

Diffusion der Klimatisierung

anhand der Stadt Wien im Vergleich mit der Stadt Mailand

Masterarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades „Diplom-Ingenieurin“

Universität für Bodenkultur Wien

Institut für Meteorologie

Umwelt- und Bioressourcenmanagement



Pia Taboga, Bakk.techn.

Matrikel-Nr. 0740128

BetreuerInnen: O.Univ.Prof. Dr.phil. Helga Kromp-Kolb,
Ass.Prof. Dr. Herbert Formayer, Projektass. Dipl.-Ing. Dr.techn. Lukas Kranzl

Wien, September 2014

Inhalt

1	Einleitung	8
2	Methodik	9
3	Definitionen	10
4	Klimawandel Theorie	11
4.1	Klima und Klimawandel	11
4.2	Klimamodell-Definition	12
4.2.1	Globale Klimamodelle	13
4.2.2	Regionale Klimamodelle	14
4.2.2.1	Dynamisches Downscaling	15
4.2.2.2	Statistisches Downscaling	16
4.3	Szenarien Theorie	16
5	Klimatisierungsmaßnahmen bezogen auf die Gebäudehülle	20
5.1	Rechtliche Rahmenbedingungen	21
5.1.1	Gebäudeeffizienz-Richtlinie der EU	21
5.1.2	OIB-Richtlinie 6	22
5.1.3	ÖNORM	24
5.1.3.1	ÖNORM B 8110 „Wärmeschutz im Hochbau“	24
5.2	Natürliche/passive Klimatisierung	29
5.2.1	Maßnahmen im Gebäudebestand	31
5.2.1.1	Flexible Verschattungen	31
5.2.1.2	Sonnenschutzverglasung	31
5.2.1.3	Verringerung der inneren Lasten	33
5.2.2	Maßnahmen im Neubau	34
5.2.2.1	Speichermassen	34
5.2.2.2	konstruktive Verschattungsmaßnahmen	35
5.2.2.3	Passive Kühlkonzepte	35
6	Stadt- und Klimabeschreibung	37
6.1	Wien	37
6.2	Exkurs: Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG)	38
6.3	Mailand	39
7	Gebäudebeschreibung	42

7.1	Projekt TABULA.....	42
7.1.1	TABULA-Gebäudetypologie in Italien	44
7.2	Projekt EPISCOPE	45
7.3	Gebäudebestand Wien.....	47
7.4	Gebäudebestand Mailand.....	50
7.5	Vergleich des Gebäudebestandes Wien mit Mailand.....	51
8	Diffusion der Klimatisierung.....	58
8.1	Diffusion innerhalb der Europäischen Union.....	58
8.2	Diffusion in Wien.....	67
8.3	Diffusion in Mailand.....	73
9	Conclusio	75
10	Literaturverzeichnis	77
11	Anhang.....	80

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Allgemeine Charakteristik eines dreidimensionalen Klimamodells. Atmosphäre und Ozeane werden als interagierende dreidimensionale Gitternetze abgebildet. (Helmholtz-Zentrum Geesthacht, 2014)	13
Abbildung 2: Schematische Darstellung eines doppelten Nesting-Ansatzes. (MeteoSchweiz, 2010), bearbeitet	15
Abbildung 3: Jährliche Temperaturanomalien der verwendeten Modellen (Aladin, RegCM3, REMO). (PowerClim, 2014)	18
Abbildung 4: Kühlgradtage von Wien 1951-2100 mit gleitenden Mittelwerten. (eigene Darstellung)	19
Abbildung 5: Jahrestemperaturverlauf Wien, Messstation Hohe Warte (Wetteronline, 2014)	38
Abbildung 6: Jahrestemperaturverlauf Mailand, (Wetteronline, 2014)	40
Abbildung 7: Vergleich der Kühlgradtage von Wien und Mailand nach dem Klimamodell REMO für die Jahre 1951-2100; (eigene Darstellung)	41
Abbildung 8: Vergleich der Kühlgradtage von Wien und Mailand nach dem Klimamodell Aladin für die Jahre 1951-2100; (eigene Darstellung)	41
Abbildung 9: Gebäudebestand in Wien; (Statistik Austria, 2012) (eigene Darstellung)	48
Abbildung 10: Aufteilung der Nicht-Wohngebäude nach überwiegender Gebäudeeigenschaft (detailliert); (Statistik Austria, 2012) (eigene Darstellung)	48
Abbildung 11: Errichtungsjahre von Gebäuden in Wien; (Statistik Austria, 2012), (eigene Darstellung)	49
Abbildung 12: Errichtungsjahre von Wohnungen in Wien; (Statistik Austria, 2012), (eigene Darstellung)	49
Abbildung 13: Gebäudebestand in Mailand aufgeteilt nach Nutzungen (ISTAT, 2011)	50

Abbildung 14: Errichtungsjahre der Gebäude in Mailand	51
Abbildung 15: Heizwärmebedarf MWB, Bauperiode 1960-1979.....	54
Abbildung 16: Bauteilbeschreibung von Gebäude der Bauperiode 1960-1979 in Wien	55
Abbildung 17: Sanierungsmaßnahmen von Gebäude in Wien	56
Abbildung 18: Verkaufszahlen aufgeteilt nach Ländern (EU-27) (Rivière, et al., 2009)	59
Abbildung 19: Verkaufszahlen aufgeteilt nach Gerätetyp (Rivière, et al., 2009)	60
Abbildung 20: Verteilung der Klimageräte nach Wohngebäude und Nicht- Wohngebäude nach Kühlleistung (Rivière, et al., 2009)	61
Abbildung 21: Verteilung der Klimageräte in Wohngebäude, gemessen in Kühlleistung und aufgeteilt nach Ländern (Rivière, et al., 2009)	61
Abbildung 22: Verteilung der Klimageräte in Nicht-Wohngebäude, gemessen in Kühlleistung und aufgeteilt nach Ländern (Rivière, et al., 2009)	62
Abbildung 23: Verteilung der Klimageräte in Wohngebäuden, gemessen an der Kühlleistung (Rivière, et al., 2009).....	63
Abbildung 24: Verteilung der Klimageräte in Nicht-Wohngebäuden, gemessen an der Kühlleistung (Rivière, et al., 2009).....	64
Abbildung 25: Verteilung der einzelnen Gerätetypen in bestehenden Gebäuden, Neubauten, Ersatz von alten Geräten (Rivière, et al., 2009)	65
Abbildung 26: Diffusionskurve der Anzahl von Raumklimageräten in Wien	72

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Durchschnittliche Wärmelasten von Bürogeräten (Kallmann, et al., 2007) (eigene Darstellung)	33
Tabelle 2: Gebäudevergleich der Bauperiode "vor 1919" Wien und Mailand.....	52
Tabelle 3: zukünftige Absätze von Klimageräten im Jahr 2030 für Österreich und Italien (Rivière, et al., 2009) (bearbeitet)	66
Tabelle 4: Veränderungen der Verkaufszahlen in Prozent für das Jahr 2030 gegenüber dem Jahr 2005 (eigene Darstellung)	67
Tabelle 5: Absatz von Klimasplitgeräten in Wien aufgeteilt nach Leistungsklassen; (Branchenradar, 2014)	68
Tabelle 6: Absatz von Klimasplitgeräten in Wien aufgeteilt nach Bauart; (Branchenradar, 2014)	68
Tabelle 7: Veränderung des Absatzmarkt gegenüber dem Vorjahr nach Leistungsklassen; (Branchenradar, 2014).....	69
Tabelle 8: Veränderung des Absatzmarkt gegenüber dem Vorjahr nach Bauart; (Branchenradar, 2014)	69
Tabelle 9: Berechnung der jährlichen Veränderung des Absatzmarkt für die Jahre 2020, 2050 und 2100; (eigene Berechnung).....	70
Tabelle 10: Vergleich Diffusionskurve mit tatsächlich abgesetzten Mengen von Raumklimageräten in Wien für die Jahre 2010, 2011, 2012 und 2013.....	72
Tabelle 11: Umsatz der Klimasplitgeräte in Italien aufgeteilt in geographische Regionen; (Andec, 2011)	73
Tabelle 12: Umsatz der Klimasplitgeräte im Jahr 2011 in Wien aufgeteilt nach Leistungsklassen; (Branchenradar, 2014).....	74

Zusammenfassung

Von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern wird immer öfter bestätigt, dass der Klimawandel weiter fortschreitet und es in den kommenden Jahren, bis zum Ende des Jahrhunderts, zu wärmeren Sommern, aber auch zu häufigeren Extremwetterereignissen kommen wird. Es wird daher notwendig, Gebäude auf diese Situationen anzupassen. In dieser Arbeit wird aufgezeigt, welche passive Maßnahmen in der Gebäudestruktur möglich sind, das heißt ohne aktive Kühlgeräte, die Räume vor Überwärmung zu schützen. Dazu werden die Ergebnisse von Klimamodellen der Stadt Wien analysiert und die steigende Anzahl der Kühlgradtage mit einer südlichen Stadt, Mailand, verglichen, dessen heutiges Niveau dem zukünftigen der Stadt Wien entsprechen wird. Nachfolgend wurden die Gebäudedaten (Bauperiode, Baumaterialien, U-Werte der Gebäudeteile) der beiden ausgewählten Städte erhoben. Aufgrund dessen wurde weiters versucht, die Verteilung der aktiven Maßnahmen, d.h. Klimageräte in Gebäuden, zu untersuchen, um den zukünftigen Absatz der Geräte in der Stadt Wien abschätzen zu können, wobei versucht wird, diesen anhand einer Diffusionskurve der Anzahl von Raumklimageräten in Wien darzustellen.

Abstract

Scientists are more and more confirming that climate change is progressing and it will come in the next years, especially until the end of this century, to warmer summers, but also to more frequent extreme weather events. It is therefore necessary to adapt the building to these situations. In this master thesis, it is shown which passive measures in the building sectors are possible, ie without active cooling devices, to protect rooms from overheating. For that purpose, results from climate models of Vienna City had to be analyzed and the increasing number of cooling degree days were compared to a southern city, Milano City, whose present level will correspond to the future of Vienna City. Subsequently, the building data (period of construction, building materials, U-value of the building envelope) of the two selected cities were collected. Because of this, it has further attempted to investigate the distribution of active measures, ie air conditioners in buildings, for estimating future sales of units in Vienna City, whereat it was tried to represent this with the help of diffusion curve of the number of air conditioners in Vienna City.

1 Einleitung

Der Klimawandel ist immer öfter in aller Munde und von Seiten der Wissenschaft anerkannt und bestätigt (IPCC, 2007). Er zeigt immer öfter sein Vorhandensein, zum Beispiel im Jahr 2003, als damals die Hitzeperiode zu spüren war. Es ist bewiesen, dass die Sommer in Europa immer wärmer (IPCC, 2007) werden und so treten Probleme in der Gebäudetechnik, speziell in der Raumkühlung, auf. Durch steigende Temperaturen ist es für den Menschen seltener erträglich, sich in einem Raum längere Zeit aufzuhalten, ohne diesen durch aktive Raumkühlung auf eine angenehme Raumtemperatur zu kühlen. Bis zum Ende des Jahrhunderts sollen die Hitzetage, d.h. Tage, an denen die maximale Tagestemperatur über 30°C liegen, auf über 60 Tage im Jahr steigen.

Diese Arbeit zeigt einen Überblick von Möglichkeiten auf, wie man auf passive Weise vermeiden kann, dass sich Gebäude zu sehr erwärmen. Zunächst wird auf die Steigerung der Kühlgradtage in den Städten Wien und Mailand eingegangen, um anschließend den Gebäudebestand der beiden Städte gegenüberzustellen. Weiters wurde versucht, durch einen Städtevergleich von Wien mit Mailand, herauszufinden, wie sich die Diffusion von Raumklimageräten im Wohnbereich und in Nicht-Wohngebäuden in den nächsten Jahrzehnten verändern könnte.

Anhand des Städtevergleichs wird festgestellt, ob Mailand als Referenzstadt dienen kann. Es wird versucht, den Gebäudebestand der beiden Städte zu erheben und miteinander, bezogen auf die vorhandenen Bauperioden und Art und Weise der Bautechnik, zu vergleichen.

Ein Städtevergleich soll insofern Aufschluss geben, wie sich die Verteilung von Klimaanlageanlagen im privaten Bereich in einer Stadt verhält, welche das zukünftige Niveau der Kühlgradtage von Wien hat, um die Veränderung in Wien abbilden zu können.

2 Methodik

Der Hauptteil der Arbeit wurde mittels Literaturrecherche erarbeitet. Die Möglichkeiten der passiven Klimatisierung sollen einen Überblick geben, diese wurden aus verschiedenen Studien und schon vorhandenen Arbeiten, aber auch mittels Nachforschungen im Internet, ermittelt.

Die Klimadaten von heute werden anhand des jährlichen Temperaturverlaufes der Städte erfasst. Für die zukünftige Situation wurden drei verschiedene Klimamodelle zu Hilfe gezogen, und zwar Aladin, RegCM3 und REMO, welche im Rahmen eines integrierten EU-Forschungsprojektes des sechsten Rahmenprogramms über den Zeitraum von 2004-2009 vom Met Office Hadley Centre koordiniert wurden, das ENSEMBLES-Projekt. (IPCC, 2007) Sie basieren alle auf dem Emissionsszenario A1B und unterschiedlichen regionalen und globalen Klimamodellen. (IPCC, 2007)

Für die Erhebung des Gebäudebestands in den jeweiligen Städten wurden Statistiken von Statistik Austria und dem italienischen Pendant ISTAT verwendet. Die Gebäudetypologie konnte anhand der EU-Projekte TABULA (TABULA Project Team, 2012) und EPISCOPE (Amtmann & Altmann-Mavaddat, 2014) ermittelt werden, welche neben allgemeinen Informationen zu Gebäude (wie z.B. thermische Eigenschaften) auch spezifische Informationen (wie z.B. die U-Werte einzelner Bauteile) bereithalten. Dadurch wurde versucht, eine Gegenüberstellung der Gebäude von Wien und Mailand zu erstellen.

Die Diffusion der Raumklimageräte wurde mittels Recherchen verschiedener Studien erhoben. Weiters wurden Händler und Hersteller von Klimageräten kontaktiert, um die Verkaufszahlen der letzten Jahre zu erfragen und so durch Jahresveränderungen abzuschätzen, wie die Verteilung dieser in den nächsten Jahrzehnten variieren könnte. Vergleichszahlen von Mailand wurden auf dieselbe Art und Weise ermittelt.

3 Definitionen

In diesem Kapitel werden Begriffe definiert, die in der folgenden Arbeit verwendet werden, um ein besseres Verständnis gewährleisten zu können.

Kühlgradtage (KGT)

In Österreich gibt es keine gängige Definition der Kühlgradtage, daher wird die Definition aus den USA verwendet:

„Cooling Degree Days“ sind die bei Überschreitung der Grenztemperatur T die Differenz zwischen Tagesmitteltemperatur und der Grenztemperatur T , ab welcher ein Kühlenergiebedarf angenommen wird.

Die Grenztemperatur beträgt $18,3^{\circ}\text{C}$. (Sailor, 2001)

U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient)

Der Wärmedurchgangskoeffizient gibt den Wärmestrom je Fläche der Wand bzw. Fenster und je Kelvin Temperaturunterschied an, gemessen wird dieser Wert in der SI-Einheit $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$. Das derzeit effizienteste Sonnenschutzglas hat einen U_g -Wert von $1,0 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ im Zweischiebenisoliertes Glas. Der U_g -Wert (g steht für die englische Abkürzung *glazing*) ist der Kennwert für Fensterglas. (Baunetzwissen, 2014)

Energiedurchlassgrad

Dieser Wert beschreibt den Anteil der auf das Fenster auftreffenden Sonnenenergie. Das Sonnenschutzglas hat einen relativ niedrigen Energiedurchlassgrad von $0,30$ - $0,50$, d.h. 30 - 50 % der eingestrahnten Energie gelangt in den Raum. (Baunetzwissen, 2014)

Lichtdurchlässigkeit

Das Sonnenschutzglas soll zwar verhindern, dass sich der Innenraum zu sehr aufheizt, aber es soll dennoch genug Licht in den Raum dringen können, ohne künstliche Beleuchtung zu benötigen. Dieser Wert, in T_l angegeben, zeigt an, wie viel Prozent des sichtbaren Sonnenlichts durch das Glas in den Innenraum eindringt. (Baunetzwissen, 2014)

4 Klimawandel Theorie

In diesem Kapitel werden zunächst das Klima und der Klimawandel beschrieben. Weiters wird auf die Klimamodelle und ihre Unterschiede eingegangen, und anschließend werden mögliche Szenarien für Wien abgebildet.

4.1 Klima und Klimawandel

Klima beschreibt langfristige Geschehnisse in der Atmosphäre, während Wetter sich auf kurzfristige Ereignisse beschränkt. Der Amerikaner Larry Gates, einer der Pioniere der Klimaforschung, hat dies Anfang der 1980er Jahre, anlässlich einer Veranstaltung der Weltorganisation für Meteorologie (WMO), in einem Satz einfach **zusammengefasst: „Klima ist das, was man erwartet, Wetter ist das, was man bekommt.“** Genauer gesagt bezieht sich das Wetter auf die Entstehung, Verlagerung und der Vorhersage einzelner Wetterelemente, zum Beispiel eines Tiefdruckgebietes oder eines Hurrikans, und beschreibt somit den physikalischen Zustand der Atmosphäre zu einem bestimmten Zeitpunkt. Im Gegensatz dazu betrachtet die Klimaforschung die Gesamtheit der Tiefs und Hurrikans und beschäftigt sich mit der Wahrscheinlichkeit für Abweichungen vom Mittelwert, so auch mit der Wahrscheinlichkeit vom Auftreten von Extremereignissen, wie zum Beispiel in Mitteleuropa das Hochwasser im Sommer 2002 oder die Hitzeperiode 2003. Auch der Bezugszeitraum der beiden Begriffe ist sehr unterschiedlich, das Wetter betrachtet die nächsten zwei Wochen, hingegen befasst sich das Klima in der Regel mit einer Zeitspanne von 30 Jahren. (Latif, 2004)

Gemeinsam mit dem Begriff Klimaveränderungen hört man immer wieder das Schlagwort Treibhauseffekt. Man muss hier zwischen dem natürlichen und dem anthropogenen (vom Menschen verursachten) Treibhauseffekt differenzieren. Der sogenannte natürliche Treibhauseffekt kann mit den Vorgängen in einem Treibhaus verglichen werden, in das die Sonnenstrahlung eindringen kann, aber Wärme durch das Glasdach nicht hinausgelassen wird. In der Atmosphäre sind für diesen Vorgang bestimmte Gase, die sogenannten Treibhausgase, verantwortlich. Diesem Effekt zufolge beträgt die Oberflächentemperatur +15°C, ohne diesen würde jedoch eine Temperatur von -18°C herrschen. Die wichtigsten Treibhausgase, die in diesem Vorgang zu nennen sind, sind Wasserdampf und in geringerem Maße Kohlendioxid.

Diese absorbieren die Sonnenstrahlung und emittieren selbst Wärmestrahlung. Somit führen sie zur Erwärmung der Erdoberfläche und der unteren Atmosphäre. (Latif, 2004)

Schon im 19. Jahrhundert wurden erstmals die Eigenschaften von Kohlendioxid und die Absorption der Wärmestrahlung, vom Wissenschaftler Svante Arrhenius beschrieben. Er wies darauf hin, dass die Verbrennung von Kohle zusätzlich eine Steigerung der Kohlendioxidkonzentration nach sich trägt und dies Auswirkungen auf das Weltklima haben werde. Durch den Verbrennungsprozess wird neben Kohlendioxid auch eine größere Menge von Wasserdampf erzeugt, aber aufgrund des Wasserkreislaufes ist dieser Beitrag des Menschen eher gering. Neben dem Verbrennungsprozess sind auch Landnutzungsänderungen, wie zum Beispiel Rodung von Wäldern, an der Freisetzung von Kohlendioxid mitverantwortlich. (Kromp-Kolb & Formayer, 2005) Weitere Treibhausgase sind Methan und Lachgas, diese Gase werden vor allem in der Landwirtschaft und der Abfallwirtschaft, besonders bei Mülldeponien, freigesetzt. Weiters sind auch vom Menschen künstlich erzeugte Gase, wie zum Beispiel Fluorchlorkohlenwasserstoff (FCKW) treibhauswirksam. Diese Gase wurden der Öffentlichkeit infolge ihres Potentials der Zerstörung der Ozonschicht bekannt. Seit der Industriellen Revolution beeinflusst der Mensch direkt die Konzentration der Treibhausgase und ist verantwortlich für den starken Anstieg seit dem 19. Jahrhundert. Die Kohlendioxidkonzentration schwankte vor der Industriellen Revolution zwischen 180 und 280 ppm (parts per million) und ist seither auf einen Wert von 391 ppm im Jahr 2011 angestiegen (IPCC, 2013). Ohne eine Veränderung des menschlichen Verhaltens könnte die Konzentration in den nächsten hundert Jahren auf einen Wert von über 650 ppm ansteigen. Da komplexe Wechselwirkungen eine unmittelbare Umrechnung von Treibhausgaskonzentration zu Temperatur nicht zulassen, bedient man sich hier der Hilfe von Globalen Klimamodellen (GCM). (Kromp-Kolb & Formayer, 2005)

4.2 Klimamodell-Definition

Unter einem Klimamodell wird ein Computermodell verstanden, welches das Klima und die Veränderung wichtiger Komponenten und Prozesse im Erdsystem beschreibt. Basierend auf den physikalischen und biogeochemischen Grundgleichungen der

Massen-, Impuls- und Energieerhaltung umfasst das Modell alle die Erde und das Klima betreffenden Prozesse in den verschiedenen Subsystemen, von der Atmosphäre über die Biosphäre, Hydrosphäre, Kryosphäre, Lithosphäre bis hin zur Pedosphäre und deren vielfältigen Wechselwirkungen, siehe Abbildung 1. Wissen über die Sonneneinstrahlung, chemische Zusammensetzung der Atmosphäre und die Beschaffenheit der Erdoberfläche muss für die Berechnung eines Klimamodells vorhanden sein. (Helmholtz-Zentrum Geesthacht, 2014)

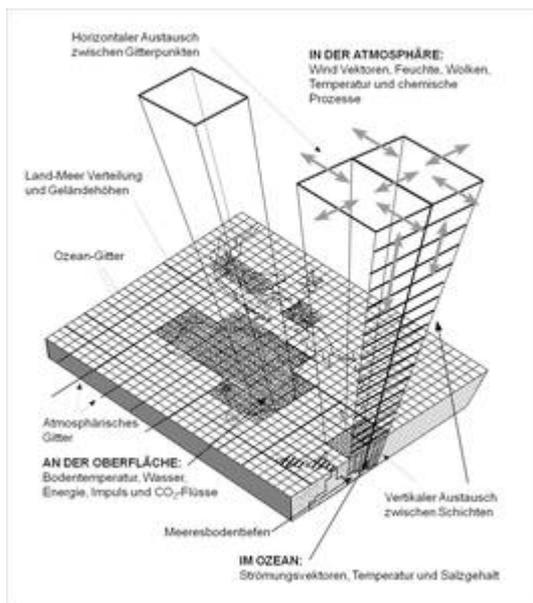


Abbildung 1: Allgemeine Charakteristik eines dreidimensionalen Klimamodells. Atmosphäre und Ozeane werden als interagierende dreidimensionale Gitternetze abgebildet. (Helmholtz-Zentrum Geesthacht, 2014)

4.2.1 Globale Klimamodelle

Mithilfe von globalen Klimamodellen wird das Klimasystem vereinfacht dargestellt. Somit können die Vorgänge im Klimasystem wie bei einem experimentellen Aufbau simuliert werden. Heutzutage sind Klimamodelle sogenannte gekoppelte Atmosphäre-Ozean-Modelle (Atmosphere-Ocean General Circulation Model, AOGCM), in denen die Atmosphäre und Ozeane in ein dreidimensionales Gitter geteilt werden. Mittels mathematischen Gleichungen wird der Masse- und Energieaustausch zwischen benachbarten Gitterpunkten von Zeitschritt zu Zeitschritt gelöst. Das Modell bekommt somit seine Dynamik. Grundlegende physikalische Differentialgleichungen der Fluidodynamik, Hydrologie und Chemie sind in den Modellen enthalten. Prozesse, die mathematisch (noch) nicht beschreibbar sind, werden parametrisiert. (ZAMG, 2014a)

Die einzelnen Subsysteme im Klimasystem werden in den Klimamodellen durch mehrere unabhängige Module repräsentiert, nämlich Atmosphäre, Ozean, Land, Chemie, Kryosphäre, Vegetation. Für die Modelle wird eine typische räumliche Auflösung von 100-150 km verwendet. In der Regel läuft ein Klimamodell mit einem Zeitschritt einer halben Stunde und simuliert somit das Klima für Jahrzehnte oder Jahrhunderte in die Vergangenheit und in die Zukunft. Jedoch kann die räumliche und zeitliche Auflösung nicht unabhängig voneinander gewählt werden. Sie beeinflussen sich gegenseitig, denn je höher man die räumliche Auflösung des Modells wählt, desto kürzer muss der Zeitschritt sein, um Prozesse auf der kleineren Skala lösen zu können. Dadurch ergibt sich ein hoher Rechenaufwand. Daher wird für die Berechnung eines Klimamodells meistens ein sehr leistungsfähiger Supercomputer benötigt. (ZAMG, 2014a)

Um Unsicherheiten zu quantifizieren und zu verringern, wird meist ein Ensemble von Klimamodellen, das sind viele Modellsimulationen mit verschiedenen Klimamodellen, eingesetzt. Für die Abschätzung von Wechselwirkungen und Rückkopplungen zwischen den Teilen des Klimasystems werden die Ein- und Ausgangsdaten der Module miteinander gekoppelt. Die globalen Klimamodelle nehmen zwar an Komplexität zu, können dennoch zahlreiche Prozesse noch nicht explizit modelliert werden. Dafür gibt es verschiedene Gründe, einerseits die fehlende räumlich-zeitliche Auflösung, andererseits sind viele Prozesse und Wechselwirkungen noch unzureichend erforscht (z.B. Wechselwirkung von Feuchtigkeit, Aerosolen und Wolken). Um diesem Problem entgegenzuwirken, werden manche Prozesse entweder parametrisiert oder manche Prozesse bleiben derzeit gänzlich unberücksichtigt. (ZAMG, 2014a)

4.2.2 Regionale Klimamodelle

Mittels regionaler Klimamodelle können Simulationen dargestellt werden, die für die Klimafolgenforschung essentiell sind. Aufgrund der höheren räumlichen Auflösung von einigen wenigen Kilometern besteht die Möglichkeit, Änderungen des Klimas untersuchen zu können, die durch globale Klimamodelle nicht berechnet werden können.

Durch eine geeignete Nachbearbeitung von globalen Klimamodellen erhofft man sich zusätzliche, kleinräumigere, anwendungsorientierte Informationen erhalten zu können, um das regionale Klima und seine Wechselwirkungen zwischen dem großräumigen Zustand des Klimasystems und den regionalen Gegebenheiten besser darstellen zu können. Dafür wurden zwei verschiedene Methoden entwickelt, welche **unter dem englischen Ausdruck „Downscaling“ zusammengefasst werden. Somit** können regionale Klimamodelle mittlerweile eine Auflösung von unter einem Kilometer erreichen. (ZAMG, 2014b)

4.2.2.1 Dynamisches Downscaling

Die momentane Computerleistung lässt globale Klimasimulationen mit wenigen Kilometern Auflösung nicht zu, daher können mit regionalen Klimamodellen nur begrenzte Ausschnitte der Atmosphäre gerechnet werden. Die hoch aufgelösten Regionalmodelle werden deswegen in die grobmaschigen Globalmodelle eingebettet, **dies wird als „Nesting“ bezeichnet. Bei dieser Methode** werden die Ränder des regionalen Modells mit den Werten des globalen Modells angetrieben. Mit einem zweifachen Nesting wird meist dem Maßstabssprung der horizontalen Auflösung zwischen dem antreibenden globalen Zirkulationsmodell (150-200 km) und dem regionalen Klimamodell (<10 km) entgegengewirkt, in Abbildung 2 ist dazu eine schematische Darstellung zu finden. Dadurch kann allerdings das Problem der unzureichenden Darstellung kleinskaliger Prozesse nur bedingt gelöst werden, da es lediglich zu einer Verschiebung hin zu kleineren Skalen kommt. Hocho aufgelöste Modelle haben das generelle Problem, dass sie ihrerseits eine kleinste interpretierbare Skala aufweisen. (ZAMG, 2014b)

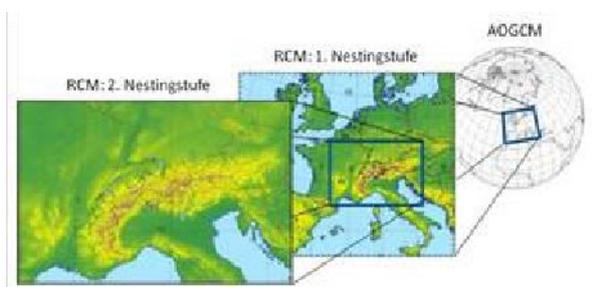


Abbildung 2: Schematische Darstellung eines doppelten Nesting-Ansatzes. (MeteoSchweiz, 2010), bearbeitet

4.2.2.2 Statistisches Downscaling

Beim statistischen Downscaling wird, wie schon der Name erahnen lässt, der Einsatz von statistischen Methoden ermöglicht. Dafür gibt es zwei Datensätze von Messungen. Einerseits werden Daten für eine Variable (z.B. Temperatur) auf der regionalen Skala, andererseits werden Daten auf der großräumigen Skala, die in globalen Zirkulationsmodellen hinreichend gut simuliert werden, für die Berechnung herangezogen. Weiters wird ein statistischer Zusammenhang zwischen diesen beiden gesucht, um danach die Simulationen der globalen Klimamodelle, wie sie auf der großräumigen Skala erscheinen, für die regionale Skala zu interpretieren. (ZAMG, 2014b)

4.3 Szenarien Theorie

Zur Veranschaulichung des Klimawandels und für die Abschätzung des veränderten Temperaturniveaus wurden folgende drei regionale Klimamodelle herangezogen: (Gilbert, 2012)

- Aladin
- RegCM3
- REMO

Aladin geht vom globalen Klimamodell ARPEGE aus, vom Centre National de Recherches Météorologiques, Frankreich, durchgeführt, das regionale Klimamodell RegCM3 wurde vom International Centre for Theoretical Physics, Italien, berechnet und basiert auf dem globalen ECHAM5-Modell. Das REMO-Modell, welches ebenfalls auf dem ECHAM5-Modell basiert, wurde vom Max-Planck-Institut, Deutschland, erstellt. Alle drei Modelle wurden im Rahmen des ENSEMBLES-Projektes, ein integriertes EU-Forschungsprojektes, welches über den Zeitraum von 2004-2009 vom Met Office Hadley Centre koordiniert wurde, erstellt. Sie basieren auf dem Emissionsszenario A1B, aber auf unterschiedlichen globalen und regionalen Klimamodellen und liegen auf einem 25 km x 25 km Gitter auf Tagesbasis vor. (Gilbert, 2012)

Die Emissionsszenarien wurden in vier Szenarien-Familien zusammengefasst (A1, A2, B1 und B2). Sie untersuchen alternative Entwicklungspfade, die eine große Bandbreite an demographischen, wirtschaftlichen und technologischen Antriebskräften und den

sich daraus ergebenden THG-Emissionen abdecken. Das Emissionsszenario A1B gehört zur Familie der A1-Szenarien und ist wie folgt definiert:

„Die A1-Modellgeschichte geht von einer Welt mit sehr raschem Wirtschaftswachstum, einer in der Mitte des Jahrhunderts den Höchststand erreichenden und danach rückläufigen Weltbevölkerung, und rascher Einführung neuer und effizienter Technologien aus. Dabei teilt sich A1 in drei Gruppen auf, die unterschiedliche Ausrichtungen des Technologiewandels beschreiben: fossil intensiv (A1FI), nicht fossile Energieträger (A1T) und eine ausgewogene Nutzung aller Quellen (A1B).“ (IPCC, 2007)

Es ist an dieser Stelle zu erwähnen, dass in dem 5. Sachstandsbericht des IPCC, der im Jahr 2013/2014 erschienen ist bzw. ein Teil noch erscheinen wird, sogenannte **„Repräsentative Konzentrationspfade“ (Representative Concentration Pathways – RCP)** verwendet werden, die die bisherigen SRES-Szenarien (Special Report on Emissions Scenarios) ersetzen. Unterschiede sind, dass diese nicht vom IPCC generiert werden, sondern selbstständig von der Wissenschaftsgemeinde und diese eine Kopplung der repräsentativen Konzentrationspfade mit Energie-Ökonomie-Klima-Landnutzungs-Modelle darstellen. Dadurch werden alle Treiber der anthropogenen Treibhausgasemissionen abgebildet und in konsistente Szenarien zukünftiger Treibhausgasemissionen und resultierender Strahlungsantriebe umgesetzt. Dabei ergeben sich vier verschiedene **Pfade. Aufbauend auf diesen RCP's werden mithilfe von** Klimamodellen neue Projektionen möglicher Klimaveränderungen für das 21. Jahrhundert berechnet. (IPCC, 2013)

In dieser Arbeit wurden die „alten“ Szenarien näher beschrieben, da sich die verwendeten Klimamodelle auf die Szenarien stützen, die im 4. Sachstandsbericht von IPCC verwendet wurden.

Die drei verwendeten Modelle (Aladin, RegCM3 und REMO) unterscheiden sich nur minimal. Bei Aladin ist der Unterschied getrennt nach den Winter- und Sommermonaten erheblicher als bei den anderen beiden Modellen. Gemittelt ist dies aber nicht relevant, wie in Abbildung 3 ersichtlich ist. In nachfolgender Abbildung ist ebenfalls ersichtlich, dass es eine Reihe von verschiedenen Szenarien gibt, die die unterschiedlichsten Ergebnisse liefern. So gibt es Szenarien, die davon ausgehen, dass es zu einem Temperaturanstieg von bis zu 6°C kommen könnte, aber auch welche, die nur von ca. 1°C Temperaturanstieg ausgehen. Die verwendeten drei Szenarien spiegeln die Realität am ehesten wider, daher wurden sie für die Arbeit verwendet.

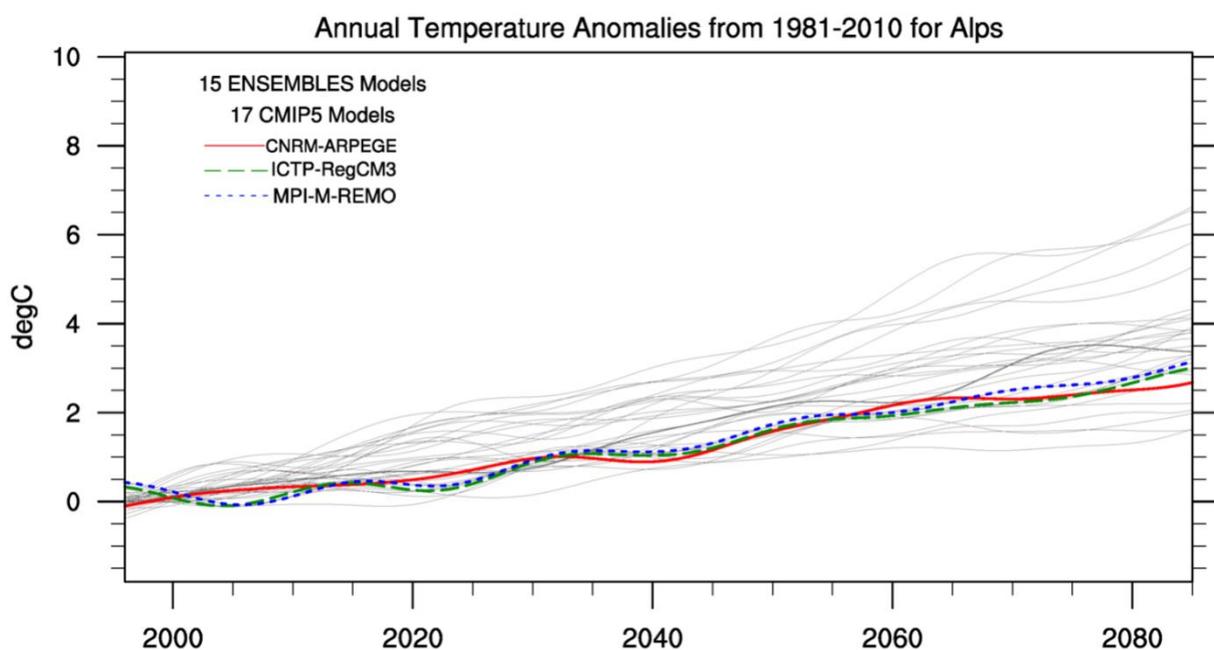


Abbildung 3: Jährliche Temperaturanomalien der verwendeten Modellen (Aladin, RegCM3, REMO). (PowerClim, 2014)

Aufgrund der Klimaerwärmung ist mit einem Trend der steigenden Klimatisierung zu rechnen, welcher versucht wird, in dieser Arbeit darzustellen und nachzuvollziehen. Die Klimaerwärmung ist anhand einer steigenden Kühlgradtaganzahl nachzuvollziehen. Dafür werden die erwähnten Klimamodelle verwendet. In nachfolgender Abbildung 4 ist ersichtlich, wie sich die Kühlgradtage in Zukunft für Wien verändern werden. Diese Veränderung der Kühlgradtage wird in dem **Kapitel „6 Stadt- und Klimabeschreibung“** näher erläutert und die Städte Wien und Mailand miteinander verglichen.

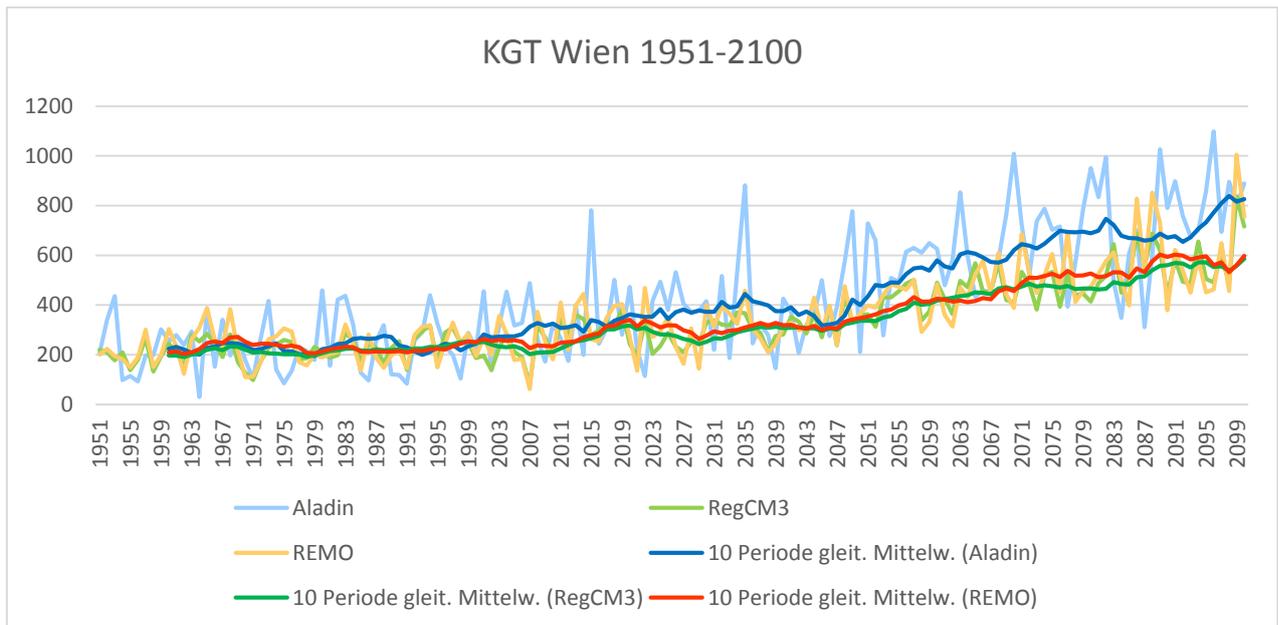


Abbildung 4: Kühlgradtage von Wien 1951-2100 mit gleitenden Mittelwerten. (eigene Darstellung)

In Abbildung 4 ist ersichtlich, dass die Klimamodelle REMO und RegCM3 sich teilweise überschneiden und daher in der Abbildung schwer ersichtlich sind. Aufgrund dessen wird in der Arbeit nur die Differenzierung der Modelle Aladin und REMO betrachtet. Weiters kann man in dieser Abbildung erkennen, dass sich die Kühlgradtage in Wien bis Ende des Jahrhunderts verdoppeln werden. Dieses Ergebnis wird in weiterer Folge mit den Kühlgradtagen von Mailand verglichen.

5 Klimatisierungsmaßnahmen bezogen auf die Gebäudehülle

Das menschliche Wohlbefinden in Räumen ist von der „thermischen Behaglichkeit“

eines Raumes abhängig. Der Behaglichkeit sind folgende physiologisch wirksame Einflussgrößen und Messwerte zuordbar bzw. ermittelbar.

- Raumlufttemperatur
- Temperatur der Raumumschließungsflächen
- Raumluftfeuchtigkeit
- Lüfterneuerungsrate
- Reinheitsgrad der Raumluft

Weitere Faktoren für ein gutes Raumklima sind die Bekleidung und die Art der Tätigkeiten der im Raum sich aufhaltenden Person. Abgesehen von den letzten beiden angeführten Einflussgrößen können die genannten Parameter mittels Raumklimatisierung beeinflusst werden. (Pech, et al., 2005)

Dabei spielen innere und externe Kühllasten eine Rolle. Unter Kühllast ist ein unerwünschter Wärmeeintrag von außerhalb bzw. innerhalb eines Gebäudes zu **verstehen, die durch eine Klimaanlage „abtransportiert“ werden muss. Unter der** externen Kühllast ist die solare Einstrahlung zu sehen, die je nach Exposition des Gebäudes unterschiedlich ist. So ist auf der Ost- bzw. Westseite der solare Eintrag am höchsten, hingegen auf der Süd- bzw. Nordseite geringer. Daher sollte beim Gebäudebau und der Gebäudeplanung die Aufteilung der Räume im Einklang mit der jeweiligen Exposition getroffen werden. Zu der internen Kühllast zählen elektrische Geräte wie Computer, Drucker und dergleichen, aber auch die Beleuchtung und die im Raum sich befindenden Personen. Auf die Vermeidung der internen Lasten wird nachfolgend näher eingegangen. (Fink, et al., 2002)

Die Behaglichkeit beeinflussenden Größen werden innerhalb der Europäischen Union und somit auch in Österreich anhand verschiedener Richtlinien geregelt. Nachfolgend werden einige wichtige Richtlinien bzw. innerhalb von Österreich wichtige Normen näher erläutert.

5.1 Rechtliche Rahmenbedingungen

In Sommer- und Übergangszeiten stellen neben der Orientierung, Größe und Qualität der strahlungsdurchlässigen Flächen, die speicherwirksame Masse der raumumschließenden Bauteile und die Einrichtung, auch die Raumlüftung und der Sonnenschutz wirksame (bautechnische) Mittel zur Vermeidung der Raumüberwärmung durch Sonneneinstrahlung dar. Nachfolgend wird dargestellt, wie die Gebäudeeffizienz-Richtlinie der Europäischen Union in Österreichisches Recht umgesetzt wird. Neben dieser Richtlinie werden die OIB-Richtlinie 6 und ÖNORMEN kurz vorgestellt.

5.1.1 Gebäudeeffizienz-Richtlinie der EU

Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union haben die Richtlinie 2009/91/EG auf Vorschlag der Europäischen Kommission überarbeitet und die **„Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“** herausgegeben. Diese Richtlinie wurde unter anderem verfasst, da 40 % des Gesamtenergieverbrauchs der Union auf Gebäude entfallen und daher der Gebäudesektor ein großes Potential für die Verringerung der Energieabhängigkeit der Union und der Treibhausgasemissionen bietet. Mit der weiteren Verschärfung der Bestimmungen der Richtlinie 2002/91/EG soll zusammen mit einer verstärkten Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen der Energieverbrauch in der Union gesenkt werden und es der Union ermöglichen das Kyoto-Protokoll zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (UNFCCC) einzuhalten sowie die langfristige Verpflichtung, den weltweiten Temperaturanstieg unter 2°C zu halten und der Verpflichtung bis 2020 die Gesamtreibhausgasemissionen gegenüber den Werten von 1990 um mindestens 20 % zu senken, einzuhalten. Weiters sollen die genannten Maßnahmen zur weiteren Verbesserung der Gesamteffizienz von Gebäuden den klimatischen und lokalen Bedingungen sowie dem Innenraumklima und der Kosteneffizienz Rechnung getragen werden. Zusätzlich enthält diese Richtlinie Anforderungen, neben den Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von bestehenden Gebäuden, Gebäudeteilen und –komponenten, an gebäudetechnische Systeme, zu denen Klimaanlage zählen, und daher relevant für diese Arbeit sind. Klimaanlage sind

weitere definiert als „... eine Kombination der Bauteile, die für eine Form der Raumlufthandlung erforderlich sind, durch die die Temperatur geregelt wird oder gesenkt werden kann.“ (Europäisches Parlament, 2010)

Auch wird in Anhang I festgelegt, wie die Berechnung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden vorzunehmen ist. Die Gesamtenergieeffizienz eines Gebäudes wird durch den Energiebedarf für Heizung und Kühlung dargestellt und ist auf transparente Weise darzustellen. Es müssen folgende Aspekte mindestens berücksichtigen: (Europäisches Parlament, 2010)

- die tatsächlichen thermischen Eigenschaften des Gebäudes, einschließlich der Innenbauteile (Wärmekapazität, Wärmedämmung, passive Heizung, Kühlelemente, Wärmebrücken)
- Heizungsanlage und Warmwasserversorgung, einschließlich ihrer Dämmcharakteristik
- Klimaanlage
- natürliche oder mechanische Belüftung, die auch die Luftdichtheit umfassen kann
- eingebaute Beleuchtung
- Gestaltung, Lage und Ausrichtung des Gebäudes, einschließlich des Außenklimas
- passive Solarsysteme und Sonnenschutz
- Innenraumklimabedingungen, einschließlich des Innenraum-Sollklimas
- interne Lasten

In Österreich wird dieser Vorgabe für die Berechnung mittels Energieausweise für Gebäude Rechnung getragen und ist in der folgenden OIB-Richtlinie 6 geregelt.

5.1.2 OIB-Richtlinie 6

Die OIB-Richtlinien wurden in der Generalversammlung des Österreichischen Instituts für Bautechnik am 06. Oktober 2011 unter Anwesenheit der Vertreter aller Bundesländer einstimmig beschlossen. Sie dienen als Basis für die Harmonisierung der bautechnischen Vorschriften in Österreich und können von den Bundesländern zu

diesem Zweck herangezogen werden. Die Erklärung einer rechtlichen Verbindlichkeit der OIB-Richtlinien ist jedoch den Ländern vorbehalten.

Entsprechend den Grundanforderungen für Bauwerke der Bauproduktenverordnung sind die OIB-Richtlinien wie folgt gegliedert:

- OIB-Richtlinie 1 „Mechanische Festigkeit und Standsicherheit“
- OIB-Richtlinie 2 „Brandschutz“
- OIB-Richtlinie 2.1 „Brandschutz bei Betriebsbauten“
- OIB-Richtlinie 2.2 „Brandschutz bei Garagen, überdachten Stellplätzen und Parkdecks“
- OIB-Richtlinie 2.3 „Brandschutz bei Gebäuden mit einem Fluchtniveau von mehr als 22 m
- OIB-Richtlinie 3 „Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz“
- OIB-Richtlinie 4 „Nutzungssicherheit und Barrierefreiheit“
- OIB-Richtlinie 5 „Schallschutz“
- OIB-Richtlinie 6 „Energieeinsparung und Wärmeschutz“

Im Folgenden wird näher auf die **OIB-Richtlinie 6 „Energieeinsparung und Wärmeschutz“** eingegangen, da diese für das Thema der Arbeit relevant ist. Die OIB-RL 6 gilt für konditionierte Gebäude und unterteilt diese in Wohngebäude und Nicht-Wohngebäude, die wiederum in verschiedene Gebäudekategorien unterteilt werden, wie z.B. Bürogebäude, Kindergarten, Krankenhäuser und Hotels. Die Richtlinie stellt Anforderungen an den Nutzenergiebedarf, den Endenergiebedarf, an Bauteile und an Teile des gebäudetechnischen Systems. Neben diesen Anforderungen wird auch der Ausweis über die Gesamtenergieeffizienz, den sogenannten Energieausweis eines Gebäudes, und dessen Layout festgelegt. Unter den Anforderungen an Bauteile wird aufgezählt, welche Bestimmungen an wärmeübertragende Bauteile einzuhalten sind. So ist zum Beispiel für Fenster in Wohngebäuden ein U-Wert von $1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ einzuhalten. Weiters wird festgehalten, dass die sommerliche Überwärmung von Gebäuden zu vermeiden ist. Diese wird nachfolgend in der ÖNORM B 8110-3 erläutert. (OIB-RL6, 2011)

5.1.3 ÖNORM

In Österreich bilden die ÖNORMEN ein Regelwerk, welches im Dialog und Konsens aller Betroffenen und Interessierten entwickelt wird. Es werden dadurch Anforderungen an Produkte, Dienstleistungen, Systeme und Qualifikationen festgelegt und definiert, wie die Einhaltung dieser Anforderungen überprüft wird. Grundsätzlich sind Normen Empfehlungen, aber ihre Anwendung ist naheliegend, denn sie bieten eine Dokumentation über den aktuellen Stand der Technik.

In Österreich ist die Ermittlung von Energiekennzahlen in der ÖNORM-Reihe B 8110 festgelegt. Daher wird in dieser Arbeit vorwiegend auf diese ÖNORMEN eingegangen.

5.1.3.1 ÖNORM B 8110 „Wärmeschutz im Hochbau“

Neben dem Bauteilaufbau ist die Kenntnis von Wärmeleitfähigkeit, Massendichte und spezifischer Wärmespeicherkapazität der vorkommenden Baumaterialien notwendig um die Wärmespeicherfähigkeit von Bauteilen erfassen zu können. Die ÖNORM B 8110 **„Wärmeschutz im Hochbau“** befasst sich damit und umfasst folgende Teile:

- Teil 1: Anforderungen an den Wärmeschutz und Deklaration des Wärmeschutzes von Gebäuden/Gebäudeteilen
 - Teil 2: Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz,
 - Teil 3: Wärmespeicherung und Sonneneinflüsse,
 - Teil 4: Betriebswirtschaftliche Optimierung des Wärmeschutzes,
 - Teil 5: Klimamodell und Nutzungsprofile,
 - Teil 6: Grundlagen und Nachweisverfahren (Heizwärmebedarf und Kühlbedarf).
- ÖNORM B 8110-T1 Deklaration des Wärmeschutzes von Niedrig- und Niedrigstenergiegebäuden – Heizwärmebedarf und Kühlbedarf

Dieser Teil der vorliegenden ÖNORM B 8110 beschreibt die unterschiedlichen Niveaus von Niedrig- und Niedrigstenergiegebäuden von Wohngebäuden und Nicht-Wohngebäuden. Weiters werden die verschiedenen Energiekennzahlen erläutert, welche für diese Arbeit herangezogen wurden.

Der Heizwärmebedarf ist laut ÖNORM B 8110 wie folgt definiert:

„Heizwärmebedarf (HWB) ist die Wärmemenge, die den konditionierten Räumen zugeführt werden muss, um deren vorgegebene Solltemperatur einzuhalten.“ (ÖNORM B 8110-1, 2011)

Die Solltemperatur wird im Teil 6 dieser ÖNORM „Grundlagen und Nachweisverfahren – Heizwärmebedarf und Kühlbedarf“ geregelt, wonach im Heizfall eine Innentemperatur von 20°C als minimale Temperatur festgesetzt wird. (ÖNORM B 8110-6, 2010)

Hingegen ist der Kühlbedarf wie folgt definiert:

„Der Kühlbedarf (KB) ist die Wärmemenge, die den konditionierten Räumen entzogen werden muss, um deren vorgegebene Solltemperatur einzuhalten.“ (ÖNORM B 8110-1, 2011)

Die Solltemperatur im Kühlfall wird ebenfalls im Teil 6 der ÖNORM geregelt. Im Kühlfall ist eine Innentemperatur von 26°C als maximale Temperatur festgesetzt. (ÖNORM B 8110-6, 2010)

Die ÖNORM EN ISO 13790 sieht für die Berechnung des Heizwärmebedarfs und des Kühlbedarfs eines Gebäudes/Gebäudeteils folgende Verfahren vor:

- Dynamische Verfahren
 - Berechnungsverfahren bei ausführlicher Simulation
 - Vollständig beschriebenes vereinfachtes Stunden-Berechnungsverfahren
- Quasi-stationäre Verfahren
 - Monats-Bilanzverfahren

Die Genauigkeit der Berechnungen nehmen entsprechend der obigen Reihenfolge ab. Jedoch sei erwähnt, dass der Heizwärmebedarf und Kühlbedarf in zwei voneinander getrennten Berechnungen erfolgen zu haben. Dabei werden die oben angeführten Innentemperaturen festgelegt.

Laut ÖNORM B 8110-6 „Grundlagen und Nachweisverfahren“ ist der rechnerische Heizwärmebedarf „... jene durch Berechnung ermittelte Wärmemenge, die im langjährigen Mittel während einer Heizperiode den Räumen des Gebäudes zugeführt werden muss, um die Einhaltung einer vorgegebenen Soll-Temperatur während der

Betriebszeit sicherzustellen“ und wird gemäß ÖNORM EN ISO 13790 als Summe sämtlicher Monate mit tatsächlichem Heizwärmebedarf in nachfolgender Formel berechnet:

$$Q_{h,a} = \sum_j Q_{h,j}$$

Es bedeutet dabei:

$Q_{h,a}$ jährlicher Heizwärmebedarf, in kWh/a

$Q_{h,j}$ monatlicher Heizwärmebedarf, in kWh/M

Der monatliche Heizwärmebedarf kann entweder mit Referenzklimabedingungen oder mit Standortklimabedingungen berechnet werden. Der Unterschied der beiden Berechnungsarten liegt darin, dass bei der Berechnung mit Standortklimabedingungen die Heiztage im jeweiligen Monat miteinberechnet werden. (ÖNORM B 8110-6, 2010) Nachfolgend ist der monatliche Heizwärmebedarf bei Berechnung mit Referenzklimabedingungen¹ abgebildet, der wie folgt definiert ist:

$$Q_{h,j,RK} = Q_{\ell,j} - \eta_{h,j} \cdot Q_{g,j}$$

Es bedeutet:

$Q_{h,j,RK}$ monatlicher Heizwärmebedarf bei Berechnung mit Referenzklimabedingungen, in kWh/M

$Q_{\ell,j}$ gesamte Wärmeverluste im jeweiligen Monat, in kWh/M

$\eta_{h,j}$ Ausnutzungsgrad der Wärmegewinne im Heizfall im jeweiligen Monat

$Q_{g,j}$ gesamte Wärmegewinne im jeweiligen Monat, in kWh/M

¹ Anmerkung: Dieser Wert dient ausschließlich zum Nachweis der Erfüllung allfälliger Anforderungen und ist Grundlage für das Labeling im Energieausweis.

Analog dazu wird der Kühlbedarf, der rechnerisch gesehen, „... jene durch Berechnung ermittelte Wärmemenge, die im langjährigen Mittel während einer Kühlperiode aus den Räumen eines Gebäudes abgeführt werden muss, um die vorgegebene Solltemperatur während der Betriebszeit sicherzustellen“ ist, wie in nachfolgender Formel abgebildet berechnet:

$$Q_{c,a} = \sum_j Q_{c,j}$$

Es bedeutet dabei:

$Q_{c,a}$ jährlicher Kühlbedarf, in kWh/a

$Q_{c,j}$ monatlicher Kühlbedarf, in kWh/M

Wobei auch hier wieder die zwei Berechnungen mit Referenzklimabedingungen und Standortklimabedingungen zu unterscheiden ist. (ÖNORM B 8110-6, 2010)

Nachfolgend ist der monatliche Kühlbedarf bei Berechnung mit Referenzklimabedingungen² angeführt, wobei dieser durch Bilanzierung gemäß ÖNORM EN ISO 13790 nach Formel ermittelt wird:

$$Q_{c,j} = f_{corr} \cdot (1 - \eta_{c,j}) \cdot Q_{g,j,c} |_{Q_{g,j,c} > Q_{l,j,h}}$$

Es bedeutet:

$Q_{c,j}$ monatlicher Kühlbedarf, in kWh/M

$Q_{g,j,c}$ modifizierte Wärmegewinne eines Gebäudes/Gebäudeteiles im jeweiligen Monat, in kWh/M

$\eta_{c,j}$ Ausnutzungsgrad für Wärmegewinne im Kühlfall im jeweiligen Monat

f_{corr} Korrektur-Faktor gemäß nachfolgender Formel

² Anmerkung: So dürfen nur jene Monate zum Kühlbedarf beitragen, in denen der monatliche Wärmegewinn größer als der monatliche Wärmeverlust ist. Mit diesem Ergebnis können allfällige Anforderungen gemäß ÖNORM B 8110-1 erfüllt werden.

$$f_{corr} = \begin{cases} 1,4 & \text{für } \tau \leq 90 \\ -0,01 \cdot \tau + 2,3 & \text{für } 90 < \tau \leq 130 \\ 1,0 & \text{für } \tau > 130 \end{cases}$$

Es bedeutet:

τ Gebäudezeitkonstante, in h

Der Heizwärme- bzw. Kühlbedarf ist jedoch nicht nur mit einer Formel zu berechnen. Es benötigt weitere Parameter und Indikatoren zur Berechnung, diese sind jedoch nicht wesentlich für die Arbeit und wird daher nicht näher beschrieben.

- ÖNORM B 8110-T3 Wärmeschutz im Hochbau

Der dritte Teil der vorliegenden ÖNORM B 8110 befasst sich mit der Vermeidung sommerlicher Überwärmung und ist für alle Gebäude und Räume anzuwenden, die dem dauerhaften oder vorübergehenden Aufenthalt von Menschen dienen. Dabei wird zwischen Haupt- und Nebenräumen unterschieden. Als Haupträume sind die eigentlichen Aufenthaltsräume und ihre Verbindungswege (z.B. alle Räume in Einfamilienhäuser, alle Räume in Wohnungen, Büroräume und die unmittelbar damit verbundenen Gänge, Schulklasse und Gangbereich zwischen den Klassenzimmern, Patientenzimmer und unmittelbar damit verbundene Gänge) definiert. Diese ÖNORM beinhaltet Regeln zur Vermeidung sommerlicher Überwärmung ohne den Einsatz von mechanischer Kühlung. Zu den Nebenräumen zählen z.B. Laubengänge, Wintergärten, Treppenhäuser, Atrien und Aulen. (ÖNORM B 8110-3, 2012)

In diesem Teil der vorliegenden ÖNORM werden Anforderungen an Haupt- und Nebenräume gestellt, so muss die Berechnung des Tagesverlaufs durch das vereinfachte Verfahren nach folgenden Bedingungen erfolgen:

- 1) Der Tagesmittelwert der Außentemperatur darf höchstens 23,0°C betragen.
- 2) Sämtliche Fenster des als kritisch eingestuftes Einzelraumes können nachts offen gehalten werden.

Hierbei wird die operative Temperatur als Bewertungsgröße verwendet und ist als arithmetischer Mittelwert der Raumlufttemperatur und der mittleren Oberflächentemperatur berechnet. Die Vermeidung der sommerlichen Überwärmung

wird daran gemessen, dass die operative Temperatur unter den Klimaannahmen, unter Berücksichtigung der inneren Lasten und den Lüftungsmöglichkeiten folgende Grenzen unterschreitet:

- maximale operative Temperatur 27,0°C
- zusätzlich muss in Schlaf-/Ruheräumen das Minimum des Tagesganges der operativen Temperatur im Nachtzeitraum (MESZ: 22:00 bis 06:00 Uhr) höchstens 25,0°C betragen

Dazu wird ein vereinfachter Nachweis schematisch dargestellt, indem innere Lasten, Lüftung, Sonnenschutz ebenso mitberücksichtigt werden wie die Immissionsflächenbezogene speicherwirksame Masse. (ÖNORM B 8110-3, 2012)

5.2 Natürliche/passive Klimatisierung

In Mitteleuropa ist ein warmgemäßigtes Klima dominierend. Nach Köppen ist in dieser Zone die Temperatur des kältesten Monats zwischen +18°C und -3°C. In Österreich sind die Klimazonen „warm-gemäßigtes Klima“, „Boreales oder Schnee-Waldklima“ und „Schneeklima“ vorhanden. **Mit Ausnahme der Alpen ist die Klimazone Cfb – ein warmgemäßigtes, immerfeuchtes Klima mit warmen Sommern – vorherrschend.** (Klima, 2014)

Das menschliche Wohlbefinden ist nicht nur durch zu niedrige Temperaturen beeinträchtigt, sondern auch durch zu hohe. In den Sommermonaten kann es vor allem durch innere Wärmequellen (z.B. Computer, Beleuchtung, etc.) zu Überhitzung im Wohnraum oder in Bürobauten führen. (Schranzhofer, et al., 2008)

Das Hauptaugenmerk im privaten Wohnbereich liegt zwar noch immer vermehrt auf Beheizung des Wohnraumes (3.500-4.000 Heizstunden stehen 150 Kühlstunden gegenüber), allerdings tritt immer öfter Unzufriedenheit aufgrund zu hoher Raumlufttemperaturen auf. Extremwetterereignisse, wie die Hitzewelle 2003, führen zu Impulskäufen von Kleinklimageräten. Diese jedoch haben einen positiven Rückkopplungseffekt. Bei der zusätzlichen vermehrten Stromerzeugung werden fossile Energieträger verbrennt, wobei wiederum vermehrt Kohlendioxid in die Atmosphäre ausgestoßen wird. Eine erhöhte Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre führt

andererseits zu erneuter Erwärmung und zu weiteren Extremwetterereignissen, die zu weiteren Impulskäufen führen kann. (Schranzhofer, et al., 2008)

Daher sollte der Einsatz von aktiven Anlagen zur aktiven Raumkühlung erst als letzte Möglichkeit angesehen und den passiven Systemen der Vortritt gelassen werden. Die Maßnahmen zur Raumkühlung sind neben technisch aufwendigen aktiven Maßnahmen (z.B. Kompressions- oder Absorptionsklimaanlagen) auch einfache passive Einrichtungen (z.B. Verschattungen). (Schranzhofer, et al., 2008)

Zu den einfachsten passiven Systemen zählen unter anderem vermehrte Verschattung von Glasflächen mittels Jalousien oder aber auch schon die Verringerung von inneren Lasten, wie weniger oder effizientere technische Geräte, können dazu gezählt werden. Weitere passive Maßnahmen sind zum Beispiel der Einsatz von thermischen Speichermassen und thermische Entladung der Speichermassen. (Schranzhofer, et al., 2008)

Passive oder zumindest hybride Systeme sind besonders geeignet und auch bevorzugt einzusetzen, da sie im Gegensatz zu aktiven Systemen weniger bzw. keine Energie verbrauchen. Dennoch sollten zunächst Gebäude- und Ausstattungsoptimierungen in Betracht gezogen werden, um die spezifische Kühllast auf einen Richtwert von 45 W/m^2 zu senken. (Schranzhofer, et al., 2008)

Um die spezifische Kühllast zu senken, gibt es folgende verschiedene Möglichkeiten:

- Reduktion der äußeren Lasten und bauliche Maßnahmen
 - Speichermassen
 - Feststehende Verschattungen
 - Flexible Verschattungen
 - Fenstergrößen und Orientierung
 - Sonnenschutzverglasung
- Reduktion der inneren Lasten
 - Bürogeräte
 - Beleuchtungssysteme
 - Nutzerverhalten
- Passive Kühlkonzepte

- Lüftungssysteme (Nachtauskühlung)
- Erdreichgekoppelte Systeme (Luft oder Wasser)

Im Folgenden werden die angeführten Maßnahmen in „Maßnahmen im Gebäudebestand“ und „Maßnahmen im Neubau“ unterteilt und vorwiegend auf die Reduktion der äußeren und inneren Lasten sowie bauliche Maßnahmen eingegangen.

5.2.1 Maßnahmen im Gebäudebestand

Um eine Überhitzung der Räume zu verhindern, können einfache Maßnahmen große Wirkung erreichen.

5.2.1.1 Flexible Verschattungen

Die flexiblen Verschattungen können unterteilt werden in außenliegende und innenliegende Verschattungen. Zu den außenliegenden Möglichkeiten zählen zum Beispiel Jalousien und Rollläden, wobei innenliegende Varianten Folienrollläden oder Plisseestores sind. Durch Abschattung der exponierten Glasflächen wird durch außenliegende Verschattungen die absorbierte Strahlungsenergie wieder an die Umgebungsluft abgegeben und sind daher meist effizienter als innenliegende Einrichtungen. Bei innenliegenden Vorrichtungen passiert die Sonnenstrahlung die Verglasung und wird in Wärmestrahlung umgewandelt. Die Vorteile jedoch von innenliegenden Systemen sind der Schutz vor Witterung, in der Gestaltung sind sie einfacher und günstiger und sie dienen vermehrt als Blendschutz. Welche Verschattungsart am besten geeignet ist, ist von der Ausrichtung der Fenster und der Nachbarbebauung abhängig. (Ranft & Frohn, 2004)

Fink et.al. stellten einen Vergleich von verschiedenen üblichen außenliegender Verschattungseinrichtungen bei Bürogebäuden mit nicht verschatteten Glasflächen an. Demnach kann eine Reduktion des Kühlenergiebedarfs durch Einsatz von außenliegenden, aluminiumbeschichteten Gewebe auf 1/6 von jenem Kühlenergiebedarf der Variante ohne Verschattung erreicht werden. Diese Möglichkeit stellt die effizienteste dar. (Fink, et al., 2002)

5.2.1.2 Sonnenschutzverglasung

Sonnenschutzverglasungen sollen im Sommer Räume vor zu hoher Einstrahlung schützen. Dazu können generell zwei Prinzipien unterschieden werden: die Reflektion

und die Absorption. Wie schon an den Namen erkennbar, absorbiert das Absorptionsglas durch enthaltene Farbstoffe, wie zum Beispiel Eisenoxid, und reflektiert das Reflektionsglas, mittels einer hauchdünnen Metallschicht auf der Glasscheibe, die Wärmestrahlung. (Schormann & Behrla, 2014)

Wichtig bei der Wahl des Fensters sind folgende Kennzahlen:

- Energiedurchlassgrad (g-Wert)
 - Dieser Wert beschreibt den Anteil der auf das Fenster auftreffenden Sonnenenergie. Das Sonnenschutzglas hat einen relativ niedrigen Energiedurchlassgrad von 0,30-0,50, d.h. 30-50 % der eingestrahlenen Energie gelangt in den Raum.
- Lichtdurchlässigkeit
 - Das Sonnenschutzglas soll zwar verhindern, dass sich der Innenraum zu sehr aufheizt, aber es soll dennoch genug Licht in den Raum dringen können, ohne künstliche Beleuchtung zu benötigen. Dieser Wert, in T_l angegeben, zeigt an, wie viel Prozent des sichtbaren Sonnenlichts durch das Glas in den Innenraum eindringt.
- Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert)
 - Der Wärmedurchgangskoeffizient gibt den Wärmestrom je Fläche der Wand bzw. Fenster und je Kelvin Temperaturunterschied an, gemessen wird dieser Wert in der SI-Einheit $[W/(m^2 \cdot K)]$. Das derzeit effizienteste Sonnenschutzglas hat einen U_g -Wert von $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ im Zweischeibenisoliertglas. Der U_g -Wert (g steht für die englische Abkürzung *glazing*) ist der Kennwert für Fensterglas.

Bei Sonnenschutzverglasungen tritt jedoch meist im Winter das Problem auf, dass durch Absorption bzw. Reflektion es zu einem reduzierten solaren Energieeintrag kommt. Als Alternative gibt es für dieses Problem sogenannte schaltbare Sonnenschutzverglasungen. Hierfür gibt es verschiedene Ausführungen von Gläsern an denen noch geforscht wird. Beispielhaft sei zu erwähnen, dass es thermotrope Verglasungen (in einer integrierten Gelschicht sind zwei Substanzen enthalten, die sich ab einer bestimmten Temperatur vermischen bzw. entmischen. So ist im vermischten Zustand die Folie durchsichtig und bei Überschreitung einer bestimmten Temperatur

wird sie trübe und verringert den Energieeintrag), elektrochrome Verglasungen (über schwache elektrische Spannungsimpulse werden Licht- und Wärmedurchlässigkeit geregelt, die Durchsicht bleibt jedoch erhalten) und holografische Folien für Verglasungen (steil einfallende Solarstrahlung im Sommer wird reflektiert und flach einfallende im Winter wird durchgelassen) gibt. (Baunetzwissen, 2014) (Schranzhofer, et al., 2008)

5.2.1.3 Verringerung der inneren Lasten

Die inneren Lasten eines Raumes haben ebenfalls einen erheblichen Einfluss auf das Raumklima und die Behaglichkeit. Vor allem in Bürogebäuden stellen innere Lasten wie Computer, Monitore, Drucker, Kopierer, Faxgeräte, Beleuchtungseinrichtungen und die Abwärme der anwesenden Personen ein Problem der Überhitzung in den Sommermonaten dar.

Durch den technologischen Fortschritt konnte in den letzten Jahren die Leistungsaufnahme der Bürogeräte deutlich reduziert werden. So steht ein Jahresverbrauch eines neuen Computers ohne Monitor mit 36 kWh dem eines alten Computers mit 172 kWh gegenüber. Dennoch ist eher eine zunehmende Wärmelast, aufgrund von einer erhöhten Gerätedichte und einer zunehmenden täglichen Betriebsdauer der EDV-Geräte, zu verzeichnen. Die Bürogeräte benötigen bei derzeitigen Nutzerverhalten in etwa 30 % des Energieverbrauchs, die restlichen 70 % werden im „standby“ bzw. im „aus“-Modus verbraucht. In Tabelle 1 sind typische Wärmelasten einiger Bürogeräte unterteilt in verschiedene Betriebszustände (aktiv, standby, aus) angeführt. (Fink, et al., 2002)

Tabelle 1: Durchschnittliche Wärmelasten von Bürogeräten (Kallmann, et al., 2007) (eigene Darstellung)

Gerät	Wärmelast [W]		
	aktiv	standby	aus
PC	78	2,2	2,7
LCD-Monitor (17")	31	0,9	0,8
CRT-Monitor (17")	69,5	1,5	1,5
Laptop	32	3	1,5
Tintenstrahldrucker	40	8	0

Weiters ist die Art der Wärmeübertragung entscheidend. Hier kann zwischen Konvektion und strahlungsgebundene Wärmegewinne unterschieden werden. Die konvektive Wärmelast ist lokal auftretend (Luftzirkulation am Gerät) und hat einen direkten Einfluss auf einen Temperaturanstieg der Raumluft. Hingegen tritt die Strahlungswärme zeitverzögert auf, da sie primär von den Speichermassen absorbiert und durch Konvektion erst später an den Raum abgegeben wird. Die prozentuelle Verteilung der konvektiven und strahlungsgebundenen Wärme ist wiederum von dem Betriebszustand des Gerätes abhängig. So geben Computer, Drucker usw. ihre Wärmeleistung zu einem großen Teil im aktiven Zustand in Form konvektiver Wärme ab. (Fink, et al., 2002)

Neben den Bürogeräten haben auch die Beleuchtungssysteme einen erheblichen Einfluss auf die Steigerung der inneren Wärmelasten. Daher sollte darauf geachtet werden, dass die künstliche Beleuchtung wirklich bedarfsabhängig ein- bzw. ausgeschaltet wird, und nicht automatisch einem Ganztagesbetrieb unterliegt. (Fink, et al., 2002)

5.2.2 Maßnahmen im Neubau

Dieses Kapitel beschreibt Maßnahmen im Neubau und soll die Möglichkeiten aufzeigen, schon in der Gebäudeplanung effiziente Maßnahmen zur Raumkühlung zu beachten. Da sich diese Arbeit auf bereits bestehende Gebäude bezieht, soll dieses Kapitel einen bloßen Überblick geben.

5.2.2.1 Speichermassen

Die Speichermasse eines Gebäudes stellt das Stabilisierungselement der Raumlufttemperatur dar. Je größer diese ist, desto gleichmäßiger ist die Raumlufttemperatur. Ausschlaggebend für Temperaturschwankungen sind die Oberflächenspeichermassen im Innenraum. Weiters ist hier auch der Wärmedurchgangskoeffizient wichtig. Dieser ist ein Maß für kurzfristige Auswirkungen auf die Raumlufttemperatur und ist ein ausschlaggebender Faktor bei der Effizienz der Nachtkühlung. Je höher der Wärmedurchgangskoeffizient ist, desto schneller wird Wärme durch die Speichermassen aufgenommen bzw. abgegeben. Dadurch werden Wärmespitzen am Tag aufgenommen und bei Nacht wieder abgegeben. Dabei dürfen

jedoch die Speichermassen nicht thermisch vom Raum abgekoppelt sein. (Schranzhofer, et al., 2008)

Die Abhängigkeit des Wärmedurchgangskoeffizienten der Mauer wird in dem Kapitel „6.5 Vergleich des Gebäudebestands Wien mit Mailand“ **näher erläutert und anhand** eines Referenzgebäudes dargestellt.

5.2.2.2 konstruktive Verschattungsmaßnahmen

Zu den konstruktiven Maßnahmen werden hier beispielsweise Balkone oder Vorsprünge gezählt. Durch solche Gebäudeausbildungen kann ohne großen Zusatzaufwand eine Abschattung der direkten Sonnenstrahlung erzielt werden. Diese Konstruktionen stechen durch ihre Einfachheit hervor. Weiters ist ihre dauerhafte Funktion von Vorteil, es sind keine beweglichen Teile und Regelung notwendig. Allerdings müssen sie schon in der Entwurfsphase berücksichtigt werden und ihre Ausrichtung sollte nach Süden ausgerichtet sein, um einen hohen Nutzen zu erzielen. Im Sommer kann bei dem gegebenen hohen Sonnenstand eine gute Verschattung ermöglicht und im Winter bei der tief stehenden Sonne eine ungehinderte Gebäudeeinstrahlung sichergestellt werden. Ein Nachteil dieser Konstruktionen ist jedoch die Einschränkung der Effizienz der passiven Sonnenenergienutzung, da sie zu einer Teilverschattung der transparenten Flächen in den Übergangszeiten (Frühling, Herbst) führen können. (Schranzhofer, et al., 2008)

5.2.2.3 Passive Kühlkonzepte

Im Neubau können passive Kühlsysteme mit geringem Einsatz von Primärenergie eine gute Alternative zu Klimatisierungsanlagen darstellen. Klimatisierungsanlagen sind aufgrund ihrer technisch einfachen Einsetzbarkeit sehr beliebt, erfordern jedoch einen sehr hohen Einsatz an Primärenergie und verursachen daher hohe Betriebskosten. Mit einfachen Maßnahmen können mit passiven Kühlkonzepten natürliche Wärmesenken (kühles Erdreich, kalte Nachtluft) genutzt werden. Mittels haustechnischen Installationen wird so gezielt Wärme abgeführt und Speichereffekte genutzt. Diese Maßnahmen sollten jedoch mit Gebäudeoptimierungen (externe Lasten) und Ausstattungsoptimierungen (interne Lasten) einhergehen, um die spezifische Kühllast auf einen Richtwert von max. 45 W/m² zu senken. (Fink, et al., 2002)

Durch Aktivierung entsprechender Speichermassen im Gebäude (thermoaktive Bauteile) kann eine Aufschaukelung der Raumtemperatur vermieden werden. Voraussetzung hierfür ist ein Abführen der Wärmegewinne in der darauffolgenden Nacht. Somit lässt sich ein direkter Zusammenhang zwischen dem Gebäude und haustechnischen Anlagen aufzeigen, dies erfordert eine integrale Gebäudeplanung.

Passive Kühlungsstrategien basieren meist auf mehreren Einzelmaßnahmen:

- Passive Kühlkonzepte nutzen Umweltenergien, daher besteht nur ein beschränktes Potential hinsichtlich des Temperaturniveaus. Daher ist der wichtigste Punkt hierbei die Reduktion von externen und internen Lasten schon in der Planungsphase zu berücksichtigen. Dies gilt vor allem bei Bürogebäuden. Man sollte hierbei auf die Architektur und Beschattung bereits in der Planung achten. Bei der Reduktion der internen Lasten sollte vermehrt auf effiziente Büroausstattung und Beleuchtung gesetzt werden.
- Weiters werden im Sommer die tiefen, nächtlichen Außentemperaturen zur Kühlung der Speichermassen (Nachtspülung) genutzt.
- Mittels luft- bzw. wasserdurchströmten Erdreichwärmetauscher in Verbindung mit Lüftungssystemen bzw. Speichermassen wird das kühle Erdreich ideal genutzt.

Mit einer idealen Planung, dem Einsatz von Speichermassen und der Reduktion der internen und externen Lasten können die zwei letztgenannten Maßnahmen effektiv sein und zu einem besseren Raumklima führen ohne aktive Kältemaschinen einsetzen zu müssen. (Fink, et al., 2002)

6 Stadt- und Klimabeschreibung

In diesem Kapitel soll nun anhand der geographischen Lage der Städte ein kurzer Überblick und Vergleich gegeben werden. Zusätzlich wird das jeweilige aktuelle und zukünftige Klima anhand Klimadiagrammen und Klimamodellen beschrieben und somit ein Erklärungsansatz geben, warum die Stadt Wien mit der Stadt Mailand verglichen wird.

6.1 Wien

Wien ist Bundeshauptstadt von Österreich und gleichzeitig das einwohnermäßig größte, aber flächenmäßig kleinste Bundesland. Die Stadt hat 23 Stadtbezirke, die sich auf einer Fläche von 41.490 ha (414,9 km²) verteilen. Neben 13.825 ha Bauflächen sind 5.703 ha Verkehrsflächen, 20.022 ha Grünflächen und 1.939 ha Gewässer vorhanden. Der letzten Einwohnerzählung von 31.10.2012 zufolge wohnen 1.739.932 Menschen in Wien. In der Stadt stehen 168.167 Gebäude, davon sind 28.610 Nichtwohngebäude, und es gibt 910.745 Wohnungen, davon wiederum sind 9.599 keine klassischen Wohnungen, sondern laut Statistik Austria ebenfalls unter dem Punkt **„Nichtwohngebäude“** angeführt. (Statistik Austria, 2012)

Geographisch gesehen liegt die Stadt Wien zwischen den nordöstlichen Ausläufern der Alpen und im Nordwesten des Wiener Beckens sowie großteils südlich der Donau. Das Gebiet erstreckt sich zwischen einer Seehöhe von 151 m (Lobau) und 542 m (Hermannskogel).

Das Klima der Stadt Wien hat ozeanische Einflüsse aus dem Westen mit kühlen Sommer, milden Wintern und vielen Niederschlägen und kontinentale Einflüsse aus dem Osten mit heißen Sommer, kalten Wintern und wenigen Niederschlägen. Globale Klimaänderungen führen in den letzten Jahren zu geringeren Niederschlagsmengen, längeren Trockenperioden und milderem Winter. (Citytype, 2014)

In Abbildung 5 kann man den Jahrestemperaturverlauf der Stadt Wien ablesen. Die rote Linie in dem Diagramm zeigt die Höchsttemperatur im Jahresverlauf, die blaue hingegen die Tiefsttemperaturen. Im Juli und im August kann man erkennen, dass eine Temperatur von über 25°C bereits an mehr als 27 Tage vorherrschend ist.

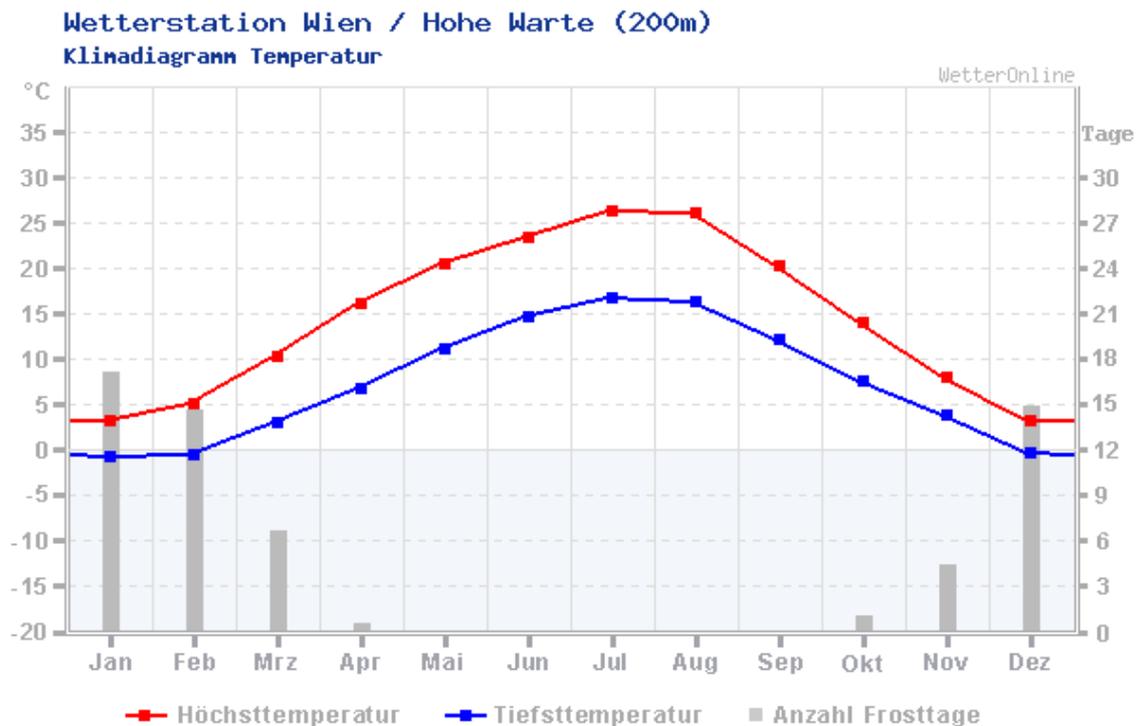


Abbildung 5: Jahrestemperaturverlauf Wien, Messstation Hohe Warte (Wetteronline, 2014)

6.2 Exkurs: Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG)

Das Wetter wird in Wien auf der Hohen Warte von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik aufgezeichnet. Die Klimastation befindet sich in 202 m Seehöhe im Norden Wiens und ist gleichzeitig die Hauptstation des Österreichischen Wetterdienstes. Gemeinsam mit zwei älteren Standorten (1775 bis 1878 im ersten Wiener Gemeindebezirk, 1852 bis 1872 im vierten Wiener Gemeindebezirk) reichen die Klimamessungen für Wien bis ins Jahr 1775 zurück. Das Klima auf der Hohen Warte stellt das typische Klima für den Osten Österreichs dar, mit seinem geringen Niederschlag, wenig Schnee, vielen trüben, mäßig kalten Tagen im Winter, sonnig und heiß im Sommer. Konkret werden bei der Wetterstation Hohe Warte die Lufttemperatur, Feuchtigkeit, Sonnenscheindauer, Bewölkung, Luftdruck, Niederschlag, Neuschneehöhe und Wind gemessen. Auf Lufttemperatur, Sonnenscheindauer und Niederschlag wird in diesem Kapitel noch näher eingegangen. (Citytype, 2014)

Die Messmethoden für Temperatur, Sonnenscheindauer und Niederschlag haben sich seit Beginn der Messungen weiterentwickelt. So wurde die Temperatur die meiste Zeit mit einem Flüssigkeitsthermometer gemessen, welches dreimal täglich zu genormten

Zeiten abgelesen wurde. Derzeit wird hierfür ein elektronischer Temperaturfühler in Verbindung mit einem elektronischen Speichermedium verwendet. Als Temperaturfühler haben sich sogenannte NTC-Widerstände etabliert. (Citytype, 2014)

Für die Messung der Sonnenscheindauer dient die Wärmewirkung der auf der Messfläche des Messgerätes auftreffenden Sonnenstrahlung als Grundlage. Zu diesem Zwecke wurde bis vor kurzem ein Sonnenscheinautograph als Messgerät eingesetzt. Eine Vollglaskugel wird hierfür als Brennglas eingesetzt und bewirkt auf einem Kartonstreifen bei Sonnenschein im Brennpunktbereich eine Brandspur. Der Kartonstreifen wird täglich neu aufgelegt. Die Auswertung erfolgt nach Abnahme des Streifens auf sechs Minuten genau. Mittlerweile wird das Messprinzip auf teilautomatischen Betrieb umgestellt. Dies erfolgt über eine kurzzeitige Abdeckung von lichtempfindlichen Solarzellen mittels eines laufend rotierenden Bügels. Ab einer bestimmten Differenz können die auftretenden Helligkeitsunterschiede als Sonnenschein interpretiert werden. (Citytype, 2014)

6.3 Mailand

Die Stadt Mailand ist die Hauptstadt der Region Lombardei aber auch der Provinz Mailand. Sie liegt im Norden von Italien und damit in der nordwestlichen Poebene. Sie ist das wirtschaftliche Zentrum der Poebene und die zweitgrößte Stadt Italiens. Laut der Einwohnerzählung per 31.12.2011 wohnen 1.242.123 Menschen auf einer Fläche von 182 km². Mailand liegt weitgehend in der Ebene und wird von zwei Flüssen durchquert, im Westen von Olona und im Osten von Lambro. (City-Tourist Mailand, 2014)

Das Klima in Mailand ist subkontinental beeinflusst. Die Alpen und Apennin bilden eine natürliche Barriere für das Wetter aus Nordeuropa und dem Mittelmeer. Wie im Großteil Italiens dominieren auch in Mailand sehr warme bis heiße Sommer und mäßig kalte, regnerische Winter sowie ganzjährig hohe Luftfeuchtigkeit. Im Winter gibt es des Öfteren Nebelbildung und nur gelegentlich Schnee. Im Sommer dagegen herrschen häufig Temperaturen bis 35°C oder darüber und im Frühjahr hat der Föhn einen erheblichen Einfluss auf das Klima, die allerdings auch in starke orkanartige Stürme ausarten können. Folgende Abbildung 6 stellt den Temperaturverlauf für

Mailand, gemessen bei der Messstation Linate auf einer Seehöhe von 103 m, dar. (City-Tourist Mailand, 2014)

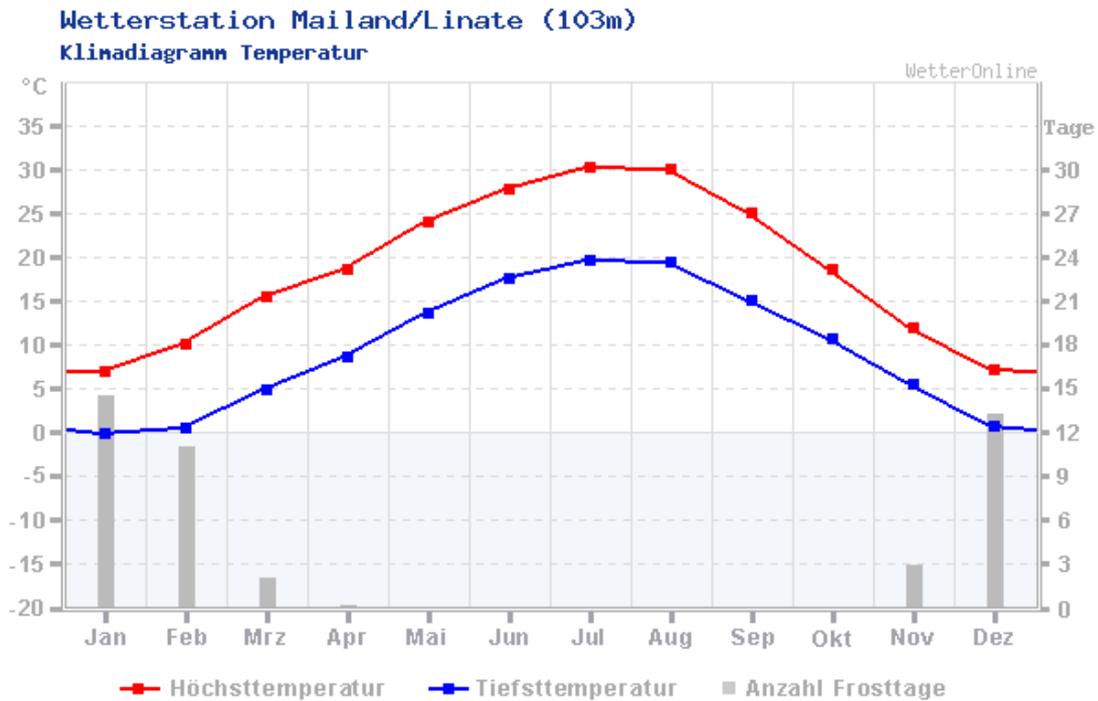


Abbildung 6: Jahrestemperaturverlauf Mailand, (Wetteronline, 2014)

In Abbildung 6 kann man, wie schon bei der Stadt Wien, den Jahrestemperaturverlauf der Stadt Mailand sehen. Hier ist erkenntlich, dass im Vergleich zu Wien, in den Monaten Juli und August ein Temperaturunterschied von 5°C besteht. Die Stadt Mailand wurde als Vergleich zu Wien daher ausgewählt, da nach den Klimamodellberechnungen in Wien gegen Ende des Jahrhunderts Temperaturen vorherrschen werden, die dem heutigen Niveau von Mailand und teilweise darüber hinaus entsprechen werden. Dies wird in den Abbildungen 7 und 8 dargestellt.

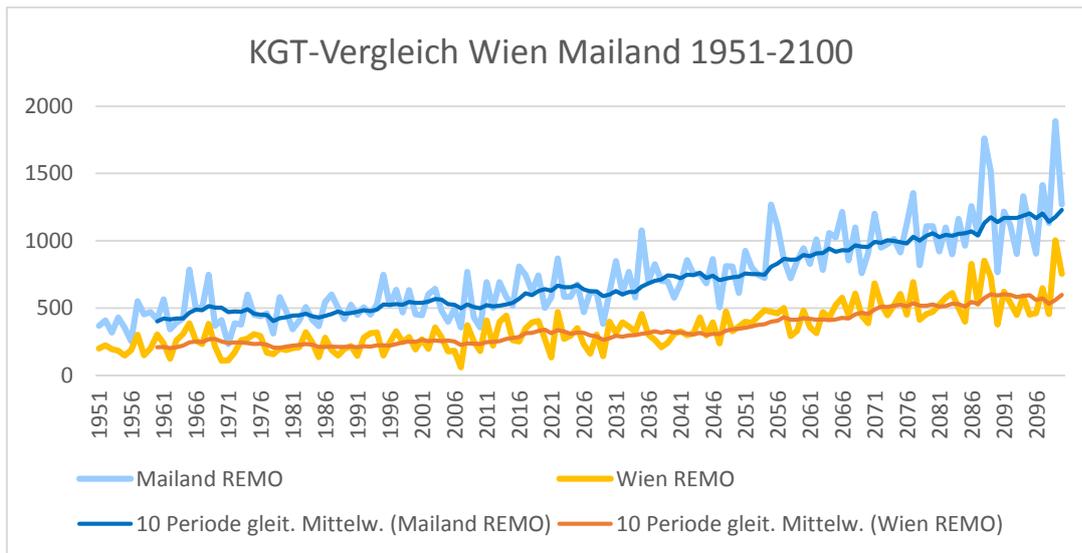


Abbildung 7: Vergleich der Kühlgradtage von Wien und Mailand nach dem Klimamodell REMO für die Jahre 1951-2100; (eigene Darstellung)

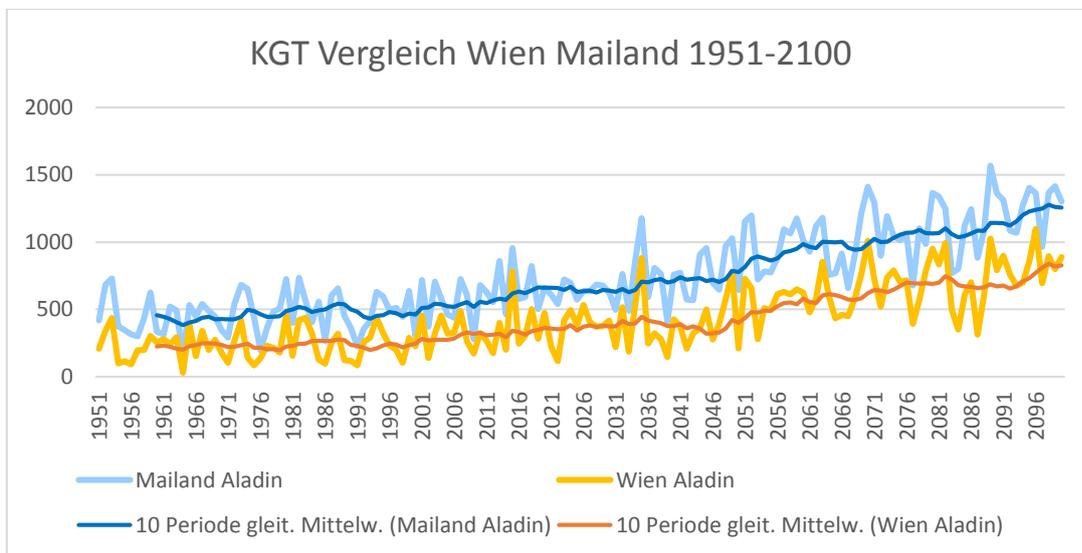


Abbildung 8: Vergleich der Kühlgradtage von Wien und Mailand nach dem Klimamodell Aladin für die Jahre 1951-2100; (eigene Darstellung)

Anhand dieser Diagramme ist ersichtlich, dass die Kühlgradtage stetig steigen. In beiden Modellen sind Schwankungen ersichtlich, die aufgrund natürlicher Schwankungen der einzelnen Jahre begründbar sind. Betrachtet man nun den gleitenden Mittelwert des Klimamodells REMO (Abbildung 7), erreicht Wien das heutige Niveau von Mailand ca. im Jahr 2070, hingegen im Modell Aladin (Abbildung 8) bereits ca. 10 Jahre früher. Der Unterschied der Modelle liegt daran, dass verschiedene globale Klimamodelle die Basis der Berechnungen darstellen. Dennoch ist in beiden Modellen ersichtlich, dass sich die Stadt Mailand zur weiteren Betrachtung des Städte- bzw. Gebäudevergleichs und des Vergleichs der Diffusion von Klimageräten eignet.

7 Gebäudebeschreibung

Obwohl die Stadt Mailand mehr als die Hälfte kleiner als Wien ist, wird in diesem Kapitel versucht, die Gebäude der beiden Städte miteinander zu vergleichen. Dies wird anhand der im Rahmen der nachfolgend kurz dargestellten EU-Projekten Tabula und Episcopo erstellten Gebäudetypologien vorgenommen.

7.1 Projekt TABULA

Im Rahmen des Projektes der Europäischen Union TABULA („Typology Approach for Building Stock Energy Assessment“), welches in den Jahren 2009-2012 lief, wurde ein Konzept für Gebäudetypologien zur energetischen Bewertung des Wohngebäudebestands in 13 europäischen Ländern entwickelt. Das Projekt wurde vom „IWU – Institut Wohnen und Umwelt“ (Deutschland) initiiert und koordiniert. Die Finanzierung erfolgte im Rahmen des EU-Förderprogrammes „IEE – Intelligent Energy Europe“. Die 13 teilnehmenden Länder waren neben Deutschland Belgien, Bulgarien, Dänemark, Frankreich, Griechenland, Irland, Italien, Österreich, Polen, Schweden, Slowenien und Tschechien. (IWU, 2009)

Zunächst wurden Gebäudetypologien erhoben. Eine Gebäudetypologie setzt sich aus Modellgebäuden, die bestimmte Größen- und Baualtersklassen des Gebäudebestands repräsentieren, zusammen. Damit können Energiesparpotentiale bei verschiedenen Gebäudetypen dargestellt werden. Das auf europäischer Ebene abgestimmte Konzept besteht für jedes Land aus folgenden Komponenten:

- Schema zur Klassifizierung der Gebäudebestände nach Alter, Größe und gegebenenfalls weiteren Parametern
- Beispielgebäuden, die die jeweiligen Gebäudetypen repräsentieren
- Definition typischer Wärmeversorgungssysteme und ihrer energetischen Kenngrößen
- Definition von Modernisierungsmaßnahmen für Gebäudehülle und **Wärmeversorgung auf den beiden Qualitätsniveaus „konventionell“ und „zukunftsweisend“**
- Statistische Daten zu den Gebäude- und Wärmeversorgungstypen

Daraus wurden für jedes Land „Typologie-Broschüren“ von Expertenteams erstellt, in denen Statistiken, eine Beschreibung der Kriterien für die typologische Bewertung und Übersichtsblätter für Beispielgebäude enthalten sind. Anhand der Übersichtsblätter werden wesentliche energetische Kenndaten aufgeschlüsselt nach dem Ist-Zustand und beispielhaften Maßnahmen sowie mögliche Energieeinsparung abgebildet. (IWU, 2009)

Aufbauend auf diesen Erkenntnissen haben sechs der teilnehmenden Länder (Belgien, Dänemark, Deutschland, Griechenland, Italien, Tschechien) Modellkalkulationen, die den Energiekonsum abbilden und Energiesparpotentiale der nationalen Gebäudebestände abschätzen, erstellt. (TABULA Project Team, 2012)

Es wurden verschiedene Ansätze zur Erstellung der Modelle gewählt, so wurden einerseits synthetische Gebäude definiert, um den durchschnittlichen Bestand darzustellen und andererseits wurden Beispielgebäude basierend auf den nationalen TABULA-Gebäudetypologien zur Berechnung herangezogen. Die Ergebnisse zeigen, dass mithilfe dieser Modellkalkulationen plausible Darstellungen des Energiekonsums vorgenommen werden können. Der Vergleich mit nationalen Energiestatistiken und der Ergebnisse aus den Modellen ist zufriedenstellend, Abweichungen können oft erklärt und durch Abänderung der Rahmenbedingungen einfach behoben werden. (TABULA Project Team, 2012)

Einige Partner haben Maßnahmen für die Energieeinsparung aufgeteilt in zwei **Kategorien, „standardisierte“ und „fortgeschrittene“ Sanierung, für den kompletten** Gebäudebestand ermittelt, somit werden Potentiale der Energieeinsparung sowie der CO₂-Reduktion aufgezeigt. Neben der Darstellung des kompletten Energiekonsums und den Sanierungsmaßnahmen können mithilfe eines Webtools unterschiedliche Bauelemente und Heizsysteme sowie Nutzung erneuerbarer Energien im Detail abgebildet werden. (TABULA Project Team, 2012)

Die Qualität der bestehenden und der zukünftigen Modelle ist jedoch stark abhängig von der Verfügbarkeit statistischer Daten. Dazu ist es notwendig Informationen über bereits getätigte Sanierungen und den Trend der zukünftigen Sanierungsmaßnahmen einzuholen. Dadurch können die Modellkalkulation als Grundlage für die Entwicklung

und Evaluierung nationaler Klimastrategien im Gebäudesektor werden. (TABULA Project Team, 2012)

7.1.1 TABULA-Gebäudetypologie in Italien

In Italien wurde **die Modellkalkulation vom „Politecnico di Torino“, kurz POLITICO**, ausgearbeitet. Dazu wurden sechs Referenzgebäude innerhalb der **„Gebäudetypmatrix“ herangezogen, die für die „Mittlere Klimazone“** definiert wurden. Diese Zone ist die Repräsentativste für das italienische Klima, da 4.250 der insgesamt 8.100 Gemeinden dieser zuordbar sind.

Die analysierten Gebäudetypen sind:

- Einfamilienhaus, Bauperiode bis 1900
- Einfamilienhaus, Bauperiode 1921-1945
- Mehrfamilienhaus, Bauperiode 1946-1960
- Appartementblock, Bauperiode 1961-1975
- Appartementblock, Bauperiode 1976-1990
- Appartementblock, Bauperiode 1991-2005

Diese Gebäude wurden ausgewählt, da sie aufgrund der statistischen Analyse repräsentativ für den gesamten Gebäudebestand bezogen auf Bauperiode und Gebäudegröße für ganz Italien sind. Zwei der Gebäudetypologien (Einfamilienhaus **Bauperiode „bis 1900“ und „1921-1945“**) sind **theoretische Gebäude basierend auf** statistischen Daten, die anderen Kategorien sind hingegen tatsächliche Beispielgebäude. (TABULA Project Team, 2012)

Die Daten wurden vom periodisch erscheinenden Bericht des Nationalen Instituts für Statistik (ISTAT), vom Bericht des Zentrums für ökonomische, soziale und marktbezogene Erhebungen im Gebäudesektor (CRESME) und den Energiedaten von der nationalen Energieagentur (ENEA) erhoben. (TABULA Project Team, 2012)

Basierend auf diesen Daten und auf der Auswahl der Referenzgebäude für die Gesamtheit des Gebäudebestands wurde die Berechnungsmethode sowohl für den Energiekonsum als auch dem Einsparpotential erstellt. In den Energiekonsum wurden der Endenergieverbrauch, der Primärenergiebedarf und die CO₂-Emissionen

miteinbezogen. Allerdings sind diese Daten wie bei dem Webtool TABULA abhängig von den verwendeten Warmwasser- und Raumheizungssystemen und es bedarf einer genauen detaillierten Betrachtung für jedes Gebäude. Dennoch können diese Ergebnisse als Anhaltspunkt und als grobe Einschätzung sowie als Ausgangsbasis für weitere Berechnungen herangezogen werden. (TABULA Project Team, 2012)

7.2 Projekt EPISCOPE

Das Projekt EPISCOPE („Energy Performance Indicator Tracking Schemes for the Continuous Optimisation of Refurbishment Processes in European Housing Stocks“) ist das Nachfolgeprojekt von TABULA. **Es wird ebenfalls von „IEE – Intelligent Energy Europe“ gefördert, und in Österreich von „klima:aktiv“,** der Klimaschutzinitiative des Lebensministeriums, kofinanziert. An diesem Konzept sind 17 Projektpartner und Experten aus 33 Ländern beteiligt. Es werden, wie im Vorläuferprojekt, Gebäudetypologien mitsamt der Energieeinsparpotentials und möglichen CO₂-Reduktionen dargestellt, allerdings mit der Ergänzung um Neubauten gemäß der OIB-**Richtlinie 6 und sogenannte „Niedrigstenergiegebäude“.** Somit ergibt sich eine Typologie bestehend aus 32 Modellgebäuden, die die charakteristischen, energierelevanten Merkmale abbilden, wobei jedes Modellgebäude eine bestimmte Bauperiode und einen bestimmten Gebäudetyp repräsentiert. Der Schwerpunkt liegt auch hier wieder auf Wohngebäuden. (Amtmann & Altmann-Mavaddat, 2014)

Dazu wurde eine Broschüre von der „Österreichischen Energieagentur – Austrian Energy Agency“ herausgegeben, welche als Nachschlagewerk dienen soll und für die Modellgebäude zwei Sanierungsverfahren, einerseits die Standardsanierung und andererseits eine auf klima:aktiv Bewertungskriterien basierende hochwertige Sanierung, beinhaltet. (Amtmann & Altmann-Mavaddat, 2014)

Mithilfe der nationalen Gebäudetypologien lässt sich modellhaft der Energieverbrauch des Gebäudebestands eines Landes abbilden. Neben den bereits erfassten Gebäudetypen und Baualtersklassen werden die Häufigkeiten der Gebäudetypen und Heizsysteme sowie die bereits durchgeführten Sanierungsmaßnahmen und den tatsächlichen Verbrauch des Gebäudebestands erhoben. Hierfür wurden die Anzahl der Gebäude und die gesamte Wohnnutzfläche mittels der Gebäude- und Wohnungszählung bis zu dem Baujahr 2010 von Statistik Austria verwendet. Aus

diesen Daten lässt sich ableiten, dass etwa dreiviertel der Gebäude in Österreich zur Gebäudekategorie Einfamilienhaus zählen, die Hälfte der Wohnungen sich in Ein- oder Zweifamilienhäusern und gut ein Drittel in Mehrgeschoßwohnbauten ab 11 Wohnungen befinden. (Amtmann & Altmann-Mavaddat, 2014)

Die Verteilung der Gebäude von Wien werden im nachfolgenden Kapitel „7.3 Gebäudebestand Wien“ näher erklärt.

Diese Ergebnisse bilden acht Bauperioden und vier Gebäudekategorien, aus denen jeweils ein repräsentatives Gebäude als Gebäudetypologie herangezogen wurde. Daraus ergeben sich 32 Modellgebäude-Kategorien, für die jeweils ein Gebäudedatenblatt mit der Darstellung des jeweiligen Ist-Zustands und den beiden Sanierungsmaßnahmen ausgearbeitet wurden. (Amtmann & Altmann-Mavaddat, 2014)

Für die Erstellung der Matrix der Gebäudetypologie in Österreich wurden folgende Parameter verwendet:

Baualtersklasse:

- I bis 1918
- II 1919-1944
- III 1945-1959
- IV 1960-1979
- V 1980-1989
- VI 1990-1999
- VII 2000-2020
- VIII >2020

Gebäudekategorie

- EFH Einfamilienhäuser
- RH Reihenhäuser
- MFH Mehrfamilienhäuser
- MWB Mehrgeschoßige, großvolumige Wohnbauten ab 11 WE

Anhand dieser Parameter wurde eine Matrix gebildet und es ergeben sich 32 Gebäude als Grundtypologie, die repräsentativ für alle Gebäude in der jeweiligen Klasse sind. Die Repräsentativität beruht auf den U-Werten, der Brutto-Grundfläche, des Heizwärmebedarfs sowie des Raumheizungs- und Warmwassersystems. Als Basis wurden Gebäude, für die ein Energieausweis nach OIB-Richtlinie 6 besteht, aus der Energieausweisdatenbank ZEUS ausgewählt, um reale Gebäude zur Berechnung heranziehen zu können. (Amtmann & Altmann-Mavaddat, 2014)

Aufgrund veränderter Konstruktionsprinzipien und Einsatz unterschiedlicher Baustoffe ergeben sich im Laufe der Zeit andere Wärmedurchgangskoeffizienten und in Abhängigkeit der Geometrien der Gebäude unterschiedliche Transmissionsverlust. Die Verluste über die Elemente der thermischen Hülle, d.h. Dach, oberste Geschößdecke, Wand, Fenster, Tür und Fußboden, sind maßgeblich von Baujahr, Gebäudegröße und Geometrie beeinflusst. In der Gebäudetypologie von TABULA/EPISCOPE wird die Gesamtenergieeffizienz eines Gebäudes berechnet, die wiederum von der Art des Wärmeerzeugers sowie der Verteil- und Speichersysteme für Raumheizung und Warmwasser beeinflusst wird. Mithilfe der Broschüre kann lediglich ein Überblick gegeben werden und gilt als Richtwert für Sanierungsmöglichkeiten der einzelnen Gebäude und muss bei jedem Gebäude genau betrachtet werden. (Amtmann & Altmann-Mavaddat, 2014)

Für die Gesamtenergieeffizienz wird, wie schon erwähnt, eine Reihe an zusätzlichen Parameter untersucht. Da allerdings für diese Arbeit hauptsächlich die U-Werte sowie eine grobe Beschreibung der Gebäude relevant sind, werden im folgenden Kapitel nur diese Informationen weiter verwendet.

7.3 Gebäudebestand Wien

In Wien gibt es, wie schon in Kapitel „6.1 Wien“ erwähnt, insgesamt 164.746 Gebäude, davon sind 149.126 Wohngebäude mit Wohnungen, 624 Gebäude für Gemeinschaften und 14.996 Nicht-Wohngebäude. In Abbildung 9 ist diese Aufteilung des Gebäudebestands zur Veranschaulichung dargestellt und in Abbildung 10 wird die Aufteilung der Nicht-Wohngebäude nach überwiegender Gebäudeeigenschaft abgebildet.



Abbildung 9: Gebäudebestand in Wien; (Statistik Austria, 2012) (eigene Darstellung)



Abbildung 10: Aufteilung der Nicht-Wohngebäude nach überwiegender Gebäudeeigenschaft (detailliert); (Statistik Austria, 2012) (eigene Darstellung)

Gut ein Drittel der Nicht-Wohngebäude sind Bürogebäude. Da die Wohngebäude den Großteil ausmachen und hier die größten Einsparpotentiale zu verzeichnen sind, wird im folgenden Kapitel auf diese näher eingegangen. Laut der Registerzählung 2011 von

Statistik Austria gibt es in den Wohngebäuden 963.632 Wohnungen und mit den Wohnungen der Gebäude für Gemeinschaften und Nicht-Wohngebäude machen diese insgesamt in Wien 983.840 aus. Mit dem jeweiligen Errichtungsjahr kann auf eine nähere Beschreibung der Gebäude geschlossen werden, so kann dadurch auf die für eine Bauperiode typische Bauweise, eingesetzten Baumaterialien oder Dämmstoffe geschlossen werden. In nachstehenden Abbildungen 11 und 12 sind einerseits die Errichtungsjahre der Gebäude und andererseits die Errichtungsjahre der Wohnungen abgebildet. Diese beinhalten auch Nicht-Wohngebäuden und Gebäude für Gemeinschaften.

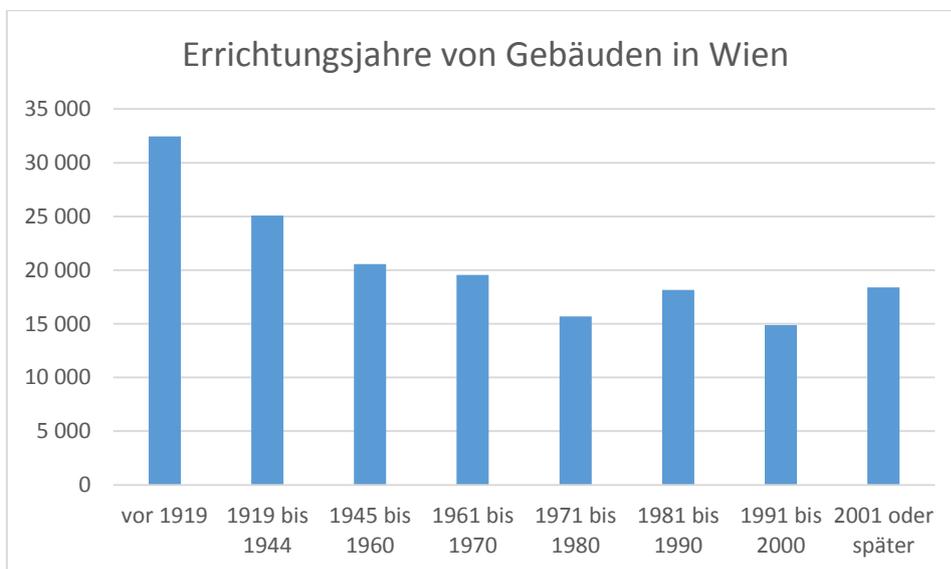


Abbildung 11: Errichtungsjahre von Gebäuden in Wien; (Statistik Austria, 2012), (eigene Darstellung)

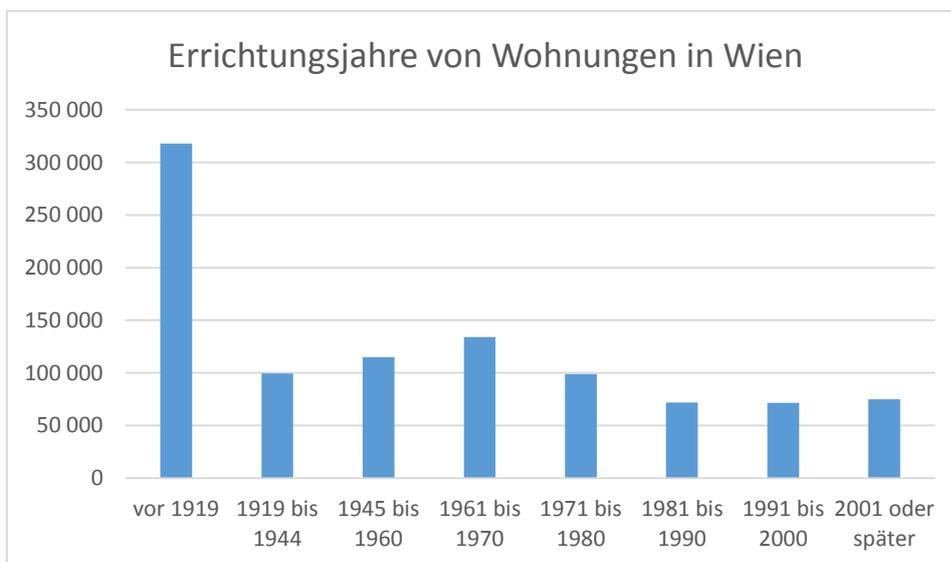


Abbildung 12: Errichtungsjahre von Wohnungen in Wien; (Statistik Austria, 2012), (eigene Darstellung)

Aus Abbildung 11 lässt sich ablesen, dass die meisten Gebäude in Wien in der Bauperiode „vor 1919“ entstanden sind und dann stetig abnehmen, bis zu einem leichten Anstieg in der Bauperiode „1981-1990“. Seit 2001 werden wieder mehr Gebäude in Wien erbaut. Aus der Statistik ist aber nicht erkennbar, wie viele Gebäude saniert bzw. abgerissen wurden.

Die Abbildung 12 ist jener Abbildung der Gebäude (Abbildung 11) ähnlich. In der Bauperiode „vor 1919“ entstanden ebenfalls die meisten Wohnungen, dies korreliert mit den erbauten Gebäuden. Immerhin ein Drittel der vorhandenen Wohnungen stammen aus dieser Periode. Anhand der zuvor erwähnten Gebäudetypologie aus dem EPISCOPE-Projekt werden die Bauperioden mittels des Referenzgebäudes im Kapitel „7.5 Vergleich des Gebäudebestandes Wien mit Mailand“ näher beschrieben.

7.4 Gebäudebestand Mailand

In der Stadt Mailand gibt es, laut dem italienischen Pendant zu Statistik Austria, dem ISTAT, in dem Jahr 2011 insgesamt 64.828 Gebäude. Aufgeteilt nach den Nutzungen ergibt sich folgendes Bild (siehe Abbildung 13).

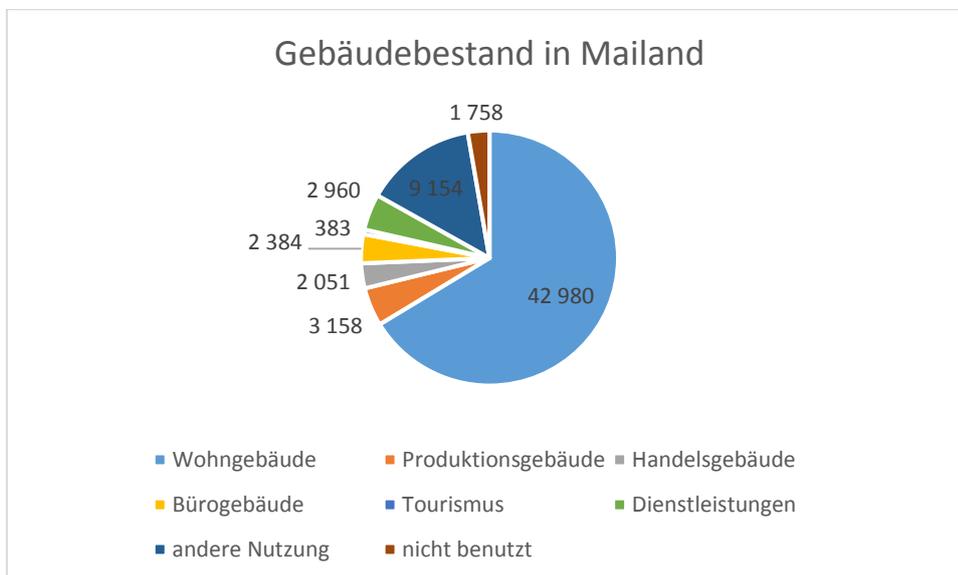


Abbildung 13: Gebäudebestand in Mailand aufgeteilt nach Nutzungen (ISTAT, 2011)

Nach den Nutzungen gemessen, gibt es in der Stadt Mailand 42.980 Wohngebäude und 21.848 Nicht-Wohngebäude, wobei 1.758 Gebäude nicht in Benutzung sind. (ISTAT, 2011)

Allerdings gibt es keine Statistik zu den Errichtungsjahren der Gebäude nur für Mailand, daher wird anhand der Aufteilung im Rahmen des TABULA-Projekts die Verteilung der Errichtungsjahre der Gebäude gerechnet.

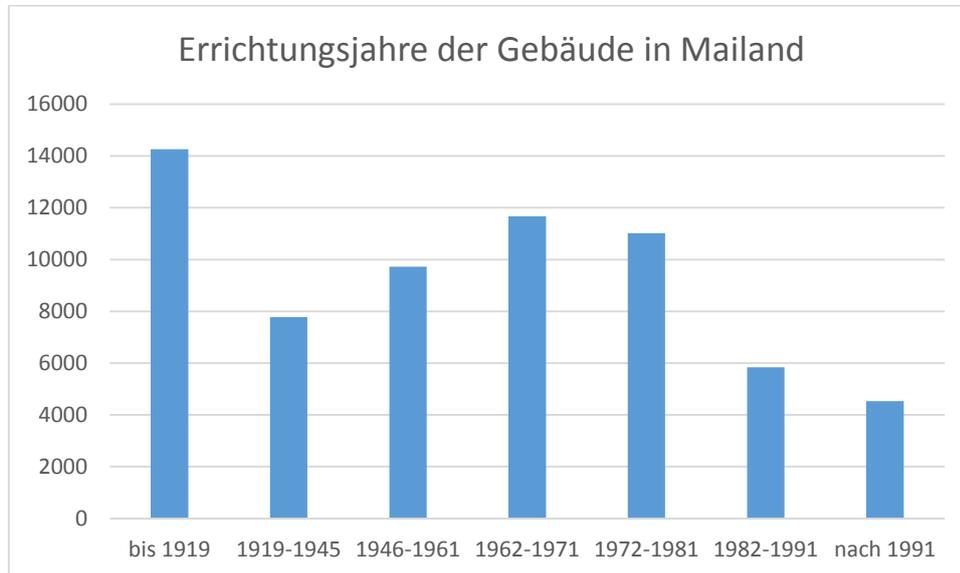


Abbildung 14: Errichtungsjahre der Gebäude in Mailand

Anhand dieser Abbildung ist ersichtlich, dass in Mailand Gebäude der Bauperiode „vor 1919“, „1962-1971“ und „1972-1981“ am häufigsten vertreten sind. Diese Perioden werden im nachfolgenden Kapitel anhand des Webtools TABULA näher beschrieben.

7.5 Vergleich des Gebäudebestandes Wien mit Mailand

In Wien gibt es, wie schon erwähnt, 164.746 Gebäude und insgesamt 1,7 Millionen Bewohner auf einer Fläche von 415 km². Im Vergleich dazu gibt es in Mailand 64.828 Gebäude und 1,2 Millionen Einwohner auf einer Fläche von 182 km². Allerdings muss bei diesem Vergleich bedacht werden, dass in der Gesamtzahl auch Nicht-Wohngebäude enthalten sind, die zuvor rausgerechnet werden müssen.

Dadurch ergeben sich folgende Zahlen für die Anzahl der Wohngebäude in den beiden Städten:

- 149.750 Wohngebäude in Wien
- 42.980 Wohngebäude in Mailand

Nachfolgend sind die Bauperioden in den beiden Städten angeführt, die im Folgenden miteinander verglichen werden:

Wien:

- Bauperiode vor 1919
- Bauperiode 1961-1971

Mailand:

- Bauperiode vor 1919

Mithilfe des Webtools TABULA wurden die Gebäudetypologien der jeweiligen Bauperioden berechnet. Für Wien und Mailand wurden dafür jeweils Appartementblocks gewählt. Da die Bauperiode „vor 1919“ in Wien und Mailand jeweils am häufigsten vertreten ist, werden die Gebäudeteile dieser Periode direkt miteinander verglichen.

Tabelle 2: Gebäudevergleich der Bauperiode "vor 1919" Wien und Mailand

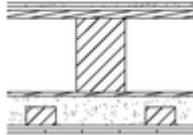
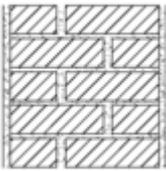
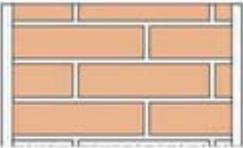
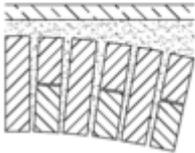
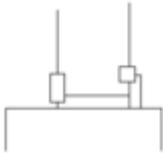
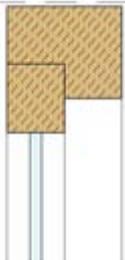
Bauelement		Wien	Mailand
Dach	Grundfläche	284,06 m ²	720,9 m ²
	Baukonstruktion	Holzbalkendecke, Beschüttung, Hobeldielen	Gewölbe mit Ziegelsteinen und Stahlträgern
	Abbildung		
	U-Wert	0,8 W/m ² K	1,46 W/m ² K
Außenwand	Grundfläche	900,95 m ²	1024,13 m ²
	Baukonstruktion	Vollziegel-Mauerwerk	Solides Ziegelmauerwerk (50 cm)

	Abbildung		
	U-Wert	1,1 W/m ² K	1,14 W/m ² K
Boden zu Keller	Grundfläche	273,12 m ²	720,9 m ²
	Baukonstruktion	Ziegelgewölbe	Gewölbe mit Ziegelbausteinen und Stahlträgern
	Abbildung		
	U-Wert	0,71 W/m ² K	1,2 W/m ² K
Fenster	Grundfläche	127,98 m ²	536,72 m ²
	Baukonstruktion	Kastenfenster Einfachverglasung	Holzrahmen Einfachverglasung
	Abbildung		
	U-Wert	2,2 W/m ² K	4,9 W/m ² K

Anhand der oben angeführten Tabelle können nun die U-Werte der einzelnen Bauteile miteinander verglichen werden. Im Vergleich zu Mailand schneidet Wien bei allen

Bauteilen besser ab. Der Wärmedurchgangskoeffizient ist bei den Gebäuden in Wien geringer, d.h. es geht weniger Wärme verloren als bei einem Gebäude aus derselben Bauperiode in Mailand. Die Unterschiede bei den U-Werten lassen sich aufgrund der unterschiedlich eingesetzten Baumaterialien erklären. Auffällig bei dem Vergleich ist auch die unterschiedliche Größe der einzelnen Bauteile. Dies kann allerdings an einer unterschiedlichen Definition von Appartementblocks in den jeweiligen Ländern liegen. Die unterschiedlichen U-Werte sowie die verschiedenen verwendeten Baumaterialien lassen sich auch davon herleiten, dass in Mailand weniger gegen Kälte gedämmt **werden muss als in Wien und daher „schlechtere“ U-Werte** vorkommen.

In dem Webtool TABULA werden zwei Sanierungsmaßnahmen, unterteilt in Standardsanierung und erweiterte Maßnahmen, für jede Bauperiode vorgeschlagen. Die Verbesserung der jeweiligen Bauteile durch Dämmung bzw. Fenstertausch dienen nicht nur einer Reduzierung des Wärmebedarfs, sondern helfen auch, das Gebäude vor einer Überwärmung in den Sommermonaten zu schützen. Daher sollten Sanierungsmaßnahmen ebenfalls in Betracht gezogen und mit den Kosten einer Klimaanlage verglichen und der Nutzen abgewogen werden. Denn durch eine bessere Dämmung können ebenfalls Heizkosten reduziert werden.

Als Beispiel wird nachfolgend ein Gebäude der Bauperiode 1961-1971 in Wien mit den bestehenden Bauteilen und den beiden Sanierungsmaßnahmen, anhand des EPISCOPE-Projekts, abgebildet.

In dem Datenblatt von EPISCOPE ist das Gebäude folgendermaßen definiert:

- Bruttogrundfläche 1.169 m²
- Gebäudevolumen 3.391 m³
- Gebäudeumriss 14 x 43 m
- WE/Geschosse 12/3

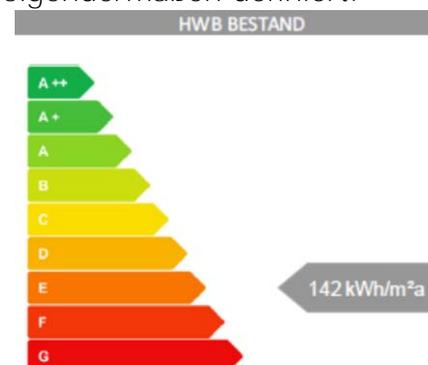
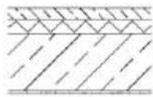
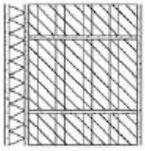
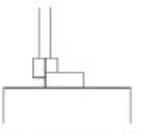
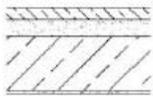


Abbildung 15: Heizwärmebedarf MWB, Bauperiode 1960-1979

Altbaukonstruktionen:

- Außenwände ungedämmt: häufig Mauerwerk, z.T. bereits Sandwichbauweise, Stahlbetonwände, später Leichtbetonwände, Beginn Fertigteilbau;
- Decken: Stahlbetondecken mit Estrich, sehr oft Fertigteildecken, kleinere Bauten mit Ziegeldecken, durchgehende Balkon-/Loggiaplatten;
- Kelllerdecke: Kappendecken, Fertigteildecken auf Stahlbetonträgern, Stahlbetondecke
- Dach: z.T. Flachdächer in Blech, später mit Folienabdichtung
- Fenster: größere Fensterflächen, Isolierverglasungen

GEBÄUDEHÜLLE HEUTE		BESCHREIBUNG	BAUTEILFLÄCHE [m ²]	DÄMMSTÄRKE [cm]	U- WERT [W/m ² K]
DF		-	-	-	
OD		Stahlbeton, Dämmung	337,7	10	0,90
AW		Betonhohlstein Mauerwerk, Dämmung	457,5	2	0,90
FE		Holzverbundfenster	120,1	-	2,30
KD		Stahlbeton, Beschüttung, Dämmung, Estrich	220,9	4	1,07

GEBÄUDETECHNIK		BESCHREIBUNG	BAUJAHR	ENERGIETRÄGER	HTEB [kWh/ m ² a]
RH		Raumheizung gebäudezentral, Standardkessel, Wärmeverteilungen gedämmt, kein Wärmespeicher vorhanden	1995	Erdgas	43,0
WW		Kombiniert mit Wärmebereitstellungssystem, Raumheizung gebäudezentral, Wärmeverteilungen gedämmt, indirekt beheizter Speicher	-	Erdgas	27,5

Abbildung 16: Bauteilbeschreibung von Gebäude der Bauperiode 1960-1979 in Wien

STANDARDSANIERUNG

GEBÄUDEHÜLLE	BESCHREIBUNG	U-WERT [W/m²K]	HWB SANIERUNG
OD	Aufdämmung 12 cm	0,25	
AW	Aufdämmung 8 cm	0,35	
FE	Fenstertausch Isolierverglasung	1,10	
KD	Aufdämmung 3 cm	0,40	

GEBÄUDETECHNIK	BESCHREIBUNG	ENERGIETRÄGER	HTEB [kWh/m²a]
RH	Raumheizung gebäudezentral, Brennwertkessel, Wärmeverteilung gedämmt, kein Wärmespeicher vorhanden	Erdgas	7,7
WW	Kominiert mit Wärmebereitstellungssystem Raumheizung, gebäudezentral, Wärmeverteilung gedämmt, indirekt beheizter Speicher	Erdgas	23,5

klimaaktiv SANIERUNG

GEBÄUDEHÜLLE	BESCHREIBUNG	U-WERT [W/m²K]	HWB SANIERUNG
OD	Aufdämmung 22 cm	0,15	
AW	Aufdämmung 10 cm	0,30	
FE	Fenstertausch Isolierverglasung	0,90	
KD	Aufdämmung 8 cm	0,35	

GEBÄUDETECHNIK	BESCHREIBUNG	ENERGIETRÄGER	HTEB [kWh/m²a]
RH	Raumheizung gebäudezentral, Brennwertkessel, Wärmeverteilung gedämmt, kein Wärmespeicher vorhanden	Erdgas	7,2
WW	Kominiert mit Wärmebereitstellungssystem Raumheizung, gebäudezentral, Wärmeverteilung gedämmt, indirekt beheizter Speicher	Erdgas	23,5

Um klimaaktiv gold zu erreichen, müssen folgende U-Werte eingehalten werden:
 OD: 0,15 W/m²K; AW: 0,20 W/m²K; FE: 0,66 W/m²K; KD: 0,35 W/m²K

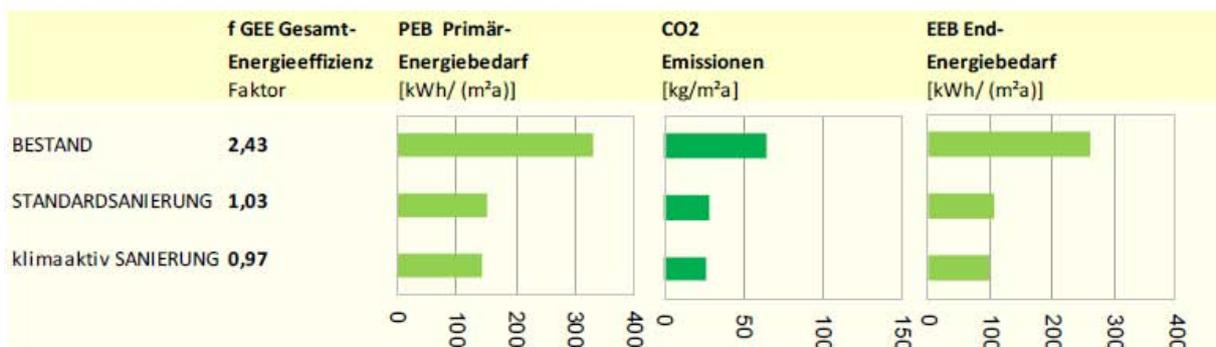


Abbildung 17: Sanierungsmaßnahmen von Gebäude in Wien

Angeführt werden auch die Primär- und Endenergiebedarfszahlen vor und nach der Sanierung. Daran kann man erkennen, dass sich infolge einer Sanierung der Endenergiebedarf um mehr als die Hälfte reduzieren kann. In Europa, speziell in Österreich, ist es an den Energieausweisen nicht ersichtlich, wie groß der Anteil an Kühlenergiebedarf ist. Dies sollte für die Zukunft in Betracht gezogen werden, um einen besseren Vergleich der Gebäude vornehmen zu können. Allerdings liegt dies auch daran, dass die Gebäudekühlung erst in Zukunft zu einem größeren und somit wichtigeren Thema wird.

8 Diffusion der Klimatisierung

Aufbauend auf den Erkenntnissen, dass die Städte aufgrund der Kühlgradtage und Gebäude miteinander vergleichbar sind, soll in diesem Kapitel die Verbreitung von aktiven Kühlanlagen innerhalb der Europäischen Union, anhand einer Studie der Europäischen Kommission mitsamt einiger Zukunftsprognosen, sowie der Städte Wien und Mailand und deren Vergleich dargestellt werden.

8.1 Diffusion innerhalb der Europäischen Union

Der zu einer Vorstudie der Europäischen Kommission zu dem Thema der Umweltfreundlichkeit der Wohnraumklimageräte erstellte vorläufige Endbericht 2 vom 02. Juli 2008 behandelte die Wirtschafts- und Marktanalyse der Klimageräte innerhalb der **EU-27 Länder. Weitere Endberichte für diese Vorstudie sind ...**

In der Studie zur Wirtschafts- und Marktanalyse werden mobile Geräte mit einer Leistung bis 12 kW behandelt, die üblicherweise in Wohngebäude zum Einsatz kommen, da sie einfach zu handhaben sind und einen geringeren Aufwand bei der Installation aufweisen als Kompaktgeräte. Das Ziel der Studie war die Produktgruppe innerhalb der gesamten EU-Industrie und Handelspolitik zu beleuchten, daher wurden Informationen zu der Produktion innerhalb der EU, dem Import in die EU bzw. des Handels innerhalb der EU und des gegenwärtigen Konsums, die mittels offizieller Statistiken erhoben wurden, eingeholt. (Rivière, et al., 2009)

Es wurde der Markt anhand der verschiedenen Modelle von Klimageräte analysiert, welcher aus Single-Split-Geräten, Multi-Split-Geräten, zentralen Kühlgeräten und Mini-Chillers, welche allerdings für den europäischen Markt nicht relevant sind, besteht. Eine genauere Beschreibung und Kostendarstellung sind in der Masterarbeit von Karoline Pohl zu finden. Da nur Geräte mit einer Leistung bis 12 kW betrachtet wurden, wurde die Analyse auf Geräte für Einzelräume beschränkt. Festgehalten sei, dass der Hauptmarkttreiber für Klimageräte Komfort ist, aber auch vom Klima und Gebäudetyp sowie des Vermögens und der Gesetzgebung beeinflusst werden kann. Der Markt in den EU-27 Ländern ähnelt sich, variiert aber von Land zu Land. Da der europäische Markt für Klimageräte ein junger Markt ist, gibt es nur wenige umfassende Statistiken zu den Absätzen. In dieser Studie jedoch wird versucht, einen Überblick über die jüngsten Verkaufszahlen in den EU-27 Ländern zu geben und diese

zusammenzufassen. Es werden Markttreiber für den Kauf eines Gerätes diskutiert, um anschließend eine Zukunftsprognose abgeben zu können. (Rivière, et al., 2009)

Der derzeitige Markt für die EU-27 Länder bietet folgendes Bild, siehe Abbildung 18, allerdings muss hier erwähnt werden, dass den Autoren der Studie nur Marktanalysen von 9 Ländern vorlagen (Frankreich, Deutschland, Griechenland, Portugal, Spanien, Vereinigtes Königreich, Ungarn, Tschechien und Polen). (Rivière, et al., 2009)

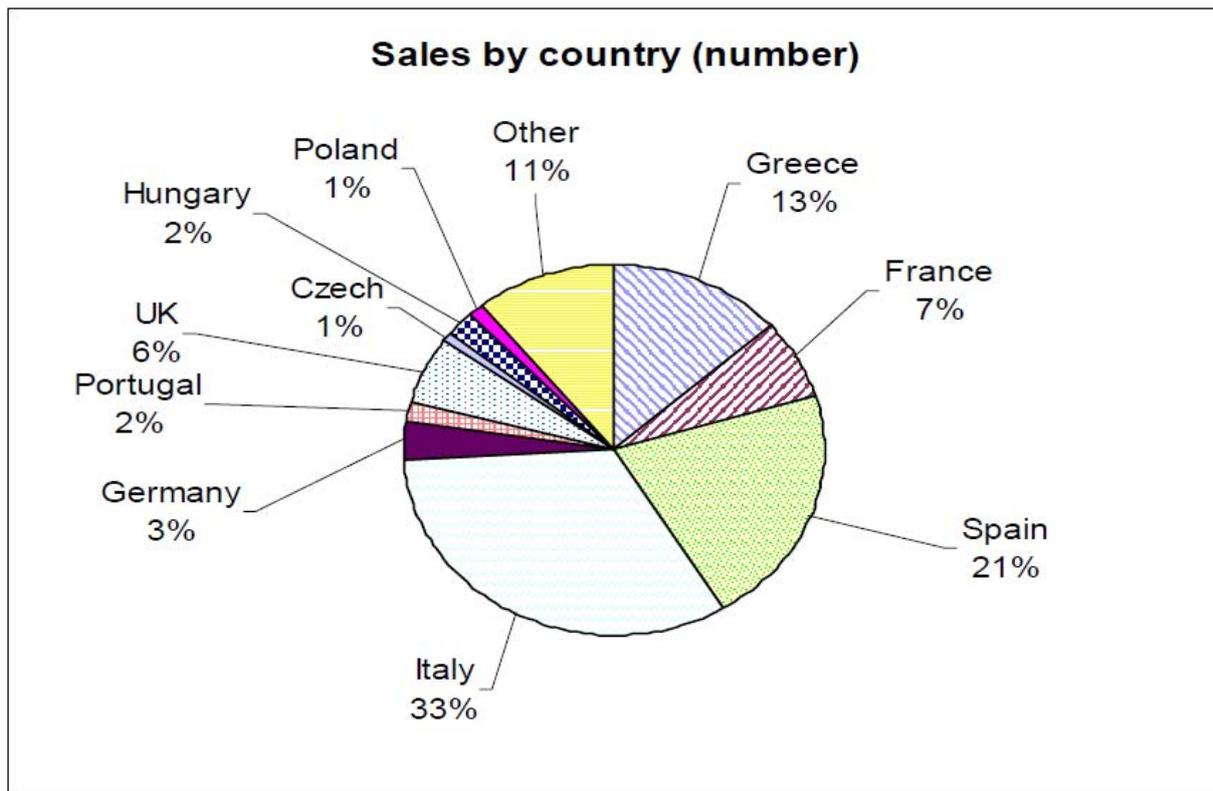


Abbildung 18: Verkaufszahlen aufgeteilt nach Ländern (EU-27) (Rivière, et al., 2009)

An dieser Abbildung ist ersichtlich, dass sich der Großteil der Verkäufe in Italien und Spanien abspielt. Daran ist auch erkenntlich, dass das Klima, die Bevölkerung und die ökonomische Struktur großen Einfluss auf den Absatz haben. (Rivière, et al., 2009)

Weiters wurde untersucht, welcher Produkttyp auf dem Markt vorherrschend ist. Es ist wenig überraschend, dass die Single-Split-Geräte auf dem Markt den größten Anteil haben, da sie einfach bei der Installation und in der Handhabung sind. Die Verteilung der Geräte ist in der folgenden Abbildung 19 dargestellt. (Rivière, et al., 2009)

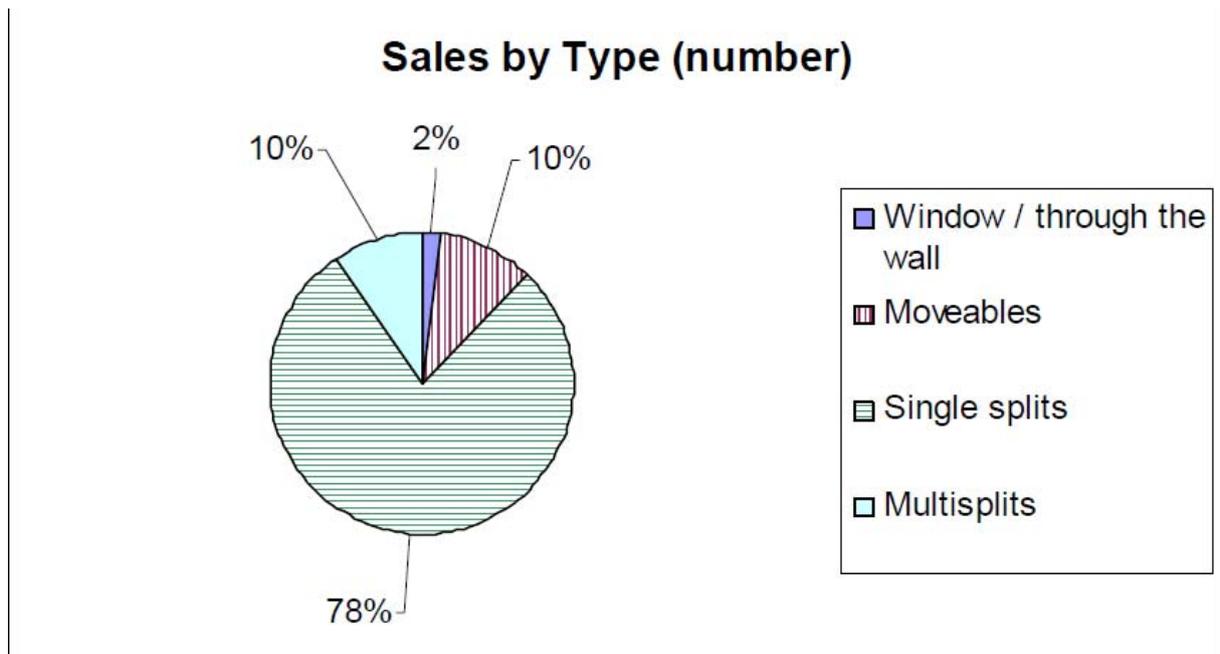


Abbildung 19: Verkaufszahlen aufgeteilt nach Gerätetyp (Rivière, et al., 2009)

Eine weitere Unterscheidung bezüglich des Absatzmarktes erfolgte anhand der Gebäudetypen, ob Klimageräte in Wohn- oder Nicht-Wohngebäude eingebaut werden und deren Anteil an der Kühlkapazität, gemessen in kW. Hier ist der Markt für Nicht-Wohngebäude dominierend (Abbildung 20). Jedoch variiert diese Verteilung in den einzelnen Ländern. In den Abbildungen 21 und 22 ist dies aufgeteilt nach Wohn- und Nicht-Wohngebäude erkenntlich. (Rivière, et al., 2009)

Residential and Non-residential (kW)

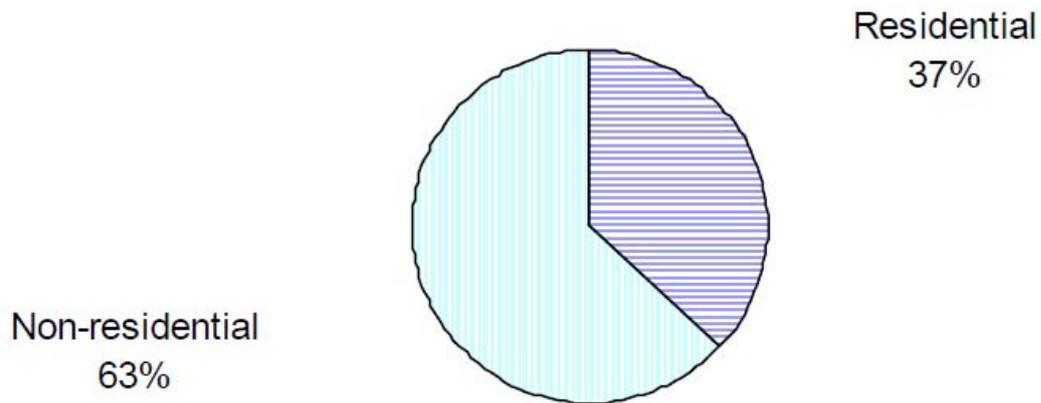


Abbildung 20: Verteilung der Klimageräte nach Wohngebäude und Nicht-Wohngebäude nach Kühlleistung (Rivière, et al., 2009)

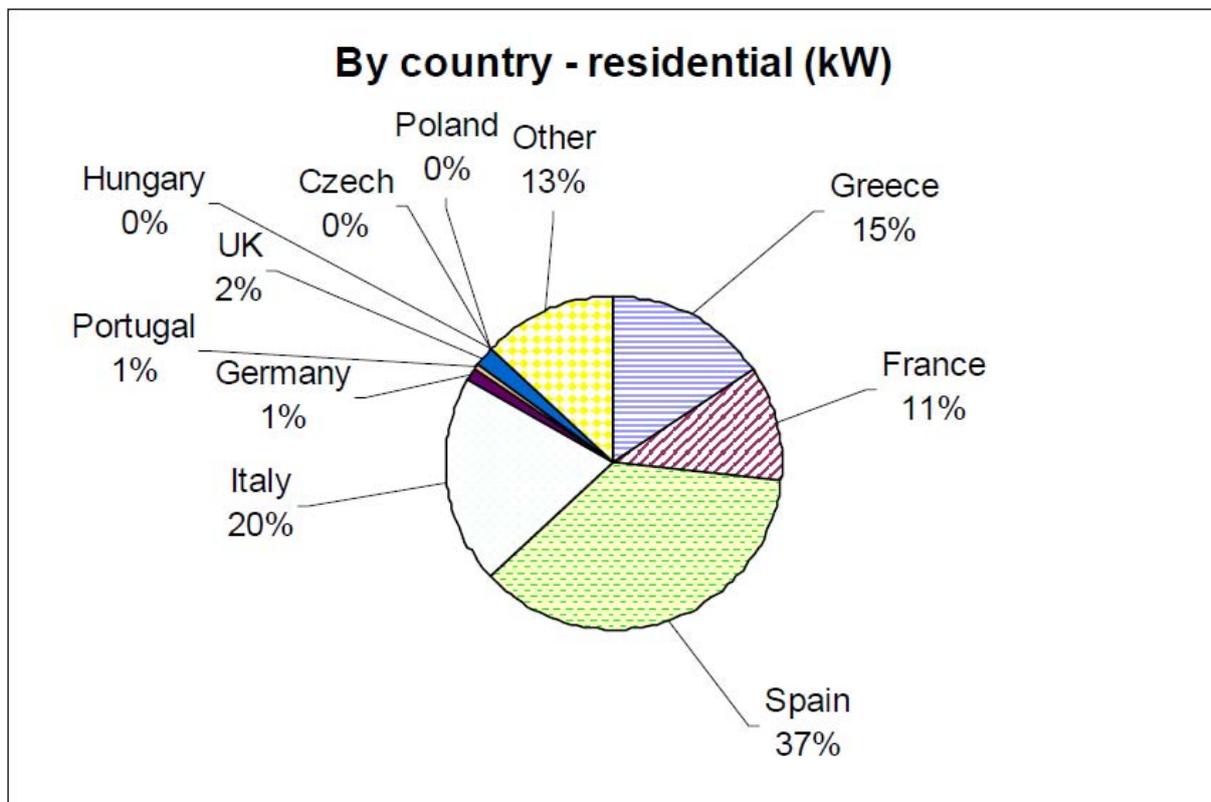


Abbildung 21: Verteilung der Klimageräte in Wohngebäude, gemessen in Kühlleistung und aufgeteilt nach Ländern (Rivière, et al., 2009)

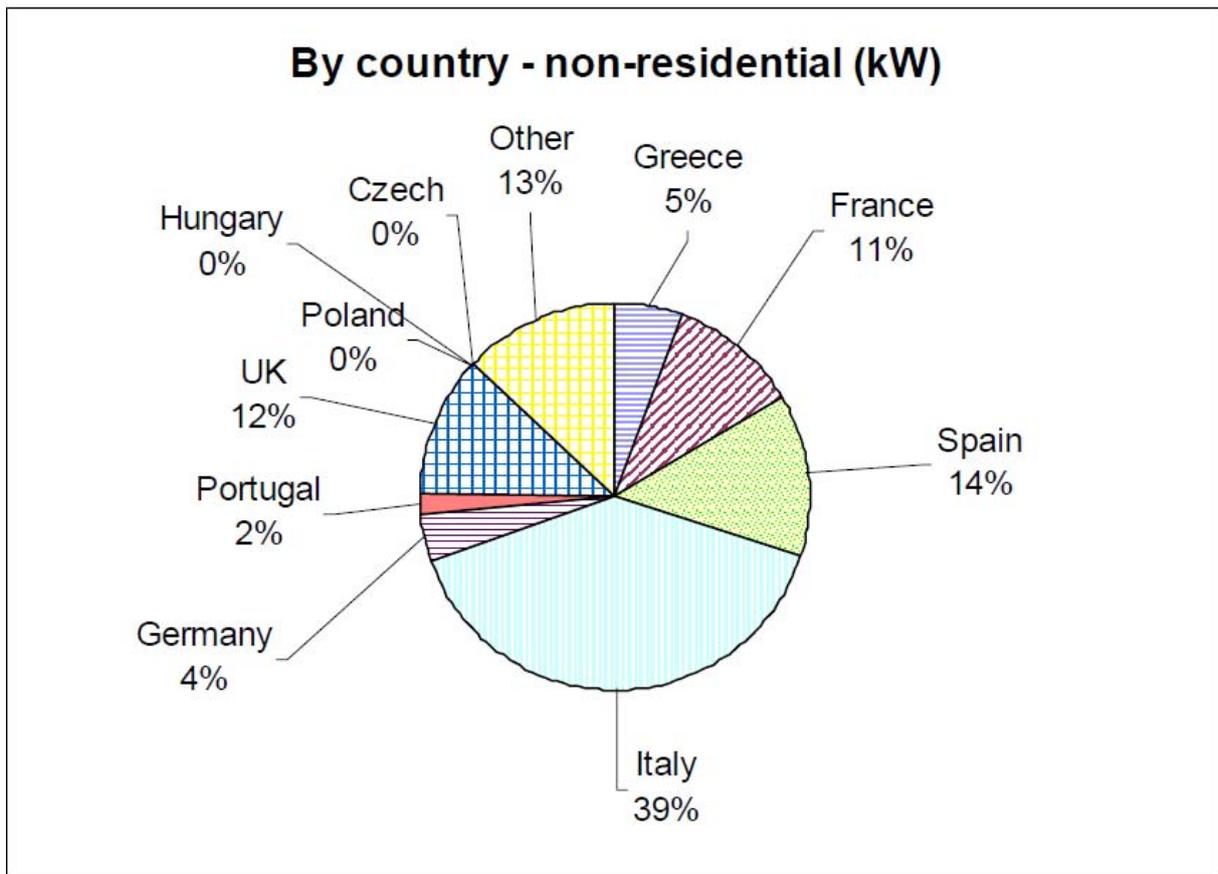


Abbildung 22: Verteilung der Klimageräte in Nicht-Wohngebäude, gemessen in Kühlleistung und aufgeteilt nach Ländern (Rivière, et al., 2009)

Aus den Abbildungen 21 und 22 ist auch zu erkennen, dass der Markt für Nicht-Wohngebäude in Italien größer ist als für Wohngebäude, hingegen sich die Verteilung in Spanien genau umgekehrt verhält und generell in jedem Land anders verteilt ist. (Rivière, et al., 2009)

Diese Erkenntnis korreliert mit Aussagen von einer anderen Studie bezüglich der Ökodesign Richtlinie für Raumkühlgeräte, **wonach** „[...] die Verteilung der Klimageräte von den Breitengraden abhängig ist:

- In Nord- und Zentraleuropa sind die meisten Klimageräte in Bürogebäuden installiert. Der Markt für Vermietung von tragbaren Geräten ist aber signifikant.
- In Südfrankreich und im Mittelmeerraum sind Installationen im privaten Wohnbereich ebenso relevant. Dies erklärt den hohen Verkaufsanteil in diesen **Ländern.**“ (CECED, 2006)

In Abbildung 23 ist die Aufteilung der verschiedenen Geräte im Wohnbereich, gemessen an der Kühlleistung, dargestellt. Hier ist ersichtlich, dass Single-Split-Geräte den größten Anteil in Wohn-Gebäuden machen, dies lässt sich dadurch erklären, dass Single-Split-Geräte eine höhere Leistung haben als mobile Geräte. Aber auch im Bereich der Nicht-Wohngebäude sind Single-Split-Geräte, ebenfalls gemessen an der Leistung, vorherrschend, wie man in Abbildung 24 gut erkennen kann. (Rivière, et al., 2009)

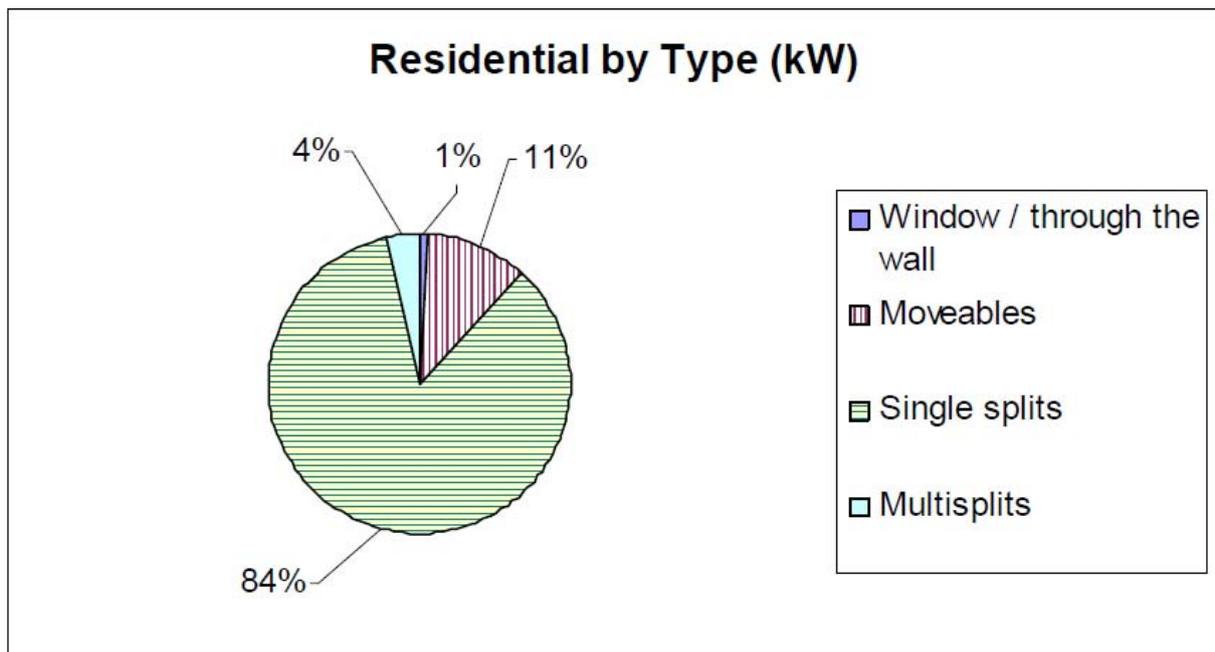


Abbildung 23: Verteilung der Klimageräte in Wohngebäuden, gemessen an der Kühlleistung (Rivière, et al., 2009)

Non-residential by type (kW)

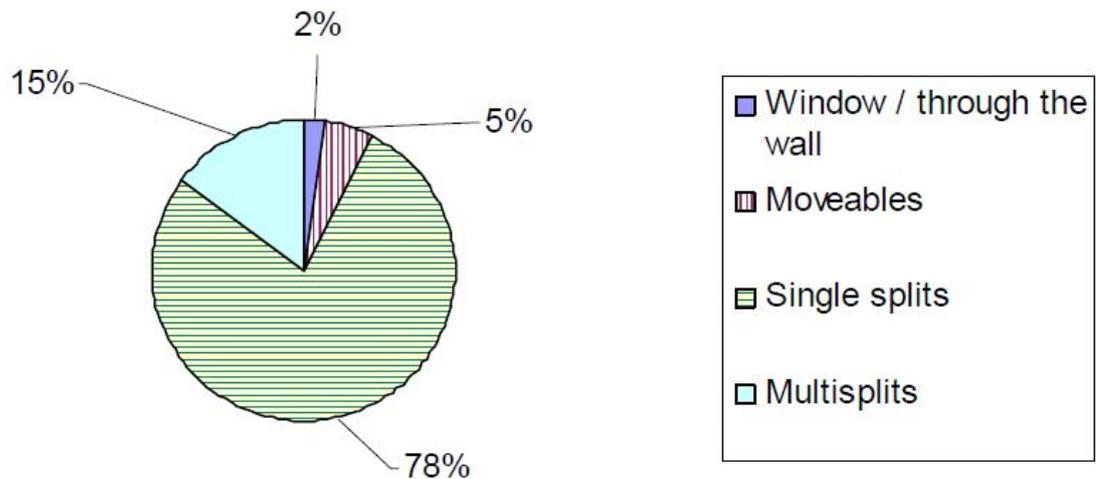


Abbildung 24: Verteilung der Klimageräte in Nicht-Wohngebäuden, gemessen an der Kühlleistung (Rivière, et al., 2009)

Es sind zwar in beiden Bereichen die Single-Split-Geräte dominierend, aber in Nicht-Wohngebäude sind Multisplit-Geräte verbreiteter als in Wohngebäuden. Dies lässt sich wohl eher damit erklären, dass Multi-Split-Geräte für mehrere Räume gleichzeitig verwendet werden können, wohingegen sich Single-Split-Geräte für Wohnungen bzw. Häuser besser eignen, da hier meist nur ein Raum gekühlt werden soll. In der nachfolgenden Abbildung 25 wird gut dargestellt, welche Typen von Geräten in Gebäuden am häufigsten eingesetzt werden. (Rivière, et al., 2009)

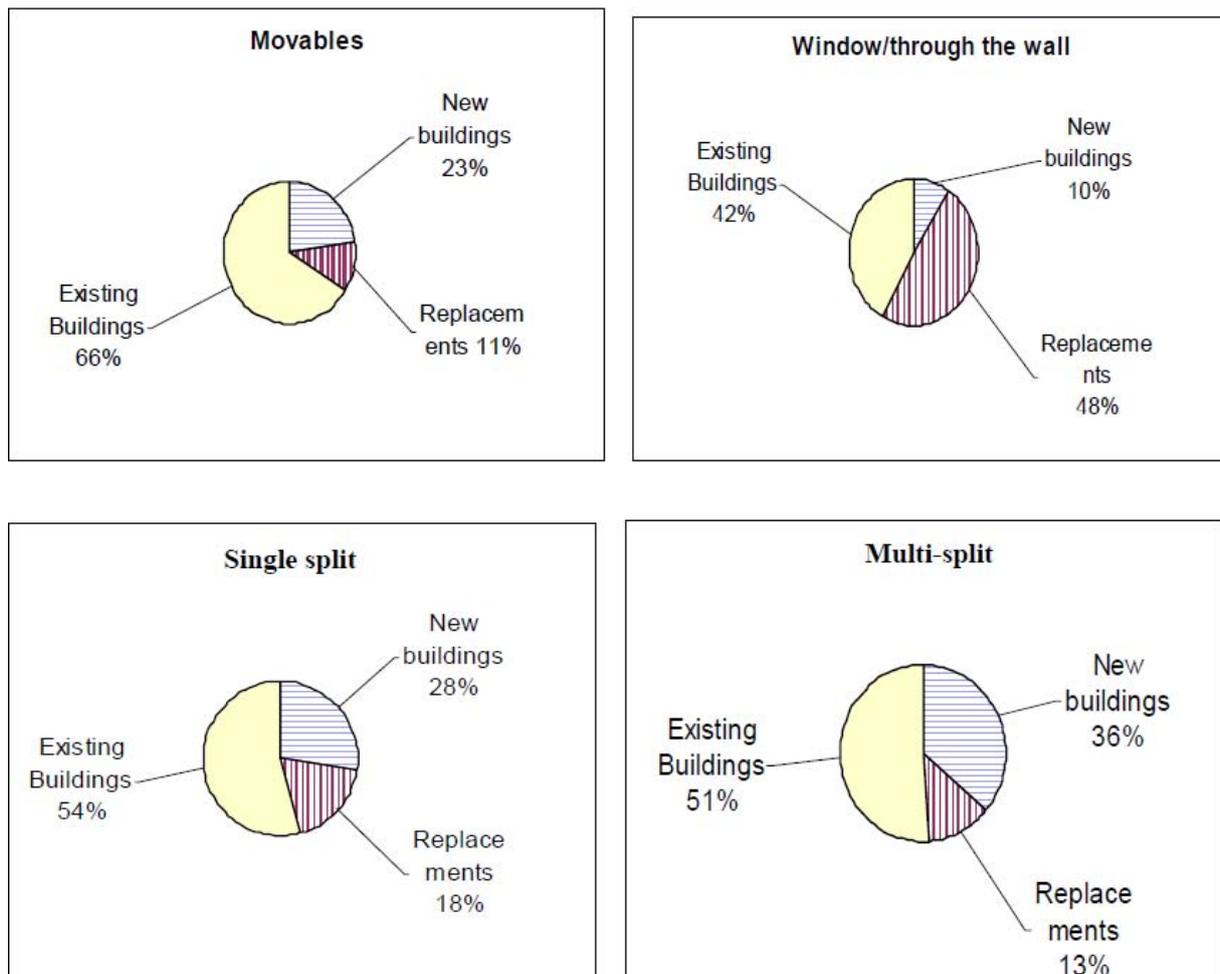


Abbildung 25: Verteilung der einzelnen Gerätetypen in bestehenden Gebäuden, Neubauten, Ersatz von alten Geräten (Rivière, et al., 2009)

Daran lässt sich wiederum gut ableiten, dass Single- und Multi-Split-Geräte in den EU-27 Ländern am meisten in bereits bestehende Gebäude eingebaut werden, sowie in Neubauten ebenfalls die Multi-Split-Geräte eher zum Einsatz kommen, wobei hier anzunehmen ist, dass diese eher in Nicht-Wohngebäude eingebaut werden. Aufgrund dieser Graphiken wurde auch in dieser Arbeit hauptsächlich auf den bestehenden Bau eingegangen, da hier der größere Markt besteht. (Rivière, et al., 2009)

Weiters wird ein Augenmerk auf die Marktdynamik und deren Einflüsse gemacht. Der Markt für Klimageräte wird durch Wunsch und Erschwinglichkeit bestimmt. Der Wunsch ist jedoch hauptsächlich vom Klima beeinflusst, die Erschwinglichkeit wiederum vom Einkommen. Hier wird ein deutlicher Unterschied zwischen Wohn- und Nicht-Wohngebäuden gemacht, da in Nicht-Wohngebäuden eher ein Klimagerät eingebaut wird. In einem weiteren Schritt wird in dieser Studie der zukünftige Markt simuliert. Dazu wurden die Parameter Produktion, Verkauf, installierte Geräte und

Verfügung der Geräte für jedes EU-27 Land analysiert. Die Marktsimulation erfolgte anhand der mobilen Geräte und der Split-Systeme, wobei darunter Geräte durch das Fenster bzw. die Wand, Single-Split und Multi-Split-Systeme zu verstehen sind, und anhand der drei Gebäudetypen Wohngebäude, Einzelhandelsgeschäfte und andere Bürogebäude. Die Modellberechnungen basieren auf empirischen Verkaufszahlen, die in das Bass-Modell für technologische Diffusion integriert wurden, um dadurch den vergangenen bzw. zukünftigen Umsatz generieren zu können. Dafür wurde angenommen, dass der Wert der technischen Innovation für Klimaanlage, wie er am US-Markt verwendet wird, für den europäischen Markt geeignet ist, lediglich eine Anpassung des Wertes für den Modellmarkt wurde vorgenommen, damit die aktuellen den vorhergesagten Verkäufen entsprechen. Zusätzlich war es erforderlich für jedes Land das Jahr der Markteinführung und die jeweilige Marktsättigung in das Modell einfließen zu lassen, um die Basis für zukünftige Abschätzungen zu legen. Weiters wurde die Klimaveränderung anhand der Veränderung der Kühlgradtage berechnet. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurden für das Jahr 2030 folgende Prognosen für mobile Geräte und Split-Systeme abgegeben (siehe Tabelle 3), zu beachten ist hier, dass diese Berechnungen wahrscheinlich die Märkte in Nord- und Mitteleuropa unterschätzen werden. Die Berechnungen wurden in der Studie anhand der Veränderung der Kühlgradtage durchgeführt, allerdings ist es nicht nachvollziehbar, welches Szenario verwendet wurde. (Rivière, et al., 2009)

Tabelle 3: zukünftige Absätze von Klimageräten im Jahr 2030 für Österreich und Italien (Rivière, et al., 2009) (bearbeitet)

	Mobile Geräte			Split-Systeme		
	Wohn-Gebäude	Büro	Geschäft	Wohn-Gebäude	Büro	Geschäft
Österreich	29.453	3.857	3.096	1.396	8.114	4.286
Italien	256.366	128.183	128.183	1.239.947	648.817	184.807

Die Veränderung ausgehend vom Jahr 2005 hin zu dem Jahr 2030 ist in folgender Tabelle 4 in Prozent ausgedrückt:

Tabelle 4: Veränderungen der Verkaufszahlen in Prozent für das Jahr 2030 gegenüber dem Jahr 2005 (eigene Darstellung)

	Mobile Geräte			Split-Systeme		
	Wohn-Gebäude	Büro	Geschäft	Wohn-Gebäude	Büro	Geschäft
Österreich	+320 %	+320 %	+301 %	+360 %	+360 %	+360 %
Italien	+442 %	+442 %	+442 %	+211 %	+213 %	+213 %

8.2 Diffusion in Wien

Die Erhebung der Verteilung von aktiven Kühlgeräten in Wien gestaltete sich schwierig. Es wurden verschiedene Hersteller und Verkäufer von Klimasplit- und Kompaktgeräten per Email kontaktiert. Es wurde nach deren Absatz von Klimageräten bis zu einer Leistung von 12 kW gefragt, unter dem Zusatz, dass alle Zahlen nur für die Diplomarbeit verwendet und anonymisiert werden. Jedoch war es leider nicht möglich, relevante Zahlen zu erhalten, da diese, laut den Herstellern bzw. den Verkäufern, dem Betriebsgeheimnis unterliegen.

Weiters wurde die Wirtschaftskammer zu diesem Thema befragt, die leider keine Statistiken dazu führt. Mithilfe eines Hinweises von einem Hersteller konnte eine **Marktstudie zu dem Thema „Klimasplitgeräte in Österreich 2014“**, erstellt von BRANCHENRADAR aufgefunden werden. Diese Studie wurde im Mai 2014 veröffentlicht und erhob die Verbreitung der Klimageräte in ganz Österreich innerhalb der Jahre 2010-2013. In der Studie wurden folgende Aspekte betrachtet:

- Produktgruppen (Kompaktgeräte/Singlesplit, Multisplit)
- Leistungsklassen (bis 6,9 kW, 7 bis 14,9 kW, 15 bis 29,9 kW)
- Gebäudetypen (Ein-/Zweifamilienhaus, Mehrfamilienhaus, Nicht-Wohngebäude)
- Bauart (Bestand, Neubau)

- Bundesländer (Burgenland, Kärnten, Niederösterreich, Oberösterreich, Salzburg, Steiermark, Tirol, Vorarlberg, Wien)
- Vertriebswege (Großhandel/Do it yourself, Fachbetriebe/direkt)

In folgenden Tabellen ist die Diffusion der Geräte für ganz Österreich, einerseits aufgeteilt nach Leistungsklassen und andererseits nach Bauart abgebildet.

Tabelle 5: Absatz von Klimasplitgeräten in Wien aufgeteilt nach Leistungsklassen; (Branchenradar, 2014)

	Absatz in Anlagen			
	2010	2011	2012	2013
TOTAL	17.805.	18.410	19.050	19.620
Bis 6,9 kW	11.800	11.900	12.450	13.614
7 bis 14,9 kW	5.060	5.580	5.680	5.269
15 bis 29,9 kW	945	930	920	737

Tabelle 6: Absatz von Klimasplitgeräten in Wien aufgeteilt nach Bauart; (Branchenradar, 2014)

	Absatz in Anlagen			
	2010	2011	2012	2013
TOTAL	17.805	18.410	19.050	19.620
Neubau	2.917	2.984	3.107	3.080
Bestand	14.888	15.426	15.943	16.540

Die Marktstudie behandelt neben den abgesetzten Mengen auch Prognosen für alle Marktsegmente für die Jahre 2014 und 2015, weiters wird versucht, Trends und Treiber zu analysieren. Die oben abgebildeten Tabellen stellen nur einen Ausschnitt aus der Marktstudie dar und beziehen sich auf ganz Österreich. Die komplette Studie war zwar leider nicht zugänglich, dennoch konnte der Gesamtmarkt für das Jahr 2013 für Wien erhoben werden. Insgesamt konnten, laut dieser Studie, im Jahr 2013 in Wien

5.020 Anlagen abgesetzt werden. Da die Studie nicht komplett vorlag, kann nicht nachvollzogen werden, wie die jeweiligen Daten erhoben wurden. (Branchenradar, 2014)

In der Studie wurden ebenfalls die jährlichen Veränderungen bezogen auf das Vorjahr abgebildet. Dies ergibt folgendes Bild, wieder aufgeteilt nach Leistungsklasse und Bauart:

Tabelle 7: Veränderung des Absatzmarkt gegenüber dem Vorjahr nach Leistungsklassen; (Branchenradar, 2014)

	Veränderungen geg. VJ in %			
	2010	2011	2012	2013
TOTAL	-	3,4	3,5	3,0
Bis 6,9 kW	-	0,8	4,6	9,3
7 bis 14,9 kW	-	10,3	1,8	-7,2
15 bis 29,9 kW	-	-1,6	-1,1	-19,9

Tabelle 8: Veränderung des Absatzmarkt gegenüber dem Vorjahr nach Bauart; (Branchenradar, 2014)

	Veränderungen geg. VJ in %			
	2010	2011	2012	2013
TOTAL	-	3,4	3,5	3,0
Neubau	-	2,3	4,1	-0,9
Bestand	-	3,6	3,4	3,7

Wenn nun die Veränderungen der einzelnen Jahre betrachtet und auf Wien umgelegt werden, ergibt sich folgendes Bild (Tabelle 9) für die Zukunft, bei anhaltender Steigerung von 3 % gegenüber dem Vorjahr für die Jahre 2020, 2050 und 2100.

Tabelle 9: Berechnung der jährlichen Veränderung des Absatzmarkt für die Jahre 2020, 2050 und 2100; (eigene Berechnung)

Veränderung des Absatzmarkt für die Jahre 2020, 2050 und 2100			
	Bis 6,9 kW	7 bis 14,9 kW	15 bis 29,9 kW
2020	16.744	6.480	906
2050	40.641	15.729	2.200
2100	178.166	68.955	9.645

Allerdings können diese Abschätzungen nicht realistisch genug angesehen werden, da weitere Faktoren, wie z.B. tatsächliche Klimaänderung, sozioökonomische Faktoren, nicht miteinbezogen werden, die ebenfalls für eine Kaufentscheidung ausschlaggebend sind. Es ist bloß eine rechnerische Abschätzung ausgehend vom Absatz aus dem Jahr 2013 mit einer konstanten jährlichen Veränderung von 3 %.

Für eine bessere Darstellung wird an dieser Stelle eine logistische Wachstumskurve für den Absatzmarkt von Klimasplitgeräten in Wien herangezogen. Für die Berechnung wird angenommen, dass sich ein absolutes Maximum für den Absatz aus der Anzahl der Wohnungen und einem Anteil der Nicht-Wohngebäude zusammensetzt.

Für die logistische Wachstumskurve wurde folgende Berechnung herangezogen:

$$B(t) = S * \frac{1}{1 + e^{-kSt} \left(\frac{S}{B(0)} - 1 \right)}$$

Wobei gilt:

B(0) ... Anfangsbestand

S ... Schranke (Sättigungsmenge)

k ... Konstante

t ... Zeitkonstante

B(t) ... Bestand in t

Die Gesamtanzahl der Wohneinheiten mit den Nicht-Wohneinheiten wurde wie folgt angenommen:

- 963.632 Wohnungen
- 6.833 Gebäude für Wohngemeinschaften
- 7.991 Nicht-Wohngebäude (ohne Hotels, ohne Gebäude des Verkehrs- und Nachrichtenwesens, ohne Industrie und Lagergebäude, ohne Gebäude für Kultur- und Freizeitzwecke sowie des Bildungs- und Gesundheitswesens)

Die Nicht-Wohngebäude setzen sich wiederum wie folgt zusammen:

- 4.757 Bürogebäude
- 3.234 Groß- und Einzelhandelsgebäude

Die obere Schranke setzt sich wiederum unter der Annahme zusammen, dass die Wohnungen jeweils als eine Einheit gerechnet werden sowie die Wohnungen in Gebäude für Gemeinschaften jeweils als eine Einheit zu rechnen sind. Bei den Bürogebäuden wird angenommen, dass jeweils fünf Räume zu kühlen sind und daher äquivalent zu 23.785 Wohneinheiten gerechnet werden können. Bei den Groß- und Einzelhandelsgebäuden wird mit 15 zu kühlenden Räumen je Gebäude gerechnet und ergeben somit 48.510 äquivalente Wohneinheiten.

Zusammen ergibt dies 1.042.760 äquivalente Wohneinheiten in Wien, die als oberste Kapazität für die Berechnung herangezogen werden.

Weiters wurde als Anfangsbestand 600 Geräte im Jahr 1980 angenommen und als Diffusionsdauer, in der 99% der Diffusion erreicht wird, wurden 100 Jahre angesetzt.

Unter der Verwendung der oben angeführten Formel ergibt sich folgende Abbildung 26:

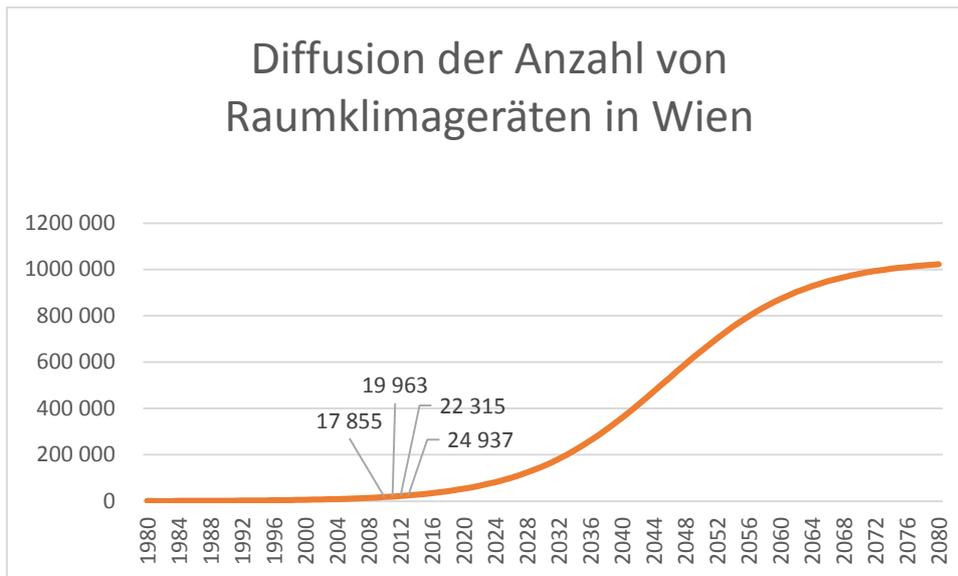


Abbildung 26: Diffusionskurve der Anzahl von Raumklimageräten in Wien

In dieser Abbildung ist zu erkennen, dass am Anfang der Absatz der Klimageräte eher langsam vonstattengeht. Wobei man ebenfalls ablesen kann, dass in den nächsten Jahren ein stetiger Anstieg zu verzeichnen sein wird und dann der Absatz steil nach oben gehen wird. Im Jahr 2074 ca. wird eine Menge von 1.000.000 Stück erreicht sein und die Sättigung wird nahezu 100 % sein. Bei dieser Berechnung wird allerdings davon ausgegangen, dass die Geräte Erstanschaffungen sind. Weiters wird in dieser Berechnung davon ausgegangen, dass im Jahr 1980 die ersten Klimageräte auf dem Markt gekommen sind und zwar mit einer Menge von 600 Geräten.

Es wurden die berechneten Mengen der Jahre 2010, 2011, 2012 und 2013 eingezeichnet, um diese mit den Mengen der Marktstudie vergleichen zu können.

Tabelle 10: Vergleich Diffusionskurve mit tatsächlich abgesetzten Mengen von Raumklimageräten in Wien für die Jahre 2010, 2011, 2012 und 2013

	Menge aus Diffusionskurve	Marktstudie von Branchenradar
2010	17.855	17.805
2011	19.963	18.410
2012	22.315	19.050
2013	24.937	19.620

Man kann nun erkennen, dass die Diffusionskurve von einem besseren Absatz von Raumklimageräten ausgeht. Sie korreliert in gewisser Maßen mit den tatsächlich abgesetzten Mengen in den ausgewählten Jahren, allerdings geht sie dann von einem steiler ansteigenden Absatz aus. Sie kann näherungsweise herangezogen werden, die zukünftige Marktentwicklung abzuschätzen, freilich müssen gewisse Anpassungen der Konstanten in der Diffusionsberechnung vorgenommen werden, um die Zukunft realistischer abschätzen zu können, dafür wären hingegen alle Vergangenheitswerte notwendig.

8.3 Diffusion in Mailand

Bei der Erhebung der Diffusion in Mailand wurde dieselbe Art und Weise wie bei der Erhebung in Wien angewendet. Es wurden somit ebenfalls per Email Anfragen an Hersteller und Verkäufer geschickt, leider mit derselben geringen Rückmeldung.

Eine weitere Recherche gestaltete sich insofern schwierig, da italienische Sprachkenntnisse nicht vorhanden sind und es nur wenige Informationen in Englisch gibt. Es konnte zwar eine Statistik aufgetrieben werden, die den gesamten italienischen Markt für das Jahr 2011 abbildet. Laut dieser Statistik wurde von Single- und Multisplitgeräten in diesem Jahr eine Menge von 668.533 Stück und von Kompaktgeräten eine Menge von 12.568 Stück verkauft. Allerdings beziehen sich diese Mengen auf ganz Italien. Lediglich eine Aufteilung des Absatzmarktes gemessen am Umsatz für verschiedene Regionen gibt es. Diese Verteilung ist in folgender Tabelle dargestellt. (Andec, 2011)

Tabelle 11: Umsatz der Klimasplitgeräte in Italien aufgeteilt in geographische Regionen; (Andec, 2011)

Umsatz der Klimasplitgeräte nach geographischer Verbreitung	
Nord-West	€ 220.404.744
Nord-Ost	€ 166.387.226
Zentral und Sardinien	€ 150.691.781
Süden und Sizilien	€ 106.671.480
Insgesamt	€ 644.155.231

Da diese Statistik leider nur ein Jahr und den Umsatz abbildet, können dadurch keine Zukunftsprognosen wie für Wien abgegeben werden.

Ein Vergleich mit Österreich ist schwierig, dennoch wird versucht, diese beiden Statistiken miteinander zu vergleichen und eine Abschätzung abzugeben. In nachstehender Tabelle 12 wird der Umsatz in Wien für das Jahr 2011 abgebildet.

Tabelle 12: Umsatz der Klimasplitgeräte im Jahr 2011 in Wien aufgeteilt nach Leistungsklassen; (Branchenradar, 2014)

Umsatz der Klimasplitgeräte in Wien im Jahr 2011 nach Leistungsklasse	
Bis 6,9 kW	€ 10.861.000
7 bis 14,9 kW	€ 8.832.000
15 bis 29,9 kW	€ 4.937.000
Insgesamt	€ 24.630.000

Vergleicht man nun den totalen Wert von Wien mit dem Wert von Italien für Nord-West ist zu erkennen, dass im Nord-Westen von Italien fast das Zehnfache von Wien abgesetzt wurde. Allerdings kann aus der Statistik nicht abgeleitet werden, welches Einzugsgebiet genau herangezogen wurde, und ob dies mit Wien vergleichbar ist. Somit kann kein direkter Vergleich gemacht und daher auch keine Abschätzung des Absatzes von Wien für die Zukunft abgegeben werden.

Eine Veränderung des Absatzes für Wien anhand des Umsatzes, um somit einen besseren Vergleich mit der Statistik von Italien zu erhalten, ist schwierig, da es nicht abzuschätzen ist, wie sich der Marktpreis eines Klimasplitgerätes verändern wird und es daher nicht wie bei der Absatzmenge mit einem Prozentsatz zu berechnen ist.

9 Conclusio

Zunächst wurde in dieser Arbeit erhoben, welche Maßnahmen es in der Gebäudetechnik gibt, um sich vor Überwärmung in den Räumen schützen zu können. Diese Maßnahmen sind jedoch abhängig von der Geometrie der Gebäude und der bereits bestehenden Ausstattung sowie von den (kalkulierten) Investitionskosten, und müssen daher individuell betrachtet werden.

Neben diesen Maßnahmen wurde versucht die Diffusion der Klimageräte in der Stadt Wien darzustellen und mit einer südlich gelegenen Stadt zu vergleichen. Zusammenfassend kann man nun sagen, dass sich die Stadt Mailand als Vergleichsstadt für Wien gut eignet. Einerseits von den Klimadaten und andererseits von den Gebäuden her.

Dies ist insbesondere anhand der Anzahl der Kühlgradtage der beiden Städte erkenntlich. So zeigen die Klimamodelle, dass die Stadt Mailand eine aktuelle Anzahl von 860 Kühlgradtage (nach dem Klimamodell Aladin) hat. Nach dem Klimamodell Aladin soll die Stadt Wien diesen Wert im Jahr 2060 erreichen. Das Modell REMO prognostiziert der Stadt Wien die Erreichung des Standes von Mailand im Jahr 2070. Die Unterschiede ergeben sich aufgrund unterschiedlicher globaler Klimamodelle als Basis.

Aufbauend auf diesen Erkenntnissen sollte ferner festgestellt werden, ob die beiden Städte auch anhand ihrer Gebäudestruktur und –verteilung miteinander vergleichbar sind. Dazu wurden Statistiken zur Gebäudezählung analysiert und die Bauperioden der jeweiligen Gebäude erhoben. Mithilfe der Gebäudetypologie TABULA und dem daraus entstandenen Webtool wurden die einzelnen U-Werte der Gebäudeteile miteinander verglichen, wobei festgestellt werden konnte, dass die Gebäude in den Städten zwar **in derselben Bauperiode (Bauperiode „vor 1919“) entstanden sind, aber** unterschiedliche Baumaterialien verwendet wurden. Mit dem Webtool kann zusätzlich ausgerechnet werden, wie sich Sanierungsmaßnahmen auf die U-Werte der Gebäudeteile auswirken, auch können dies nur Einzelmaßnahmen sein.

Abschließend wurde das Augenmerk auf die Verteilung der Klimageräte in den Städten gelegt. Dazu wurden Hersteller und Verkäufer um deren Verkaufsstatistiken gebeten, um eine Verbreitung der Geräte ableiten zu können. Allerdings konnten keine

Statistiken erhoben werden, da diese Zahlen dem Betriebsgeheimnis unterliegen. Dennoch konnte mittels eines Ausschnittes einer Marktstudie die Diffusion der Klimageräte in Wien für die Jahre 2010-2013 analysiert werden. Zusätzlich wurde eine Statistik zu den Absätzen von Kühlanlagen in Italien aufgefunden, die allerdings nur Regionen abbildet. Da diese Statistiken aus unterschiedlichen Jahren stammen, die italienische Statistik nur ein Jahr abbildet und nur auf Regionen bezogen ist, kann kein direkter Vergleich vorgenommen werden. Aufgrund der Ergebnisse einer Studie der Europäischen Kommission kann allerdings abgeleitet werden, dass sich die Zahl der Klimageräte in den nächsten 20 Jahren mehr als verdreifachen könnte. Bei der Diffusion der Geräte kann für die Zukunft angenommen werden, dass bei Neubauten der Bürogebäude diese gekühlt sein werden und somit die zukünftige Sättigung bei Bürogebäude zu 100 % ist.

Weiters wurde versucht anhand einer logistischen Wachstumskurve festzustellen, wann ungefähr eine Sättigung in Wien erreicht sein wird. Dazu wurden die gesamten Wohneinheiten und mögliche Büroeinheiten zusammengezählt. Dies ergab eine maximale Sättigungsmenge von 1.042.760 Wohneinheiten. Mit einer Lancierung der Klimageräte im Jahr 1980 mit 600 Geräten konnte ein Ergebnis errechnet werden, dass im Jahr 2070 ca. die Grenze von 1.000.000 Stück erreicht sein wird. Dennoch ist dies als bloße Schätzung zu sehen, da der genaue Zeitpunkt der Lancierung und der dazugehörenden Menge nicht genau bestimmt werden konnten.

Um einen besseren Vergleich durchführen zu können, ist es daher notwendig, Verkaufsstatistiken von den Städten, vor allem von Mailand, aufzubereiten. Weiters ist hier wichtig, Trends zu analysieren, warum ein Klimagerät gekauft wird, die jeweiligen Nutzerverhalten der Bewohnerinnen und Bewohner zu analysieren, aber ebenfalls aufzuzeigen, dass es auch schon mit einfachen Maßnahmen möglich ist, den Raum vor Überwärmung zu schützen und so die Kosten vielleicht geringer halten zu können.

10 Literaturverzeichnis

Amtmann, M. & Altmann-Mavaddat, N., 2014. *Eine Typologie österreichischer Wohngebäude*. 1. Auflage Hrsg. Wien: Österreichische Energieagentur - Austrian Energy Agency.

Andec, 2011. *ANDEC - National Association of Consumer Electronics Importers and Manufacturers*. [Online]

Available at: <http://www.andec.it/public/Mercato%20Condizionatori%202011.pdf>
[Zugriff am 30 Juni 2014].

Baunetzwissen, 2014. [Online]

Available at: http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Sonnenschutz-Sonnenschutzglas_776430.html
[Zugriff am 11 Jänner 2014].

Branchenradar, 2014. *BRANCHENRADAR Klimasplitgeräte in Österreich, Kreuzer Fischer und Partner Consulting GmbH*. [Online]

Available at: <http://www.branchenradar.at>
[Zugriff am 12 Juli 2014].

CECED, 2006. *Comments and answers to Armines questions, EuP study "eco-design of RAC"*. s.l.:s.n.

Citype, 2014. *wien-vienna*. [Online]

Available at: <http://www.wien-vienna.at/index.php?ID=491>
[Zugriff am 13 Jänner 2014].

City-Tourist Mailand, 2014. *City Tourist*. [Online]

Available at: <http://www.italien.city-tourist.de/Mailand.htm>
[Zugriff am 20 Juni 2014].

Europäisches Parlament, 2010. *Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung)*. Straßburg: Amtsblatt der Europäischen Union.

Fink, C., Blümel, E., Kouba, R. & Heimrath, R., 2002. *Passive Kühlkonzepte für Büro- und Verwaltungsgebäude mittels luft- bzw. wasserdurchströmten Erdreichwärmetauschern*. Gleisdorf: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.

Gilbert, P., 2012. *MetOffice*. [Online]

Available at: <http://ensembles-eu.metoffice.com/>
[Zugriff am 15 Juni 2014].

Helmholtz-Zentrum Geesthacht, 2014. *Climate Service Center Germany*. [Online]

Available at: http://www.climate-service-center.de/011555/index_0011555.html.de
[Zugriff am 05 Mai 2014].

IPCC, 2007. *Klimaänderung 2007 - Synthesebericht*, Berlin: Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCC, 2013. *Intergovernmental Panel on Climate Change*. [Online]
Available at: http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL.pdf

[Zugriff am 15 Oktober 2014].

ISTAT, 2011. *ISTAT*. [Online]
Available at: <http://dati-censimentopopolazione.istat.it/?lang=en&SubSessionId=7fc9c8be-1337-4e97-86e3-614a5b80fa45#>

[Zugriff am 25 Juli 2014].

IWU, 2009. *Tabula*. [Online]
Available at: <http://www.iwu.de/forschung/energie/abgeschlossen/tabula/>
[Zugriff am 25 August 2014].

Kallmann, K., Decker, S., Hübner, V. & Presutto, M., 2007. *Beschaffung und Klimaschutz - Leitfaden zur Beschaffung von Geräten, Beleuchtung und Strom nach den Kriterien Energieeffizienz und Klimaschutz; Modul 1: Beschaffung von energieeffizienten Bürogeräten*. Berlin: Berliner Energieagentur GmbH.

Klima, 2014. *Klimadiagramme*. [Online]
Available at: <http://www.klimadiagramme.de/Frame/koeppen.html>
[Zugriff am 9 Jänner 2014].

Kromp-Kolb, H. & Formayer, H., 2005. *Schwarzbuch Klimawandel*. Salzburg: ecowin Verlag der TopAkademie GmbH.

Latif, M., 2004. *Klima*. Frankfurt am Main: S. Fischer Verlag GmbH.

MeteoSchweiz, 2010. *Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz*. [Online]
Available at: <http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de.html>
[Zugriff am 13 Mai 2014].

OiB-RL6, 2011. *OiB-Richtlinie 6: Energieeinsparung und Wärmeschutz*. Wien: Österreichisches Institut für Bautechnik.

ÖNORM B 8110-1, 2011. *Wärmeschutz im Hochbau - Teil 1: Deklaration des Wärmeschutzes von Niedrig- und Niedrigstenergiegebäuden - Heizwärmebedarf und Kühlbedarf*. 2011-11-01 Hrsg. Wien: Austrian Standards Institute.

ÖNORM B 8110-3, 2012. *Wärmeschutz im Hochbau - Teil 3: Vermeidung sommerlicher Überwärmung*. 2012-06-15 Hrsg. Wien: Austrian Standards Institute.

ÖNORM B 8110-6, 2010. *Wärmeschutz im Hochbau - Teil 6: Grundlagen und Nachweisverfahren - Heizwärmebedarf und Kühlbedarf*. 2010-01-01 Hrsg. Wien: Austrian Standards Institute.

Pech, A., Jens, K. & Harm, J., 2005. *Heizung und Kühlung*. 1. Auflage (Baukonstruktionen, 15.) Hrsg. Wien: Springer.

PowerClim, 2014. s.l.:s.n.

Ranft, F. & Frohn, B., 2004. *Natürliche Klimatisierung*. Basel: Birkhäuser Verlag.

Rivière, P. et al., 2009. *Task 2 Report on Market and Economic Analysis , Preparatory Study on the Environmental Performance of Residential Room Conditioning Appliances (airco and ventilation)*. Frankreich: Europäische Kommission.

Sailor, D., 2001. *Relating residential and commercial sector electricity loads to climate - evaluating state level sensitivities and vulnerabilities*. s.l.:Energy 26.

Schormann, P. & Behrla, O., 2014. *DAA Deutsche Auftragsagentur GmbH*. [Online] Available at: <http://www.daemmen-und-sanieren.de/fenster/verglasung/sonnenschutzglas> [Zugriff am 10 Jänner 2014].

Schranzhofer, H., Heimrath, R., Heinz, A. & Streicher, W., 2008. Warum passive Kühlung?. In: F. Pretenthaler & A. Gobiet, Hrsg. *Studien zum Klimawandel in Österreich Bd. II - Heizen und Kühlen im Klimawandel - Teil 1*. Wien: Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften Wien, p. 91ff.

Statistik Austria, 2012. *Statistik Austria*. [Online] Available at: https://www.statistik.at/web_de/statistiken/bevoelkerung/volkszaehlungen_registerz_aehlungen/index.html [Zugriff am 13 Jänner 2014].

TABULA Project Team, 2012. *Application of Building Typologies for Modelling the Energy Balance of the Residential Building Stock - TABULA Thematic Report N°2*. [Online] Available at: http://episcopo.eu/fileadmin/tabula/public/docs/report/TABULA_TR2_D8_NationalEnergyBalances.pdf [Zugriff am 25 August 2014].

Wetteronline, 2014. *WetterOnline Meteorologische Dienstleistungen GmbH*. [Online] Available at: <http://www.wetteronline.de/> [Zugriff am 12 April 2014].

ZAMG, 2014a. *Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik*. [Online] Available at: <http://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/klimaforschung/klimamodellierung/globale-klimamodelle> [Zugriff am 05 Mai 2014].

ZAMG, 2014b. *Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik*. [Online] Available at: <http://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/klimaforschung/klimamodellierung/regionale-klimamodelle> [Zugriff am 05 Mai 2014].

11 Anhang

Aufteilung der Klimageräte in Wien nach Leistungsklasse



Klimasplitgeräte | Leistungsklassen

	Umsatz in 1.000 €										Absatz in Anlagen										Durchschnittl. Preis pro Anlage in €									
	2010	2011	2012	2013	2014e	2015f	2010	2011	2012	2013	2014e	2015f	2010	2011	2012	2013	2014e	2015f	2010	2011	2012	2013	2014e	2015f						
TOTAL	21.920	24.630	24.910	25.765	24.300	25.730	17.805	18.410	19.050	19.620	18.730	19.650	1.343	1.338	1.308	1.313	1.297	1.309	1.343	1.338	1.308	1.313	1.297	1.309						
bis 6,9 kW	11.420	10.861	11.700	13.436	13.200	13.520	11.800	11.900	12.450	13.614	13.160	13.630	968	913	940	987	1.003	992	968	913	940	987	1.003	992						
7 bis 14,9 kW	8.120	8.832	8.360	8.055	7.560	7.920	5.060	5.580	5.680	5.269	4.970	5.270	1.605	1.583	1.472	1.529	1.521	1.503	1.605	1.583	1.472	1.529	1.521	1.503						
15 bis 29,9 kW	4.380	4.937	4.850	4.274	3.540	4.290	945	930	920	737	600	730	4.635	5.309	5.272	5.799	5.900	5.720	4.635	5.309	5.272	5.799	5.900	5.720						
TOTAL	-	3,0	1,1	3,4	-5,7	5,9	-	3,4	3,5	3,0	-4,5	4,9	-	-0,4	-2,3	0,4	-1,2	0,9	-	-0,4	-2,3	0,4	-1,2	0,9						
bis 6,9 kW	-	-4,9	7,7	14,8	-1,8	2,4	-	0,8	4,6	9,3	-3,3	3,6	-	-5,7	3,0	5,0	1,6	-1,1	-	-5,7	3,0	5,0	1,6	-1,1						
7 bis 14,9 kW	-	8,8	-5,3	-3,6	-6,1	4,8	-	10,3	1,8	-7,2	-5,7	6,0	-	-1,4	-7,0	3,9	-0,5	-1,2	-	-1,4	-7,0	3,9	-0,5	-1,2						
15 bis 29,9 kW	-	12,7	-1,8	-11,9	-17,2	21,2	-	-1,6	-1,1	-19,9	-18,6	25,0	-	14,5	-0,7	10,0	1,7	-3,1	-	14,5	-0,7	10,0	1,7	-3,1						
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0						
bis 6,9 kW	47,7	44,1	47,0	52,1	54,3	52,5	66,3	64,6	65,4	69,4	70,3	69,4	66,3	64,6	65,4	69,4	70,3	69,4	66,3	64,6	65,4	69,4	70,3	69,4						
7 bis 14,9 kW	33,9	35,9	33,6	31,3	31,1	30,8	28,4	30,3	29,8	26,9	26,5	26,8	28,4	30,3	29,8	26,9	26,5	26,8	28,4	30,3	29,8	26,9	26,5	26,8						
15 bis 29,9 kW	18,3	20,0	19,5	16,6	14,6	16,7	5,3	5,1	4,8	3,8	3,2	3,8	5,3	5,1	4,8	3,8	3,2	3,8	5,3	5,1	4,8	3,8	3,2	3,8						

Aufteilung der Klimageräte in Wien nach Gebäudeart



Klimasplittergeräte | Bauart

	Umsatz in 1.000 €					Absatz in Anlagen					Durchschnittl. Preis pro Anlage in €							
	2010	2011	2012	2013	2014e	2015f	2010	2011	2012	2013	2014e	2015f	2010	2011	2012	2013	2014e	2015f
TOTAL	21.920	24.630	24.910	25.765	24.300	25.730	17.805	18.410	19.050	19.620	18.730	19.050	1.343	1.338	1.308	1.313	1.297	1.309
Neubau	3.919	3.992	4.063	4.045	4.178	3.823	2.917	2.984	3.107	3.080	3.220	2.920	1.344	1.338	1.308	1.313	1.298	1.309
Bestand	20.001	20.638	20.847	21.720	20.122	21.907	14.888	15.426	15.943	16.540	15.510	16.730	1.343	1.338	1.308	1.313	1.297	1.309
				Veränderung gg. Vj in %						Veränderung gg. Vj in %						Veränderung gg. Vj in %		
TOTAL	-	3,0	1,1	3,4	-5,7	5,9	-	3,4	3,5	3,0	-4,5	4,9	-	-0,4	-2,3	0,4	-1,2	0,9
Neubau	-	1,9	1,8	-0,4	3,3	-8,5	-	2,3	4,1	-0,9	4,5	-9,3	-	-0,4	-2,3	0,4	-1,2	0,9
Bestand	-	3,2	1,0	4,2	-7,4	8,9	-	3,6	3,4	3,7	-6,2	7,9	-	-0,4	-2,3	0,4	-1,2	0,9
				Anteile in %						Anteile in %						Anteile in %		
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Neubau	16,4	16,2	16,3	15,7	17,2	14,9	16,4	16,2	16,3	15,7	17,2	14,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Bestand	83,6	83,8	83,7	84,3	82,8	85,1	83,6	83,8	83,7	84,3	82,8	85,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Absatzzahlen von Klimageräte in Italien, aufgeteilt nach Regionen

Pubblichiamo i risultati dell'indagine sulle vendite sell-in nel mercato dei condizionatori relative all'anno 2011. Le informazioni sono state elaborate grazie al contributo di dieci aziende leader del mercato di riferimento.

Mercato dei condizionatori in Italia vendite sell-in, escluse OEM

Anno 2011

Risultato sell-in	Quantità	Valore
Mono e Multi Split	668.533	€ 536.909.747
Sistemi VRF	12.568	€ 107.245.484

Fatturato sell-in per aree geografiche	
Nord Ovest	€ 220.404.744
Nord Est	€ 166.387.226
Centro e Sardegna	€ 150.691.781
Sud e Sicilia	€ 106.671.480
Totale Italia	€ 644.155.231