzellen den Betrachtungsperimeter durchkreuzen, werden Kennwerte (EBF, Energiebedarf) proportional zur sich im Perimeter befindende Fläche zugeordnet.

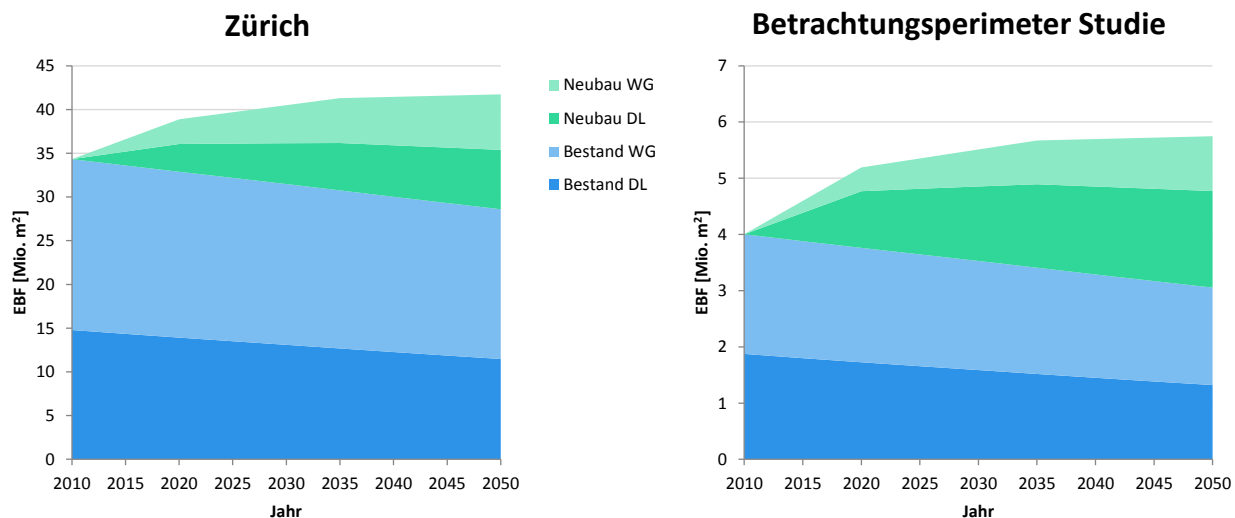
Abbildung 8: Schematische Darstellung der Terminologien Abriss, Ersatzneubau, Netto-/Bruttoneubau, Bestand, Reserve, Kapazität (nicht massstabgetreu).



In Abbildung 9 ist die aufgrund des angenommenen Szenarios resultierende Flächenveränderung dargestellt, dies für die Stadt Zürich und für das Gebiet Altstetten im Einzelnen. Folgendes wird daraus ersichtlich:

- Starkes Wachstum findet gemäss Annahmen bis 2020 statt, danach stabilisiert sich das Flächenwachstum (siehe Kapitel 5.1.3 des EK 2050 für Annahmen zur zeitlichen Entwicklung der Ausschöpfung).
- Die EBF steigt im Gebiet Altstetten über den Zeitraum 2010 bis 2050 relativ gesehen deutlich stärker an als in der Stadt Zürich (44% vs. 22%).
- In Altstetten nimmt der Neubau (Bruttoneubau) gemäss Szenario eine wichtigere Rolle ein als in der Stadt Zürich. Die für das Jahr 2050 ermittelte Energiebezugsfläche wäre demnach zu fast der Hälfte nach 2010 erstellt worden (46% für Altstetten, 31% für die Stadt Zürich).
- Im Vergleich zur Stadt ist in Altstetten der Dienstleistungssektor wichtiger (52% der EBF vs. 44% für die Stadt Zürich), insbesondere im Neubau, welcher von Dienstleistungsgebäuden dominiert wird. Gesamthaft steigt der Dienstleistungsanteil für Altstetten zwischen 2010 (46%) und 2050 (52%) leicht an.

Abbildung 9: EBF-Entwicklung bis 2050 gemäss Grundlagen des EK 2050 für die Stadt Zürich und für den Betrachtungsperimeter der Studie. Ab 2020 wird ein moderateres Wachstum angenommen.



Das EBF-Wachstum ist ebenfalls räumlich strukturiert. Aus unseren Analysen können folgende Feststellungen abgeleitet werden:

- Die Verdichtung bzw. die Flächenzunahme findet vor allem in den Trakten 1 und 2 statt (Abbildung 10, bzw. Abbildung 11).
- Bis 2050 werden in grossen Teilen des Betrachtungsperimeters zwischen 40% und 60% der EBF neu gebaut, in den Trakten 1 und 2 sogar mehr (Abbildung 12).
- Mit dem Koch-Areal und dem Freilager Albisrieden (siehe Abbildung 4) sind momentan zudem zwei grosse Bauprojekte in Planung. Diese werden in der vorliegenden Studie aber nicht explizit berücksichtigt. Die betroffenen Parzellen werden analog zum restlichen Gebiet modelliert, wobei die Kapazität der Parzellen entscheidend für die EBF-Entwicklung ist.

Abbildung 10: Gesamte Energiebezugsfläche (EBF) für die Jahre 2010 (oben), 2030 (Mitte) und 2050 (unten).

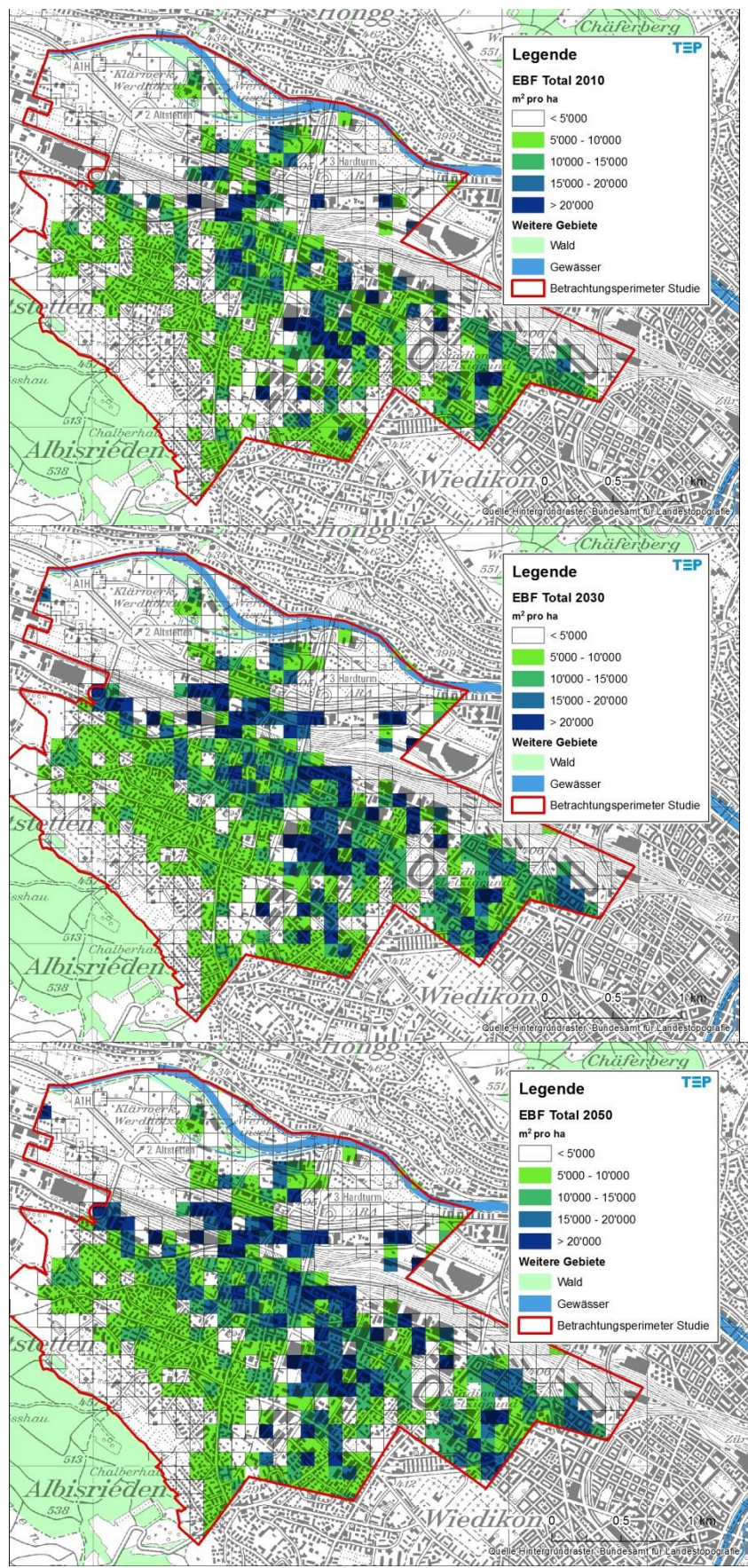


Abbildung 11: Energiebezugsfläche Bruttoneubau seit 2010 bis 2030 (oben) und bis 2050 (unten).

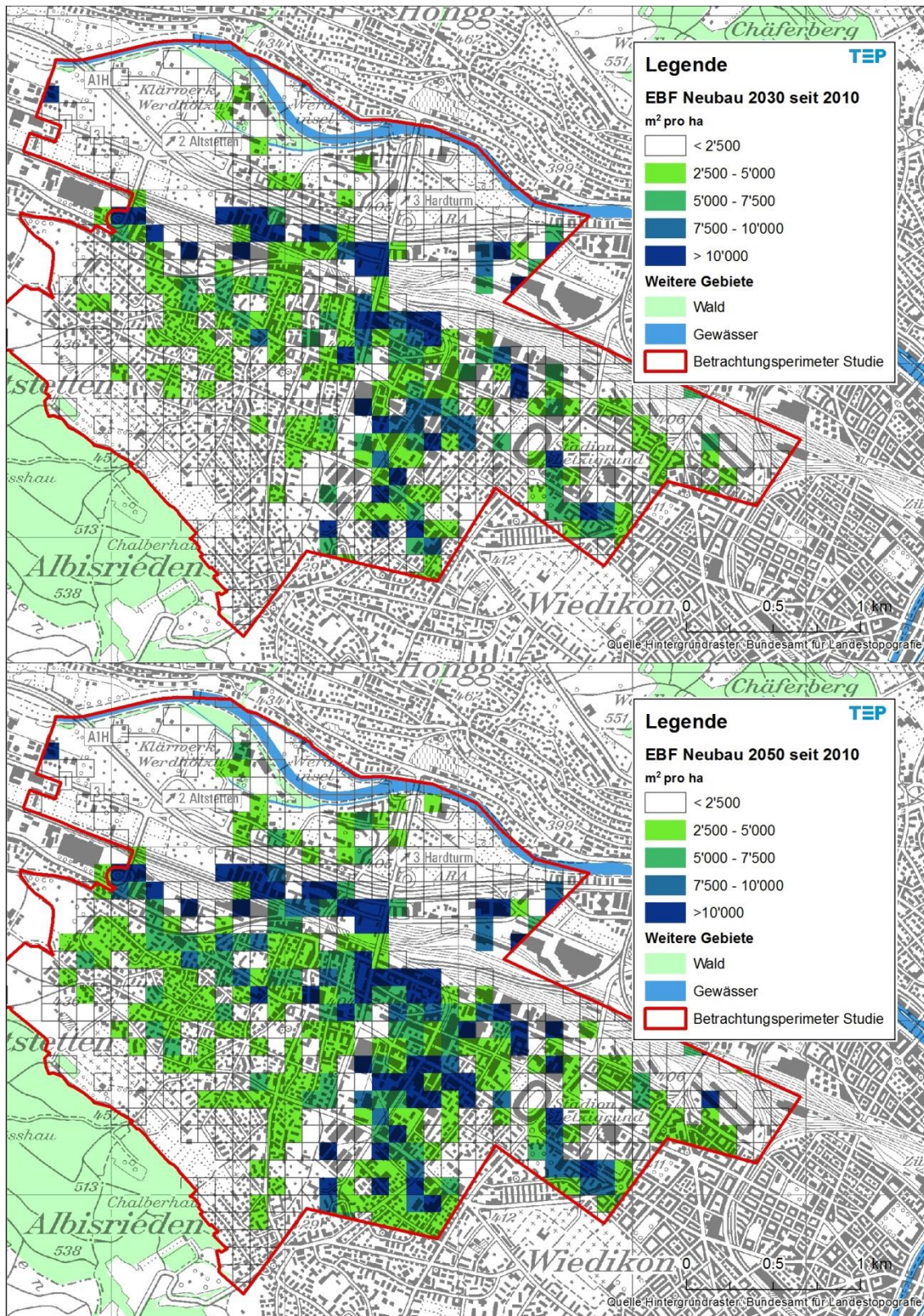
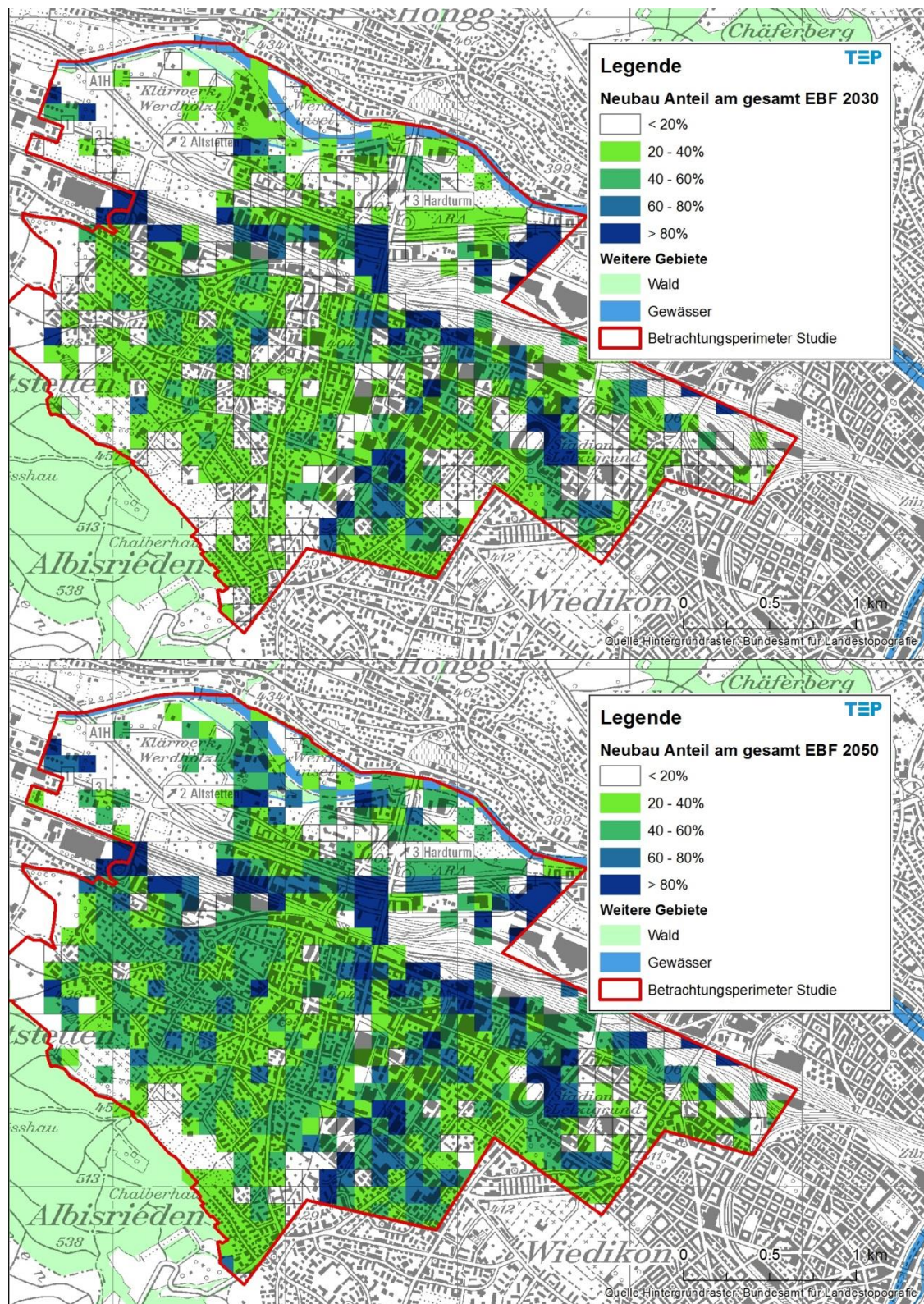


Abbildung 12: Anteil der seit 2010 gebauten EBF an der gesamten EBF der Jahre 2030 (oben) und 2050 (unten).



4.3 Szenario zusätzliche Verdichtung

Ausgehend von der räumlichen Entwicklungsstrategie der Stadt Zürich (RES) ist mittelfristig eine Aufzonung gegenüber der gegenwärtigen Bau- und Zonenordnung (BZO) in Teilen von Altstetten denkbar. Gemäss unverbindlicher Grobeinschätzung des AfS kommen für eine Aufzonung die in Tabelle 4 und Abbildung 13 dargestellten Gebiete in Frage. Die daraus folgende zusätzliche Verdichtung hätte deutliche Auswirkungen auf den Energiebedarf der betroffenen Gebiete. Im vorliegenden Bericht werden grobe Annahmen zur zukünftigen Ausnutzungsziffer der betroffenen Parzellen getroffen, um mögliche energetische Auswirkungen einer Verdichtung zu untersuchen. Die in Abbildung 13 skizzierten Gebiete sind für die Planung im Detail noch auszuformulieren. Betroffen sind 830 Gebäude mit einer EBF im Ausgangsjahr (2009) von 932'916 m², sowie 44 zum Zeitpunkt 2010 unbebaute Parzellen.

Durch eine Erhöhung der Ausnutzungsziffer steigt die Kapazität einer Parzelle. Diese wird wiederum sowohl im Szenario BZO als auch im Szenario Verdichtung bis zum Jahr 2050 zu etwa 80% ausgeschöpft (siehe Kapitel 4.2 im gegenwärtigen Bericht sowie Kapitel 5.1.4 im EK 2050).

Die skizzierte Aufzonung hätte zur Folge, dass die EBF im Szenario Verdichtung zum Zeitpunkt 2050 um ca. 270'000 m² höher sein würde als im Szenario BZO. Dies entspricht für den Betrachtungsperimeter einer Zunahme von 5% gegenüber dem Szenario BZO. Bezogen nur auf die betroffenen Gebiete (eingefärbt in Abbildung 13) ist die EBF zum Zeitpunkt 2050 im Szenario Verdichtung um 21% höher als im Szenario BZO. Die räumliche Verteilung der sich aufgrund dieser Verdichtung ergebenden EBF ist in Abbildung 15 dargestellt.

Tabelle 4: Gebiete, die im Szenario Verdichtung für eine mögliche Aufzonung in Frage kommen, sowie gegenwärtige und zukünftig mögliche Ausnutzungsziffern.

Gebiet	Gegenwärtige Ausnutzungsziffer	Annahme zukünftige Ausnutzungsziffer
Zwischen Autobahn und Limmat	0.6–0.9	1.0
Zwischen Hohlstrasse und Badenerstrasse	mehrheitlich 1.3	2.0
Zwischen Hohlstrasse und Eisenbahnkorridor, sowie entlang Altstetterstrasse	1.3–2.0	2.5
Zwischen Eisenbahnkorridor und Autobahn	2.5–2.8	3.3

Abbildung 13: Gebiete, die im Szenario Verdichtung für eine mögliche Aufzoning in Frage kommen, sowie Annahmen zu den möglichen zukünftigen Ausnutzungsziffern.

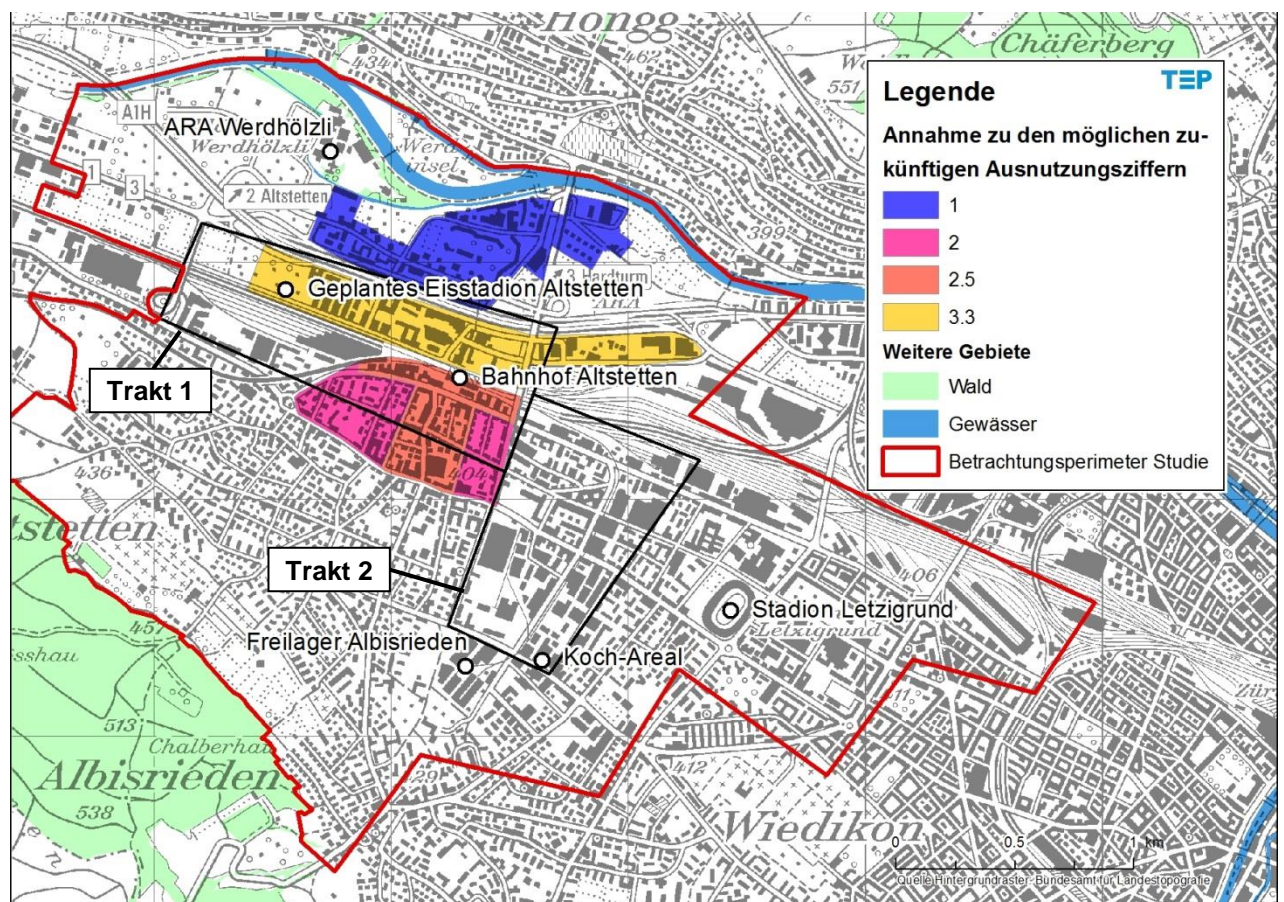


Abbildung 14: EBF-Entwicklung im Betrachtungsperimeter der Studie bis 2050 gemäss Szenario Verdichtung im Vergleich zum Szenario BZO.

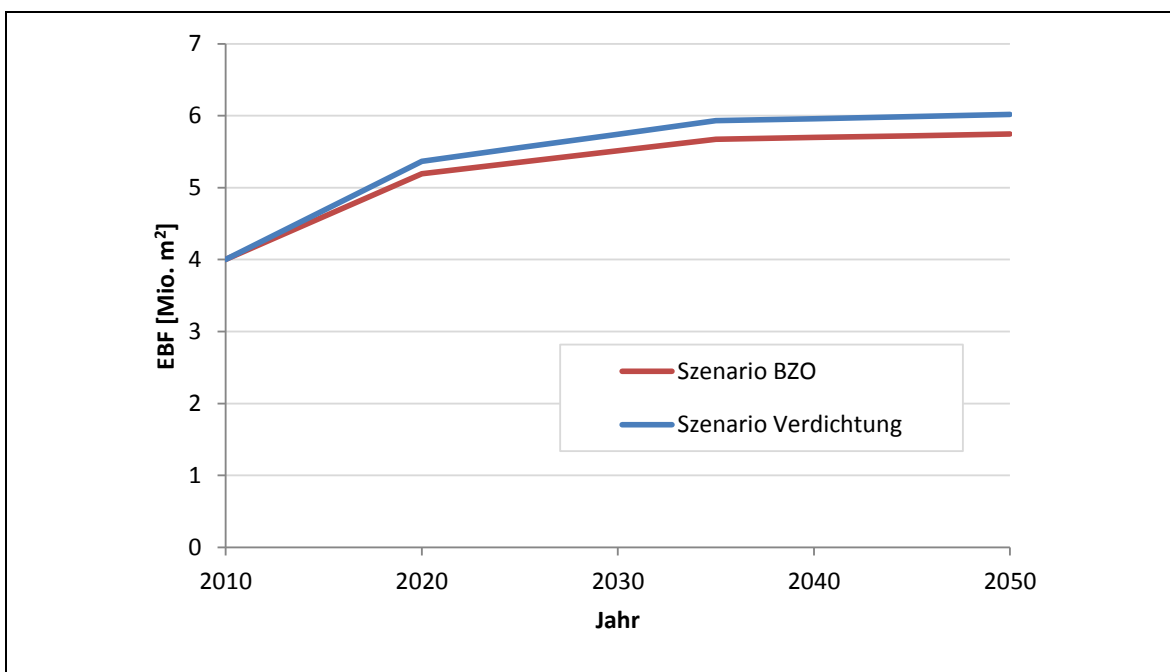
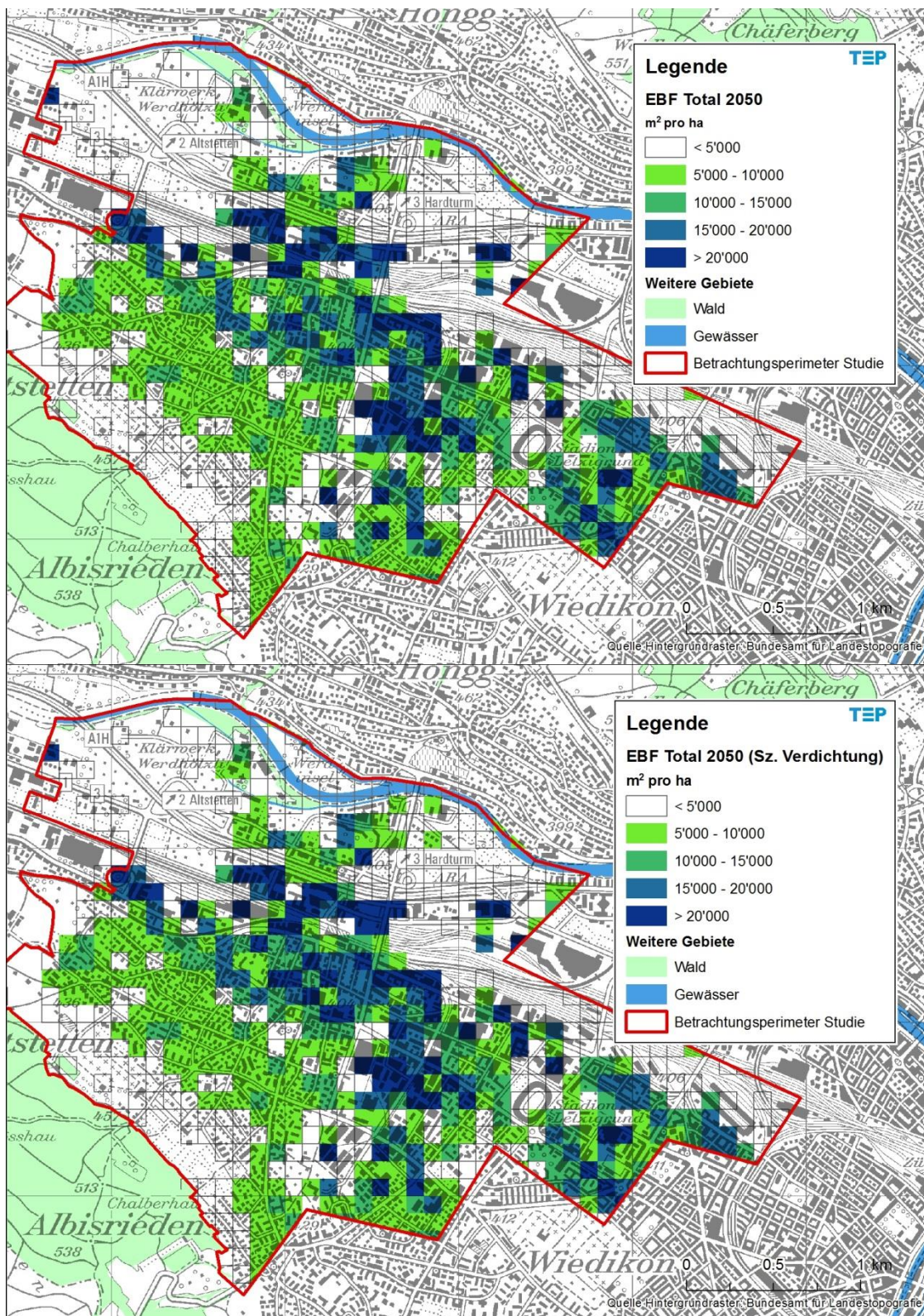


Abbildung 15: Gesamte Energiebezugsfläche (EBF) im Jahr 2050 gemäss Szenario BZO (oben) und Szenario Verdichtung (unten).



5 Wärmebedarf

5.1 Nutzenergiebedarf Wärme

Basierend auf den im Effizienzscenario des EK 2050 unterstellten forcierten Effizienzmassnahmen geht der Wärmebedarf (Nutzenergie für Raumheizung und Warmwasser) in Altstetten zwischen 2010 und 2050 deutlich zurück. Trotz einer EBF Zunahme von 44% sinkt der Wärmebedarf um 32%. Diese Reduktion ist im Gebiet Altstetten etwas geringer als für die Stadt Zürich (minus 34%), was durch die erhöhte EBF Zunahme begründet werden kann (44% für Altstetten vs. 22% für die Stadt Zürich, siehe Kapitel 4.2). Obwohl der Ersatz von Altbauten durch energieeffiziente Neubauten zu einer besseren Energieeffizienz führt, überwiegen an gewissen Orten die aufgrund der Verdichtung möglichen zusätzlichen Flächen, was zu einem höheren Wärmebedarf führt (violett eingefärbte Hektaren in Abbildung 18). In den Jahren 2010 bis 2020 ist das EBF-Wachstum besonders hoch (Kapitel 4.2).

Für den Wärmebedarf sind vor allem Bürogebäude, Industriegebäude und Mehrfamilienhäuser wichtige Gebäudetypen (Tabelle 5). Während Bürogebäude auf ihre EBF bezogen einen unterdurchschnittlichen Wärmeverbrauch haben (Bürogebäude besitzen 41% der EBF, sind aber nur für ca. 30% des Wärmebedarfs im Bereich Nichtwohnen verantwortlich), ist diese Situation für Industriegebäude und Mehrfamilienhäuser reversiert.

Die räumliche Verteilung des Wärmebedarfs widerspiegelt bis zu einem gewissen Mass die Verteilung der EBF. Der Wärmebedarf ist besonders in den Trakten 1 und 2 (siehe Definition in Abbildung 4 auf S. 14) hoch, aber im südwestlichen Wohnquartier (Abbildung 17) geringer. Bis 2050 reduzieren sich die Hotspots mit höherem Wärmebedarf auf Gebiete rund um den Eisenbahnkorridor und in der Industriezone um die Flurstrasse (Trakt 2).

An gewissen Orten kann der Wärmebedarf bis 2050 steigen (violett eingefärbte Hektaren in Abbildung 18). Diese Situationen kommen insbesondere dort vor, wo die Reserven 2010 erst zu einem geringen Grad ausgeschöpft sind oder sich im Ausgangsjahr noch unbebaute Parzellen befinden. Betroffen sind z.B. das Gebiet westlich der Europabrücke, das Hardturm-Areal und das Wohngebiet östlich des Stadions Letzigrund.

Die zusätzliche Verdichtung im Szenario Verdichtung hat über den gesamten Betrachtungsperimeter betrachtet einen relativ geringen Einfluss auf den Nutzenergiebedarf für Raumwärme und Warmwasser: Der Wärmebedarf ist im Betrachtungsperimeter zum Zeitpunkt 2050 im Szenario Verdichtung nur um 3% höher als im Szenario BZO, für die betroffenen Gebiete sind es 13% (Abbildung 19). Die durch eine zukünftige Veränderung der BZO zusätzlich entstehende EBF wird aufgrund der Neubauvorschriften einen hohen Energiestandard aufweisen, wodurch sich der Einfluss auf den Wärmebedarf unterproportional auswirkt (eine EBF Zunahme in den betroffenen Gebiete von 21% bewirkt lediglich eine Zunahme des Wärmebedarfs um 13%).

Tabelle 5: Wärmebedarf (Raumwärme und Warmwasser) differenziert nach Gebäudetyp in den Bereichen Wohnen und Nichtwohnen für die Jahre 2010 und 2050.

Gebäudetyp	2010		2050	
	Wohnen	Nichtwohnen	Wohnen	Nichtwohnen
Büro	1%	31%	1%	33%
Hotel	0%	1%	0%	1%
Restaurant	0%	1%	0%	1%
Handel und Verkauf	0%	11%	0%	8%
Industrie, Gewerbe	0%	24%	0%	22%
Kirche, Sport, Kultur	1%	4%	1%	3%
Nachrichten, Verkehr	0%	4%	0%	5%
Hochschule	0%	0%	0%	2%
Volksschule	0%	4%	0%	3%
Heim	1%	3%	1%	4%
Spital	0%	0%	0%	1%
Übrige	19%	15%	19%	15%
Einfamilienhaus	6%	0%	6%	0%
Mehrfamilienhaus	72%	2%	72%	2%
Total	100%	100%	100%	100%
Total (in GWh)	268	186	178	131

Abbildung 16: Entwicklung des Wärmebedarfs (Raumwärme und Warmwasser). Die Abnahme im Gebiet Altstetten ist leicht geringer als bei der Stadt Zürich.

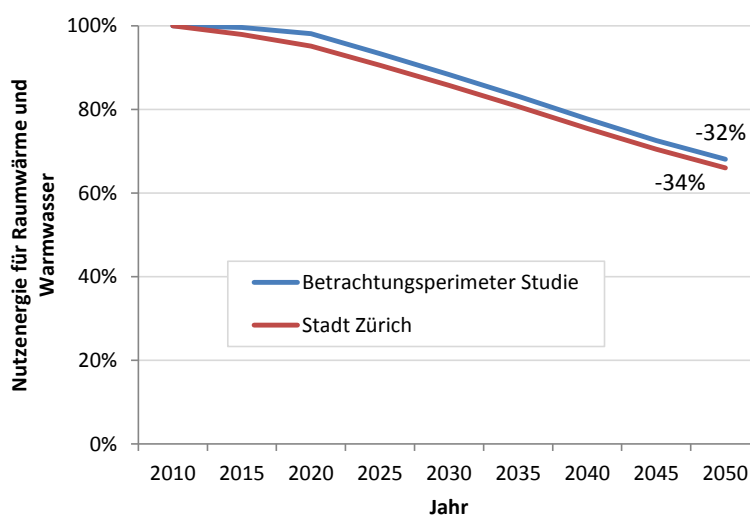


Abbildung 17: Wärmebedarf (Raumwärme und WW) in den Jahren 2010 (oben), 2030 (Mitte) und 2050 (unten).

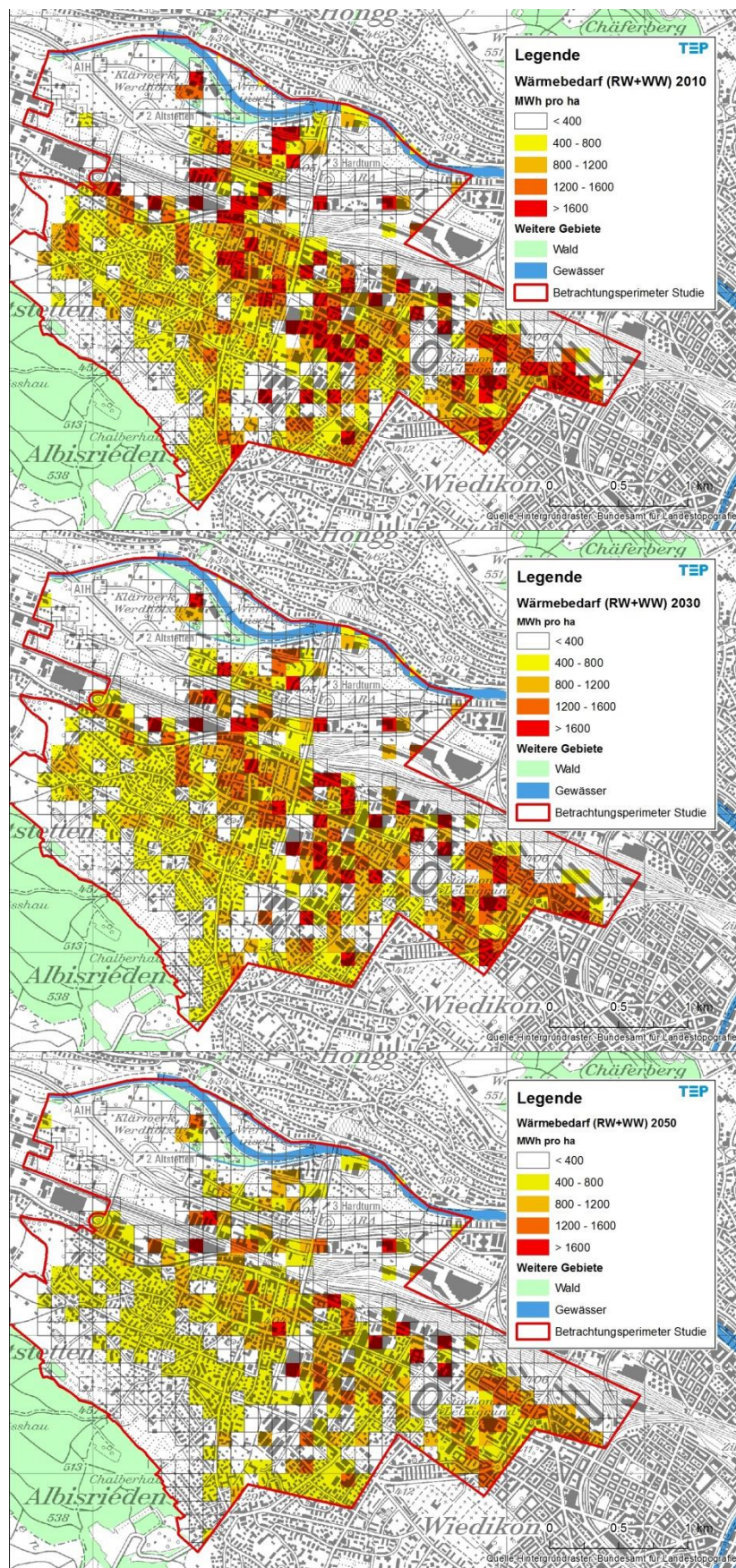


Abbildung 18: Reduktion des Nutzenergiebedarfs für Raumwärme und Warmwasser im Jahr 2050 gegenüber 2010. Gebiete, die viel Neubau verzeichnen, weisen eine Zunahme des Wärmebedarfs aus.

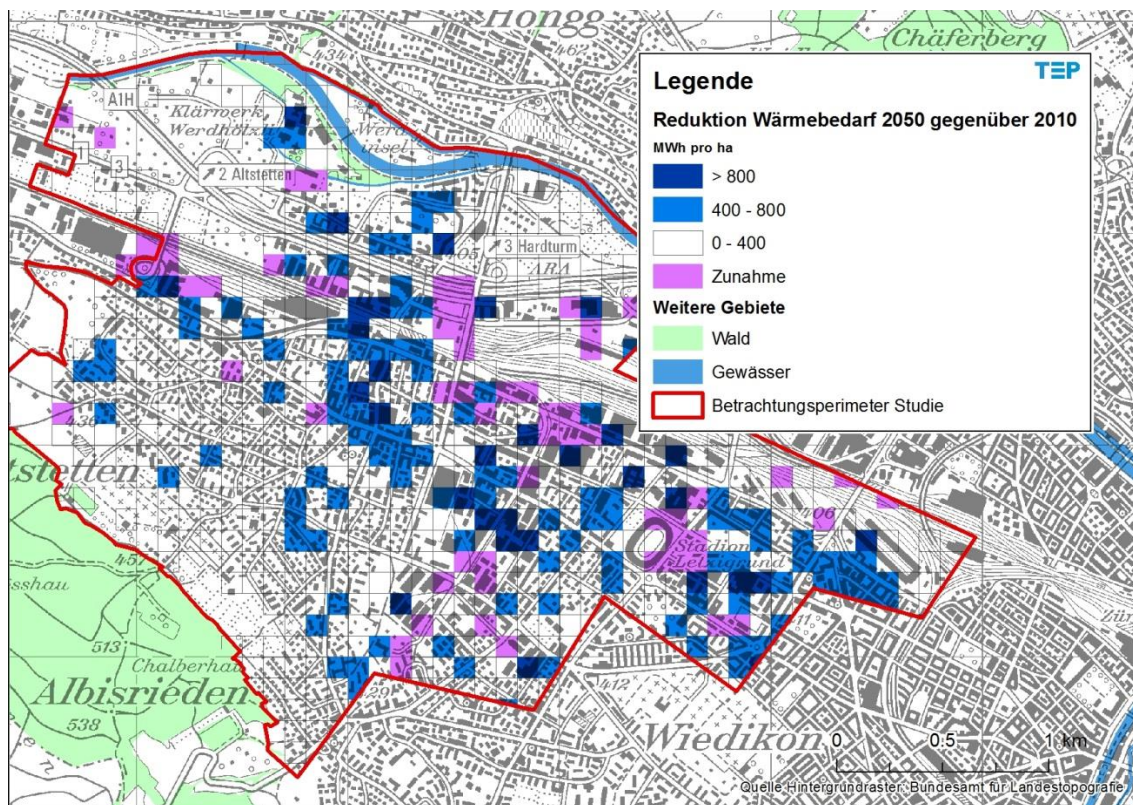
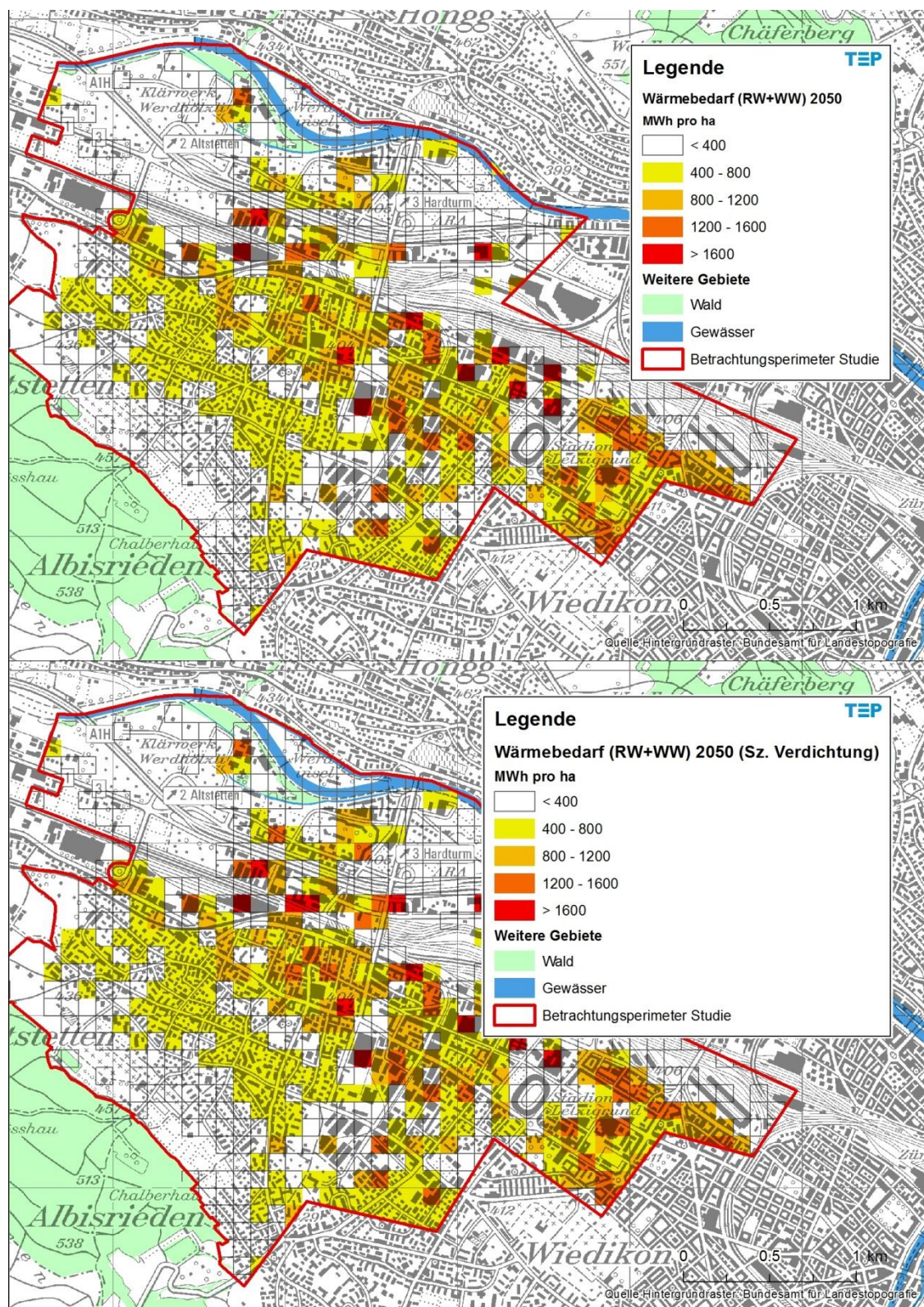


Abbildung 19: Wärmebedarf (Raumwärme und Warmwasser) im Jahr 2050 im Szenario BZO (oben) und im Szenario Verdichtung (unten).



5.2 Wärmeleistungsbedarf

Der Wärmeleistungsbedarf für Raumwärme (RW) und Warmwasser (WW) dient als Richtgrösse für die Dimensionierung von Heizanlagen und thermischen Energieverbänden. Er steigt gemäss den Berechnungen in der vorliegenden Studie vorerst bis zum Jahr 2020 leicht an, da das EBF-Wachstum gegenüber Effizienzsteigerungen überwiegt, und sinkt danach bis zum Jahr 2050 um 16% ab (siehe Abbildung 20). Räumlich verteilt sich der Wärmeleistungsbedarf ähnlich wie beim Wärmebedarf; er ist am höchsten in den Trakten 1 und 2 (Abbildung 21).

Abbildung 20: Entwicklung des Wärmeleistungsbedarfs für Raumwärme und Warmwasser im Betrachtungsperimeter der Studie und der Stadt Zürich.

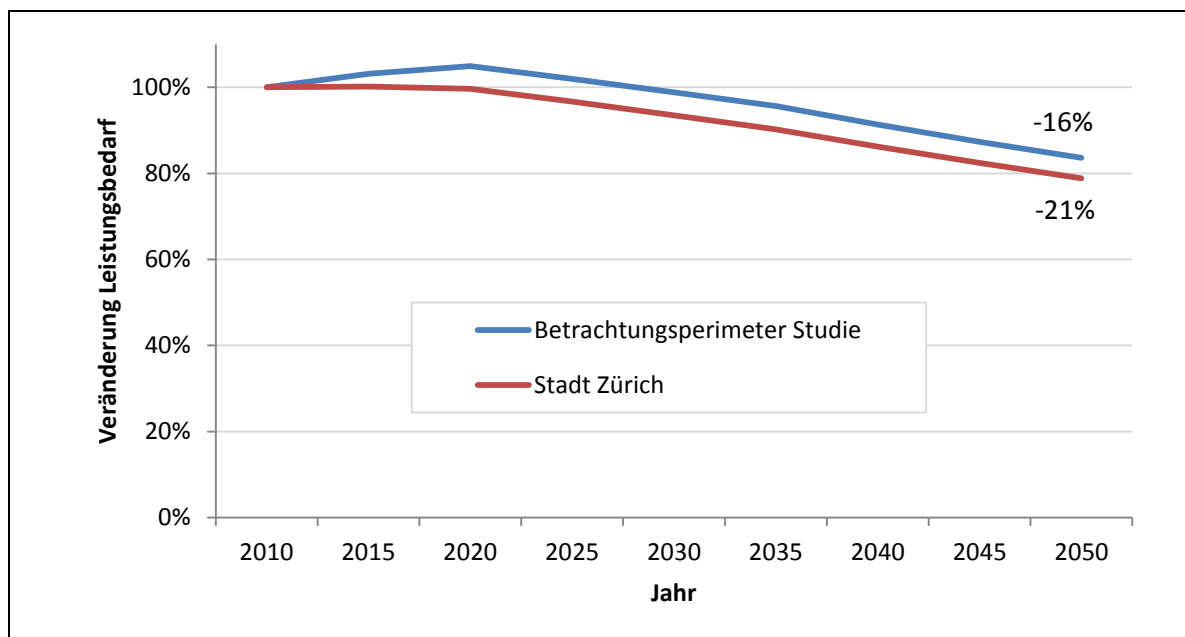
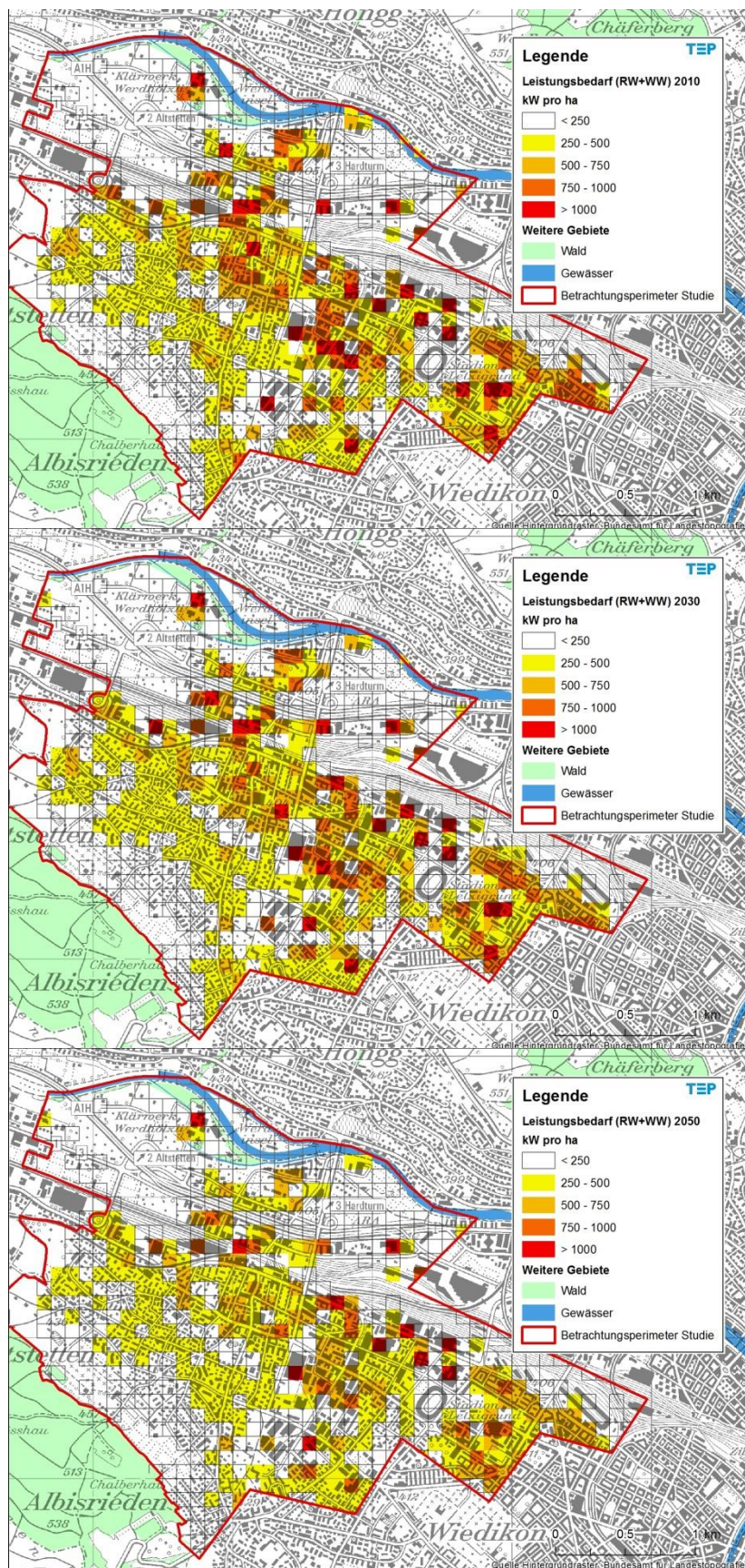


Abbildung 21: Wärmeleistungsbedarf für Raumwärme und Warmwasser für die Jahre 2010 (oben), 2030 (Mitte) und 2050 (unten).



5.3 Validierung der Modellergebnisse anhand einzelner Erdgas-Grossverbraucher

Um die Modellresultate zu verifizieren, wurde der im GPM berechnete Wärmebedarf mit Verbrauchsdaten der Erdgas Zürich AG verglichen. Dazu wurden im Betrachtungsperimeter der Studie 630 Gebäude mit einem jährlichen Verbrauch von mehr als 300 MWh identifiziert. Von diesen konnten 600 Gebäude mittels des Eidgenössischen Gebäudeidentifikators (EGID) dem GPM-Datensatz zugeordnet werden. Um einen Vergleich auf energetischer Ebene zu ermöglichen, wurden folgende Datenumformungen vorgenommen:

- Die Daten der Erdgas Zürich AG wurden durch eine Heizgradtagkorrektur normalisiert. Das Jahr 2012 zählte 3321 Heizgradtage² (HGT), während das langjährige Mittel (1990–2012) 3340 HGT² beträgt. Zudem liegt der Wärmebedarf im GPM auf Ebene Nutzenergie vor. Um eine Vergleichbarkeit der Datensätze herzustellen, wurde ein Umwandlungsfaktor für Übertragungs- und Umwandlungsverluste von 0.8 angenommen. Dieser Faktor ist mit gewissen Unsicherheiten verbunden, entspricht jedoch dem im GPM angenommenen Umwandlungsfaktor.
- Viele der Gebäude im Datensatz der Erdgas Zürich AG sind an einen Wärmeverbund angeschlossen, bei der eine Heizzentrale weitere Gebäude mit Heizwärme beliefert. Für diese Nahwärmeverbunde lagen nur kumulierte Daten vor. Um einen Vergleich zu ermöglichen, wurden die Gebäude der GPM-Datenbank ebenfalls zusammengefasst.
- In 20 Fällen war der gemessene Verbrauch unrealistisch hoch, mit spezifischen Energiebedarfswerten für Heizung und Warmwasser von über 1000 MJ/m² (ausgehend von den im GPM angenommenen EBF). Bei genauerer Betrachtung stellte sich heraus, dass die meisten dieser Gebäude eine Sondernutzung aufweisen (z.B. Gärtnereien, Zuckerherstellung, Hallenbad, Schulhaus) und daher von zusätzlichen Heizanwendungen bzw. -Flächen auszugehen ist. Da diese Nutzung nicht dem im GPM berechneten Wärmebedarf für Raumwärme und Warmwasser entspricht, wurden diese Gebäude nicht berücksichtigt (47 GWh Gesamtverbrauch Wärme gemäss Erdgas Zürich AG).

Der Vergleich zwischen den Verbrauchswerten der Erdgas Zürich AG und den modellierten Energiebedarfswerten des GPM sind in Abbildung 22 dargestellt. Die grosse Streuung der Daten ist zum einen auf grosse Verbrauchsschwankungen und zum anderen auf den Umstand zurückzuführen, dass im Modell aus nachvollziehbaren Gründen nicht alle Details auf Ebene einzelner Gebäude abgebildet sind. Gesamthaft über alle Gebäude stimmen die Verbrauchswerte jedoch gut mit den modellierten Bedarfswerten überein (123 GWh/a respektive 122 GWh/a, Tabelle 6).

Die Gebäude wurden zusätzlich in Wohngebäude (<20% der EBF im Bereich Nichtwohnen), Nichtwohngebäude (<20% der EBF im Bereich Wohnen) und Gebäude mit gemischter Nutzung (restliche Gebäude) eingeteilt. Für Wohngebäude besteht eine

² Quelle: Meteo Schweiz, Standort Zürich Fluntern. Heizgrenze: 12°C, Raumtemperatur: 20°C.

sehr gute Korrelation zwischen den beiden Datensätzen (Bestimmtheitsmass $R^2 = 0.97$, Tabelle 6 und Abbildung 22). Der Zusammenhang zwischen modellierter und gemessener Endenergie ist für Dienstleistungsgebäude weniger gut und am schlechtesten für Gebäude mit gemischter Nutzung. Im Dienstleistungsbereich sind die Aussagen des GPM bezogen auf einzelne Gebäude also weniger zuverlässig als im Wohnbereich, obwohl der modellierte Gesamtverbrauch über alle Gebäude gesehen auch im Dienstleistungsbereich sehr gut mit dem gemessenen Verbrauch übereinstimmt. Bei grossen Gebäuden wird der Verbrauch durch das Modell eher unter-, bei kleinen eher überschätzt. Dies ist bei einer späteren Überarbeitung der Inputdaten des GPM zu berücksichtigen.

Unterschiede zwischen Modellwerten und tatsächlichem Verbrauch auf Ebene einzelner Gebäude können auf Unsicherheiten, Ungenauigkeiten und fehlende Information sowohl beim GPM als auch bei der Erdgas Zürich AG zurück geführt werden:

Folgende Unsicherheiten bestehen bezüglich des modellierten Wärmebedarfs im GPM:

- Fehlerhafte Flächendaten im GWZ (siehe Jakob et al. 2013b).
- Unsicherheiten in den Daten, z.B. energetische Massnahmen, die nicht pro Gebäude, sondern nur aggregiert pro Kohorte bekannt sind.

Folgende Unsicherheiten bestehen bezüglich der Daten der Erdgas Zürich AG:

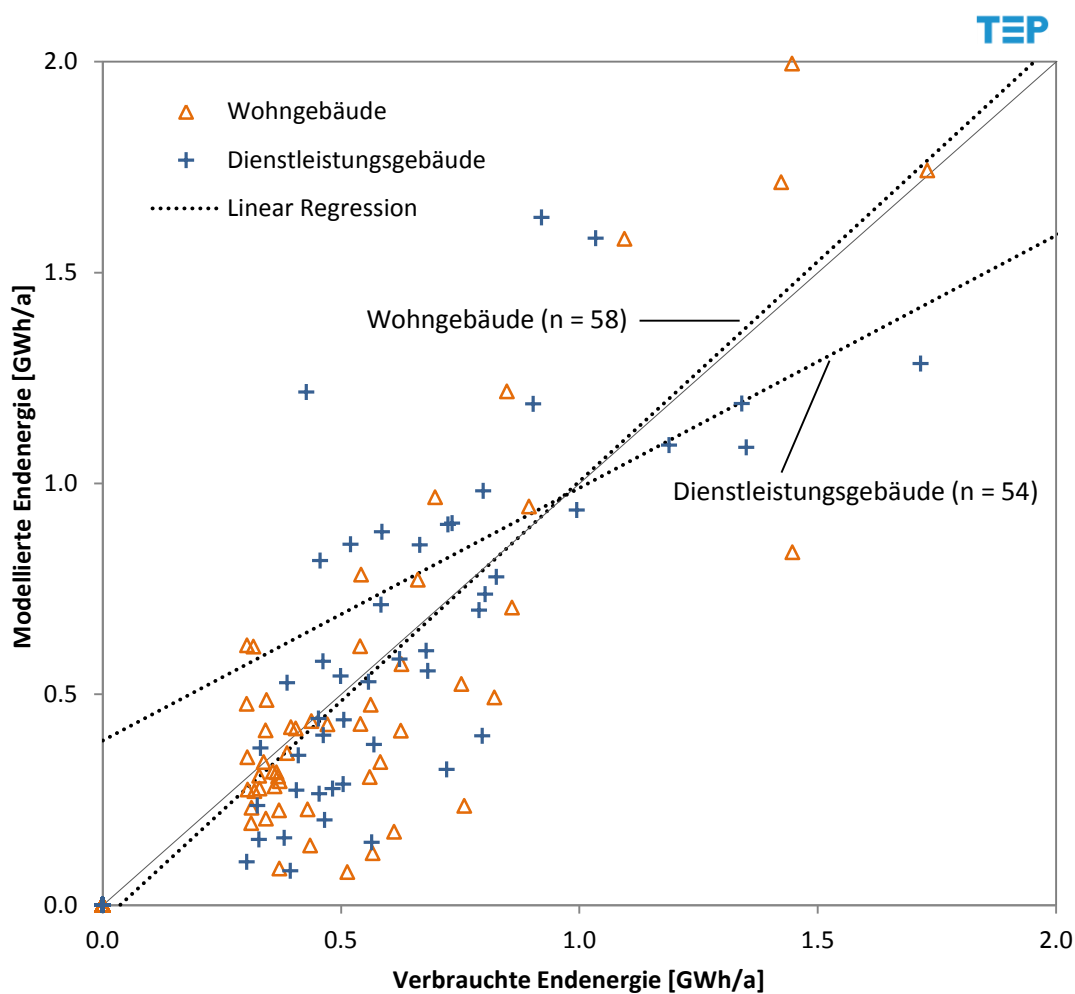
- Adressungenauigkeiten im Erfassungssystem.
- Mangelhafte Nachführung der Zuweisung der Gebäude zu Heizzentralen.
- Energieverwendungen zusätzlich zu Heizung und Warmwasser (z.B. industrielle Wärmeanwendungen).
- Bivalente Anlagen mit unterbrechbaren Tarifen und zusätzlichen Energieträgern, z.B. Öl.
- Saisonal bedingte Verbrauchsschwankungen, die nicht durch die HGT-normalisierung korrigiert werden können.

Das GPM ist auf die gesamte Stadt Zürich und den gesamten Gebäudepark (über alle Gebäudetypen) geeicht. Denkbar ist deshalb, dass im GPM Gebäudetypen, die im Gebiet Altstetten häufig sind, eher unterschätzt werden (und umgekehrt in anderen Gebieten). Dies ist in der Folge durch weitere Analysen in einem anderen Rahmen weitergehend zu ergründen.

Tabelle 6: Parameter einer linearen Regression pro Gebäudekategorie zwischen den Verbrauchsdaten der Erdgas Zürich AG und den modellierten Bedarfswerten des GPM. Quelle: TEP Energy und Erdgas Zürich AG.

Beschreibung	Anzahl Gebäude	Steigung der Regressionsgerade m	Achsenabschnitt der Regressionsgerade y_0	Bestimmtheitsmass R^2	Modellierter Endenergieverbrauch [GWh/a]	Gemessener Endenergieverbrauch [GWh/a]
Alle Gebäude	127	0.87	0.11	0.78	121.6	123.2
Wohngebäude	58	1.04	-0.04	0.97	55.0	54.8
Dienstleistungsgebäude	54	0.60	0.39	0.49	57.1	60.2
Gemischte Nutzung	15	0.64	0.27	0.20	9.5	8.2

Abbildung 22: Vergleich zwischen gemessenem Wärmeverbrauch und modelliertem Wärmebedarf (Raumwärme und Warmwasser) für Wohn- und Nichtwohngebäude. Nicht dargestellt sind Gebäude mit gemischter Nutzung. Quelle: Erdgas Zürich AG, TEP Energy GmbH.



6 Kältebedarf

Der Kältebedarf wird für die drei typischen Anwendungsfälle

- Klimakälte (Kapitel 6.1),
- gewerbliche Kälte (Kapitel 6.2) und
- IT-Kälte in Rechenzentren (Kapitel 6.3)

methodisch unterschiedlich behandelt, siehe dazu die Erläuterungen in den folgenden Unterkapiteln.

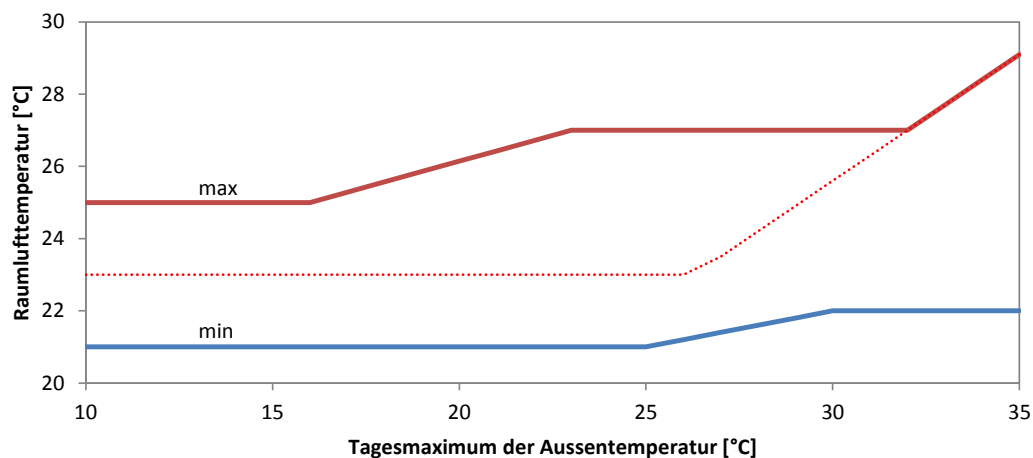
6.1 Kältebedarf für Klimakälte

6.1.1 Definitionen, Einführung

Das Projekt geht von einer Definition der Nutzenergie für Klimakälte gemäss SIA 2044 aus. Der spezifische Klimakältebedarf Q_c ist somit die Wärme, die dem gekühlten Raum pro Jahr während der Berechnungsperiode entzogen werden muss, um den oberen Sollwerte der Raumtemperatur einzuhalten. Dieser Sollwert verändert sich je nach Aussenlufttemperatur (Abbildung 23). Der Klimakältebedarf beinhaltet also die Summe der internen und solaren Wärmeinträge sowie die mit dem Aussenluftwechsel verursachte Wärmelast. Die Summe dieser Wärmelasten muss letztlich dem Raum entzogen werden, um die Raumluft-Solltemperatur einzuhalten.

Die Modellierung des Klimakältebedarfs wird im Kapitel 6.1.2 beschrieben. Da die verfügbare Datenlage von hohen Unsicherheiten bezüglich der Verbreitung von Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und den bedarfsbestimmenden Einflussfaktoren geprägt ist, werden zwei Sensitivitäten mit unterschiedlichen Annahmen zur Diffusion von Klimaanlageanlagen und zu Kennwerten für Klimakälte definiert (Kapitel 6.1.3).

Abbildung 23: Solltemperatur, welche gemäss SIA 382/1 nicht unterschritten (blaue Linie) bzw. nicht überschritten (rote Linie) werden sollte. Ebenfalls angezeigt ist der in Sensitivität S-Ref angenommene Fall (gestrichelte Linie), bei dem die Klimaanlage mit konstanter Leistung betrieben wird bis zum Erreichen der Auslegungstemperatur.



6.1.2 Modellierung des Klimakältebedarfs

Im Rahmen dieses Projekts wurde ein Prototyp für ein GPM-Kältemodul entwickelt. Der Klimakältebedarf setzt sich aus einem Mengengerüst und spezifischen Kennwerten zum Klimakältebedarf Q_c zusammen.

Die Formel für die Berechnung/Abschätzung des Klimakältebedarfs beinhaltet die drei Faktoren Energiebezugsfläche (EBF) der Gebäudetypen, Diffusionsrate von Klimaanlage unterschieden nach Gebäudetypen (DR) und spezifische Kennwerte zum Kältebedarf (Q_c) pro Gebäudetyp bzw. -nutzung:

$$\text{Klimakältebedarf} = \text{EBF} \times \text{DR} \times Q_c$$

Bezugsgrösse des Klimakältebedarfs ist im vorliegenden Projekt die gesamte EBF eines Gebäudes. Die IT-Kälte in Bürogebäuden (Kühlung/Lüftung von Serverräumen, Switch-Racks, Telefonie etc.) wird im Kennwert berücksichtigt, nicht jedoch eigentliche Rechenzentren. Für die gegenwärtige Studie wurde entschieden, nur den Dienstleistungsbereich zu berücksichtigen und den Klimakältebedarf im Wohnsektor zu vernachlässigen. Kennwerte wurden für Bürogebäude und Handels- und Verkaufsgebäude festgelegt, da diese gemäss Flächenanteil und Bedarfseigenschaften in Altstetten die höchste Relevanz besitzen. Bürogebäude wurden zudem bezüglich Nutzung in Banken/Versicherungen und Verwaltungen unterteilt, da diese unterschiedliche Komfortanforderungen und Technisierungsgrade aufweisen.

6.1.3 Sensitivitäten

Da die Unsicherheiten bei der Bestimmung des Kältebedarfs relativ hoch sind, werden zwei Sensitivitäten mit unterschiedlichen Annahmen angewendet. Die Sensitivität S-Ref repräsentiert eine "konservative" Variante, während S-Eff eine Variante mit energieeffizienten Elementen wie Freecooling, optimaler Planung und optimierter Betriebsweise darstellt.

Bezüglich Klimakälte werden die beiden Sensitivitäten in Tabelle 7 zusammengefasst und wie folgt charakterisiert:

- Bei S-Ref werden Klimaanlage bis zu einer unteren Auslegungstemperatur (gestrichelte Linie in Abbildung 23) mit konstanter Leistung betrieben. Somit wird in S-Ref die obere Solltemperatur gemäss SIA 382/1 nur bei maximaler Aussentemperatur erreicht, ansonsten liegt die Raumtemperatur zwischen der oberen Solltemperatur und der Auslegungstemperatur, die zwischen den Sollwerten liegt. Bei S-Eff wird hingegen angenommen, dass nur bis zur oberen Solltemperatur gekühlt wird. Die Raumtemperatur folgt also der roten Linie in Abbildung 23 und befindet sich am wärmeren Ende der Komfortanforderungen.
- Die Lüftungsrate für mechanische Lüftungen in S-Ref entspricht gemäss Expertenaussagen in etwa der üblichen Praxis. Der Wert in S-Eff entspricht dagegen dem hygienisch benötigten Minimum und stellt einen Idealwert dar, welcher in der Praxis selten eingehalten wird.
- Wärmerückgewinnung findet bei S-Eff sowohl im Wärme- als auch im Kältefall statt. Bei S-Ref hingegen wird keine Kälterückgewinnung angenommen.
- Der Sonnenschutz wird in der Praxis trotz Verfügbarkeit häufig nicht optimal bedient. Falls in einem Gebäude Kühlung vorhanden ist, wird der Sonnenschutz im Vergleich zu Gebäuden ohne Kühlung oft später oder gar nicht eingesetzt, was zu einem erhöhten Klimakältebedarf führt. In S-Eff wird eine bezüglich Raumkälte optimale Bedienung des Sonnenschutzes unterstellt, während das in S-Ref nicht vorausgesetzt wird.
- Der zu deckende Kühlbedarf kann durch Freecooling und Freechilling³ auf der Parzelle erheblich reduziert werden. Während S-Ref keine Freecooling Optionen annimmt, geht S-Eff davon aus, dass sämtliche Freecooling und Freechilling Optionen angewendet werden: Fensterlüftung, Nachtauskühlung (u.a. mittels innovativer Konzepte, z.B. über Entrauchungsöffnungen) und By-pass der Kältemaschinen.

³ Freecooling bezeichnet den Gebrauch von tieferen Umgebungslufttemperaturen, um die Raumluft zu kühlen (im einfachsten Fall Fensterlüftung), während Freechilling die direkte Kühlung über (aktive) Wassersysteme bezeichnet.

Tabelle 7: Vergleich der beiden Sensitivitäten für die Bestimmung des Klimakältebedarfs.

Beschreibung	S-Ref	S-Eff
Solltemperatur gemäss SIA 382/1	Bedingt (a)	Ja
Mechanische Lüftung	Ja (b)	Ja (b)
Kälterückgewinnung im Sommer	Nein	Ja
Wärmerückgewinnung im Winter	Ja	Ja
Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle [$\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$]	1.0 (c)	0.1
Wärmespeicherfähigkeit	mittel	mittel
Sonnenschutz inkl. Verglasung gemäss SIA 382/1	Ja	Ja
Optimale Bedienung des Sonnenschutzes	Nein	Ja
Freecooling, u.a. durch Fensterlüftung	Nein	Ja

(a) Nur bei maximaler Aussentemperatur

(b) Der Luftwechsel bei Sensitivität S-Ref ist höher als in SIA 380/1 angenommen und entspricht in etwa der üblichen Praxis, während der Luftwechsel bei Sensitivität S-Eff dem hygienisch benötigten Minimum gemäss SIA 380/1 entspricht.

(c) Wert für Umbauten gemäss SIA 382/1

6.1.4 Spezifische Kennwerte

Die Kennwerte in Tabelle 8 und Tabelle 9 wurden auf der Basis von Experten-gesprächen, aus der Fachliteratur, aus Simulationsergebnissen (Jakob et al. 2006, SIA 2024) und aus gemessenen Werten (Aiulfi et al. 2009) bestimmt^{4,5}, wobei die in Tabelle 7 aufgeführten Annahmen zugrunde gelegt wurden. Bezugsgrösse der spezifischen Kältekennwerte ist die gesamte EBF des Gebäudes, d.h. es wird grundsätzlich davon ausgegangen, dass das ganze Gebäude gekühlt wird (abgesehen von üblicherweise ungekühlten Flächen wie Lager, Technikräume etc.). IT-Kälte in Bürogebäuden ist somit

⁴ Die Kennwerte wurden nur für Bürogebäude (differenziert nach Banken/Versicherungen und übrigen Büro-nutzungen) sowie Handel festgelegt, da die restlichen Gebäudetypen im Betrachtungsperimeter der Studie eine tiefe Relevanz bezüglich Flächenanteilen und Klimakältebedarf aufweisen.

⁵ Aus den Werten der Tabelle 8 resultieren rechnerisch relativ hohe Vollaststunden. Diese gelten für Klimakältebedarf auf der Nutzenergieebene, d.h. für die thermische Seite, über welche kaum Literatur- und Erfahrungswerte bekannt sind. Solche sind eher auf Endenergieebene, d.h. für die elektrische Seite von Kälteerzeugungsanlagen bekannt. Im Vergleich liegen diese Vollaststunden tiefer, weil der ESEER der Kälteerzeugung in der Regel höher liegt als der COP bei Auslegungstemperatur und weil bei diesen zusätzliche Kapazität eingerechnet ist zur Deckung von kurzfristigen Bedarfsschwankungen.

berücksichtigt (Kühlung/Lüftung von Serverräumen, Switchracks, Telefonie etc.), nicht berücksichtigt sind jedoch eigentliche Rechenzentren.

Die Kennwerte für Klimakälte in der Sensitivität S-Ref werden in Tabelle 8 beschrieben. Folgende Überlegungen stehen hinter der Differenzierung dieser Kennwerte bezüglich Gebäudetyp und -nutzung und den verschiedenen Bauperioden:

- **Gebäudetyp und –nutzung:** Bei Banken und Versicherungen wird davon ausgegangen, dass die Komfortanforderungen höher sind als bei übrigen Büronutzungen (in Tabelle 8 und Tabelle 9 als „Verwaltung“ bezeichnet), was sich im Vergleich zu den übrigen Büronutzungen in höheren Kennwerten niederschlägt. Aufgrund der hohen internen Wärmelasten namentlich aufgrund der Beleuchtung ist im Detailhandel ein noch etwas höherer Klimakältebedarf zu erwarten. Es ist anzufügen, dass es hierbei sehr grosse Unterschiede zwischen den verschiedenen Ladenkonzepten geben kann (z.B. grossflächige Food- oder Non-Foodläden, kleine Boutiquen). Im Bereich Food kann der Netto-Klimakältebedarf durch „Abkälte“ von Kühlvitrinen geringer ausfallen (sofern es nicht um steckfertige Kühlmöbel mit integriertem Kälteaggregat, sondern um zentral versorgte Kühlmöbel handelt).
- **Bauperioden:** Klimaanlage wurden in der Bauperiode zwischen Mitte der 1970er Jahre und Ende der 1980er Jahre erstmals verbreitet eingesetzt. In dieser Phase liegen die installierte Leistung und der thermische Klimakältebedarf relativ hoch, was u.a. mit den damals üblichen Anlagenkonzepten mit erhöhten Luftmengen, sub-optimalem Sonnenschutz, nicht beschichteten Verglasungen, Doppeldecken und Doppelböden, Sicherheitsmargen und relativ tiefen Solltemperaturen zu begründen ist. Auch wenn die Gebäude aus dieser Bauperiode teilweise baulich verändert oder gar energetisch erneuert wurden, ist davon auszugehen, dass sie immer noch einen höheren Kühlleistungs- und Klimakältebedarf aufweisen als die Gebäude der Folgeperiode. Ab den 1990er Jahren lernten PlanerInnen und GebäudetechnikerInnen, Gebäude so zu konzipieren, dass der Klimakältebedarf sukzessive (leicht) reduziert werden konnte. Zu den verwendeten Strategien gehörten: Vermehrter Wärme- und Sonnenschutz der Gebäudehülle, mehr thermisch aktivierte Gebäudemasse, an den hygienischen Bedarf angepasste Luftmengen.

Bei den Kennwerten für Klimakälte zur Sensitivität S-Eff in Tabelle 9 wurde wie oben erwähnt unter anderem Freecooling und Freechilling vorausgesetzt. Dabei wurde angenommen, dass diese Kennwerte (inklusive Freechilling) um den Faktor 2 tiefer liegt als wenn nur Freecooling berücksichtigt wird. Auch bei Freechilling fallen jedoch Stromverbräuche für Pumpen, Ventilatoren, Hybridkühler und Verteilsysteme an. Diese werden implizit berücksichtigt. Ansonsten gelten ähnliche Überlegungen hinter der Differenzierung der Kennwerte bezüglich Gebäudetyp und -nutzung und den verschiedenen Bauperioden wie in der Sensitivität S-Ref.

Tabelle 8: Kennwerte für Klimakälte für die Sensitivität S-Ref.

Gebäudetyp		Beschreibung	Einheit	1976 bis 1990	1991 bis 2009	Neubau ab 2009
Büro	Bank/Ver-sicherung	Thermische Kühlenergie	kWh/m ²	80	70	60
		<i>Thermischer Kühlleistungsbedarf</i>	W/m ²	50	40	30
	Verwaltung/andere Büro-nutzung	Thermische Kühlenergie	kWh/m ²	60	50	40
		<i>Thermischer Kühlleistungsbedarf</i>	W/m ²	40	30	25
Handel, Verkauf		Thermische Kühlenergie	kWh/m ²	120	110	100
		<i>Thermischer Kühlleistungsbedarf</i>	W/m ²	50	45	40

Quelle: Befragte Experten, TEP Energy

Tabelle 9: Kennwerte für Klimakälte für die Sensitivität S-Eff.

Gebäudetyp		Beschreibung	Einheit	Bestand	Neubau	Zielwert
Büro	Bank/Vers.	Thermische Kühlenergie	kWh/m ²	38	17	12
	Verwaltung	Thermische Kühlenergie	kWh/m ²	8	8.5	6
Handel, Verkauf		Thermische Kühlenergie	kWh/m ²	15	32.5	19.5

Quelle: Befragte Experten, Jakob et al. (2006), SIA 2024:2006, TEP Energy

6.1.5 Diffusion von Klimaanlage

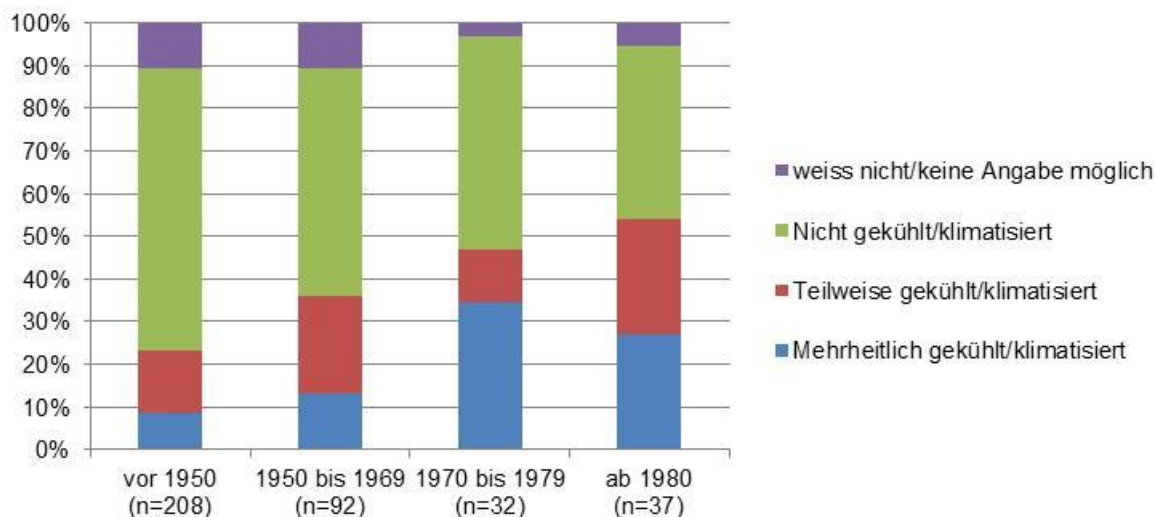
Bezüglich der Diffusion von Lüftungs- und Klimaanlage bestehen ebenfalls Unsicherheiten, welche jedoch aufgrund einer aktuellen empirischen Studie bei Bürogebäuden in der Stadt Zürich etwas eingegrenzt werden konnten (Ott, Jakob et al. 2013). Wichtige Einflussgrössen sind Gebäudetypen und vor allem -nutzungen, Bauperioden und die Energiebezugsflächen der Gebäude. Die erwähnte Studie hat ebenfalls ergeben, dass grosse Gebäuden (definiert mit mehr als 1000 m² EBF), sowie neuere Gebäuden (ab Baujahr 1970) deutlich häufiger mit einer Kühlung ausgerüstet sind als ältere bzw. kleinere Gebäuden (Abbildung 24).

Die in Tabelle 10 dargestellte Diffusionswerte für Bürogebäude gehen grundsätzlich von Ott et al. (2013) aus. Für Gebäude im Bereich Handel/Verkauf sowie Industrie/Gewerbe wird die Information zur Verteilung nach Bauperiode von Bürogebäuden qualitativ übernommen. Zusätzlich werden Überlegungen zu Raumaufteilung und Technisierungsgrad/Komfortanforderungen gemacht, was entsprechend zu unterschiedlichen Diffusionswerten führt.

Bei den Neubauten wird angenommen, dass alle grössere Büro- und Handels-/Verkaufsbäude (EBF > 1000 m²) mit Raumkühlung ausgestattet werden (Tabelle 11). Im Bestand beschreibt die Diffusion von Klimaanlage eine analoge zeitliche Entwicklung wie im EK 2050 für Kühlungs- und Lüftungsanlagen angenommen wurde (Jakob et al. 2013). Ausgehend von den Initialwerten in Tabelle 10 nimmt somit die Diffusion von

Klimaanlagen bis zum Jahr 2050 um 41% (für Bürogebäude) respektive um 12% (für die restlichen Gebäude) zu. Bei der Sensitivität S-Eff wird angenommen, dass keine zeitliche Veränderung der Diffusion stattfindet. Die Diffusionswerte für den Bestand sind in Tabelle 10 zu finden, für den Neubau in Tabelle 11.

Abbildung 24: Ergebnisse einer Umfrage zur Verbreitung von Klimaanlagen in Bürogebäuden (Ott et al. 2013), aufgezeichnet nach Bauperiode.



Quelle: EFZ Teilprojekt FP 2.2.1, Auswertungen TEP Energy

Tabelle 10: Angenommene Diffusion von Klimaanlagen im Gebäudebestand im Ausgangszustand (2010), nach Gebäudetyp, Bauperiode und Gebäudegrösse. Grosse Gebäude sind definiert als Gebäude mit einer EBF > 1000 m².

Bauperiode	Bürogebäude		Handel und Verkauf		Industrie und Gewerbe		Restliche Gebäude	
	gross	klein	gross	klein	gross	klein	gross	klein
vor 1946	32%	11%	38%	14%	6%	2%	32%	11%
1947 bis 1975	38%	27%	45%	32%	8%	5%	38%	27%
1976 bis 2009	57%	30%	68%	36%	11%	6%	57%	30%

Tabelle 11: Angenommene Diffusion von Klimaanlagen in Neubauten, nach Gebäudetyp und Gebäudegrösse. Grosse Gebäude sind definiert als Gebäude mit einer EBF > 1000 m².

Gebäudetyp	gross	klein
Bürogebäude	100%	30%
Handel und Verkauf	100%	36%
Industrie und Gewerbe	11%	6%
Restliche Gebäude	57%	30%

6.1.6 Ergebnisse

Der resultierende Klimakältebedarf im Gebiet Altstetten ist in den Abbildung 25, Abbildung 26 und Abbildung 27 dargestellt. Folgende Aussagen können getroffen werden:

- Bürogebäude machen fast die Hälfte des Klimakältebedarfs im Gebiet Altstetten aus, Handels und Verkaufsgebäude einen weiteren Viertel (Tabelle 12). Die Bedeutung der Bürogebäude nimmt im Modellierungszeitraum zu (deren Anteil steigt von 46% auf 56% zwischen 2010 und 2050 für die Sensitivität S-Ref), während die der anderen Gebäudetypen abnimmt.
- Die beiden Sensitivitäten S-Ref und S-Eff unterscheiden sich sowohl bezüglich Niveau als auch Entwicklung des Klimakältebedarfs erheblich (Abbildung 25), was die Unsicherheit bezüglich der Annahmen bei der Berechnung des Klimakältebedarfs widerspiegelt. Der Klimakältebedarf in S-Ref ist um den Faktor 6 höher als in S-Eff. Anzufügen ist an dieser Stelle jedoch, dass sich die am wahrscheinlichsten zu erwartende Entwicklung sukzessive von S-Ref entfernt und der Sensitivität S-Eff annähert (schwarz gestrichelte Linie in Abbildung 25), denn Sensitivität S-Ref beinhaltet keine Effizienz-, Lern- und Erfahrungsfortschritte, was über einen Zeitraum von rund vierzig Jahren als nicht realistisch zu bezeichnen ist.
- Analog zur Zunahme der EBF findet eine Periode mit einer erhöhten Zunahme des Klimakältebedarfs zwischen 2010 und 2020 statt. Danach stabilisiert sich der Klimakältebedarf zunehmend.
- Räumliche Hotspots des Klimakältebedarfs sind die Trakte 1 und 2 sowie das Quartierzentrum Altstettens in einem Umkreis von 200 Metern um den Lindenplatz, sowohl in Sensitivität S-Ref (Abbildung 26) als auch in Sensitivität S-Eff (Abbildung 27). Der Klimakältebedarf im südwestlichen Wohngebiet ist gering, was auf die klare Trennung zwischen Wohn- und Dienstleistungsgebieten zurückzuführen ist (Kapitel 4.1).

Tabelle 12: Klimakältebedarf differenziert nach Gebäudetyp in den Sensitivitäten S-Ref und S-Eff für die Jahre 2010 und 2050.

Gebäudetyp	S-Ref		S-Eff	
	2010	2050	2010	2050
Büro	46%	56%	50%	57%
Handel und Verkauf	23%	20%	18%	19%
Industrie, Gewerbe	2%	1%	2%	1%
Restliche Gebäude	28%	23%	30%	22%
Total	100%	100%	100%	100%
Total (in GWh)	53	117	9	21

Abbildung 25: Zeitliche Entwicklung des Klimakältebedarfs im Betrachtungsperiemter der Studie für die Sensitivitäten S-Ref (blaue Linie) und S-Eff (rote Linie), sowie für die für die Autoren aus heutiger Sicht am ehesten zu erwartende Entwicklung (gestrichelte Linie), die sich im Verlauf des Modellierungszeitraums immer mehr von S-Ref weg in Richtung S-Eff bewegt.

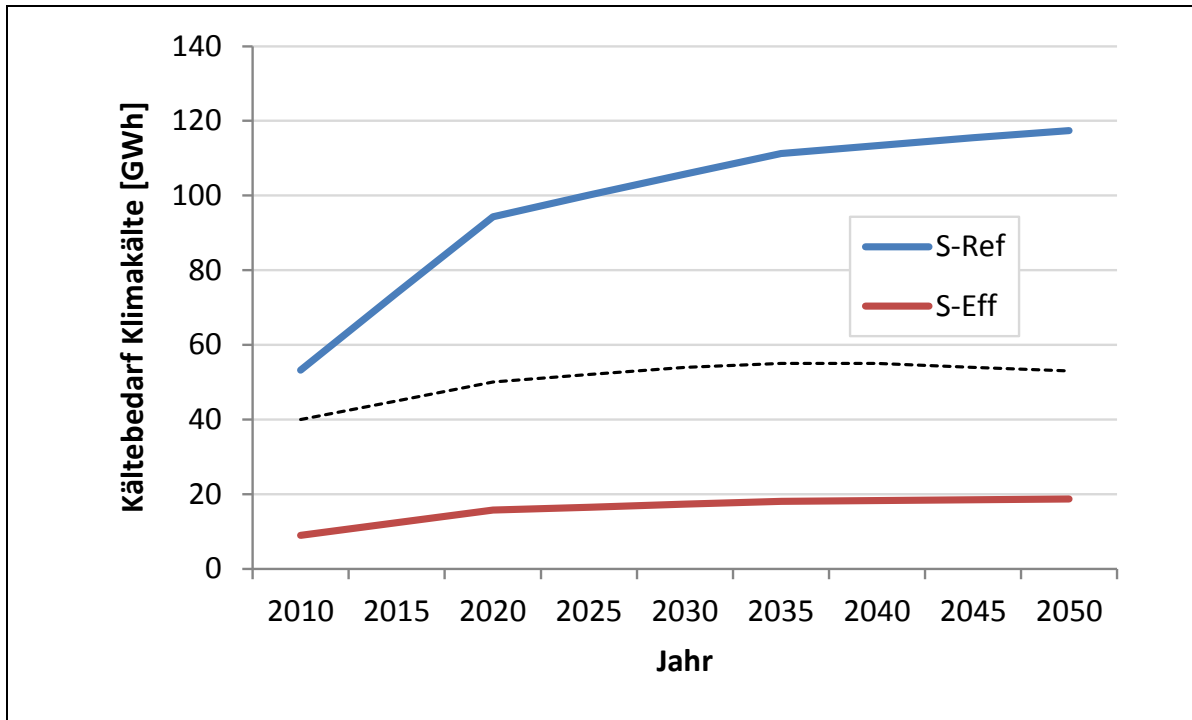


Abbildung 26: Räumliche Verteilung des Klimakältebedarfs (Sensitivität S-Ref) für die Jahre 2010 (oben), 2030 (Mitte) und 2050 (unten).

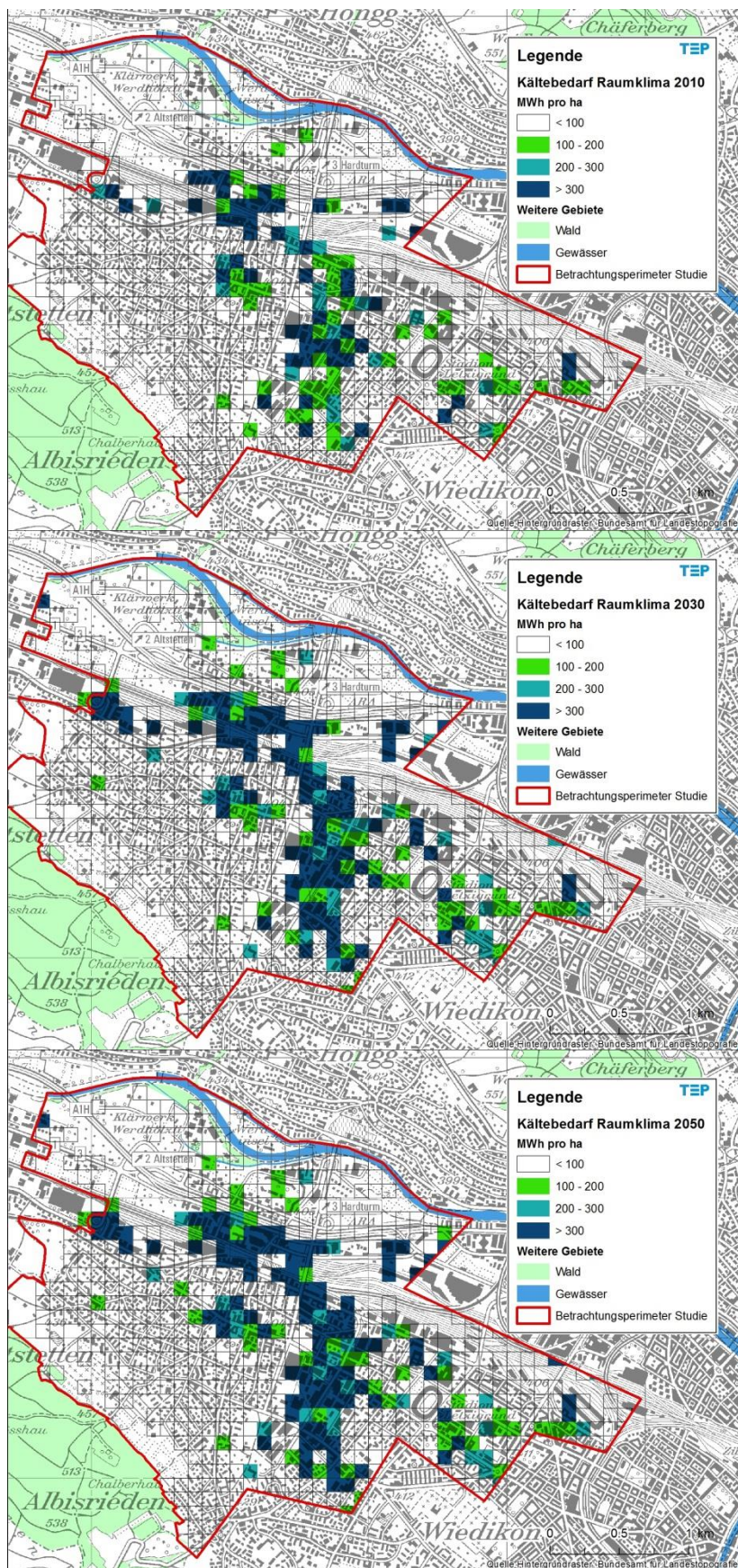
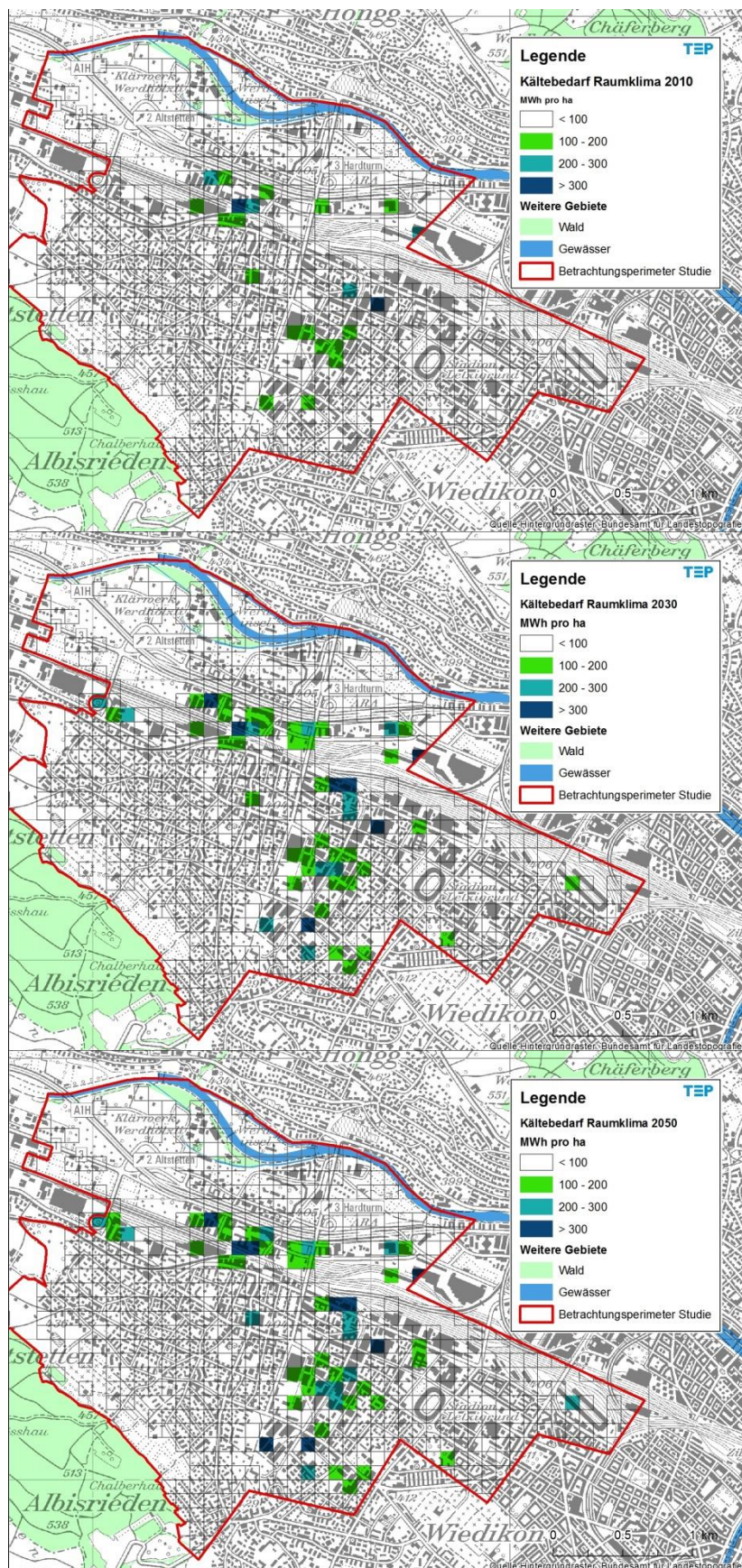


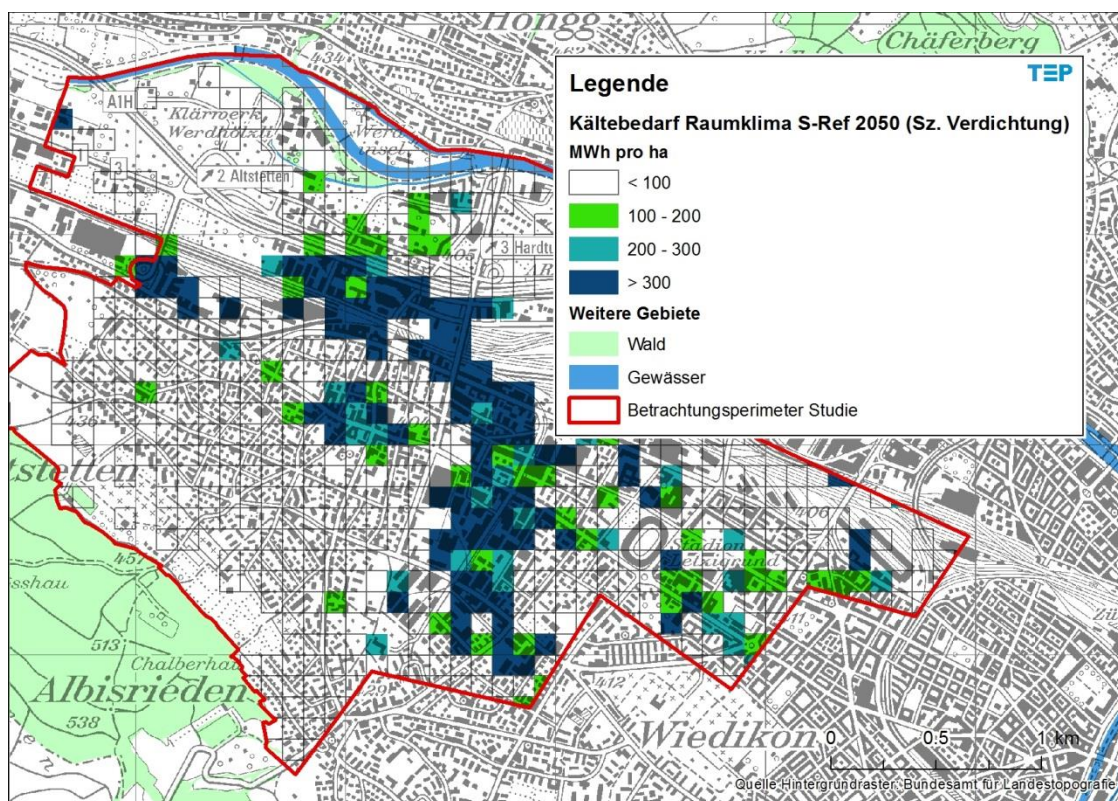
Abbildung 27: Räumliche Verteilung des Klimakältebedarfs (Sensitivität S-Eff) für die Jahre 2010 (oben), 2030 (Mitte) und 2050 (unten).



6.1.7 Szenario Verdichtung

Durch die zusätzliche Verdichtung des Szenarios Verdichtung erhöht sich der Klimakältebedarf innerhalb des Betrachtungsperimeters um 6% gegenüber dem Szenario BZO, bei einer EBF-Zunahme von 5% (Kapitel 4.3). Für nur die betroffenen Gebiete beträgt die Zunahme im Klimakältebedarf rund 20% bei einer EBF-Zunahme von 21% – dies sowohl bei der Sensitivität S-Ref (Abbildung 28) wie auch bei der Sensitivität S-Eff. Die zusätzlich gebaute EBF wirkt sich also direkt auf den Klimakältebedarf aus, da ein Grossteil der zusätzlich gebauten EBF in Gebieten mit einem hohen Anteil von Bürobauten mit einer hohen Diffusion von Klimaanlageanlagen liegt. An der räumlichen Verteilung des Klimakältebedarfs ändert sich nichts, da die vom Szenario Verdichtung betroffenen Gebiete auch im Szenario BZO einen hohen Klimakältebedarf aufweisen.

Abbildung 28: Räumliche Verteilung des Klimakältebedarfs (Sensitivität S-Ref) im Jahr 2050 im Szenario Verdichtung.



6.1.8 Validierung der Modellergebnisse anhand einzelner Grossverbraucher

Für den Vergleich der Modellresultate mit den Werten von realisierten Anlagen stand ein Datensatz des UGZ zu den Bewilligungen von Klimaanlageanlagen zur Verfügung. Vor dem 1. Juni 2013 galt der Bedarfsnachweis für Klimakälte, so dass bei jedem neuen zu kühlenden Objekt pro Raum ein Gesuch eingereicht werden musste. Die Anzahl Gesuche pro Jahr sind in Abbildung 29 dargestellt.

Da bei dem Datensatz nur die Adressen der Objekte angegeben wurden, mussten die UGZ-Daten einer EGID zugeordnet werden, um Vergleiche mit Modellwerten aus der

GPM-Datenbank durchführen zu können. Diese Zuordnung gelang für 348 der 788 Objekte im UGZ-Datensatz. Somit konnte für diese Gebäude ein spezifischer Kühlleistungsbedarf berechnet werden, indem die beantragte Kühlleistung durch die EBF gemäss GPM dividiert wurde. Die Verteilung der resultierenden Werte ist in Abbildung 30 dargestellt.

Die Werte der so ermittelten Kühlleistungen von realisierten Anlagen sind im Vergleich zu den in S-Ref angenommenen Werten eher gering. Im Durchschnitt über alle Gesuche errechnet sich ein thermischer Leistungsbedarf von 37 W/m^2 ; dies entspricht dem in Tabelle 7 für Banken zwischen den Kategorien Altbau und Neubau angenommenen Werte (Tabelle 8).

Mehrere Erklärungen für die Divergenz zwischen den Modellresultaten und den im Rahmen der Prüfung der Baubewilligung ermittelten Daten sind möglich:

- Es könnten z.T. Klimaanlage ohne Bewilligung installiert werden („Dunkelziffer“).
- Im Datensatz ist nur die beantragte und nicht die eigentlich realisierte Kühlleistung aufgeführt. Die installierte Kühlleistung könnte die beantragte teilweise überschreiten (was allerdings nicht zulässig wäre).
- Für viele der Gebäude werden mehrfach Gesuche gestellt, d.h. die beantragte Leistung betrifft nicht notwendigerweise die Kühlung der gesamten EBF, dies im Gegensatz zu den Annahmen in Kap. 6.1.4. Fehler bei den Zuordnungen (zwischen den Gesuchen für ein einzelnes Gebäude) sowie im Führen und Nachtragen der Gesuche können zu einer Unterschätzung des Kühlbedarfs führen.
- Die Expertenschätzungen sind zu hoch.

Bei den 14 Gebäude mit einem sehr hohen Kühlleistungsbedarf $>200 \text{ W/m}^2$ sind zum Teil Sondernutzungen wie Rechenzentren, Callcenters, Spital- oder Forschungsgebäude enthalten. Zum Teil ergibt sich der hohe spezifische Kühlleistungsbedarf mutmasslich auch aufgrund von fehlerhaften EBF-Angaben im GWZ und dadurch in der GPM-DB .

Abbildung 29: Anzahl Bewilligungen für Klimaanlage in der Stadt Zürich.

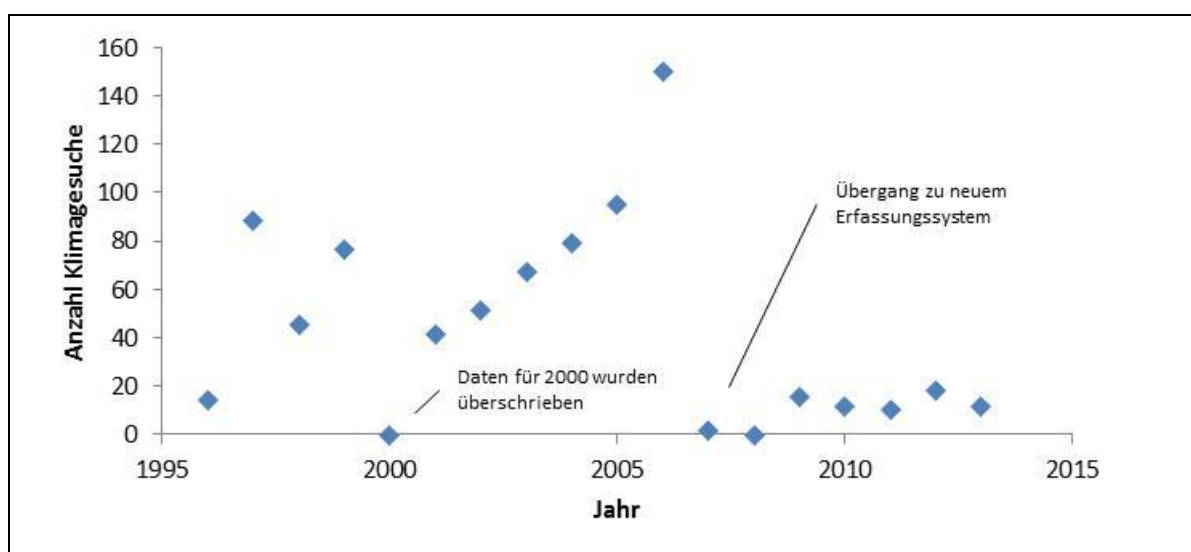
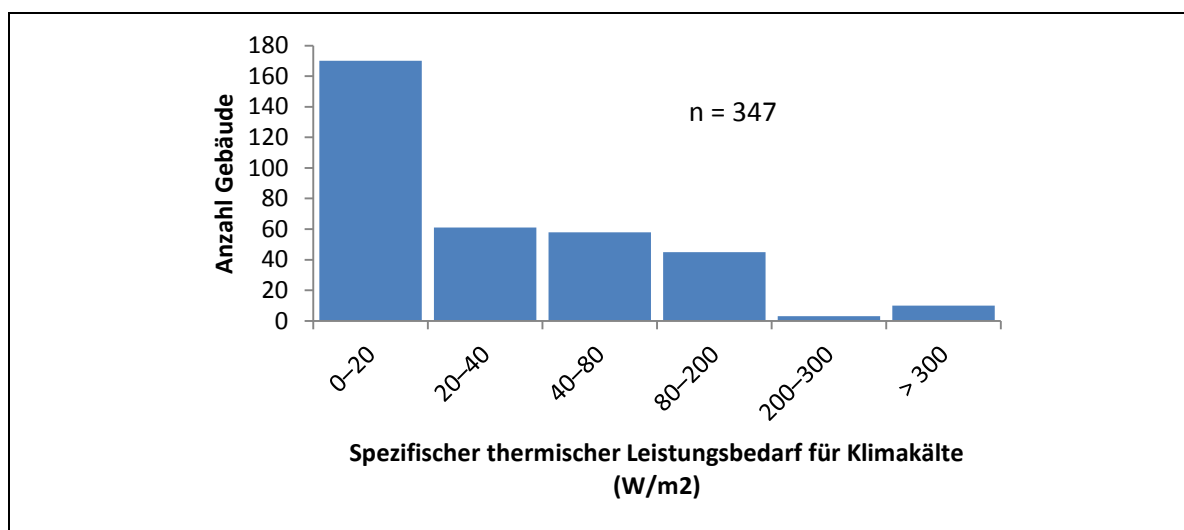


Abbildung 30: Verteilung des spezifischen thermischen Leistungsbedarfs für Klimakälte der in der Stadt Zürich bewilligten Klimaanlage.



6.2 Kältebedarf für gewerbliche Zwecke

6.2.1 Modellannahmen

Industrie und Gewerbe stellen wichtige Kälteabnehmer dar und verbrauchen gemäss dem Bericht „Elektrizitätsbedarf fürs Kühlen in der Schweiz“ (Dumortier et al. 2012) 20% des in der Schweiz für Kälteanwendungen eingesetzten Stroms. Ausgehend von diesem Bericht und Zahlen zur räumlichen Verteilung von Beschäftigten pro Sektor (Bundesamt für Statistik) wurde der thermische Kältebedarf für gewerbliche Kühlanwendungen quantifiziert. Dabei wurde zuerst der durchschnittliche Elektrizitätsbedarf pro Vollzeitäquivalent berechnet. Dieser wurde mit Daten zur Anzahl Beschäftigter pro Hektare verknüpft, um schliesslich den Kältebedarf zu bestimmen und räumlich zu strukturieren. Durch diesen methodischen Ansatz über Vollzeitäquivalente konnten Abgrenzungsprobleme bezüglich der Definition von Nutzflächen und der Zuordnung zwischen Gebäude/EGID und Betriebe umgangen werden. Wir unterstellen jedoch die Annahme, dass der Gruppenmix innerhalb einer NOGA Branche in Altstetten demjenigen der Schweiz entspricht.

Untersucht wurden Gross- und Detailhandel (Lebensmitteleinzelhandel) sowie Hotels und Restaurants. Die entsprechenden NOGA-Codes und Beschäftigtenzahlen sind in aufgeführt. Um aus dem Strombedarf den thermischen Kältebedarf herzuleiten, wurde für den Grosshandel eine Jahresarbeitszahl der Kältebereitstellung von 2.7, für die restlichen Bereiche eine Jahresarbeitszahl von 3 angenommen.

6.2.2 Resultate

Der resultierende thermische Kältebedarf für gewerbliche Zwecke ist in aufgeführt und in Abbildung 31 räumlich dargestellt. Für den Detailhandel beträgt der Kältebedarf im Betrachtungsperimeter der Studie 9 GWh/a, für den Grosshandel sind es 10 GWh/a. Die

Hotels und Restaurants tragen zusätzlich 12 GWh/a zum Kältebedarf bei. Räumliche Schwerpunkte der Kältenachfrage betreffen die Trakte 1 und 2.

Das geplante Eisstadion Altstetten ist ein zusätzlicher möglicher Energie-Grossverbraucher. Es ist davon auszugehen, dass Eis beinahe das ganze Jahr durch produziert wird, ausser im Mai und Juni, wo nur die Trainingshalle in Betrieb ist. Es fallen insgesamt rund 3 GWh/a Abwärme an auf unterschiedlichen Temperaturniveaus (Bührer et al. 2012). Ein Teil der überschüssigen Wärme kann zur Deckung des eigenen Wärmebedarfs gebraucht werden. Während 7 Monaten übersteigt jedoch die Abwärmeproduktion den eigenen Bedarf; somit resultieren in der Summe ungefähr 0.5 GWh/a Wärme, die teilweise arealübergreifend genutzt werden könnte, teilweise aber an die Umgebung abgeführt werden muss.

Zudem ist bei der gewerblichen Kälte zu berücksichtigen, dass ein Wärmeverbund eventuell das nötige Temperaturniveau (beispielsweise für Tiefkühlanlagen) nicht direkt liefern kann, sondern dass auf jeden Fall eine Kältemaschine einzusetzen ist. Somit kann die gewerbliche Kälte aus Sicht eines Wärmeverbundes auch als mögliche Abwärmequelle betrachtet werden.

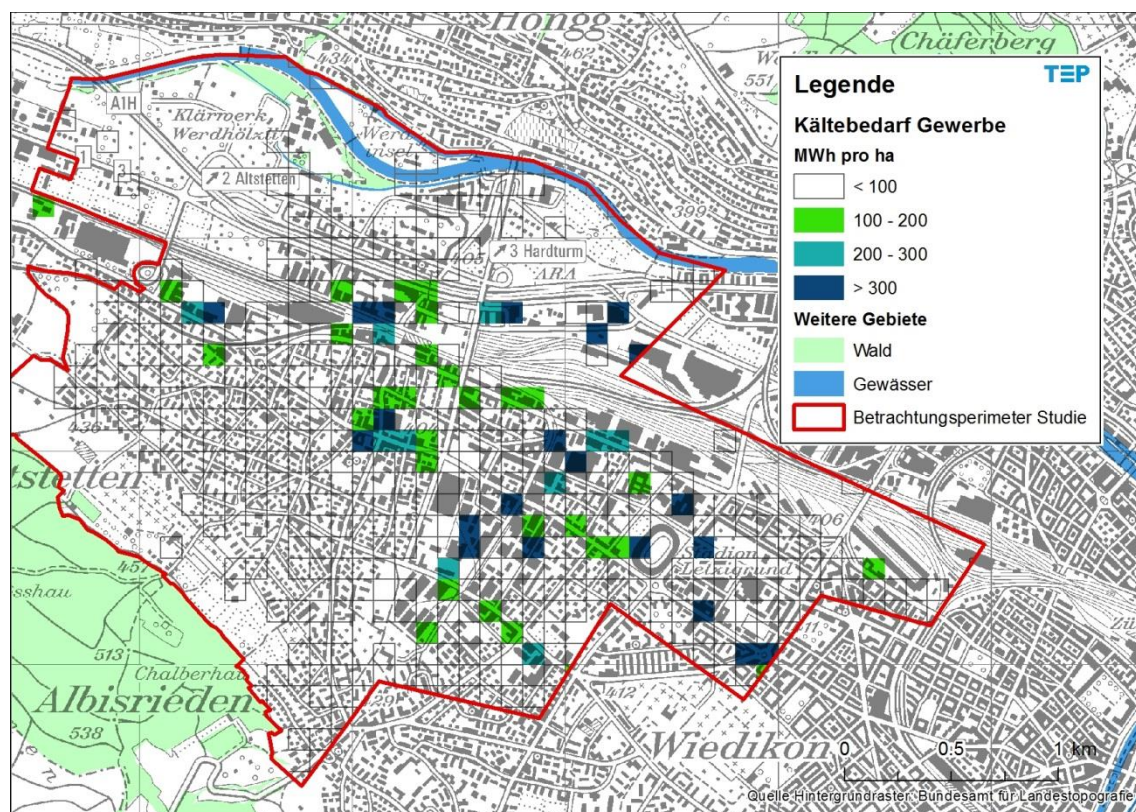
Tabelle 13: Annahmen und Kennzahlen zum Kältebedarf für gewerbliche Kühlanwendungen.

Beschreibung	Grosshandel	Detailhandel	Hotels	Restaurants
NOGA-Code	46	47	55	56
Strombedarf Schweiz ¹ (GWh/a)	142	468	150	506
Beschäftigte im Betrachtungsperimeter der Studie ² (Vollzeitäquivalente)	4'463	1'806	212	885
Strombedarf pro Vollzeitäquivalent (MWh/VZA)	0.7	1.7	2.2	3.9
Thermischer Kältebedarf Altstetten (GWh/a)	9.6	9.2	1.4	10.5

¹Quelle: Dumortier et al. 2012

²Quelle: Bundesamt für Statistik

Abbildung 31: Thermischer Kältebedarf für gewerbliche Zwecke.

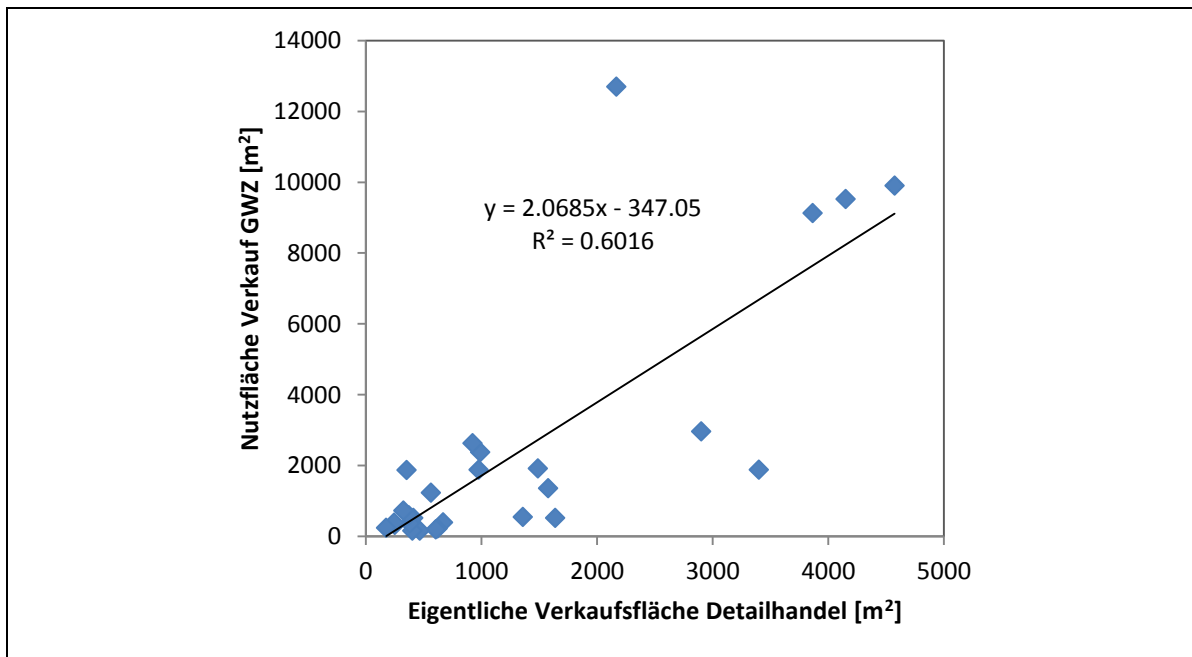


6.2.3 Vergleich mit Grossverbrauchern

Die Modellresultate für den Detailhandel wurden mit Daten eines in Zürich tätigen grossen Detailhandelsunternehmens überprüft. Im Datensatz wurde der Strombedarf für gewerbliche Kälte ohne steckerfertige Systeme (welche gemäss Angaben zusätzliche 10% bis 20% zum Strombedarf beitragen) für 33 Filialen ausgewiesen. Davon konnten 27 einer EGID im GPM zugeordnet werden. Der ausgewiesene Stromverbrauch beträgt im Durchschnitt 135 kWh/a pro m² Nutzfläche Verkauf, deutlich mehr als der im Modell resultierende Stromverbrauch von 99 kWh/a pro m². Das Modell unterschätzt daher den Stromverbrauch gesamthaft um 27%.

Die grosse Unsicherheit einer solchen gebäudespezifischen Betrachtung betrifft die Flächenangaben. Wie in Abbildung 32 ersichtlich, entspricht die im GWZ ausgewiesene Nutzfläche Verkauf nicht der eigentliche Verkaufsfläche für die untersuchten Filialen. Die grosse Streuung der Angaben erschwert eine gebäudespezifische Aussage, obwohl die aggregierte Modellresultate die Realität gut abbilden. Es ist davon auszugehen, dass der Kältebedarf im Detailhandel eher unterschätzt wird, der in Kapitel 6.2.2 angegebene Wert müsste also nach oben korrigiert werden.

Abbildung 32: Beziehung zwischen der eigentlichen Verkaufsfläche von Detailhandelsfilialen und der im GWZ spezifizierten Nutzfläche Verkauf in Altstetten (nach den Angaben eines Detailhandelsunternehmens).



6.3 Kältebedarf für Rechenzentren

Es wird davon ausgegangen, dass sich im Betrachtungsperimeter der Studie sieben Rechenzentren befinden⁶. Trotz mehrmaligem Anschreiben konnten jedoch nur von zwei Objekten Daten erhoben werden. Diese weisen jeweils einen Gesamtstromverbrauch für IT und Telecom von ca. 10 GWh auf. Es wird davon ausgegangen, dass die eingesetzte Energie in irgendeiner Art wieder abtransportiert werden muss. Der Stromverbrauch für eigentliche Kältemaschinen beschränkt sich bei den zwei Rechenzentren auf ca. 11% des gesamten Stromverbrauchs (der Rest betrifft IT, Lüftungsanlagen, USV, Beleuchtung etc.). Bei einer angenommenen ESEER (European seasonal energy-efficiency ratio) von 3 resultiert ein thermischer Kältebedarf von 3 bis 6 GWh/a für zwei Rechenzentren. Da sich im Betrachtungsperimeter der Studie noch weitere Rechenzentren befinden, könnten diese einen erheblichen Teil des Kältebedarfs von Altstetten ausmachen. Rechenzentren können auf hohem Temperaturniveau gekühlt werden, stellen also potenzielle Kälteabnehmer in einem Niedertemperaturfernwärmeverbund dar.

⁶ Kältebedarf für IT-Kälte in Bürogebäuden (Kühlung/Lüftung von Serverräumen, Switch-Racks, Telefonie etc.) wird mit dem Kältebedarf für Klimakälte in Kapitel 6.1 behandelt. Hier behandelt werden nur Rechenzentren im eigentlichen Sinne.

7 Fazit

7.1 Ergebnisse Szenario BZO

Der Wärme- und der Kältebedarf in Zürich Altstetten sind in Tabelle 14 zusammengefasst (der Kältebedarf für Rechenzentren wird aufgrund mangelnder Datenlage nicht dargestellt) und in Abbildung 33 (S-Ref) bzw. Abbildung 34 (S-Eff) kartographisch dargestellt. Aus den Ergebnissen lassen sich folgende Einschätzungen ableiten:

- Zwischen 2010 und 2050 sinkt der Wärmebedarf für Heizung und Warmwasser im Gebiet Altstetten um 32% auf den Wert von 309 GWh/a.
- Der Klimakältebedarf verdoppelt sich im selben Zeitraum, sowohl für Sensitivität S-Ref wie auch für Sensitivität S-Eff. Die beiden Sensitivitäten unterscheiden sich jedoch um einen Faktor 6. Es ist davon auszugehen, dass sich der Klimakältebedarf im Jahr 2010 nahe bei S-Ref befindet, sich im Modellierungszeitraum aber sukzessive davon entfernt und S-Eff annähert (siehe auch Abbildung 25 in Kapitel 6.1.6). S-Ref beinhaltet keine Effizienz-, Lern- und Erfahrungsfortschritte, was über einen Zeitraum von rund vierzig Jahren als nicht realistisch erachtet wird. Damit wird der Klimakältebedarf prozentual weniger stark steigen als in S-Ref oder in S-Eff.
- Für den Kältebedarf für gewerbliche Kälte wurde keine zeitliche Entwicklung modelliert. Für die Zeitpunkte 2030 und 2050 wird der Ausgangswert als Bezugsgrösse dargestellt.
- Wärme- und Kältebedarf widerspiegeln zu einem die EBF-Struktur bezüglich Gebäudetyp und -nutzung und zum anderen die Annahmen zum spezifischen Klimakältebedarf. Der höchste Bedarf befindet sich in den dicht bebauten Gebieten entlang dem Eisenbahnkorridor (Trakt 1) und um die Flurstrasse (Trakt 2) sowie im Quartierzentrum (rund um den Lindenplatz). Diese Gebiete befinden sich in einem Erdwärmennutzungs-Sperrgebiet.
- Ca. 62% des Wärmebedarfs und 73% des Klimakältebedarfs der Sensitivität S-Ref befinden sich im Erdwärmennutzungs-Sperrgebiet bzw. im Grundwassernutzungsgebiet, in dem das Grundwasserpotenzial allerdings bereits weitgehend ausgeschöpft ist.

Tabelle 14: Zusammenfassung des Wärme- und Kältebedarfs im Szenario BZO im Betrachtungsperimeter der Studie (GWh/a). Dem gegenüber steht ein Wärmepotenzial des Klärwerks Werdhölzli von ca. 265 GWh/a.

Thermischer Energiebedarf Szenario BZO	Betrachtungsperimeter Studie			Erdwärmennutzungs- Sperrgebiet, Grundwassernutzungsgebiet		
	2010	2030	2050	2010	2030	2050
Wärmebedarf für Raumwärme und Warmwasser	454	401	309	275	247	193
<i>Davon im Dienstleistungssektor</i>	<i>186</i>	<i>166</i>	<i>131</i>	<i>134</i>	<i>123</i>	<i>98</i>
Klimakältebedarf S-Ref	53	105	117	36	78	86
Klimakältebedarf S-Eff	9	19	21	6	14	15
Kältebedarf Gewerbliche Kälte	30	30	30	25	25	25

Abbildung 33: Zusammengeführte Darstellung des Wärme- und Kältebedarfs S-Ref in Altstetten für die Jahre 2010 (oben), 2030 (Mitte) und 2050 (unten).

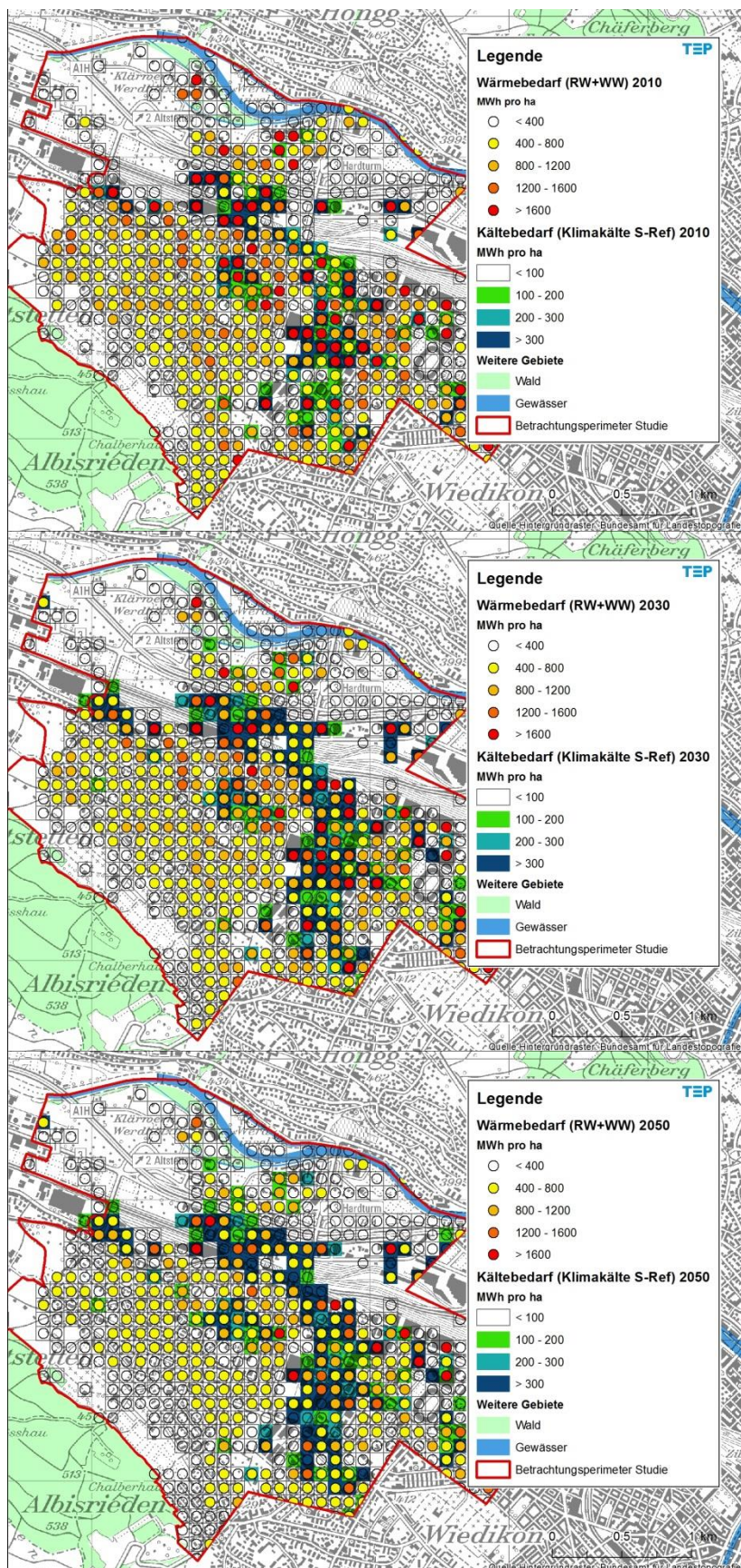
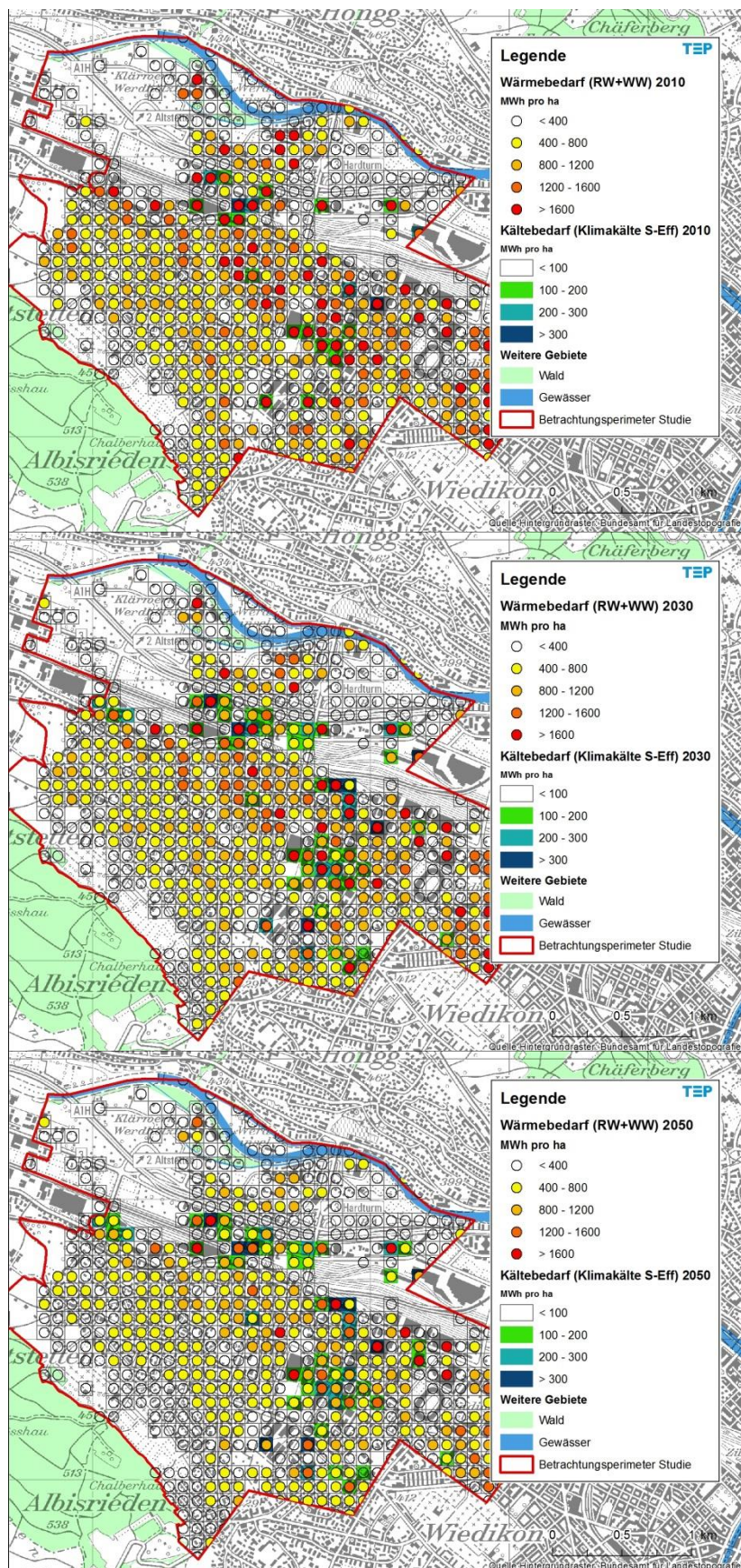


Abbildung 34: Zusammengeführte Darstellung des Wärme- und Kältebedarfs S-Eff in Altstetten für die Jahre 2010 (oben), 2030 (Mitte) und 2050 (unten).



7.2 Ergebnisse Szenario Verdichtung

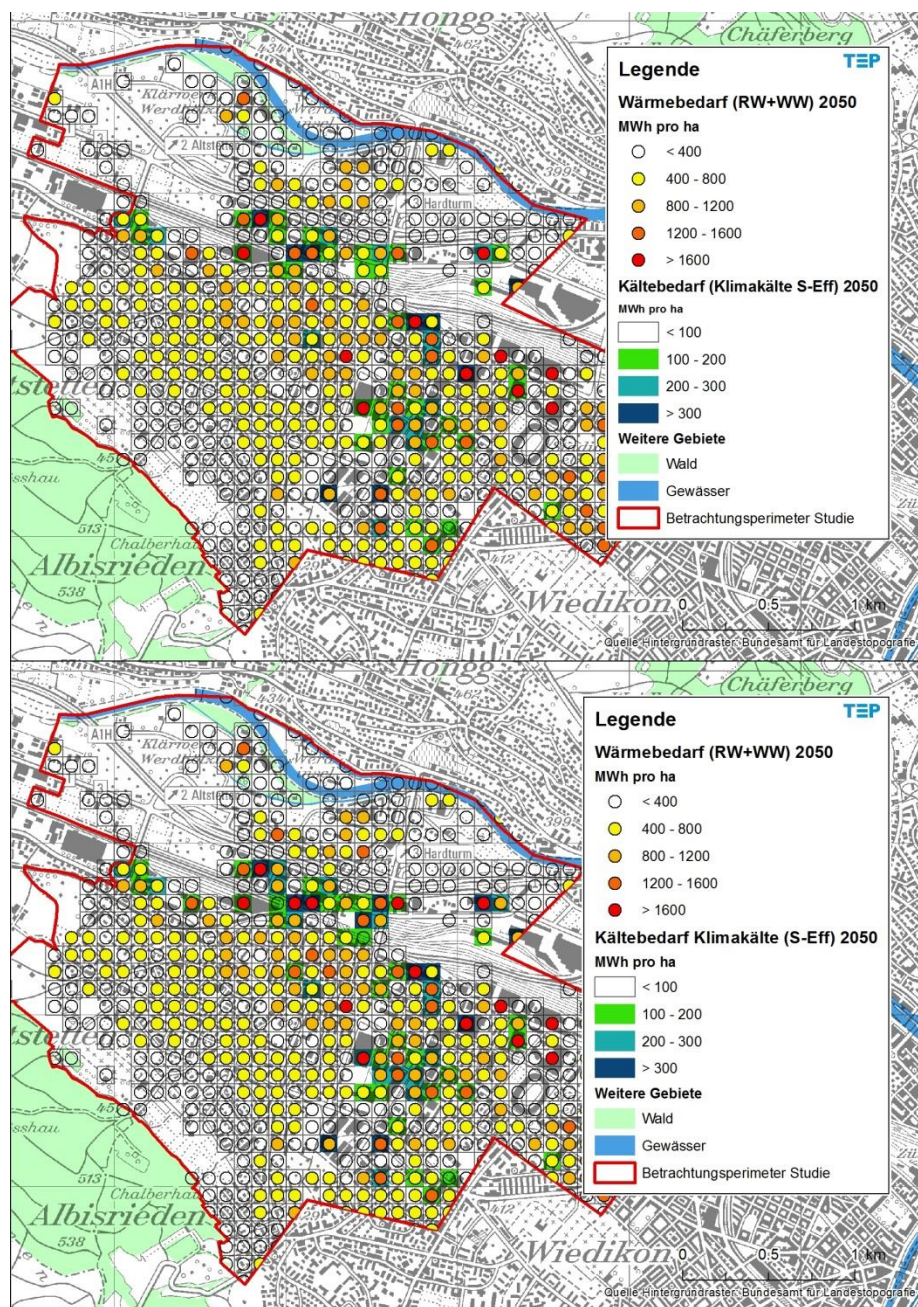
Durch die im Szenario Verdichtung unterstellte zusätzliche Zunahme der EBF um 5% steigt sowohl der Wärmebedarf (3% bis zum Jahr 2050, Kapitel 5.1) wie auch der Klimakältebedarf (6% bis zum Jahr 2050, Kapitel 6.1.7). Diese Ergebnisse sind in Tabelle 15 zusammengefasst. Bezogen nur auf die von Verdichtung betroffenen Gebieten (siehe Abbildung 13 auf Seite 23) beträgt die EBF Zunahme 21%, die Zunahme des Wärmebedarfs 13% und die Zunahme des Kältebedarfs für Klimakälte 20%. Die zusätzlich entstehende Fläche befindet sich fast ausschliesslich im Erdwärmesnutzungs-Sperrgebiet. Da in diesem Gebiet das Grundwasserwärmepotenzial weitgehend ausgeschöpft ist, könnte hier ein Wärmeverbund zur Deckung der thermischen Energienachfrage zum Einsatz kommen.

An der räumlichen Struktur der Energienachfrage ändert sich zwischen dem Szenario BZO und dem Szenario Verdichtung qualitativ wenig. Die betroffenen Flächen befinden sich vorwiegend im Trakt 1, wo die Energienachfrage auch ohne eine Veränderung der BZO hoch ist (Abbildung 35).

Tabelle 15: Zusammenfassung des Wärme- und Kältebedarfs im Szenario Verdichtung im Betrachtungsperimeter der Studie (GWh/a). Dem gegenüber steht ein Wärmepotenzial des Klärwerks Werdhölzli von ca. 265 GWh/a.

Thermischer Verdichtung	Energiebedarf	Szenario	Betrachtungsperimeter Studie			Erdwärmesnutzungs- Sperrgebiet, Grundwassernutzungsgebiet		
			2010	2030	2050	2010	2030	2050
Wärmebedarf Raumwärme und Warmwasser			454	408	317	275	255	201
<i>Davon im Dienstleistungssektor</i>			<i>186</i>	<i>170</i>	<i>136</i>	<i>134</i>	<i>127</i>	<i>103</i>
Klimakältebedarf S-Ref			53	112	124	36	84	93
Klimakältebedarf S-Eff			9	20	22	6	15	17
Kältebedarf Gewerbliche Kälte			30	30	30	25	25	25

Abbildung 35: Zusammengeführte Darstellung des Wärme- und Kältebedarfs S-Eff in Altstetten für das Jahre 2050 im Szenario BZO (oben) und im Szenario Verdichtung (unten).

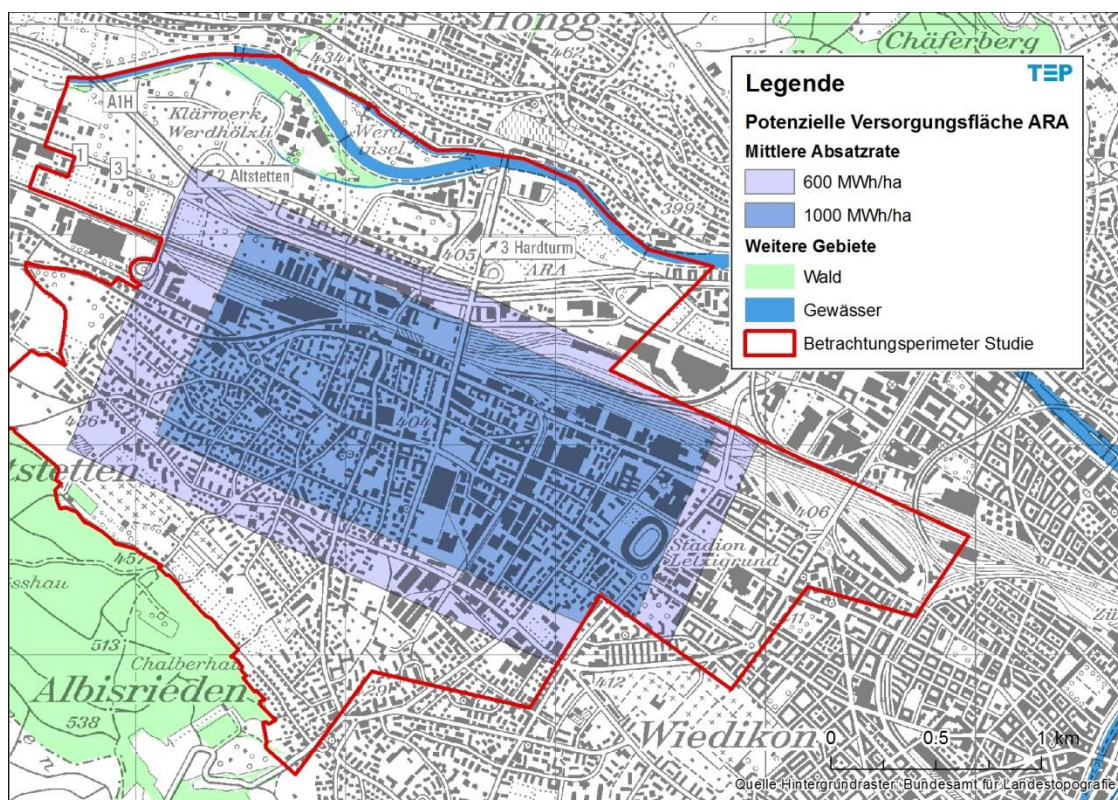


7.3 Potenzial gereinigtes Abwasser

Als Energiequelle für ein Fernwärmenetz kommt grundsätzlich nur Abwärme aus dem geklärten Abwasser in Frage, da das Grundwasserpotenzial bei Weitem nicht ausreicht, zum Teil bereits erschöpft ist und gemäss EK 2050 auch in anderen Teilgebieten zu nutzen ist. Das EK 2050 geht unter Annahme eines bivalenten Betriebs mit 4500 Vollbetriebsstunden von einem Potenzial des Klärwerks Werdhölzli von ca. 150 GWh/a Wärme aus (nach Abzügen für den Wärmeverbund Schlieren, vgl. Kapitel 4.3 im EK 2050). Bei einer mittleren JAZ von 3.4 und einem Anteil von 80% an der thermischen Grundlastversorgung ergibt sich somit ein Potenzial von 265 GWh/a für den

Energieabsatz über einen zusätzlichen Verbund. Die Fläche, die dadurch versorgt werden könnte, ist in Abbildung 36 dargestellt. Zudem ist zu erwähnen, dass ein Niedertemperaturfernwärmeverbund mit dem Klärwerk als Energiequelle auch ein Kältepotenzial besitzt, welches jedoch aktuell nicht quantifiziert werden kann, weil der Kanton als Bewilligungsbehörde eines Abwärmeeintrags in Gewässern ohne ein konkret vorliegendes Projekt keine Angabe darüber machen kann, welche Menge an Abwärmeeintrag bewilligt würde.

Abbildung 36: Potenzielle Versorgungsfläche der Abwärme aus dem geklärten Abwasser des Klärwerks Werdhölzli unter Annahme einer mittleren jährlichen Absatzrate von 600 MWh/ha (helles Viereck) bzw. 1000 MWh/ha (dunkles Viereck).



7.4 Weitere Energiepotenziale

Zur dezentralen Deckung der thermischen Energienachfrage kommen in Altstetten weitere Energieträger in Frage. Im Bereich der Wärmeversorgung sind unter anderen folgende Energiequellen zu berücksichtigen:

- Interne Abwärme, z.B. aus Prozessen oder aus der Kälteerzeugung
- Solarenergie und Aussenluft (ggf. in Kombination mit Erdsonden), im südlichen Teil des Betrachtungsperimeters ausserhalb des Erdwärmenutzungs-Sperrgebiets.

Die Quantifizierung der entsprechenden Potenziale war jedoch nicht Gegenstand des Projektrahmens.

7.5 Weiterentwicklung GPM

Nebst den oben beschriebenen inhaltlichen Ergebnissen resultiert aus diesem Projekt ein weiteres Projektergebnis, nämlich ein Prototyp eines Kältemoduls des Gebäudeparkmodells (GPM) der Stadt Zürich sowie eine Schnittstelle für eine Darstellung der Ergebnisse in einem Geographischen Informationssystem (GIS). Die Anwendung des dergestalt erweiterten GPM konnte im Rahmen einer konkreten Projektsituation evaluiert werden. Die gemachten Erfahrungen und die beschriebenen Ergebnisse zeigen, dass das GPM auch für raumplanerische Anwendungen geeignet ist. Durch den Vergleich der Modelresultate mit tatsächlichen Verbrauchswerten konnte zudem das GPM im Bereich Wärme validiert werden. Das im Rahmen dieses Projekts verbesserte und erweiterte GPM steht in der Folge für ähnliche Studien und weitere Anwendungen zur Verfügung.

8 Anhang

8.1 Literaturverzeichnis

Aiulfi D., Primas, A., Jakob M. et al. (2009). Energieverbrauch von Bürogebäuden und Grossverteilern - Erhebung des Strom- und Wärmeverbrauchs, der Verbrauchsanteile, der Entwicklung in den letzten 10 Jahre und Identifizierung der Optimierungspotentiale. Basler & Hofmann, Sorane, CEPE, ETH Zürich und i.A. Bundesamt für Energie (BFE)(Hrsg.). Bern.

Argast F., Thoma M. (2010). Räumliche Entwicklungsstrategie des Stadtrats für die Stadt Zürich. Amt für Städtebau (AfS), Zürich, März.

Bébié B., Jakob M. (2012). Wärmeversorgung: Potenziale der Quartiere. In: TEC 21 12/2012.

Bührer B. et al. (2012). ZSC Lions und Voléro Zürich Eishockey- und Volleyball-Arena – Energiekonzept. BBP Ingenieurbüro im Auftrag des Amts für Hochbauten, Mai 2012.

Dumortier R., Lang T., Schmutz B. (2012). Elektrizitätsbedarf fürs Kühlen in der Schweiz. EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie, Kampagne effiziente Kälte.

EWZ (2008). "Energieverbund Schlieren: Abwärme als Energiequelle."

Jakob M. und Catenazzi G (2013). Umsetzung des Modellkonzepts Energienachfrage im Dienstleistungssektor – Ex-post Analysen nach Verwendungszwecken und Bestimmungsfaktoren. TEP Energy im Auftrag des Bundesamts für Energie, Bern.

Jakob M., Jochem E., Honegger A. et al. (2006). Grenzkosten bei forcierten Energie-Effizienz-Massnahmen und optimierter Gebäudetechnik bei Wirtschaftsbauten. Bundesamt für Energie (Hrsg.). Bern, November 2006.

Jakob M., Gross N., Honegger A., Unterhollenberg S., Nägeli C. (2012). Der Gebäudepark in der Stadt Zürich – Grundlagenbericht im Hinblick auf die Identifikation und Bildung von Clustern. Energieforschung Stadt Zürich. Forschungsprojekt FP-2.1.

Jakob M., Flury K., Gross N., Heeren, N., Martius G. et al. (2013a). Konzept Energieversorgung 2050 für die Stadt Zürich – Auf dem Weg zu einer 2000-Watt-tauglichen Wärmeversorgung. TEP Energy in Zusammenarbeit mit ETH Zürich im Auftrag des Energiebeauftragten und des Amts für Hochbauten der Stadt Zürich.

Jakob M., Fürst M., Martius G. (2013b). Die städtischen Gebäude der Stadt Zürich bis 2050 – Eine ergänzende Abschätzung auf Grundlage des Gebäudeparkmodells mit Bezug zum Energieversorgungskonzept 2050. TEP Energy im Auftrag des Amts für Hochbauten der Stadt Zürich.

Jakob M, Wallbaum H, Catenazzi G, Martius G, Nägeli C., Sunarjo B. (2013c). Spatial building stock modeling to assess energy-efficiency and renewable energy in an urban context. In: CISBAT 2013, conference proceedings, Lausanne, September.

Jakob M, Flury K., Gross N., Martius G., Sunarjo B., Wallbaum H., Heeren N., Bébié B. (2012). Energiekonzept 2050 für die Stadt Zürich - Auf dem Weg zur 2000 Watt tauglichen Wärme-Versorgung mit einem räumlich differenzierten Gebäudeparkmodell. 17. Status-Seminar «Forschen für den Bau im Kontext von Energie und Umwelt», Zürich, September.

Ott W., Bolliger R., Bade S., Karlegger A., Jaberg A., Jakob M., Berleth H. (2013). Teilprojekt FP 2.2.1 – Erneuerungstätigkeit und Erneuerungsmotive bei Wohn- und Bürobauten. Energieforschung Stadt Zürich, Berichtsentwurf Stand 12. September 2013.

Schmid F. (2012). Aktuelle und zukünftige thermische Energienachfrage (Wärme und Kälte) in Zürich-Altstetten (Projektphase 1) – Pflichtenheft für eine Vertiefungsstudie durch die Firma TEP Energy. Zürich, 5. September.

SIA (2011). SIA 2044, Klimatisierte Gebäude – Standard-Berechnungsverfahren für den Leistungs- und Energiebedarf. Zürich

SIA (2007). SIA 382/1:2007, Lüftungs- und Klimaanlage – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen. Zürich.

SIA (2009). SIA 380/1:2009, Thermische Energie im Hochbau. Zürich.

SIA (2006). SIA Merkblatt 2024, Ausgabe 2006. Standard-Nutzungsbedingungen für Energie- und Gebäudetechnik. SIA (Hrsg.), Zürich, Oktober.

Wagner R. und Weisskopf T. (2013). Erdsondenpotenzial im urbanen Raum. Weisskopf Partner GmbH i.A. Stadt Zürich, Amt für Hochbauten, Fachstelle Energie- und Gebäudetechnik.

8.2 Abkürzungsverzeichnis

Im Bericht werden folgende Abkürzungen verwendet.

AFS	Amt für Städtebau
AHB	Amt für Hochbauten
BZO	Bau- und Zonenordnung (BZO)
DR	Diffusionsrate
EBF	Energiebezugsfläche
ESEER	European seasonal energy-efficiency ratio
EER	Energy efficiency ratio (Leistungszahl)
EFZ	Energieforschung Stadt Zürich (Forschungsprogramm)
EGID	Eidgenössischer Gebäudeidentifikator
E-GRID	Eidgenössischer Grundstückidentifikator
EK 2050	Konzept Energieversorgung 2050 – Auf dem Weg zu einer 2000-Watt-tauglichen Wärmeversorgung
GIS	Geographisches Informationssystem
GPM	Gebäudeparkmodell
GWh	Gigawattstunde (1 Mio. kWh)
ha	Hektare
HGT	Heizgradtage gemäss SIA
IT	Informationstechnologie
JAZ	Jahresarbeitszahl
NOGA	Nomenclature générale des activités économiques (Allgemeine Systematik der Wirtschaftszweige)
PUE	Power usage effectiveness (Kennwert für die Effizienzcharakterisierung von Rechenzentren: Gesamter Stromverbrauch / IT-Stromverbrauch)
RES	Räumliche Entwicklungsstrategie
RZ	Rechenzentrum
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
UGZ	Umweltschutz- und Gesundheitsdepartement (der Stadt Zürich)
USV	Unterbrechungsfreie Stromversorgung
WW	Warmwasser
WP	Wärmepumpe

8.3 Glossar

Im Bericht werden folgende Begriffe verwendet, welche zum Teil für die spezifische Fragestellung definiert sind und die in anderem Kontext u.U. zu ergänzen oder anzupassen sind.

Endenergie	Vom Verbraucher bezogene bzw. dem Gebäude am Übergabepunkt zugeführte Energie in der Regel kommerzielle Energie, d.h. z.B. Heizöl, Erdgas, Fernwärme, Strom
ESEER	European seasonal energy-efficiency ratio: Verhältnis des Kälteoutputs während der Kühlperiode dividiert durch den dafür verbrauchten Strom gemäss Definition der Eurovent Certification Company.
Freechilling	Freie Energie, die zur Kühlung von Räumen mittels technischer Anlagen ohne oder mit nur geringem Energieaufwand genutzt werden kann (z.B. mittels Zirkulation durch Erdsonden oder Rückkühler ohne Nutzung von Wärmepumpen oder Kältemaschinen).
Freecooling	Freie Energie, die zur Kühlung von Räumen zur Verfügung steht, ohne dass dafür technische Anlagen und Geräte eingesetzt werden müssen (durch Fensteröffnung, Infiltration von kalter Luft). Kühlung durch Verwendung von kühler Aussenluft ohne Kältemaschine (SIA 382/1),
Freewarming	Freie Energie, die zur Erwärmung von Räumen zur Verfügung steht, ohne dass dafür technische Anlagen und Geräte eingesetzt werden müssen (solare Gewinne durch Fenster, Abwärme von Geräten).
Gebäudekohorte	Gebäuden mit ähnlichen Eigenschaften, welche zu einer Gruppe zusammengefasst werden und im Modell als Analyseeinheit dienen.
Gewerbliche Kälte	Thermische Energie, welche einem gewerblichen Raum (z.B. Kühlzelle) entzogen werden muss, um ein definiertes Temperaturniveau zu halten.
Klimakälte Q_c	Thermische Energie, welche einem Raum entzogen werden muss, um ein definiertes Temperaturniveau nicht zu überschreiten (gemäss SIA 382/1).
Nutzenergie	Energie, die Endnutzern für ihre Bedürfnisse zur Verfügung steht. Formen der Nutzenergie sind Wärme zur Raumheizung (Raumwärme), Kälte zur Raumkühlung (Raumkälte), Licht zur Arbeitsplatz- oder Wohnraumbelichtung. Durch Übertragungs- und Umwandlungsverluste ist die Nutzenergie geringer als die am Übergabepunkt gemessene Endenergie.
Raumwärme	Thermische Energie, welche einem Raum zugeführt werden muss, um ein definiertes Temperaturniveau nicht zu unterschreiten.