

THEMA

## Nutzung fester Biomasse in Großstädten

Nutzung fester Biomasse in ausgewählten europäischen Städten und  
betriebswirtschaftliche Berechnungen für feste Biomasse im Wiener  
Strom- und Wärmemarkt

MAI 2016

**Wien!**  
**voraus**

Energieplanung

StoDt+Wien

# Nutzung fester Biomasse in Großstädten

Nutzung fester Biomasse in ausgewählten europäischen Städten und betriebswirtschaftliche Berechnungen für feste Biomasse im Wiener Strom- und Wärmemarkt

Eine Studie im Auftrag der MA 20 – Energieplanung der Stadt Wien



# Nutzung fester Biomasse in Großstädten

Nutzung fester Biomasse in ausgewählten europäischen Städten und betriebswirtschaftliche Berechnungen für feste Biomasse im Wiener Strom- und Wärmemarkt

## **Herausgeber und Auftraggeber:**

MA 20 – Energieplanung der Stadt Wien

## **Autoren:**

Mag. (FH) Hannes Warmuth, Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik (ÖGUT)

DI Andreas Veigl, Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik (ÖGUT)

Wien, Mai 2016

An dieser Stelle sei allen Interviewpartnerinnen und Interviewpartnern für die entgegengebrachte Offenheit und ihre Zeit bei der Beantwortung der Fragen ausdrücklich gedankt. Die interessanten und aufschlussreichen Gespräche fanden per Telefon statt und wurden schriftlichen nachbearbeitet. Herzlichen Dank an (in alphabetischer Reihenfolge):

**Katrin Bernath** – Stadt Winterthur, Umwelt- und Gesundheitsschutz

**Hannes Binder** – Graz Umwelt, ASV Luftreinhaltung & Chemie

**Michael Erman** – City of Stockholm, Planning Administration

**Guido Lanzani** – Arpa Lombardia, Environmental Monitoring Sector

**Louis-Marie Le Leuch** – Compagnie Parisienne de Chauffage Urbain

**Martin Lutz** – Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Luftreinhalteplanung

**Ernst Meißner** – Grazer Energieagentur

**Achim Neuhäuser** – Berliner Energieagentur

**Inge Nilsson** – City of Copenhagen, Technical and Environmental Department

**Mar Viana** – Spanish Research Council, Institute of Environmental Assessment and Water Research

**Christoph Walla** – Kommunalkredit Public Consulting

# Inhaltsverzeichnis

1	Auftrag.....	6
2	Einleitung .....	6
2.1	Klimaschutz in Wien .....	8
2.2	Nachhaltigkeit der Biomassenutzung .....	9
3	Festlegung der Beispielstädte und der Vorgangsweise für die Recherche.....	9
3.1	Auswahl der Beispielstädte .....	9
3.2	Vorgangsweise bei der Recherche.....	11
4	Ergebnisse der Recherche .....	12
4.1	Ergebnisse zu Zielen und Strategien im Bereich Energieversorgung und Klimaschutz .....	12
4.2	Feste Biomasse: Herkunft, Logistik, Technologien .....	19
4.3	Luftreinhaltung .....	22
4.4	Erfolgsfaktoren und kritische Faktoren .....	28
5	Beispielrechnungen für Wien .....	30
5.1	Definition von Anwendungsfällen .....	30
5.2	Biomassenutzung am Standort Simmering .....	31
5.3	Biomassenutzung in neuen Heizwerken .....	34
6	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen .....	39
0	Anhang.....	46
0.1	Interviewleitfaden.....	
0.2	Interviewdokumentation.....	
0.3	Präsentation des Ideenworkshops am 19. Dezember 2014.....	
0.4	Präsentation des Zwischenberichtworkshops am 23. April 2015 .....	
0.5	Endpräsentation vom 21. Dezember 2015 .....	

# 1 Auftrag

**Ziel dieser Arbeit** war die **Recherche von Policies** relevanter (europäischer) Großstädte gegenüber der Nutzung von fester Biomasse zur Strom- und Wärmeversorgung im Stadtgebiet. Besonderes Augenmerk sollte dabei auf die rechtlichen, institutionellen und politisch-administrativen Rahmenbedingungen gelegt werden. Die Rechercheergebnisse sollten mit relevanten städtischen AkteurInnen diskutiert werden und es sollten daraus Empfehlungen für die Stadt Wien abgeleitet werden.

Im Zuge der Arbeiten mit den Wiener AkteurInnen wurde der Auftrag dahingehend abgeändert, dass lediglich sechs anstatt der ursprünglich vorgesehenen rund zehn Städtebeispiele recherchiert werden sollten; stattdessen sollten betriebswirtschaftliche Berechnungen konkreter **Anwendungsfälle** zur Nutzung fester Biomasse für die Strom- und Fernwärmebereitstellung in Wien angestellt werden. Kleinfeuerungsanlagen fanden aus Gründen der Luftreinhaltung dabei explizit keine Berücksichtigung.

Zur Begleitung des Projekts wurden **Stakeholder-Workshops** durchgeführt, in die AkteurInnen aus dem Magistrat oder dem Umfeld der Stadt Wien sowie ExpertInnen aus dem Bereich der Biomasse eingebunden waren. In den Workshops wurden u. a. die Auswahl der Beispielstädte diskutiert und die Ergebnisse der Recherchen sowie die Ergebnisse der betriebswirtschaftlichen Berechnungen beraten. Die Mitglieder dieses „Beirats“ wurden auch zur Stellungnahme zum Endbericht eingeladen. VertreterInnen folgender Institutionen waren dazu eingeladen bzw. waren aktiv involviert:

- MA 20
- MA 22
- MA 36
- MD-KLI
- Energy Center Wien (TINA Vienna GmbH)
- Wien Energie
- Wien Energie Bundesforste Biomassekraftwerk GmbH & CO KG (WEBBK)
- Österreichische Bundesforste
- Biomasseverband Österreich
- Landwirtschaftskammer Österreich

## 2 Einleitung

Die Stadt Wien hat sich in der „Smart City **Wien** Rahmenstrategie“<sup>1</sup> dazu bekannt, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß bis 2030 bzw. 2050 drastisch zu verringern und den Anteil erneuerbarer Quellen am Bruttoendenergieverbrauch kontinuierlich zu erhöhen (von 11 % derzeit auf 20 % in 2030, 50

---

<sup>1</sup> vgl. Smart City Wien – Rahmenstrategie ([Link](#), zuletzt abgerufen am 12.08.2015), die Rahmenstrategie wurde am 25. Juni vom Wiener Gemeinderat beschlossen

% in 2050 – wobei in diesen Zielwerten auch erneuerbare Energieimporte von außerhalb des Stadtgebiets subsummiert sind).

Im Lauf der letzten Jahre haben auch zahlreiche andere europäische (Groß-)Städte Energie- bzw. Klimaschutzstrategien beschlossen, die die Absenkung der städtischen Treibhausgasemissionen und/oder die Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energieträger an der kommunalen Energieversorgung zum Ziel haben.

Die Transformation unserer Energiesysteme hin zu einer post-fossilen, CO<sub>2</sub>-freien Gesellschaft stellt gerade Städte vor enorme Herausforderungen. Unter anderem auch deswegen, weil die Nutzung erneuerbarer Energieträger in der Stadt naturgemäß schwieriger als im ländlichen Raum ist. Insbesondere die „vor-Ort“ verfügbaren Erneuerbaren-Potentiale, die sich aus der Solareinstrahlung bzw. den jeweils unterschiedlichen Potentialen an Umgebungswärme ergeben, reichen häufig nicht aus um mehr als einen kleinen Anteil des Energiebedarfs in einer Stadt oder einem Stadtteil zu decken. Die Nutzung anderer Vor-Ort-Potentiale, wie z.B. Wind- oder Wasserkraft, stößt im dicht besiedelten Raum auf Akzeptanzprobleme.

Vor diesem Hintergrund wird klar, dass hohe „Erneuerbaren-Ziele“ (wie z.B. das Ziel Wiens, bis 2050 die Hälfte des Energieverbrauchs mit Erneuerbaren Energien zu decken) einen „Import“ von erneuerbaren Energien erforderlichen machen. Das kann in Form von im Umland erneuerbar erzeugtem Strom oder Gas, der/das in die Stadt geleitet wird, erfolgen. Das kann aber auch in Form von Biomasse erfolgen, die aus dem Umland stammt, aber in der Stadt verbrannt wird.

Vor dem Hintergrund von Luftreinhaltezielen bzw. -verpflichtungen (u.a. für Staub und NO<sub>x</sub>) ist die Nutzung von Biomasse im urbanen Raum jedoch eine Strategie, die in vielen Städten umstritten ist. Während die Biomassenutzung auf der einen Seite die CO<sub>2</sub>- und Erneuerbaren-Ziele erfüllen hilft, wird die Erreichung anderer Ziele dadurch unter Umständen erschwert.

Die Nutzung fester Biomasse in Wien wird in erster Linie durch das Biomassekraftwerk Simmering geprägt. Das seit 2006 in Betrieb befindliche Heizkraftwerk mit einer Nennleistung von 60 MW wird mit Frischholz befeuert und versorgt rund 48.000 Haushalte mit Strom und 12.000 Haushalte mit Wärme<sup>2</sup>. Das Biomassekraftwerk wurde von der Wien Energie Bundesforste Biomasse Kraftwerk GmbH & Co KG (WEBBK) errichtet und betrieben, die Anteile liegen zu zwei Dritteln bei der Wien Energie und einem Drittel bei der ÖBF Beteiligungs GmbH<sup>3</sup>.

---

<sup>2</sup> vgl. Biomassekraftwerk Simmering ([Link](#), abgerufen am 01.09.2015)

<sup>3</sup> vgl. Wien Energie ([Link](#), abgerufen am 01.09.2015)



## 2.1 Klimaschutz in Wien

Zwischen 1995 und 2012 stieg der Wiener Endenergieverbrauch von 32 TWh auf 38 TWh. Im Jahr 2004 wurde das Maximum von 40 TWh erreicht, wobei festzuhalten bleibt, dass er seit 2002 allerdings annähernd stagnierend ist [MA20 2014, S. 33]. Eine ähnliche Entwicklung zeigt sich bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen: Während 1990 pro Einwohner 5,3 Tonnen CO<sub>2</sub> emittiert wurden und zwischenzeitlich auf 6,3 Tonnen CO<sub>2</sub>/Kopf stiegen, sank der CO<sub>2</sub>-Emissionsausstoß wieder auf 5,3 Tonnen im Jahre 2012. Das entspricht einer Verringerung von 1 % gegenüber dem Referenzjahr 1990 [MA20 2014, S. 112].

Die THG-Emissionen stiegen von 1990 bis 2012 um 10 % auf rund 9 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente an, wobei alleine die verkehrsbedingten Emissionen für mehr als die Hälfte (58 %) dieses Anstiegs verantwortlich sind. Der zweitgrößte Verursacher neben dem Verkehr ist der Bereich der Energieversorgung, in welchem die Treibhausgas-Emissionen von 2,45 Mio. Tonnen auf 3,13 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente stiegen (+27 %) [MA20 2014, S.110]. Mit der Umsetzung des Klimaschutzprogramms (KliP II) sollen im Zeitraum zwischen 2010 und 2020 insgesamt 1,4 Mio. Tonnen an THG-Emissionen jährlich vermieden werden [MD-KLI 2009, S.5]. Die fünf Handlungsfelder sind:

- Energieaufbringung
- Energieverwendung
- Mobilität und Stadtstruktur
- Beschaffung, Abfallwirtschaft, Land- und Forstwirtschaft, Naturschutz
- Öffentlichkeitsarbeit

Mit dem Beschluss der Smart City Rahmenstrategie im Juni 2014 sollte ein weiterer Grundstein zu einer nachhaltigen, ressourcenschonenden Energieversorgung gelegt werden. Im Bereich Klimaschutz wurden dabei folgende Ziele beschlossen:

- Senkung der Treibhausgasemissionen pro Kopf um jedenfalls 35 % bis 2030 und 80 % bis 2050 (Referenzjahr 1990) Nutzung fester Biomasse in Wien

Der Anteil erneuerbarer Energieträger am energetischen Endverbrauch hat sich seit 2005 von 6 % auf 12 % im Jahr 2012 verdoppelt. Ein wesentlicher Grund dafür war auch die Inbetriebnahme des Biomassekraftwerks Simmering. In Wien wurden im Jahr 2012 16,5 % des gesamten Bruttoendenergieverbrauchs an Strom, 16,4 % an Fernwärme und 6,4 % im Verkehrssektor durch erneuerbare Energien bereitgestellt.

Bezogen auf die Wärmeerzeugung aus Erneuerbaren ohne Fernwärme besitzt die Biomasse in Wien mit Abstand die größte Bedeutung: Feste und gasförmige Biomasse stellten 855 GWh erneuerbare Wärme im Jahr 2012 bereit, gefolgt von Umgebungswärme (98 GWh) und Solarwärme (61 GWh). Auch bei der erneuerbaren Fernwärme stellt die Biomasse eine nicht zu vernachlässigbare Größenordnung dar. Biomasse (Holz, Biogas und Biogene) stellte hier im Jahr 2012 rund 600 GWh an Wärme bereit, feste Biomasse (Holz) alleine rund 350 GWh. Im Vergleich zum Basisjahr 2005 konnte eine Zunahme bei Holz um 684 % erzielt werden [MA20 2014, S. 89].

In der Smart City Rahmenstrategie sind zum Anteil aller erneuerbarer Energien folgende Ziele festgehalten:

- im Jahr 2030 stammen mehr als 20 %, 2050 50 % des Bruttoendenergieverbrauchs von Wien aus erneuerbaren Quellen.

## 2.2 Nachhaltigkeit der Biomassenutzung

Im Rahmen dieses Projekts wurde in den Stakeholder-Diskussionen ein klares Bekenntnis zu einer nachhaltigen Nutzung fester Biomasse in Wien abgegeben. Dabei wurde die Frage erörtert, welche Kriterien diese erfüllen muss, um als nachhaltig zu gelten. Da keine einheitliche Definition dieser Nachhaltigkeit vorliegt, sei auf die Definition der Landesumweltanwaltschaften<sup>4</sup> verwiesen.

Als Arbeitsdefinition innerhalb des Projekts wird dabei feste Biomasse angesehen, die

- Vorzugsweise als Kuppelprodukt der stofflichen Nutzung von Holz oder in Form kaskadischer Nutzung (z.B. Altholz) anfällt bzw. aus nachhaltiger Forstwirtschaft stammt,
- einen geringen ökologischen Rucksack durch geringe Transportdistanzen und möglichst effiziente, CO<sub>2</sub>-arme Transportmodi aufweist und
- die in Anlagen mit einer Brennstoffwärmeleistung von mindestens 2 MW mit Rauchgasreinigung genutzt wird.

Im Bereich der Luftreinhalte ist zu beachten, dass die Verfeuerung fester Biomasse vergleichsweise höhere Staub-, Stickoxid- und Benzo(a)pyren-Emissionen verursacht. Dieser Umstand wird durch die ausschließliche Betrachtung von Anlagen mit mind. 2 MW und entsprechender Rauchgasreinigung reflektiert.

## 3 Festlegung der Beispielstädte und der Vorgangsweise für die Recherche

### 3.1 Auswahl der Beispielstädte

Die methodische Vorgehensweise beinhaltete die Recherche von mindestens sechs europäischen Großstädten im Umgang mit der „Nutzung fester Biomasse“. Die Bearbeitung erfolgte durch ausführliche Literatur- und Internetrecherche bzw. Interviews mit ExpertInnen aus den Städten. Für die Großstädte wurden die allgemeine Zugangsweise und die Rahmenbedin-

---

<sup>4</sup> Online verfügbar unter <http://wua-wien.at/images/stories/publikationen/luas-nachhaltige-nutzung-bioenergie-oesterreich.pdf>

gungen für einen ersten Stakeholder-Workshop aufbereitet und mögliche Beispiele vorgeschlagen (Dokumentation siehe Anhang). Beim dem Austausch mit ExpertInnen im Rahmen dieses Workshops wurde angeregt, den Fokus der Studie deutlich klarer zu machen und die energetische Nutzung von fester Biomasse zur Wärme- und Stromerzeugung in der Großstadt bzw. in Stadterweiterungsgebieten zu untersuchen. Weiters wurde festgelegt, nicht alle Kriterien auf alle zu untersuchenden Städte zu recherchieren, stattdessen sollten interessante Punkte und spezielle Charakteristika für unterschiedliche Städte behandelt werden. Den ExpertInnen wurden zehn mögliche Großstädte vorgestellt, die folgenden Kriterien genügen:

- Großstadt (> 100.000 EinwohnerInnen) bzw. Stadtentwicklungsgebiet
- Bestehende (ambitionierte) Energie- und Klimaziele
- Kein Biomasseversorgung über Seehafen
- Vergleichbare Situation punkto Emissionen und Immissionen

Auf Empfehlung der TeilnehmerInnen und aufgrund der Verfügbarkeit geeigneter AnsprechpartnerInnen wurden schließlich nachfolgende sechs Städte in eine detailliertere Recherche einbezogen:

- Barcelona (ES)
- Berlin (DE)
- Graz (AT)
- Kopenhagen (DK)
- Stockholm (SE)
- Winterthur (CH)

Ein und dieselbe Kontaktperson in den ausgewählten Städten konnte in den meisten Fällen jedoch nicht alle Themengebiete (gleich kompetent) abdecken, deshalb wurden nach Möglichkeit zwei Interviews durchgeführt – jeweils mit Ansprechpersonen für den Energie-/Klimaschutz und die Luftreinhaltung.

Tabelle 1: InterviewpartnerInnen<sup>5</sup> in den ausgewählten Großstädten und abgefragte Themengebiete

	Graz		Berlin		Winterthur	Stockholm	Kopenhagen	Barcelona
	Hannes Binder	Ernst Meißner	Martin Lutz	Achim Neuhäuser	Kathrin Bernath	Michael Erman	Inge Nielsen	Mar Viana
Ziele, Strategien								
Herkunft, Logistik								

<sup>5</sup> Weitere Interviews mit VertreterInnen von Großstädten (Mailand, Paris) wurden durchgeführt, aufgrund beschränkter Informationen/Auskünfte jedoch nicht in die Dokumentation mit aufgenommen

Luftrein- haltung								
Erfolgs- faktoren								

Hannes Binder - Graz Umwelt, ASV Luftreinhaltung & Chemie, Interview am 11.03.2015

Ernst Meißner - Grazer Energieagentur, Interview am 11.03.2015

Martin Lutz - Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Luftreinhaltungsplanung, Interview am 27.02.2015

Achim Neuhäuser - Berliner Energieagentur, Interview am 05.05.2015

Katrin Bernath - Stadt Winterthur, Umwelt- und Gesundheitsschutz, Interview am 18.03.2015

Michael Erman - City of Stockholm, Planning Administration, Interview am 25.06.2015

Inge Nilsson - City of Copenhagen, Technical and Environmental Department, Interview am 24.06.2015

Mar Viana - Spanish Research Council, Institute of Environmental Assessment and Water Research, Interview am 05.03.2015

### 3.2 Vorgangsweise bei der Recherche

Anhand der vorgeschlagenen Themen bei einem Brainstorming mit den TeilnehmerInnen des Workshops konnten folgende thematische Leitfragen geclustert und ein Interview-Leitfaden (siehe im Anhang) erstellt werden:

- Ziele und Strategien im Bereich Energieversorgung und Klimaschutz
- Feste Biomasse: Herkunft, Logistik, Technologien
- Luftreinhaltung
- Erfolgsfaktoren und kritische Faktoren

Der Leitfaden wurde für ausländische InterviewpartnerInnen übersetzt und insgesamt 10 Interviews nach Terminvereinbarung durchgeführt. Zur zielführenden Beantwortung aller Fragen wurden in den Städten Berlin und Graz jeweils zwei Interviews mit unterschiedlichen Personen durchgeführt. Die thematische Ausrichtung auf die energetische Biomassennutzung auf der einen Seite und das Thema der Luftreinhaltung auf der Anderen machte diesen Mehraufwand notwendig und zeigte das gewünschte Ergebnis. In Barcelona konnte kein Ansprechpartner für den Energie-relevanten Teil der Recherche gewonnen werden. In Kopenhagen und Stockholm wurde auf die Beantwortung der Fragen zum Thema Luftreinhaltung verzichtet, da hier die Energieversorgung mit Biomasse entweder keine Probleme verursacht und/oder die geografische Lage von Vorteil ist. Ergänzend wurde eine Literaturrecherche, meist über Hinweis und auf Empfehlungen der InterviewpartnerInnen, durchgeführt.

Zusätzlich wurden konkrete Anwendungsfälle für die Nutzung fester Biomasse in städtischen Bereichen recherchiert, die relevant für die Stadt Wien sein können. Relevant für Wien sind insbesondere Beispiele im Zusammenhang mit der Energieversorgung von (großen) Siedlungen bzw. der Einspeisung von Biowärme in das Fernwärmenetz bzw. in ein lokales Wärmenetz.

## 4 Ergebnisse der Recherche

### 4.1 Ergebnisse zu Zielen und Strategien im Bereich Energieversorgung und Klimaschutz

	Klimaziele	Erneuerbaren-Ziele (Wärme)	Biomasse
<b>Graz</b>	Keine Verschlechterung gegenüber IST-Stand	Ausbau Fernwärme, Erhöhung Anteil EE auf mind. 10% (derzeit 6%)	Errichtung einer 5MW-Hackschnitzelanlage geplant
<b>Berlin</b>	2050: 85% weniger CO <sub>2</sub> -Emissionen (Referenzjahr 1990)	Fernwärme-KWK, Solarthermie	Ausschließlich endogene Potenziale (Bioabfälle, Grünschnitt, etc.)
<b>Winterthur</b>	2000-Watt / 1-Tonne-CO <sub>2</sub> -Gesellschaft	Ca. 75% aus EE (Gesamt), hoher Anteil Umgebungswärme und Abwärme	Erhöhung BM-Anteil um Faktor 1,5 auf 140TJ im Wärmebereich
<b>Kopenhagen</b>	2025: CO <sub>2</sub> -freie Stadt	Fernwärme (98%, Anschlusszwang)	Einsatz in der KWK, derzeit 1 Anlage 100% Biomasse, 3 weitere in Planung
<b>Stockholm</b>	2050: unabhängig von fossilen Energieträgern	Fernwärme (90%, Abfall, Wärmepumpen, Biobrennstoffe), Gas spielt kaum eine Rolle	Einzig verbliebenes Kohlekraftwerk wird bis 2020 auf Biomasse umgestellt
<b>Barcelona</b>	-	(derzeit 0,57% gesamt), Solarthermie im Neubau und Sanierung	Kein nennenswerter Beitrag

Abbildung 1: Ergebnisse aus Interviews zu Zielen und Strategien im Bereich Energieversorgung und Klimaschutz

#### Berlin

Berlin verfolgt das langfristige Ziel, sich bis 2050 zu einer klimaneutralen Stadt zu entwickeln und die Kohlendioxidemissionen um mindestens 85 % bezogen auf das Referenzjahr 1990 zu reduzieren. In einem ersten Schritt wurde die Machbarkeitsstudie 2050, unter Mitwirkung des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung PIK und dem Institut für ökologische Wirtschaftsforschung IÖW, erarbeitet. Der Endenergieverbrauch 2010 betrug rund 268.000 TJ, wobei rund 47.000 TJ als Fernwärme und rund 44.000 TJ als Strom bereitgestellt wurden. Rund 104.000 TJ sind dem Wärmemarkt außerhalb der Fernwärme zuzuordnen, davon wiederum 66.000 TJ Erdgas und die verbleibenden 38.000 TJ dem restlichen Wärmemarkt (überwiegend leichtes Heizöl).

Nur rund 1 % der bereitgestellten Endenergie bzw. 3 % am Primärenergieverbrauch stammte 2010 aus erneuerbaren Energien, davon jedoch ein überwiegender Anteil aus Biomasse. In der Machbarkeitsstudie werden die größten Potentiale zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen im

Bereich umweltfreundliches Gas (z.B. Power-to-Gas), die Erhöhung der Anteile der KWK-Erzeugung und einer möglichst hohen Ausnutzung der urbanen Solarpotentiale ausgewiesen [Reusswig, Hirschl et al., 2014].

Der Einsatz fester Biomasse beschränkt sich derzeit fast ausschließlich auf den Stadtrand, Biomasseeeinzelfeuerungen werden mit Hackschnitzel, Scheitholz oder Pellets beschickt. Die Potentiale der Biomasse sind laut Machbarkeitsstudie begrenzt, es wird daher primär von der Nutzung der endogenen Potentiale, vorwiegend aus Reststoffen (Bioabfälle, Straßenkehrer, Grünschnitt), ausgegangen.

## **Graz**

Das Grazer Becken zählt aufgrund seiner schlechten Durchlüftung in den Wintermonaten zu den am höchsten mit Feinstaub und Stickstoffdioxid belasteten Regionen Österreichs. Die Wärmeerzeugung in Graz erfolgte daher bislang in hocheffizienten Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK) der Verbund Thermal Power in Mellach, in den Fernheizkraftwerken Graz und Thondorf sowie aus der Nutzung industrieller Abwärme und aus einigen Solaranlagen. Rund 80 % der jährlichen Wärmemenge kam in den vergangenen Jahren als günstiges Nebenprodukt der Stromerzeugung aus dem Kraftpark Mellach. Der Fernwärmeausbau führte zu einer deutlichen Reduktion der Emissionen von Feinstaub und anderen Schadstoffen [Wärmeversorgung Graz 2020/2030].

Aufgrund der aktuellen Energiemarktentwicklungen und dessen Auswirkungen – stark fallende Großhandelspreise – können KWK-Anlagen wie jenes in Mellach derzeit nicht wirtschaftlich betrieben werden. Wird das Kraftwerk stillgelegt, steht auch das Koppelprodukt Wärme nicht zur Verfügung und andere Lösungen zur Wärmeerzeugung müssen gefunden werden. Unter der Leitung des Umweltamts Graz und Mitwirkung der Energieversorger, weiteren FachexpertInnen und InteressensvertreterInnen wurden daher alternative Grundlagen und konkrete Optionen für die Wärmeversorgung in Graz für 2020 und 2030 erarbeitet.

Ziele des Prozesses wurden wie folgt festgelegt:

- Keine Verschlechterung beim Primärenergiefaktor der Fernwärme-Generierung (und damit der CO<sub>2</sub>-Bilanz)
- Keine Verschlechterung bei den spezifischen Emissionen (g/kWh)
- Berücksichtigung der Immissionssituation im Grazer Stadtgebiet
- Keine Erhöhung der Kosten in Relation zu anderen Beheizungsformen
- Versorgungssicherheit und -qualität

Unter den aktuellen Rahmenbedingungen wird davon ausgegangen, dass die Kraftwerke am Standort Mellach/Werndorf ab 2020 keine oder nur zeitweise Wärme bereitstellen werden. Basierend auf der Evaluierung einer Vielzahl von Potenzialen und Vorschläge wurden realistisch umsetzbare Maßnahmen in folgenden Bereichen identifiziert:

- Errichtung erdgasbasierter Erzeugungskapazitäten für die Bereitstellung der erforderlichen Leistung im Winter und als Reserve für nicht durchgängig verfügbare Erzeugungsanlagen (KWK, Abwärme, Solar etc.)

- Erhöhung des Anteils an Alternativenergie (Erneuerbare & Abwärme & Umweltwärme, auch unter Einbindung von Wärmespeicher) von derzeit ca. 6% auf zumindest 10% im ersten Schritt.
- Erzielung zusätzlicher Steigerungen der Energieeffizienz beim Gebäudebestand und im Gesamtsystem Fernwärme

Trotz der vorherrschenden Feinstaub-Problematik spielt Biomasse in den Überlegungen der alternativen Wärmeaufbringung eine Rolle. Energie Steiermark plant die Errichtung einer 5 MW-Biomasseanlage mit Hackgut aus regionaler Aufbringung. Das Potenzial im Umland von Graz wurde im Rahmen einer Studie von der Landwirtschaftskammer bestimmt.

## **Kopenhagen**

Kopenhagens erklärtes - wenn auch nicht verbindliches - Ziel ist es, bis 2025 eine CO<sub>2</sub>-freie Fernwärmeversorgung zu gewährleisten. In Kopenhagen sind bereits jetzt 98 % aller Gebäude an das Fernwärmenetz angeschlossen, die Wärme wird in mehreren Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen in und um Kopenhagen bereitgestellt. Im Unterschied zu anderen untersuchten Städten herrscht in Kopenhagen anschlusszwang an das Fernwärmenetz. Die kommunale Strategie sieht vor, die Versorgung von fossilen Brennstoffen (hauptsächlich Kohle) graduell auf Biomasse umzustellen, was auch in der Strategie des größten Energieversorgers DONG Energy (verantwortlich für 50 % der dänischen Wärmeproduktion) Berücksichtigung findet. Bisher wurde eine KWK-Anlage zu 100 % auf Biomasse umgestellt (Amaager), drei weitere sind in Planung. Bis 2020 will man den gesamt-dänischen Biomasseanteil an der KWK-Produktion auf 50 % erhöhen. Das Einsatzgebiet fester Biomasse liegt vorrangig in der Kraft-Wärme-Kopplung.

Das bestehende Wärmenetz ist eng verbunden mit den umliegenden Bezirken, was sich auf Ebene der Energieplanung (Wind, Fernwärme, Wärmepumpen und Biomasse) als Gesamtregion widerspiegelt. Die Eigentümerstruktur der Energieversorgung ist unterschiedlich und komplex. Folgende Abbildung gibt einen gesamthaften Überblick über die vorherrschenden Strukturen der Wärmeerzeugung, -übertragung und -verteilung. Neben dem größten Energieversorger DONG Energy treten weitere EVUs am Markt in Erscheinung, die größtenteils in kommunalem Besitz sind. Hinter den Unternehmen CTR, HOFOR und VEKS, die rund 20 % der dänischen Wärme bereitstellen, stehen insgesamt 17 Gemeinden.

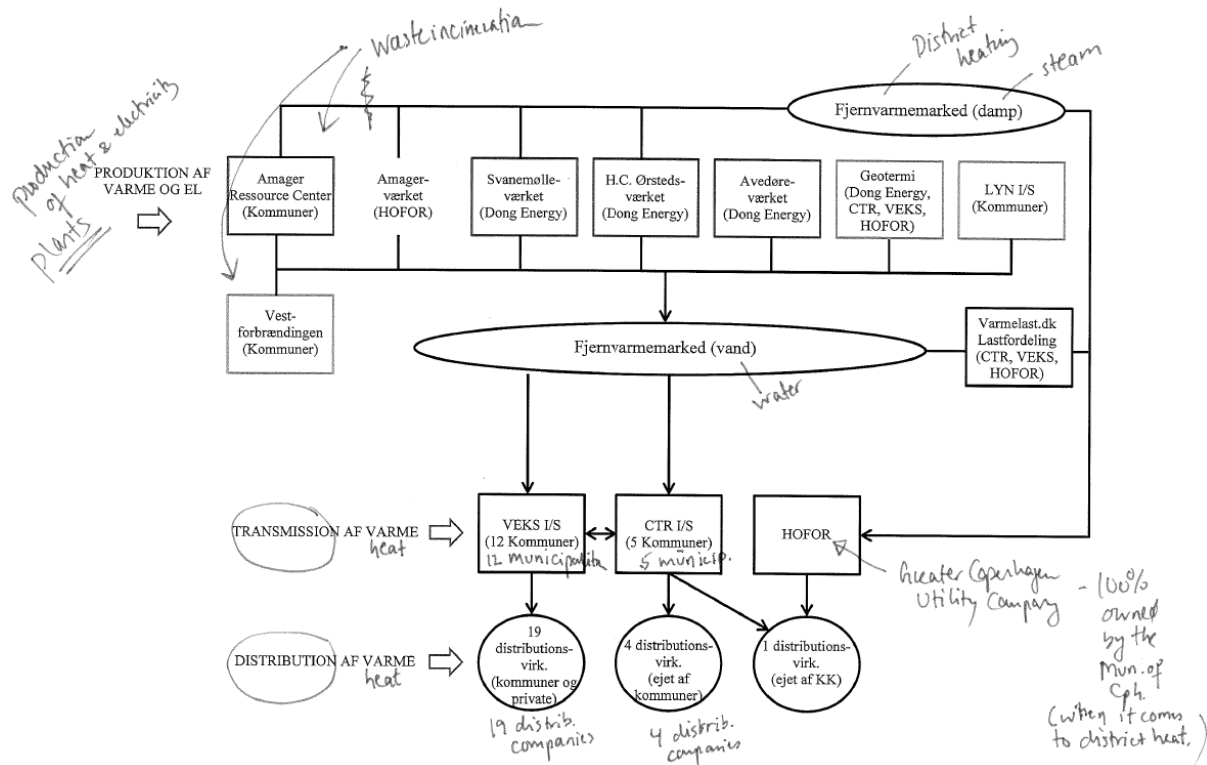


Abbildung 2: Fernwärmeversorgung der Stadt Kopenhagen [Quelle: Inge Nilsson, Protokoll des Interviews am 24.06.2015]

Zu den gemeinsamen Zielen und Schwerpunkten, auf die sich die Gemeinden verständigt haben, zählen u.a. die Verwendung nachhaltiger Biomasse, die Errichtung von Niedertemperatur-Systemen oder Integration von Wärmespeichern und Solarwärme in das Fernwärmesystem<sup>6</sup>.

## Stockholm

Die politische Vision Stockholms sieht vor, bis 2050 unabhängig von fossilen Energieträgern zu sein [Stockholms Stad 2014]. Stockholm, als Agglomeration, verfügt wie Kopenhagen über ein weitläufig vernetztes, regionales Wärmenetz, welches von 4 großen Betreibern außerhalb (u.a. Vattenfall, EON und 2 lokalen Betreibern) und einem im Stadtgebiet (Fortum) versorgt wird. Die Stadt Stockholm verfügt bei dem lokalen Energieversorger Fortum über ein Mitspracherecht von 50 %. Die derzeitige Wärmeversorgung beruht im Wesentlichen auf Abfallverbrennungsanlagen, großen Wärmepumpen und Biobrennstoffen, die Stromproduktion wird überwiegend (zu rund 90 %) außerhalb der Stadt in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen bereitgestellt. Da Schweden nicht an das europäische Gasnetzwerk angeschlossen ist, spielt der Energieträger Gas kaum eine Bedeutung. Das einzig verbliebene Kohlekraftwerk, welches zwischen 10 und 15 % der Fernwärme bereitstellt, soll bis 2020 auf Biomasse umgestellt werden, wobei die Übergangsfristen voraussichtlich voll ausgereizt werden. Spitzenlastkessel werden sind überwiegend Öl-befeuert.

<sup>6</sup> vgl. <http://www.varmeplanhovedstaden.dk/> (abgerufen am 03.09.2015)



Rund 90 % aller innerstädtischen Gebäude in Stockholm sind an das Fernwärmenetz angeschlossen, wobei festzuhalten bleibt, dass es aufgrund der Technik-Neutralität keinen Anschlusszwang gibt. Die Fernwärmeversorgung soll auch in Zukunft (hier vor allem in Stadterweiterungsgebieten) forciert werden, wobei die Herausforderung besteht, die Umstellung auf ein Niedrigtemperatursystem zu bewältigen.

Das Umweltprogramm Stockholms sieht vor, die treibhausgas-relevanten Emissionen auf 2,3 t CO<sub>2equ</sub> pro Jahr und Einwohner bis 2050 zu reduzieren.

Der schwedische Energiemarkt ist liberalisiert und de-reguliert, Kompetenzen liegen bei den privatisierten Energieversorgern und nur begrenzt auf Verwaltungsebene. Die Sicherstellung der anvisierten Ziele (z.B. Stadtentwicklungsplan, Umweltplan und Energieplan) kann nur in Zusammenarbeit mit den Versorgern geschehen und durch breite Bewusstseinsbildung in der Bevölkerung durch das Stockholmer Energiezentrum, welches vorrangig kleine Firmen und Privatpersonen berät.

### **Winterthur**

Das Energiekonzept 2050 der Stadt Winterthur orientiert sich an den Zielen der 2000-Watt sowie 1-Tonne-CO<sub>2</sub>-Gesellschaft. Im Vergleich mit den schweizerischen Durchschnittswerten liegen für Winterthur die Ausgangswerte (Referenzjahr 2008) beim Primärenergieverbrauch um rund 20 % und bei den Treibhausgasen um rund 25 % tiefer. Dieser Umstand ist darauf zurückzuführen, dass größere Städte durch die in Bezug auf den Energieverbrauch günstigeren Strukturen mit einer generell höheren Dichte gegenüber dem Landesdurchschnitt im Vorteil sind. Beim Strom ist der leicht tiefere Primärenergieanteil am Strommix aufgrund der Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen ausschlaggebend. Es wird grundsätzlich davon ausgegangen, dass rund 75 % der Energie aus erneuerbaren Quellen kommen müssen, um die ambitionierten Ziele zu erreichen.

Die zukünftige Wärmeversorgung (Raumheizung und Warmwasser) wird nach Ansicht der Stadtverwaltung in Winterthur auf einem hohen Anteil an Umgebungswärme und Abwärme basieren. Der Anteil der durch Wärmepumpen genutzten Umgebungswärme soll auf das 12-fache ansteigen und mit 40 % den größten Anteil des zukünftigen Wärmebedarfs abdecken. Hinsichtlich des Einsatzes von fester Biomasse verfolgt Winterthur das Ziel, die Menge von Holz, Pellets, Stückholz und Holzschnitzel für Raumheizung um den Faktor 1,5 zu steigern (anteilmäßig von 2 % auf 6 % bzw. 90 auf 140 TJ in 2050), ersichtlich in Tabelle 2. Heizöl soll bis 2050 nur noch in wenigen Anlagen als Reserve bzw. Spitzenlastdeckung eingesetzt werden, Erdgas ebenso in einem Absenkpfad auf 25 % des heutigen Wertes in der Wärmeerzeugung sinken.

Tabelle 2: Zielwerte Endenergie im Bereich Wärme in TJ [Quelle: Grundlagen Energiekonzept 2050]

Wärme Endenergie in TJ	Heute (2008)		Faktor	Ziel 2050	
	in TJ	Anteil		in TJ	Anteil
Heizölprodukte (HEL)	1'840	45%	0.05	90	4%
Erdgas	1'700	41%	0.25	420	18%
<b>Total nicht erneuerbar</b>	<b>3'540</b>	<b>86%</b>	<b>0.14</b>	<b>510</b>	<b>21%</b>
Abfälle	368	9%	1.6	590	25%
<b>Holz</b>	<b>90</b>	<b>2%</b>	<b>1.5</b>	<b>140</b>	<b>6%</b>
Solarwärme	28	1%	6.5	180	8%
Umgebungswärme	80	2%	12.0	960	40%
<b>Total erneuerbar (inkl. Abfall)</b>	<b>566</b>	<b>14%</b>	<b>3.3</b>	<b>1'870</b>	<b>79%</b>
<b>Total Winterthur</b>	<b>4'106</b>	<b>100%</b>	<b>0.58</b>	<b>2'380</b>	<b>100%</b>

Die Stadtwerke Winterthur betreiben derzeit drei Holzheizzentralen (Im Gern, Sennhof, Wyden), welche sowohl Wohn- als auch diverse Gewerbeeinheiten mit Wärme versorgen. Hinzu kommen etliche städtische Schulhäuser mit eigenen Anlagen.

### Barcelona

Rund 93 % der jährlich bereitgestellten Energiemenge (Strom und Wärme) werden in den Kraftwerken Besòs 3 und Besòs 4 (beide GuD-Anlagen) sowie Sant Adrià 1 und Sant Adrià 3 generiert [PECQ 2011-2020]. Obwohl die Zahlen aus 2008 stammen, hat sich der Erzeugungsmix seitdem kaum verändert. Die Kraftwerke fallen unter das „ordinary regime“, gleichbedeutend mit der Erzeugung aus konventionellen, fossilen Energieträgern (Kohle, Gas, Kombi-Kraftwerke, Nuklear). Die restlichen 7 % fallen unter das „special regime“, welches für Anlagen mit einer Erzeugungsleistung kleiner 50 MW einen Primärenergieträgermix aus Erneuerbaren (Biomasse, Wasser, Solar und Wind) oder Abfall in Verbindung mit u.a. Kraft-Wärme-Kopplung vorsieht.

Trotz deutlicher Zuwächse in den letzten Jahren ist der Anteil erneuerbarer Energien relativ gering. 2008 (verfügbare Datenbasis) konnten insgesamt rund 100 GWh, oder 0,57 % der gesamten Energiebedarfs aus erneuerbaren Quellen gedeckt werden. Photovoltaik, Solarthermie, Kleinwasserkraftwerke und Biogas liefern hier nennenswerte Beiträge. Unter den Erneuerbaren weist die Solarthermie mit 50 % den höchsten Anteil auf, was auf eine Verordnung aus 2002 zurückzuführen ist, die im Neubau sowie in der Bestandssanierung eine verpflichtende Integration von solarthermischen Anlagen zur Warmwasserbereitstellung vorschreibt. Das Ziel des ebenfalls 2002 verabschiedeten Energy Improvement Plan of Barcelona (PMEB) sah vor, bis 2010 eine installierte Kollektorfläche von 96.300 m<sup>2</sup> (geplante Wärmemenge von 77.810 MWh/a) zu erreichen. Bedingt durch das jährliche Wachstum der gebauten Infrastruktur, der guten wirtschaftlichen Entwicklung (Anmerkung: vor Einbruch der Wirtschaftskrise 2008) und steigender Energienachfrage konnten in starke Zuwachsraten verzeichnet werden.

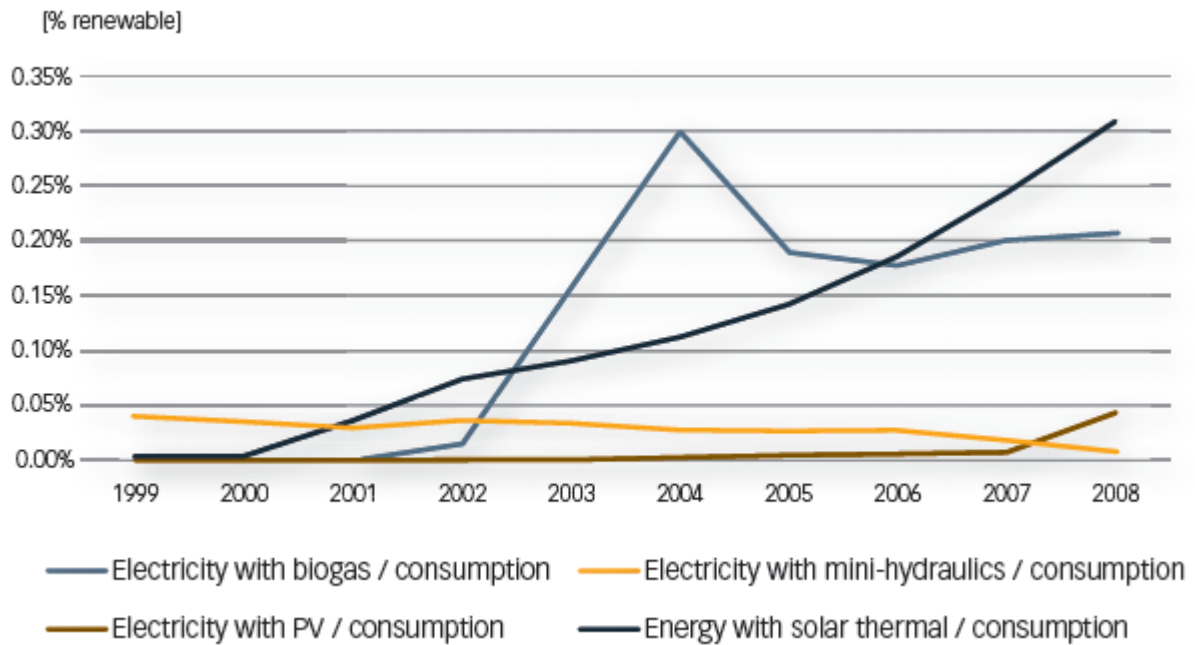


Abbildung 3: Anteil (in %) erneuerbarer Energieproduktion im Verhältnis zum Energieverbrauch in Barcelona 1999 bis 2008 [Quelle PECQ 2011-2020]

Bis Ende 2008 verfügten über 1.200 Gebäude über eine solarthermische Anlage, was ungefähr 63.000 m<sup>2</sup> Kollektorfläche entspricht. Biomasse spielt in der Wärmeerzeugung in Barcelona lediglich eine untergeordnete Rolle. Im Fernwärme-Mix kommt Biomasse zum Einsatz, was auch in Zukunft durch den anfallenden Grünschnitt im Großraum Barcelona in KWK-Anlagen verwertet werden soll.

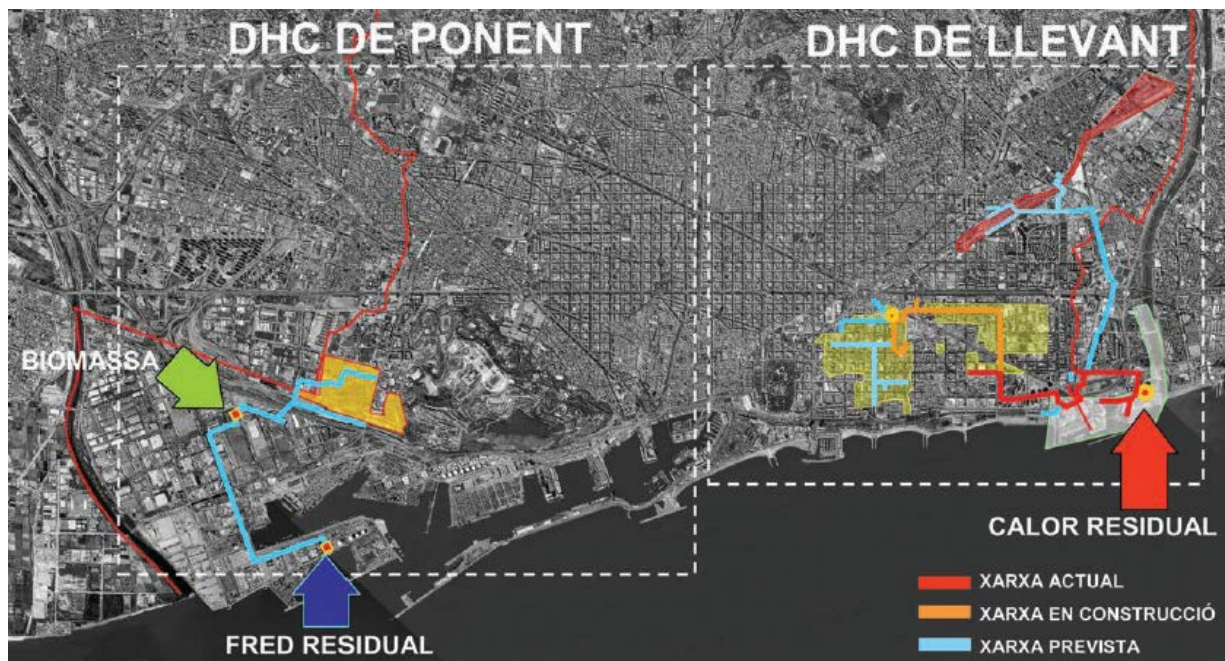


Abbildung 4: Fernwärme und -kälte Netzwerk in Barcelona und die Rolle von fester Biomasse [Quelle: PECQ 2011-2020]

## 4.2 Feste Biomasse: Herkunft, Logistik, Technologien

	Herkunft	Logistik	Technologien
<b>Graz</b>	Theor. verfügbares Potenzial (keine Nutzungskonflikte)	Traktoren mit Anhänger, LKW, Übergabepunkte	Torrefizierte Biomasse, Holzvergasung
<b>Berlin</b>	Herkunft der Biomasse (z.B. Hackgut) unklar	Bei kleinen Anlagen (Märkisches Viertel, Neu-Kölln) kein Thema, Klingenberg von Kohle auf Biomasse -> Proteste	-
<b>Winterthur</b>	In erster Linie aus der Umgebung, Nachhaltigkeit: im Gesetz verankert	Induzierter Verkehr spielt keine Rolle in allg. Diskussion	-
<b>Kopenhagen</b>	Einsatz nachhaltiger Biomasse (siehe Kriterien)	Überwiegend per Schiff (Anlagen in Küstennähe), Probleme bei Logistik kl Anlagen	-
<b>Stockholm</b>	Zertifizierte Biomasse, keine Überprüfung, Import aus Baltikum, RUS, IT, Amerika)	Induzierter Verkehr spielt keine Rolle in allg. Diskussion	Biogas, Clean Tech Cluster
<b>Barcelona</b>	Teilweise unklare Herkunft (Oliven und Mandeln)	-	-

Abbildung 5: Ergebnisse aus Interviews zur Herkunft, Logistik und Technologien fester Biomasse

Eine möglichst effiziente und zielgerichtete Biomassenutzung scheint vor dem Hintergrund begrenzter Rohstoff- und Flächenpotenziale sowie der Erfüllung der Anforderungen an die Biomassenutzung sinnvoll. Um die Förderaufwendungen gering zu halten und mittel- und langfristig ökonomisch tragfähige Nutzungskonzepte und Marktstrukturen zu etablieren, sollten dabei kostengünstige und wirtschaftlich viel versprechende Nutzungspfade bevorzugt Anwendung finden. Daher gilt es in diesem Kapitel zusammenfassend darzustellen, in welchem Maße die Biomasse zur Bereitstellung von Strom und/oder Wärme genutzt werden soll und welche Konversionsverfahren vorteilhaft im Hinblick die energie- und umweltpolitischen Zielsetzungen sind.

Übereinstimmend kann festgehalten werden, dass die Nutzung regionaler Biomasse und kurze Transportdistanzen bevorzugt werden, obwohl Informationen über Aufbringung und Herkunft jedoch in keinem der Fälle nachvollziehbar dokumentiert sind bzw. sich entsprechend kontrollieren lassen. Ist es bei kleinen Holzfeuerungen oft schwierig den Nachweis über die Herkunft zu bestimmen, sind bei großen Anlagen die Potenziale innerhalb der Region entweder nicht vorhanden oder in stehen in einem Nutzungskonflikt (Fläche, Verwendung).

Maßnahmen wie Labelling bzw. Zertifizierung der Biomasse können diesem Umstand entgegenwirken und einen Anreiz bieten, sind aber in der Logistik und Administration aufwändiger und führen andererseits zu Mehrkosten. Sollten Nachhaltigkeitsaspekte eine größere Rolle spielen, bedarf es einer nationalen Koordination und Zusammenarbeit auf unterschiedlichen Ebenen (wie z.B. in der Biomassestrategie festgehalten). Auch in den nordischen Ländern wird auf die Qualität und Herkunft der Biomasse sehr großen Wert gelegt. Anforderungen werden beispielsweise vertraglich zwischen Stadtverwaltung und privaten Energieversorger

geregelt (z.B. die ausschließliche Nutzung von Abfall- und Nebenprodukten), die Einhaltung jedoch nicht überprüft. In Kopenhagen verpflichtet sich der Energieversorger zur Einhaltung von Qualitätskriterien, die u.a. die Nachhaltigkeit des Rohstoffes, die Achtung der Biodiversität, Transportkriterien oder die nachhaltige Bewirtschaftung von Wäldern beinhalten. In Berlin werden Biomasseimporte aufgrund ihrer teilweise hohen Lebenszyklus-Emissionen sowie der Flächenknappheit und -konkurrenz vernachlässigt [Reusswig, Hirschl et al., 2014].

Abhängig der regionalen und lokalen Verkehrsinfrastrukturen spielt der durch den Biomasse-transport induzierte Verkehr in der öffentlichen Diskussion in den betrachteten Städten eine Rolle. Während in den Städten Stockholm und Kopenhagen aufgrund der Meeresanbindung und der gut ausgebauten Hafeninfrastuktur keine logistischen Probleme auftreten und auch nicht im Brennpunkt der öffentlichen Diskussion stehen, kam es in Berlin bei der geplanten Umstellung eines Kohlekraftwerks auf den Energieträger Biomasse zu Protesten von Seiten der Bevölkerung. Nachdem die Pläne wieder fallen gelassen wurden, hat sich auch hier die Situation wieder entspannt. Bei kleineren Anlagen (wie beispielsweise dem Kraftwerk Märkisches Viertel oder dem Kraftwerk Neu-Kölln) spielt der durch die Biomasse-Logistik verursachte Verkehr keine Rolle. In Graz und Winterthur werden kleinere und mittlere Anlagen vorwiegend mit Großtraktoren beliefert, bei größeren Anlagen erfolgt die Zulieferung mittels Bahn und Übergabepunkten auf LKWs. Im Rahmen der aktuellen Diskussion um das Kraftwerk Mellach wurde eine (teilweise) Umstellung auf Biomasse angediskutiert. Hier würde der Schiffsweg auch eine mögliche Option darstellen.

Unabhängig von der Endnutzung der Bioenergie und der Umwandlungstechnologie sind hohe Wirkungsgrade und möglichst geringe Investitions- und Betriebskosten entscheidend für den Ausbau der energetischen Biomassenutzung. Bei steigenden Preisen für die Primärenergie (Biomasse) werden hohe Wirkungsgrade zunehmend wichtiger [Bollaz & Jansohn, 2012]. Um Biomasse-Anlagen wirtschaftlich betreiben zu können, sind Brennstoffkosten, hohe elektrische Wirkungsgrade, eine hohe Verfügbarkeit und geringe Investitionskosten entscheidend. Hohe elektrische Wirkungsgrade, d.h. mindestens 25 % können dabei fast ausschließlich über Vergasungsprozesse erreicht werden [ebenda]. Nachfolgende Abbildung zeigt derzeitige elektrische Wirkungsgrade von holzbasierten Stromerzeugungssystemen, gegliedert in Kraft-Wärme-Kopplung (hier: Wärmekraftkopplung WKK) und zur reinen Stromerzeugung.

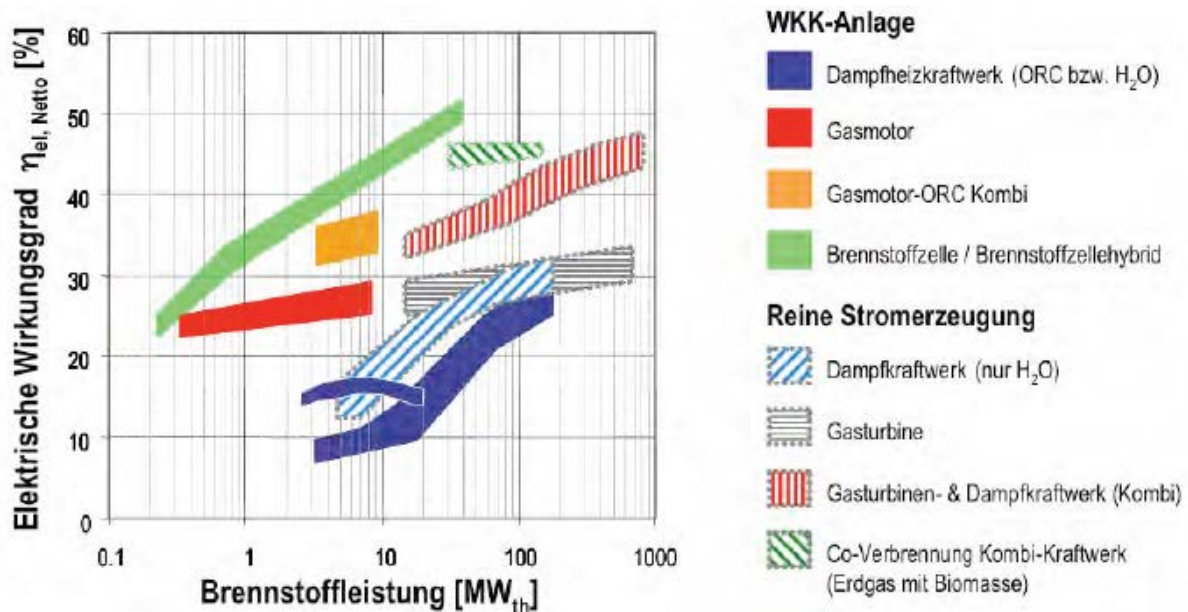


Abbildung 6: elektrische Wirkungsgrade von holzbasierten Stromerzeugungssystemen (bestehende Technologien und erwartete Wirkungsgrade für neue Technologien) [Bollaz & Jansohn, 2012]

Die Wirtschaftlichkeit von Biomasseanlagen hängt in zweiter Linie aber auch von der Bereitstellung großer Wärmemengen zu wirtschaftlich attraktiven Preisen ab. Unter dieser Voraussetzung, was gleichbedeutend mit der Frage nach Abnehmern dieser Wärme zusammenhängt, reduziert sich die Anzahl möglicher Standorte zumeist erheblich.

Hinsichtlich technologischer Entwicklungen und weiterer Einsatzfelder für feste Biomasse zeigten sich die befragten Personen nicht mit dem Stand der Entwicklungen vertraut. Als mögliches Hindernis in der Entwicklung der Biomassenutzung werden nach wie vor ungelöste verfahrenstechnische Fragen bei der Reduktion von Schadstoff-Emissionen angesehen. Zwar seien einzelne Komponenten oder Technologien „vielversprechend“ (z.B. Holzvergaser), die Technologie jedoch „noch nicht ganz ausgereift“. Der European Industrial Bioenergy Initiative (EIBI) zufolge, werden für die Vergasung zur Stromerzeugung elektrische Wirkungsgrade von über 45 % angestrebt. Eine mögliche Lösung stellt die „Holzgas-Brennstoffzelle“ dar, bei der vergaste Biomasse als brennbares Gas einer Brennstoffzelle zugeführt und in Strom und Wärme umgewandelt werden [Bollaz & Jansohn, 2012]. Auch der Einsatz torrefizierter Biomasse wurde als mögliche vielversprechende Option seitens der Befragten erwähnt.

### 4.3 Luftreinhaltung

	Luftsituation	Luftreinhalte-Policy	Biomasse-Kontext
<b>Graz</b>	Häufige Grenzwert-Überschreitungen in Übergangsmonaten & Winter	Verbesserung der Luftqualität als oberste Priorität	nicht grundsätzlich ausgeschlossen, Stadtrand
<b>Berlin</b>	Luftsituation seit Umweltzone und Verkehrsplanung verbessert, Immissionen(!)	-	Umweltkriterien im Neubau und Sanierung (lange Übergangsfristen)
<b>Winterthur</b>	Nationale Grenzwerte für Feinstaub und Ozon werden überschritten (Verkehr 50%)	Maßnahmen mehrheitlich im Verkehr, Anlagen > 70 kW im Einflussbereich, Kontrollen zur Einhaltung der Grenzwerte	Keine neuen Holzfeuerungen in FW-Gebieten und Wärmeverbänden
<b>Kopenhagen</b>	Luftsituation sehr gut, keine Überschreitungen	Hauptaugenmerk auf Verkehr	SO <sub>2</sub> -Werte (u.a. aus BM-Verbrennung) deutlich gesunken
<b>Stockholm</b>	Luftsituation sehr gut, keine Überschreitungen	Maßnahmen im Verkehrsbereich	-
<b>Barcelona</b>	Verbesserung der Luftsituation (Abgasnorm, Vorschriften, Wirtschaftskrise)	-	BM spielt untergeordnete Rolle, Problem fachgerechter Wartung

Abbildung 7: Ergebnisse aus Interviews zum Thema Luftreinhaltung

Internationale und nationale Umweltschutzgesetze haben zum Ziel, menschliche Aktivitäten so einzuschränken, dass die lokalen und regionalen Wirkungen auf den Menschen und seine Umgebung ein tolerierbares Maß nicht überschreiten. Luftreinhalte-Vorschriften dienen deshalb der Begrenzung von Schadstoffen mit direkten Wirkungen auf Umwelt [Nussbaumer, 2010]. Gerade in urbanen Ballungszentren kommt es jedoch aufgrund unterschiedlicher Emissionsquellen wie dem Verkehr, kleinen Holzfeuerungen, der Industrie und der Landwirtschaft immer wieder zu erhöhten gesundheitsschädlichen Feinstaubkonzentrationen in der Luft. Die einzelnen Schadstoffe treten dabei regional und jahreszeitlich unterschiedlich in Erscheinung. Besonders schädlich dabei sind sehr kleine Partikel und krebserregender Ruß, der vor allem aus Dieselmotoren und der Holzverbrennung stammt. Ein überwiegender Teil dieser Aerosole wird dabei erst in der Atmosphäre aus gasförmigen Emissionen wie Stickoxiden, Ammoniak, Schwefeldioxid und Kohlenwasserstoff gebildet und wirkt auch auf das Klima. Wirksame Maßnahmen zur effizienten Reduktion von Feinstaub oder Stickoxiden stellen beispielsweise Partikelfilter für Dieselmotoren oder DeNOx-Systeme sowie die möglichst feinstaubfreie Nutzung von Biomasse dar.

Rechtliche Vorgaben zur Einhaltung der Luftqualität leiten sich in den europäischen Staaten aus der EU-Richtlinie<sup>7</sup> 2008/50/EG ab bzw. sind in der Schweiz die Emissionsgrenzwerte für stationäre Anlagen sowie die Immissionsgrenzwerte für die in der Umgebung zulässigen Schadstoffkonzentrationen in der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) festgelegt. Nationale bzw.

<sup>7</sup> Richtlinie 2008/50/EG des europäischen Parlaments und des Rates über Luftqualität und saubere Luft für Europa, [Link](#), Zugriff am 21.09.2015

regionale Unterschiede bei der Umsetzung der Richtlinie lassen sich aber sehr deutlich feststellen.

In **Berlin** (Stadt und Bundesland) lässt sich die Kompetenzverteilung mit jener in Wien am ehesten vergleichen. Neben den bundesweiten Vorgaben, die sich aus der EU-Richtlinie ableiten, können Verordnungen im Stadtgebiet strenger formuliert und kontrolliert werden (z.B. Umweltzone oder bei Kleinf Feuerungen). Für Heizungsanlagen im Bestand sowie Stadtgebiete an der Peripherie gelten im Moment noch bundesweite Vorgaben. Für Heizungsanlagen, die mit Festbrennstoffen betrieben werden und im innerstädtischen Gebiet neu errichtet werden, werden im Flächennutzungsplan jene Mindeststandards angewendet, die für Ölheizungen gelten. Diese Festlegung wird jedoch erst im Rahmen einer neuen Verordnung konkretisiert und soll zu einem späteren Zeitpunkt auf das ganze Stadtgebiet ausgeweitet werden.

Für die Verteilung von Heizungstypen innerhalb Berlins gibt es keine exakte Erfassung, sondern lediglich Abschätzungen. Die Genehmigungspraxis im Neubau ist aufgrund der Umweltkriterien im Flächennutzungsplan ziemlich genau festgelegt; der Plan deckt im Moment das Innenstadtdgebiet (=Umweltzone) plus angrenzende Gebiete mit dichter Bebauung ab. Im Gegensatz zum Neubau ist die Umsetzung von Umweltkriterien in der Sanierung schwierig, da lange Übergangsfristen für den Heizungstausch vorherrschen. Zu Problemen mit Biomassefeuerungen kommt es vor allem durch Geruchsbelästigungen zu Beginn der jährlichen Heizperiode, da hier „meist alles verbrannt wird“ [Martin Lutz, Interview].

In **Graz** stellt die Verbesserung der Luftqualität (in Bezug auf Feinstaub, NO<sub>x</sub> etc.) aufgrund der Beckenlage nach wie vor eine hohe Priorität dar. Dabei sind hinsichtlich der lokalen Luftbelastung drei Schadstoffe zu beachten:

- Problem 1: Feinstaub (PM) Relevant bei allen Festbrennstofffeuerungen
- Problem 2: Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>) Relevant auch bei Gasfeuerungen
- Problem 3: Benzo(a)pyren (BaP) Relevant bei Festbrennstofffeuerungen

Gesetzliche Grundlage bildet das österreichische Immissionsschutzgesetz-Luft<sup>8</sup>, wobei die Landesverwaltung für die Umsetzung anhand von eigenen Maßnahmen zuständig ist. Im Stadtgebiet Graz gelten momentan 4g/m<sup>2</sup>a<sub>BGF</sub> bei Neuerrichtung oder Austausch von Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe über 8 kW Nennheizleistung, eine Verschärfung auf 2g/m<sup>2</sup>a<sub>BGF</sub> wird jedoch in der Stadtverwaltung diskutiert. Eine Verteilung der Heizungstypen ist auch hier schwer zu treffen, Fernwärme ist mit Abstand der größte Faktor, für kleinere Anlagen (unter 8 kW) sind kaum Zahlen vorhanden. Für Feststofffeuerungsanlagen unter 8 kW, die anzeigepflichtig sind, gilt hinsichtlich Genehmigungspraxis das landesweite Baugesetz.

Aus diesen Gründen steht die aktuelle und zukünftige Wärmeversorgung in der Stadt Graz immer wieder im Brennpunkt der Bevölkerung, der Politik und den Medien. Aktuelle Entwicklungen am Energiemarkt und dessen Auswirkungen auf den Kraftwerkspark Mellach sind weitere Anstoßpunkte Alternativen für Graz zu entwickeln. Mit dem Projekt „Wärmeversor-

---

<sup>8</sup> BGBl. I Nr. 115/1997 & BGBl. I Nr. 77/2010



gung Graz 2020/2030“ unter der Leitung des Umweltamts der Stadt Graz in Zusammenarbeit mit Energie Steiermark, Energie Graz und Graz Holding, wurde daher ein Prozess auf den Weg gebracht, der unter Mitwirkung einer großen Zahl von ExpertInnen verschiedene Optionen für die Bereitstellung von Wärme im Großraum Graz analysiert und vorzeichnet.

Zur Sicherstellung der Versorgungssicherheit der Fernwärme wurde von den beteiligten AkteurlInnen u.a. eine Maßnahme vorgeschlagen, die die Nutzung fester Biomasse trotz der angespannten Luftsituation in Betracht zieht. Von Seiten Energie Steiermark ist eine 5MW-Biomasseanlage mit Hackgut aus regionaler Aufbringung geplant, die in der Errichtung 3-4 Mio. € verursacht. Anhand dieser und weiterer Maßnahmen sollen sowohl eine Verbesserung der CO<sub>2</sub>-Emissionen als auch eine Reduktion der Emissionen von Feinstaub und anderen Schadstoffen erreicht werden.

In der **Schweiz** werden Immissionsgrenzwerte an Feinstaub, Ozon und Stickstoffdioxid in der Umgebungsluft zum Teil häufig und stark überschritten, wobei regional und jahreszeitlich sehr unterschiedlich. Ein Aktionsplan „Feinstaub“ wurde im Jahr 2006 vom Bundesrat lanciert, die Mehrzahl der Maßnahmen betrifft dabei den Verkehr. Als zweite wesentliche Emissionengruppe wurden zudem drei Maßnahmen für Holzfeuerungen getroffen (z.B. Einführung eines Konformitätsnachweises mit Grenzwerten für Staub- und Kohlenmonoxid-Emissionen für Holzfeuerungen ≤ 350 kW, Verschärfung der Staubgrenzwerte für Anlagen ab 70 bis 500 kW, Förderung von Holzwärme- und Holzgaskraftwerken).

Obwohl im Umweltbericht der Stadt **Winterthur** kleinere Feuerungen wie Cheminées und Holzöfen als lufthygienisch bedenklich eingestuft werden, stehen dem auf der Habenseite die Vorteile kurzer Transportwege und lokaler Wertschöpfung gegenüber. Festgehalten wird auch, dass es wichtig ist, Holzfeuerungen korrekt zu betreiben und dem Stand der Technik anzupassen. Die emissionstechnischen Vorteile großer Anlagen, vor allem in Bezug auf Feinstaub-Emissionen, gegenüber vielen einzelnen Kleinfeuerungen sind erwiesen. Zwei der drei Wärmeverbände in Winterthur sind mit Elektrofiltern ausgerüstet und emittieren praktisch keine Luftschadstoffe [Umweltbericht Winterthur, 2013].

Tabelle 3: Luftschadstoffemissionen durch Feuerungen Winterthur [Quelle: Umweltbericht Winterthur]

SEKTOR	QUELLE	NO <sub>x</sub> t/a	PM10 t/a	CO t/a	SO <sub>x</sub> t/a	NH <sub>3</sub> t/a	NMVOC <sup>4)</sup> t/a
FEUERUNGEN	Ölfeuerungen	51,9	0,3	16,0	31,4	0,0	8,5
	Gasfeuerungen	22,2	0,2	13,9	0,8	0,0	3,3
	Blockheizkraftwerke (BHKW)	0,5	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
	Holzfeuerungen	11,8	8,4	109,7	2,3	0,0	3,8
	Kehrichtverwertungsanlage (KVA)	52,3	1,0	10,2	12,3	0,0	2,0
	Kläranlage	0,7	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
	Total Feuerungen	139,4	10,0	151,0	46,8	0,0	17,7

Holzfeuerungen ab 70 kW müssen gemäß Luftreinhalte-Verordnung (LRV) in der Regel periodisch alle 2 Jahre auf die Einhaltung der Grenzwerte kontrolliert werden. Weiter besteht neben der Emissionsmessung auch eine Auskunftspflicht bezüglich Anlagebetrieb und Anla-

geaufbau. Dabei werden insbesondere die Funktion und die Betriebsdaten des Staubabscheiders zu kontrolliert.

Die Verteilung von Heizungstypen in Winterthur zeigt für 2012 folgendes Bild (Tabelle 4). Der erneuerbare Anteil an der Wärmeversorgung beträgt 3,6 % und wird ausschließlich über feste Biomasse (Pellets, Hackschnitzel und Stückholz) bereitgestellt.

Tabelle 4: Verteilung der Heizungstypen in Winterthur

Feuerungen		Anzahl [Stk.]	Energie [kWh]	Energie [%]
<b>Total Fossil</b>		<b>10'580</b>	<b>855'892'645</b>	<b>96.37%</b>
Holz, Pellets	Pellet mit Ventilator <70 kW	89	3'155'725	0.36%
Holz, Pellets	Pellet mit Ventilator >70 kW	17	4'336'980	0.49%
Holz, Schnitzel	Holzchnitzel < 1000 kW, <70 kW	16	972'431	0.11%
Holz, Schnitzel	Holzchnitzel < 1000 kW, >70 kW	16	10'308'703	1.16%
Holz, andere	Kachelofen + Stückholz passiv (alle < 70 kW)	753	13'272'069	1.49%
Holz, andere	Stückholz mit Ventilator < 70 kW	0	0	
Holz, andere	Stückholz mit Ventilator > 70 kW	4	150'136	0.02%
<b>Total Erneuerbar</b>		<b>895</b>	<b>32'196'044</b>	<b>3.63%</b>

Die Genehmigungspraxis für Holzfeuerungen ab 70 kW verlangt, dass wesentliche Änderungen oder Umbauten mittels Einreichung eines Ansuchens an die Standortgemeinde, von der Baudirektion bewilligen zu lassen sind. Die Fachstellen der Baudirektion beurteilen demgemäß Holzfeuerungen ab 70 kW hinsichtlich energetischen, lufthygienerechtlichen, feuerpolizeilichen und baulichen Anforderungen. Die Behörde macht in der Bewilligung Vorgaben bezüglich Betriebsdauer und Anfahr- und Abfahrzeiten, so dass der erforderliche Filter/der geforderte Feststoff seine Wirksamkeit erhält und möglichst wenig Anfahr- und Abfahrzeiten sowie Glutbettunterhaltszeiten mit erheblichen Emissionen entstehen können.

Auch in **Stockholm** zeigt sich der langfristige Trend, dass sich die Luftqualität über die Jahre hinweg deutlich verbessert hat. Viele der Schadstoffkonzentrationen wie Benzol, Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>), Kohlenmonoxid (CO) oder Blei blieben 2013 unter den schwedischen und europäischen Grenzwerten. Auch die die Feinstaub-Konzentration PM<sub>2,5</sub> und das ebenso umweltbelastende Benzo(a)pyren liegen unter den europaweit zulässigen Grenzwerten. Grund für diese positive Entwicklung sind neben zahlreichen Maßnahmen im Verkehrsbereich auch der verstärkte Ausbau des Fernwärmenetzes sowie die Reduktion von Emissionen aus industriellen Prozessen. Zu Problemen bei der Einhaltung von Grenzwerten kommt es in Stockholm jedoch nach wie vor bei Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und Feinstaub PM<sub>10</sub>, welche in erster Linie durch den Verkehr verursacht werden. Obwohl 2004 ein Maßnahmenpaket zur Verbesserung der Luftsituation verabschiedet wurde, konnten bislang keine nachhaltigen Verbesserungen erzielt werden.

Neben den Emissionen aus dem Verkehr, insbesondere der Verbrennung von Treibstoffen, haben auch die Meteorologie (Temperaturen und Windverhältnisse) und weitere Faktoren

einen wesentlichen Einfluss auf die Luftqualität. Bei trockenen Straßenbelägen in den Übergangsmonaten erhöht sich durch den Reifenabrieb und der Aufwirbelung von Sand auf den Straßen die Feinstaubkonzentration  $PM_{10}$  deutlich. Hingegen kommt es bei feuchtem Wetter zu keinen Problemen mit Feinstaub.

Im europäischen Vergleich zählt **Kopenhagen** hinsichtlich der Luftreinhaltung und Luftqualität zu den saubersten Städten – z.B. befindet sich Kopenhagen bei dem europaweiten Projekt „Clean Air“ derzeit auf Rang zwei hinter Zürich und vor Wien. Das Projekt berücksichtigt bei der Bewertung neben der Luftqualität auch zahlreiche Maßnahmen zur Verringerung der Schadstoffemissionen, wobei das Hauptaugenmerk zugegebenermaßen auf den Verkehr gelegt wird. – Der tägliche Grenzwert für die Feinstaubkonzentration  $PM_{10}$  wurde 2012 bei keiner einzigen Messstation in Dänemark überschritten, auch nicht bei den stark befahrenen Straßen (z.B. der H.C. Andersens Boulevard) in Kopenhagen. Auch die jährlichen Grenzwerte bei  $PM_{10}$  ( $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und  $PM_{2,5}$  ( $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) konnten landesweit eingehalten werden. Die Werte bei Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ), welches u.a. bei der Verbrennung von Biomasse entsteht, sind in den letzten zwei Jahrzehnten ständig gesunken und liegen heute deutlich unter den vorgeschriebenen Grenzwerten.

In **Barcelona** gelten die europaweit gültigen Richtwerte, abgeleitet aus der Richtlinie 2008/50/EG sowie eine zusätzliche Anforderung hinsichtlich des Grenzwerts für Ammoniak. Der Einsatz von fester Biomasse für den Wärmebereich spielt nur eine geringe Rolle, vorwiegend in den Vor-Orten und Außenbezirken Barcelonas, genaue Daten fehlen. Nachdem die regelmäßige Wartung und Kontrolle durch Rauchfangkehrer in Spanien auf freiwilliger Basis beruht, gibt es hier nach Ansicht der Interview-Partnerin ein großes Problem in der fachgerechten Instandhaltung und Wartung. Aufgrund der Tatsache, dass größtenteils alte, ineffiziente Biomasse-Feuerungen überwiegen, sieht die Befragte hier einen großen Handlungsbedarf.

In Barcelona werden seit 1999 systematisch die Feinstaub-Konzentrationen ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$ ,  $PM_1$ ) sowie ihre chemischen Zusammensetzungen untersucht. Seit 2008 ist die Feinstaub-Konzentration deutlich gesunken, was einerseits mit der Umstellung der Abgasnorm von Euro 4 auf Euro 5 zusammenhängt, andererseits wurde in diesem Zeitraum der Einsatz von Petrolkoks bzw. Schweröl in Kraftwerken verboten. Da in Barcelona primär Gas als Energieträger im Wärmebereich eingesetzt wird, ist die Konzentration von Schadstoffen aus der Biomasseverbrennung relativ gering. Die Wirtschaftskrise und der damit zusammenhängende Einbruch in der Bauwirtschaft hat ebenso einen Einfluss auf die Luftsituation gezeigt (weniger Verkehr, weniger Bauaktivitäten, weniger Energieeinsatz) wie strengere Vorschriften in der Verwertung von Abfall.

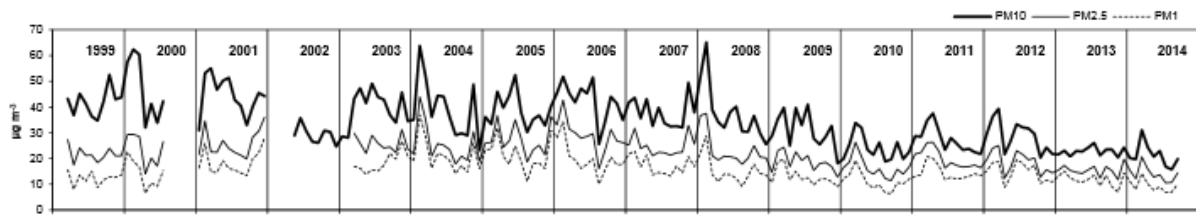


Abbildung 8: durchschnittliche PM10, PM2,5 und PM1 Konzentrationen in Barcelona 1999-2014 [AIRUSE]

Zusammenfassend kann das die Erkenntnis gewonnen werden, dass sich die Luftsituation in allen betrachteten Städten über die letzten Jahrzehnte gesehen deutlich verbessert hat. Obwohl es immer noch punktuell zu Problemen kommt, haben die Bemühungen und Richtlinien

- zur Verbesserung der Luftsituation auf EU-Ebene
- auf nationaler und regionaler Ebene durch Luftreinhalte-Maßnahmen und Plänen
- sowie meteorologisch gesehen günstige Bedingungen der letzten Jahre

Erfolg gezeitigt. Einer der Trends, die sich näher herausarbeiten lassen zeigt [Viana et al. 2013], dass die Luftsituation im ländlichen Raum gegenüber dem urbanen Raum deutlich schlechter (hinsichtlich  $PM_{10}$ ) bestellt ist. Gründe liegen im Einsatz verbrennungstechnisch effizienterer und sauberer Technologien, dem verstärkten Ausbau der Fernwärme oder Maßnahmen im Verkehrsbereich. In Berlin und Kopenhagen dürfen nur zertifizierte Einzel-Öfen (Kamine, Kachelöfen, etc.) eingesetzt werden. In Berlin und Wien muss beispielsweise bei der Errichtung von Einzelfeuerungen einen Genehmigungsprozess eingehalten werden. In den meisten Städten gibt es Best Practice Leitfäden zum richtigen Einsatz von Biomasse-Feuerungen, sowie zusätzliche Maßnahmen zur Bewusstseinsbildung.

## 4.4 Erfolgsfaktoren und kritische Faktoren

	Erfolgsfaktoren	Kritische Faktoren
<b>Graz</b>	Gesicherter Preis & Verfügbarkeit des Rohstoffs, kurze Transportwege, frühzeitige Einbindung Bevölkerung und Entscheidungsträger	Jede zusätzliche Feinstaubbelastung, erneuerbare Energien-„Dilemma“
<b>Berlin</b>	Bürgereinbindung, Volksbegehren	Flächenbedarf zur Lagerung Herkunft der Biomasse
<b>Winterthur</b>	Breite Einbindung der Bevölkerung (Partizipativer Ansatz, Volksinitiative Winergie 2050) hohe Akzeptanz in der Bevölkerung	Generelle Angst vor Veränderungen Finanzierung, langfristige Perspektive
<b>Kopenhagen</b>	langfristige Ziele und vorausschauende Planung langfristige Investitionen, Berücksichtigung unterschiedlicher Interessenslagen	Änderungen von Gesetzen durch neue Regierung, Preis und Rohstoffverfügbarkeit
<b>Stockholm</b>	„Großteiligkeit“ (zentral, flexibel), Nutzung von Standortvorteilen (Logistik)	Rentabilität, Deregulierung, Verlust von Marktanteilen durch neue Kunden, die nicht am FW-Netz angeschlossen sind
<b>Barcelona</b>	Sicherstellung der Luftqualität	Klima- und Energie- vs. Luftreinhalte-orientierte Positionen in der Verwaltung, keine Strategie

Abbildung 9: Ergebnisse aus Interviews zu Erfolgsfaktoren und kritischen Faktoren im Einsatz fester Biomasse

In der Genehmigungspraxis von (großen) Biomasse-Anlagen zeigt sich deutlich, dass fehlende Akzeptanz in der Bevölkerung die Umsetzung maßgeblich erschweren bzw. sogar verhindern kann. Die fehlende Akzeptanz wird oft am Anlagenstandort festgemacht, beruht häufig auf typischen Befürchtungen wie Geruchs-, Feinstaub- und Verkehrsbelastungen (siehe Kap. 4.3) und ist wegen bestehender Versorgungsinfrastruktur speziell für die Umsetzung in bebauten Gebieten von zentraler Bedeutung [Jenssen, 2010]. Wie von fast allen Befragten angegeben, ist es wichtig, nicht nur Informationen an die BewohnerInnen zu vermitteln, sondern die technische und soziale Standortplanung mit partizipativen und transparenten Verfahren durchzuführen.

Während die Akzeptanz zum weiteren Ausbau erneuerbarer Energien in der Bevölkerung ungebrochen hoch ist, herrscht in städtischen Umweltschutzabteilungen die Meinung vor, dass die Biomasseverbrennung neben dem Verkehr der Hauptverursacher von gesundheitsgefährdenden Luftschadstoffen ist. Umweltbehörden stehen daher dem Einsatz von Kleinst- und Kleinf Feuerungen skeptisch gegenüber und erwecken den Anschein, dass jede weitere Anlage „eine zusätzliche Staubbelastung“ darstellt und daher „vermieden“ werden sollte. Bei aller Diskussion muss jedoch differenziert werden, ob es sich um Kleinf Feuerungen oder um Großanlagen handelt. Während an Großanlagen deutlich striktere Anforderungen an die Rauchgasqualität gestellt werden, die über Qualität des Rohstoffs und einer effizienten und am technologischen Stand der Technik befindlichen Anlagentechnik zu erfüllen sind, sind die gestellten Grenzwerte für Kleinf Feuerungen deutlich höher und schwer kontrollierbar.

Angesprochen wurde auch, dass der Flächenbedarf für die Lagerung von fester Biomasse in dicht bebauten, urbanen Gebieten oft einen limitierenden Faktor darstellt. In stark wachsenden Städten (wie beispielsweise Berlin) ist die verfügbare Wohnfläche auch ein Treiber dieser Entwicklung. In den wachsenden Metropolen Kopenhagen und Stockholm hingegen

spielt der Flächenbedarf keine Rolle, da die Kraftwerke am Stadtrand oder Umland konzentriert sind und die Logistik zu großen Teilen über den Seeweg erfolgt.

Die energetische Nutzung fester Biomasse wird innerhalb der Stadtverwaltung teilweise kontrovers diskutiert. Für die einen ist es ein wichtiger Beitrag um den Ausstoß an Treibhausgasen zu verringern, andere befürchten eine Reihe negativer ökologischer Nebenwirkungen. Zum Teil erlauben die speziell gegebenen Rahmenbedingungen (wie beispielsweise in Graz) keinen stärkeren Einsatz von Biomasse im Stadtgebiet. Auch die wirtschaftlichen Interessen von kommunalen oder privaten Energieversorgern sind bei dieser Diskussion mit zu berücksichtigen. Von „inneren Widerständen“ in der Stadtverwaltung kann aber nicht gesprochen werden. Im Gegenteil dazu zeigt sich, dass eine gemeinsam koordinierte Politik in der Verwaltung und regelmäßiger Erfahrungsaustausch zwischen Fachabteilungen Hemmnisse abbaut und zu einem besseren Verständnis führt. Die übergeordnete Strategie im effizienten Einsatz von Ressourcen für unterschiedliche Anwendungen sollte dabei aber nicht aus den Augen gelassen werden und ökologische, soziale und wirtschaftliche Auswirkungen gleichermaßen abgewogen werden.

Als zentrale Erfolgsfaktoren bei der Festlegung von Strategien und deren Umsetzung wurden angegeben:

- langfristige Zielsetzungen und vorausschauende Planung
- eine breite und frühzeitige Einbindung der Bevölkerung und Entscheidungsträger
- Akzeptanz in der Bevölkerung
- Zusammenarbeit in der Umsetzung (auch außerhalb der Stadtverwaltung)
- ein gesicherter Biomassepreis
- gesicherte Verfügbarkeit der Biomasse
- möglichst kurze Transportwege
- Flexibilität
- Nutzung von Standortvorteilen (Rohstoffverfügbarkeit, Lagerung, Transport)
- Sicherstellung der Luftqualität

Im Gegensatz dazu wurden folgende Hürden genannt:

- öffentliche Finanzierung und Wirtschaftlichkeit
- generelle Ängste gegenüber Veränderungen
- fehlende Einsicht, dass heutige Lösungen keine Lösungen für die Zukunft sind
- fehlende Planungssicherheit durch sich ändernde Rahmenbedingungen (politisch, rechtlich, wirtschaftlich)
- Verlust von Marktanteilen durch neue Kunden, die nicht an bestehende Infrastruktur angeschlossen werden

## 5 Beispielrechnungen für Wien

Als Ergebnis des zweiten Stakeholder-Workshops (Dokumentation siehe Anhang) wurde beschlossen, das Projekt um die Berechnungen von möglichen prototypischen Anwendungsfällen für die Nutzung fester Biomasse zur Strom- und Wärmeerzeugung mit einer Brennstoffwärmeleistung von min. 2 MW zu erweitern. Es besteht dabei kein Zusammenhang mit etwaigen, von der WEBBK angestellten Überlegungen oder Berechnungen.

### 5.1 Definition von Anwendungsfällen

Zur Definition der betrachteten Anwendungsfälle wird von den Autoren von folgenden Fakten ausgegangen:

- Das Biomassekraftwerk Simmering wird derzeit als Kraft-Wärme-Kopplungsanlage betrieben, Brennstoff ist Waldhackgut des Miteigentümers Bundesforste AG. Derzeit wird erhält die Anlage im Wesentlichen über einen Einspeisetarif aus dem Ökostromgesetz (ÖSG) finanziert, dessen 13-jährige Laufzeit in den nächsten Jahren endet. Grundsätzlich gibt das ÖSG die Möglichkeit eines sog. Nachfolgetarifs gem. § 17 ÖSG 2012, nachdem unter bestimmten Bedingungen für bis zu weitere sieben Jahre ein Einspeisetarif gewährt werden kann. Die Höhe dieses Tarifs, der auf das Biomassekraftwerk Simmering zuträfe ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht bekannt.
- Grundsätzlich besteht auch die Möglichkeit, das Biomassekraftwerk nach Ablauf der Tariflaufzeit umzurüsten und als Heizwerk weiter zu betreiben.
- Neben der Nutzung fester Biomasse am Standort Simmering wären grundsätzlich auch dezentrale Heizwerke, bspw. in den zahlreichen Neubaugebieten in Wien denkbar.

Auf Basis dieser Ausgangsbedingungen können prinzipiell folgende Anwendungsfälle definiert werden. Die wesentlichen Fakten sind in Tabelle 5 dargestellt:

- Fall *Simmering-KWK*: Weiterbetrieb der Biomasse-KWK Simmering
- Fall *Simmering-HW*: Umrüstung der Biomasse-KWK Simmering zu einem Heizwerk
- Fall *Dezentral HW*: Neues Heizwerk, Einspeisung in ein dezentrales Nahwärmenetz in einem Neubaugebiet
- Fall *Zentral-HW*: Neues Heizwerk, Einspeisung in das Primärnetz

Tabelle 5: Eckdaten zu den definierten Anwendungsfällen der Wärmeerzeugung aus fester Biomasse

	Standort Simmering		Neue Heizwerke	
	<i>Simmering-KWK</i>	<i>Simmering-HW</i>	<i>Dezentral-HW</i>	<i>Zentral-HW</i>
<b>Anwendung</b>	KWK	Heizwerk	dezentral	Zentral (Primärnetz)
<b>Lastcharakteristik</b>	Band	Band	Lastgang lt. Siedlungsstruktur	Band
<b>Leistung</b>	35 MW	60 MW	(<) 1..2..5 MW	>2..10..? MW
<b>Gründe für Auswahl</b>	Weiternutzung bestehende Anlage Bestehende Infrastruktur / Logistik		Andere Kostenstrukturen abseits des Hauptstrangs	

			Möglichkeit einer Wärmeversorgung mit hohen erneuerbaren Anteilen	
<b>Besonderheiten</b>	Nachrüstung zum Weiterbetrieb als KWK notwendig	Umrüstung auf Heizwerk notwendig		

Der Fall Zentral-HW stellt dabei einen Sonderfall eines dezentralen Heizwerks dar, das eine beliebige Leistung bandförmig in das Primärnetz einspeisen kann. Es wird daher mit diesem gemeinsam betrachtet.

Für die definierten Fälle werden betriebswirtschaftliche Modellrechnungen angestellt, bei denen die Vollkosten der Wärmegeggebung in Abhängigkeit des Brennstoffpreises und anderer Parameter berechnet werden. Die Berechnungen werden nach der Methodik der Annuitätenmethode mit preisdynamischen Zahlungsfolgen gemäß VDI 2067 durchgeführt. Die Kosten werden dazu wie folgt gegliedert:

- kapitalgebundene Kosten: Funktion der Investitionskosten, Nutzungsdauer, Zinssatz
- verbrauchsgebundene Kosten: Funktion der umgesetzten Energiemengen, i.W. Brennstoffkosten, Kosten für Hilfsenergie
- Betriebsgebundene Kosten: Funktion der Betriebsdauer der Anlage (Personalkosten, Wartung & Instandhaltung)
- Sonstige Kosten: i.W. Versicherung und Verwaltung

## 5.2 Biomassenutzung am Standort Simmering

Die Fälle *Simmering-KWK* und *Simmering-HW* behandeln den Weiterbetrieb des Biomassekraftwerks Simmering als KWK bzw. seine Umrüstung auf ein Heizwerk. Die Modellrechnungen stellen die Vollkosten der Wärmegeggebung in Abhängigkeit des Brennstoffpreises und der erzielbaren Stromerlöse dar.

Bei der detaillierten Definition der Fälle werden die öffentlich zugänglichen Daten des Biomasse-Kraftwerks Simmering ergänzt durch Kostenabschätzungen eines Energieversorgers zur Nach- bzw. Umrüstung des Kraftwerks und Abschätzungen aus der Fachliteratur. In Tabelle 6 sind die Annahmen zu den beiden Fällen zusammen gestellt.

Tabelle 6: Annahmen für die Fälle Simmering-KWK und Simmering-HW

	<b>Simmering-KWK Weiterbetrieb als KWK</b>	<b>Simmering-HW Umrüstung zum HW</b>	<b>Quelle</b>
Notwendige Nach-/Umrüstung	Turbine, Ausmauerung	Wärmetauscher, HD- Umleitstation	Wien Energie (2015a)
KWK-Investition 2006	52 Mio. EUR		Wien Energie (2015c)
Restwert nach Ablauf der Einspeisetariflaufzeit (13 Jahre)	6,9 Mio. EUR		2/15 der Investition 2006
Investition für Weiterbetrieb	vertraulich		Wien Energie (2015a)
Brennstoffwärmeleistung	66 MW		Wien Energie (2015c)
Elektrische Nennleistung	17,5 MW	-	Wien Energie (2015c)
Thermische Nennleistung	35 MW	60 MW	Wien Energie (2015a und 2015c)



Nutzungsdauer der Investition	7 Jahre (bis 20 Jahre erreicht)	15 Jahre	eigene Annahme
Stromerlöse	25...100 EUR/MWh	-	eigene Annahme
Brennstoffpreis	20 EUR/MWh $\pm$ 10%		eigene Annahme
Anlagenauslastung	7.700 Volllaststunden p.a.		Wien Energie (2015a)
Personalkosten	15 VZÄ á 60.000 EUR/a	10 VZÄ á 60.000 EUR/a	eigene Annahme
Sonstige Betriebsmittelkosten	1,5 %	1,0 %	Werte bezogen auf Neuinvestition <sup>9</sup> eigene Annahmen in Anlehnung an VDI 2067
Wartungs- & Instandhaltung	2,5 %	2,5 %	
Versich.- & Verwaltungskosten	0,5 %	0,5 %	
Zinssatz real	3 % p.a.		Energy Center Wien (2015)
Preissteigerung real	1,5 % p.a.		eigene Annahme

Die Ergebnisse für Fall *Simmering-KWK* und Fall *Simmering-HW* sind in Abbildung 10 dargestellt. Die Darstellung erfolgt dabei in Abhängigkeit der Stromerlöse, die im Bereich von 20 EUR/MWh (niedrigster erwarteter EEX-Baseload-Preis) und 100 EUR/MWh (maximal erzielbarer Nachfolgeritarif gem. ÖSG<sup>10</sup>) variiert werden. Die strichlierten Linien zeigen die Ergebnisse für um 10 % variierte Brennstoffpreise. Zusätzlich sind die im Spätherbst 2015 erwartbaren Future-Preise für elektrische Energie an der EEX eingetragen.

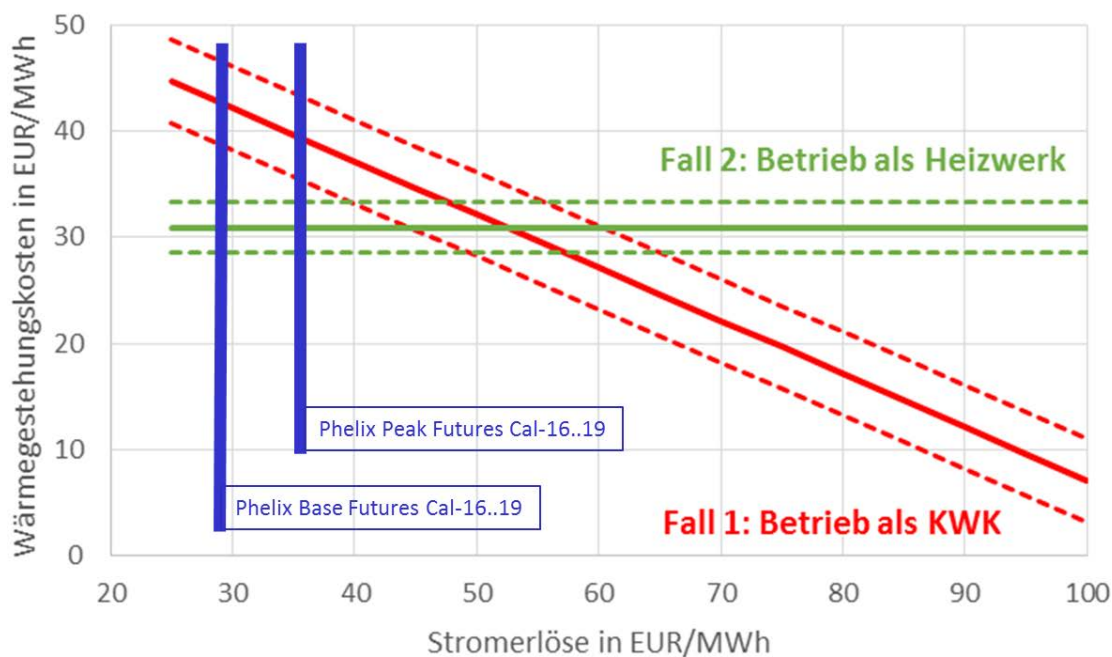


Abbildung 10: Wärmegestehungskosten in Fall 1 und Fall 2 in Abhängigkeit der Stromerlöse und der Brennstoffpreise. Quelle: Eigene Berechnungen.

<sup>9</sup> Als Kosten der Neuinvestition wird für *Simmering-KWK* die Originalinvestition 2006 angesetzt; für *Simmering-HW* wird als Bezugsgröße eine Investitionssumme von 30 Mio. EUR angenommen.

<sup>10</sup> Der Einspeisetarif für die Biomasse-KWK Simmering für die ersten 13 Jahre beträgt gemäß der Einspeisetarif-Verordnung 2002, BGBl II Nr 508/2002 102 EUR/MWh.

Die Ergebnisse für den **Fall *Simmering-KWK*** zeigen, dass die Wärmegegestehungskosten der KWK bei einem Brennstoffpreis von 20 EUR/MWh in Abhängigkeit der Stromerlöse 7 bis 45 EUR/MWh betragen. Im Bereich der für die nächsten Jahre erwartbaren Grundlastpreise für elektrische Energie werden sie jedenfalls über 40 EUR/MWh betragen. Ein Abweichung des Brennstoffpreises um  $\pm 2$  EUR/MWh zieht eine Veränderung der Wärmegegestehungskosten von  $\pm 3,9$  EUR/MWh nach sich.

Für **Fall *Simmering-HW*** ergeben sich die Wärmegegestehungskosten von 31 EUR/MWh. Die Änderung des Brennstoffpreises um  $\pm 2$  EUR/MWh bewirkt eine Änderung der Wärmegegestehungskosten von um  $\pm 2,4$  EUR/MWh.

Der in der Abbildung dargestellte **Vergleich zwischen *Simmering KWK* und *Simmering-HW*** ergibt, dass der Betrieb als KWK erst ab einem erlösten Strompreis von mindestens 40 EUR/MWh günstigere Wärmegegestehungskosten erreichen kann als der Betrieb als Heizwerk. In beiden Fällen wird jeweils bandförmige Grundlastwärme erzeugt, die ins Primärnetz von Wien Energie eingespeist werden würde. Damit stünde diese Wärmemenge in preislicher Konkurrenz zu Grundlastwärme aus anderen Quellen. Abbildung 11 zeigt die Erzeugungsstruktur der Fernwärme Wien in den letzten Jahren. Daraus ist abzulesen, dass Grundlast aus der Abwärme der Abfallbehandlung, industrieller Abwärme und alternativer Wärmeerzeugung, das ist im Wesentlichen die Biomasse-KWK Simmering erzeugt wird.

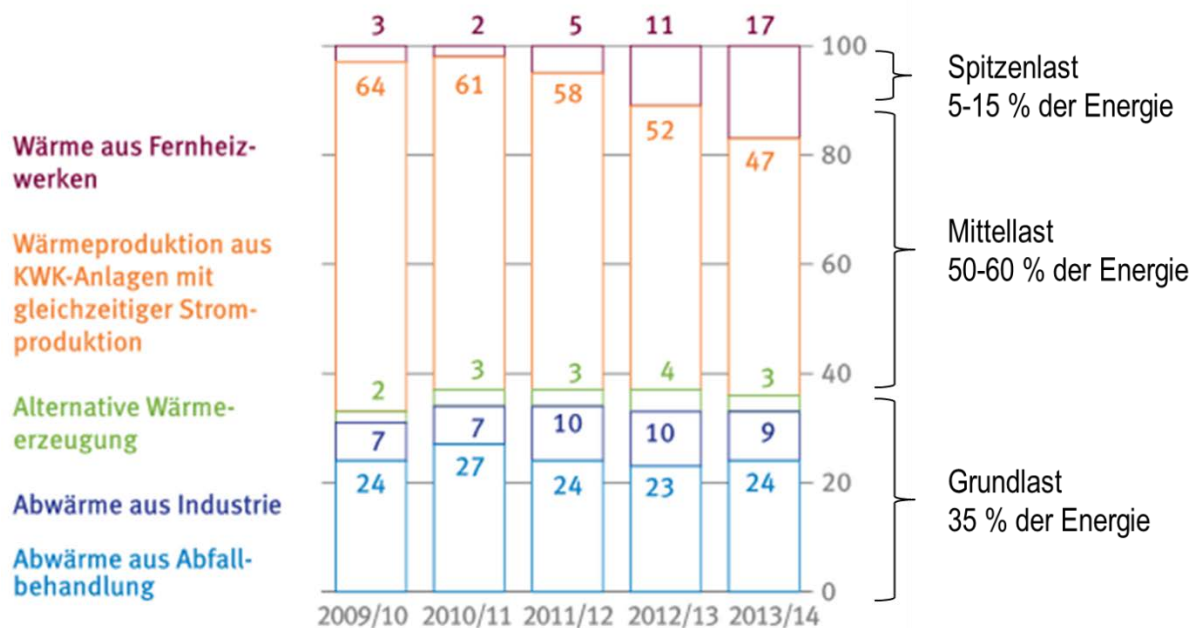


Abbildung 11: Erzeugungsstruktur der Fernwärme Wien, Angaben in Prozent. Quelle: Wien Energie (2015b) mit eigenen Ergänzungen

Es kann davon ausgegangen werden, dass die konkurrierenden Grundlast-Wärmemengen zu deutlich niedrigeren Kosten als 30 EUR/MWh zur Verfügung stehen. Aus den Ergebnissen für die Modellannahmen können mit diesen Überlegungen folgende Schlüsse gezogen werden:

- Der Betrieb als Heizwerk scheint aus betriebswirtschaftlicher Sicht nicht darstellbar, da deutlich günstigere Erzeugungsoptionen zur Verfügung stehen.

- Auch ein Weiterbetrieb als KWK und Stromverkauf zu – aus heutiger Sicht erwartbaren – Marktpreisen ist aus dieser Überlegung heraus nicht darstellbar.
- Grundsätzlich betriebswirtschaftlich darstellbar scheint ein KWK-Betrieb jedoch, wenn ein Nachfolgetarif gem. ÖSG in ausreichender Höhe erreicht werden kann.
- Zu einer genaueren Beurteilung sind jedoch jedenfalls genauere Preisschätzungen für die Aufbringung von Grundlastenergie notwendig.

### 5.3 Biomassenutzung in neuen Heizwerken

Der Fall *Dezentral-HW* beschreibt die Möglichkeit einer Errichtung neuer Heizwerke und die Einspeisung in ein dezentrales Nahwärmenetz in einem Neubaugebiet. Wie beschrieben kann der Fall *Zentral-HW* hier als ein Extremfall einer reinen Banderzeugung mit betrachtet werden.

Ziel der Betrachtung ist es, Aussagen zur betriebswirtschaftlichen Darstellbarkeit derartiger Heizwerke treffen zu können. Da die Kostenstruktur von Heizwerken von ihrer Leistungsgröße abhängt, werden drei Modellfälle unterschiedlicher Leistung definiert. Ihre Größe hängt dabei wesentlich von folgenden Parametern ab:

- **Charakteristik des Wärmebedarfs:** Ausgedrückt durch eine geordnete Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs wird der Zusammenhang zwischen der benötigten Wärmemenge, dem Spitzenleistungsbedarf und der Volllastbenutzungsdauer hergestellt. Die Angaben von Energy Center Wien (2015) zu 17 Neubaugebieten mit Wärmenetz zeigen, dass in diesen Netzen aufgrund der thermischen Qualität der Gebäude über sechs Monate kein Heizenergiebedarf besteht, sondern lediglich die Warmwasserversorgung gedeckt werden muss. In diesen Netzen ergibt sich eine Volllastbenutzungsdauer von rund 1.400 h/a (Abbildung 12 links). Die anschließende Literaturanalyse ergibt, dass dieser Wert deutlich unter den üblicherweise gemessenen und publizierten liegen, da sich die publizierten Werte in der Regel auf Mischgebiete und keine reinen Neubaugebiete beziehen. Aus diesem Grund wird anhand der Eckdaten der 17 Neubaugebiete eine synthetische geordnete Jahresdauerlinie nach Sochinsky (Methodik beschrieben in Blesl et al. 2009) abgeleitet, sie ist in Abbildung 12 rechts dargestellt.
- **Teillastverhalten des Heizwerks:** Aufgrund technischer Restriktionen kann ein einzelnes Heizwerk nicht den gesamten Wärmebedarf eines Netzes abdecken: Bei Heizwerken ist ein Teillastbetrieb nicht beliebig möglich, da es dabei zu erhöhter Korrosion und damit verminderter Anagenhaltbarkeit und zu höheren Emissionen kommt. Ausgehend von Angaben in der Literatur wird die Mindestlast im Teillastbetrieb mit 50 % der installierten Leistung begrenzt.
- **Mindestanlagengröße:** Die Emissionen von Biomasse-Heizwerken hängen in der Regel stark von ihrer Leistungsgröße ab. Im Projektbeirat wurde für Anlagen innerhalb des Wiener Stadtgebiets eine Mindestgröße von 2 MW Brennstoffwärmeleistung

festgelegt<sup>11</sup>. Der Vollständigkeit halber wird auch ein Modellfall mit einer Leistung von 1 MW betrachtet, der aber entsprechend den Aussagen des Beirats keine praktische Relevanz hat.

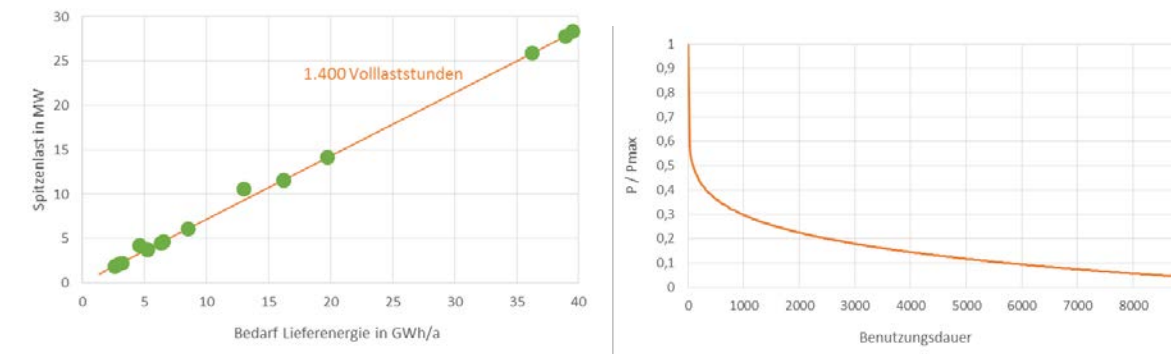


Abbildung 12: Links: Spitzenlastbedarf und Wärmebedarf (zu liefernde Energiemenge) für 17 Neubaugebiete in Wien. Rechts: Sythetische Jahresdauerlinie nach Sochinsky, abgeleitet aus den Angaben für diese Neubaugebiete. Datenquelle: Energy Center Wien (2015), eigene Berechnungen

Aufgrund dieser Randbedingungen werden vier Anwendungsfälle für Biomasse-Heizwerke in Wärmenetzen für Neubaugebiete festgelegt. Die Festlegung ihrer installierten Kapazität erfolgt dabei relativ zum Spitzenleistungsbedarf im jeweiligen Netz, da diese – wie in Abbildung 8 (links) ersichtlich in den betrachteten Neubaugebieten sehr stark zwischen 2,2 und 28,4 MW streuen:

- Fall 1: Das Heizwerk deckt den Grundlastbedarf über das gesamte Jahr. Seine installierte Leistung beträgt damit nur 10 % des Spitzenlastbedarfs im Netz, die Volllastbenutzungsdauer beträgt 7.800 h/a.
- Fall 2: Das Heizwerk wird über 7.000 Stunden pro Jahr betrieben und hat eine Leistung von 15 % der Netzspitzenleistung; die Volllastbenutzungsdauer ergibt sich dabei zu 6.100 h/a.
- Fall 3: Wird das Heizwerk zur Bereitstellung der Mittellast mit einer Betriebsdauer von 4.000 h/a eingesetzt, so kann seine Leistung 30 % der Netzspitzenlast abdecken und eine Auslastung von 3.000 Volllaststunden angenommen werden.
- Fall 4: Soll das Heizwerk einen größeren Teil der Spitzenleistung übernehmen und zusätzlich zu einem Grundlastlieferanten (z.B. ein anderes Heizwerk, Geothermie etc.) eingesetzt werden, könnte eine Maximalleistung von 30 % der Netzspitzenlast, eine Betriebsdauer von 1.000 h/a und eine Auslastung von 800 Volllaststunden realisiert werden.

Die Anwendungsfälle sind gemeinsam mit der normierten geordneten Jahresdauerlinie in Abbildung 13 dargestellt.

<sup>11</sup> Auch die Förderkriterien der Umweltförderung im Inland sehen bei der Förderung von Biomasse-Heizwerken strengere Grenzwerte für die Emissionen von Staub und  $NO_x$  vor.

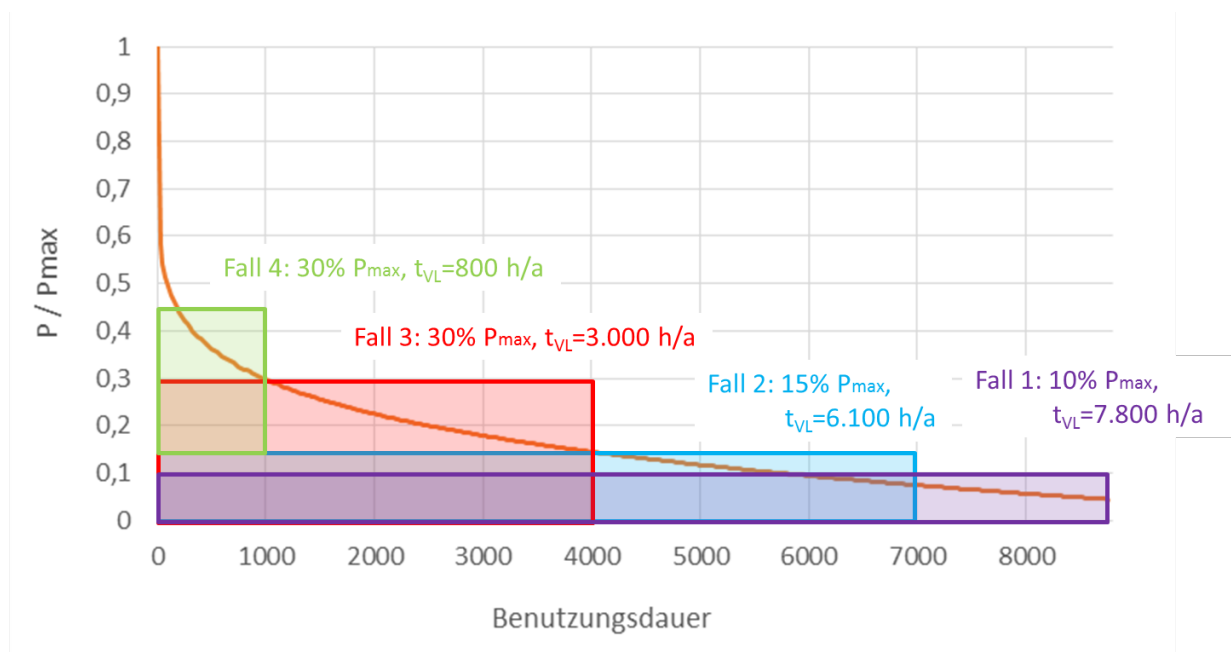


Abbildung 13: Normierte geordnete Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs und Anwendungsfälle für Biomasse-Heizwerke in dezentralen Wärmenetzen. Die Leistung auf der Ordinate wird normiert auf den Spitzenleistungsbedarf im Netz dargestellt.

Für die konkrete betriebswirtschaftliche Betrachtung werden Modellfälle für drei Anlagengrößen definiert. Die Kostendaten dazu stammen von der KPC und beruhen auf der Auswertung von 431 Projekten der Förderungsbereiche Biomasse-Nahwärme und Wärmeverteilung, die ab 2009 von der KPC endabgerechnet wurden (KPC 2015). Die Investitionskosten umfassen dabei folgende Anlagenteile:

- Hochbau (Baukosten für das Heizwerk, Brennstofflagers sowie Außenanlagen und Manipulationsflächen)
- Anlage (Biomassekessel, Mess- und Regelungstechnik, Heizungs- und Elektroinstallationen einschließlich der zugehörigen Montagearbeiten)

Die Angaben für die Baukosten richten sich stark nach der jährlich abgegebenen Wärmemenge und werden von der KPC entsprechend in EUR/MWh verkaufter Wärme angegeben, die Baukosten als leistungsspezifische Kosten in EUR/kW thermischer Leistung. Es wird davon ausgegangen dass Heizwerke im städtischen Umfeld lediglich über ein Brennstofflager verfügen, die nur einen Teil des Jahresbedarfs enthält. Für die Kostenfestlegung in den Modellfällen wird daher davon ausgegangen, dass ein Lager für 1.000 Volllaststunden vorhanden ist. Die Annahmen für die drei Modellfälle sind in Tabelle 7 zusammen gestellt.

Tabelle 7: Annahmen für drei konkrete Anlagengrößen

	Anlage 1 MW***	Anlage 2 MW	Anlage 5 MW	Quelle
Spez. Investitionskosten (EUR/kW)*	700	650	600	eigene Annahme auf Basis KPC (2015)
Thermischer Wirkungsgrad	85 %	90 %	90 %	
Fördersatz**	25 %			
Brennstoffpreis im 1. Jahr (EUR/MWh)	20	20	20	eigene Annahme
Personalkosten (VZÄ á 50.000 EUR/a)	0,25	0,5	1	eigene Annahme
Stromverbrauch & Kosten	10 kWh/MWh @ 0,15 EUR/kWh			eigene Annahme

Wartung/Instandhaltung (% Invest. p.a.)	3,5%	eigene Annahme nach VDI 2067
Versich. & Verwaltung (% Invest. p.a.)	0,5 %	
Zinssatz real	3 % p.a.	Energy Center Wien (2015)
Preissteigerung real	1,5 % p.a.	eigene Annahme
Nutzungsdauer	20 Jahre	eigene Annahme

\* Mit einem Lager für rd. 1.000 Volllaststunden

\*\* Förderbasis: Investitionskosten abzgl. Referenzkosten von 130 EUR/kW

\*\*\* Der Modellfall einer 1 MW Anlage wird nur der Vollständigkeit halber mitbetrachtet und hat in der Praxis keine Relevanz.

Abbildung 14 zeigt die Ergebnisse für die Wärmegestehungskosten für die drei Modellfälle in Abhängigkeit der Volllastbenutzungsdauer. Hervorgehoben sind dabei die Benutzungsdauern für die vier definierten Anwendungsfälle. Es zeigt sich eine deutliche Degression der Kosten bis auf ein Niveau von rund 40 EUR/MWh. Es ist klar ersichtlich, dass sowohl die Degression als auch der Kostenunterschied zwischen den drei Modellfällen mit steigender Anlagenausnutzung deutlich abnehmen.

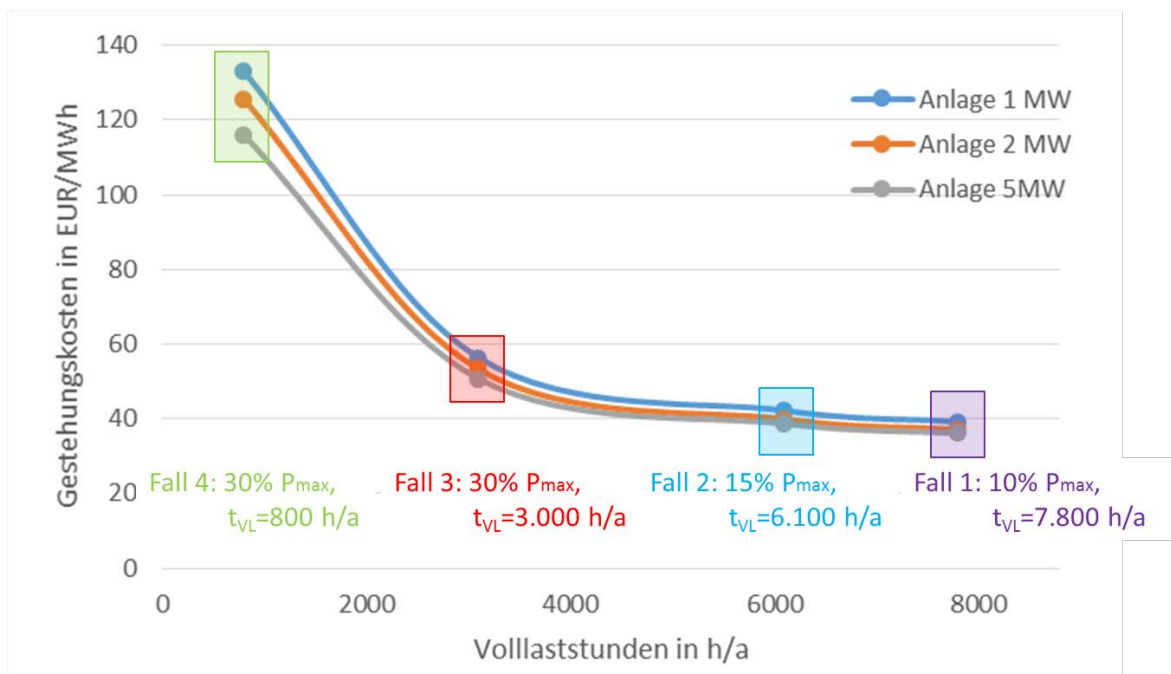


Abbildung 14: Ergebnisse für die drei betrachteten Anlagengrößen in Abhängigkeit der Anlagenauslastung. Zusätzlich sind die vier Anwendungsfälle eingetragen. Quelle: eigene Berechnungen.

Ein repräsentativer Fall wird detailliert analysiert: Für Modellfall 2 MW in der Anwendung 6.100 Volllaststunden ergeben sich Wärmegestehungskosten von 40 EUR/MWh. Die Kostenstruktur (Abbildung 15 links) zeigt die klare Dominanz der Brennstoffkosten, die fast zwei Drittel der Wärmegestehungskosten ausmachen, und der Investitionskosten, die 14 % beitragen. Entsprechend stellt sich auch die Sensitivität der Gestehungskosten dar (Abbildung 15 rechts): Am stärksten reagieren die Gestehungskosten auf eine Veränderung des Brennstoffpreises. 10 % Änderung bewirkt eine Veränderung der Gestehungskosten um 6,3 %. Zweitwichtigster Parameter ist die Anlagenauslastung.

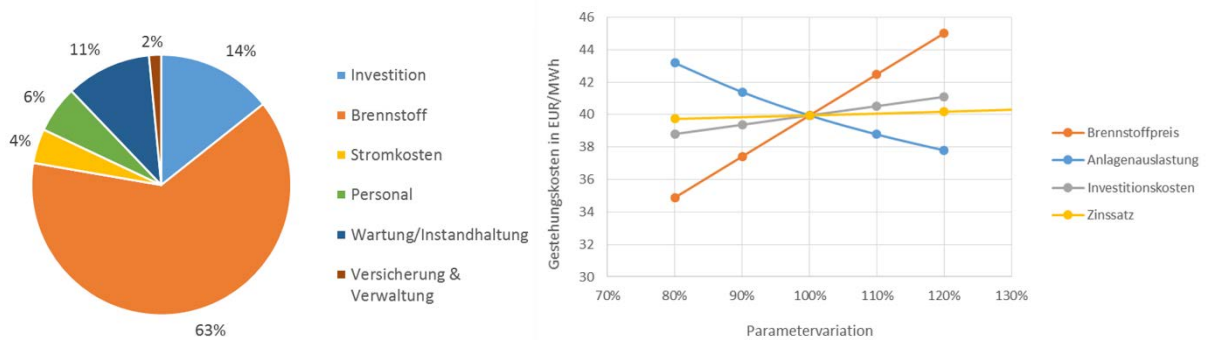


Abbildung 15: Links: Kostenstruktur des Modellfalls 2 MW, 6.100 Volllaststunden. Rechts: Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse dieses Modellfalls. Ausgehend von den Basisdaten sind die Gestehungskosten in Abhängigkeit der variierten Parameter dargestellt. Quelle: eigene Berechnungen.

Werden die Modellfälle der drei Anlagengrößen auf die Anwendungsfälle umgelegt, kann dargestellt werden, für welche Wärmenetze Heizwerke der definierten Größen prinzipiell eingesetzt werden könnte, vgl. Tabelle 8:

- Heizwerke mit einer Leistung von 2 MW benötigen ein Netz mit einem Spitzenleistungsbedarf von min. 13 MW, um sinnvoll im Grundlastbetrieb eingesetzt werden zu können. Im Mittellastbereich wären sie in Netzen ab rd. 7 MW Spitzenleistung einsetzbar.
- Heizwerke mit 5 MW Leistung bräuchten für Grundlasteinsatz bereits Netze mit Spitzenleistungen von min. 33 MW. Im Mittellastbereich könnten sie in Netzen ab rd. 17 MW Spitzenleistung eingesetzt werden.
- Die theoretische Leistungsobergrenze eines Heizwerks in den betrachteten Neubaugebieten liegt bei 8 MW; Heizwerke dieser Leistung könnten im Mittellastbereich eingesetzt werden.

Tabelle 8: Einsatzmöglichkeiten von Heizwerken bestimmter Leistung in den betrachteten Wärmenetzen. Quelle: eigene Berechnungen

		Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 4
Installierte Heizwerksleistung $P_{HW}/P_{max}$		10%	15%	30%	30%
Volllastbenutzungsdauer $t_{VL}$ [h]		7 800 h/a	6 100 h/a	3 000 h/a	800 h/a
Notwendige Spitzenlast des Wärmenetzes	Anlage 1 MW	10,0 MW	6,7 MW	3,3 MW	3,3 MW
	Anlage 2 MW	20,0 MW	13,3 MW	6,7 MW	6,7 MW
	Anlage 5 MW	50,0 MW	33,3 MW	16,7 MW	16,7 MW
	(Anlage 8 MW)	80,0 MW	53,3 MW	26,7 MW	26,7 MW

Als Schlussfolgerungen für den Einsatz von Biomasse-Heizwerken in Wärmenetzen von Neubaugebieten können aus der Betrachtung von Modellfällen die folgenden Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Für Anlagenkonfigurationen mit mehr als 1.000 Volllaststunden liegen die Vollkosten der Wärmegestehung im Bereich 35 bis 55 EUR/MWh
- Entscheidend für die betriebswirtschaftliche Rentabilität ist Wahl des Einsatzzwecks, z.B.
  - Grundlastdeckung

- Betrieb nur in der Heizsaison
- Spitzenlastdeckung (?)
- Die Frage nach der Spitzenlastabdeckung in den betrachteten Wärmenetzen bleibt jedenfalls erhalten.
- Daneben sind auch die zeitliche Entwicklung der Errichtung der Neubaugebiete und ihre Gliederung in Bauabschnitte maßgeblich.

## 6 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die im Rahmen dieser Studie durchgeführten Interviews bzw. die Berechnung konkreter Anwendungsfälle am Beispiel Wien führen vor Augen, wo die erfolgsfördernden Faktoren und Rahmenbedingungen (wirtschaftlich, politisch, sozial) für den Einsatz fester Biomasse im Stadtgebiet liegen. Ein Blick auf andere europäische Städte zeigt dabei, dass bei der Erreichung ambitionierter Klima- und Energieziele der Einsatz von Biomasse einen möglichen Beitrag zur Nutzung erneuerbarer Energien innerhalb der Stadtgrenzen leisten kann.

Ein wichtiger Faktor für Städte wie Graz ist beispielsweise die langfristig gesicherte Rohstoffverfügbarkeit gekoppelt an die nachhaltige Herkunft (Winterthur, Kopenhagen, Stockholm). Obwohl Nachhaltigkeitskriterien der Biomasseherkunft zwischen Stadt und Anlagenbetreiber zum Teil vertraglich vereinbart sind, ist die Überprüfung der Herkunft häufig schwierig bzw. nicht umsetzbar. In Winterthur und Kopenhagen gibt es eigens Qualitätskriterien, die über eine Zertifizierung hinausgehen. Lokale Gegebenheiten wie die Anbindung an Hafenanlagen oder Küstennähe (siehe Stockholm) ermöglichen auch den Import von Biomasse aus Übersee.

Aufgrund unterschiedlicher Emissionsquellen wie dem Verkehr, kleinen Holzfeuerungen, der Industrie und der Landwirtschaft kommt es in urbanen Ballungszentren immer wieder zu gesundheitsschädlichen Feinstaubkonzentrationen in der Luft. Während das Problem bei größeren Anlagen (> 2 MW) durch immer ausgereifere Techniken zur Abgasreinigung vernachlässigbar klein ist, verursachen kleine Feuerungsanlagen im Bestand immer noch Probleme. Aus zahlreichen Interviews und der Diskussion mit städtischen VertreterInnen in Wien heraus kann die daher Empfehlung zu Anlagen mit nachgeschalteten Reinigungsprozessen abgegeben werden. Damit sollten – auch nach Einschätzung der im Projektbeirat eingeladenen Wiener VertreterInnen – alle lufthygienischen Bedenken ausräumbar sein.

Mehr als die Hälfte der InterviewpartnerInnen der untersuchten Städte gab an, dass fehlende Akzeptanz der Bevölkerung den Einsatz fester Biomasse aufgrund Befürchtungen vor Geruchs-, Feinstaub- und Verkehrsbelastungen deutlich erschweren kann. Informationen an BewohnerInnen zu verteilen reichen dabei oftmals nicht aus. Die Rechtslage in Österreich sieht vor, dass bei Großprojekten eine Umweltverträglichkeitsprüfungen durchgeführt werden muss, in denen neben Argumenten der Projektwerber auch jene der betroffenen AnrainerInnen und Umweltorganisationen geprüft werden. Mögliche Konfliktpotenziale können so frühzeitig identifiziert und Lösungen gemeinsam erarbeitet werden,

Im Rahmen der Projektbearbeitung konnte die Erkenntnis gewonnen werden, dass eine integrierte Herangehensweise beteiligter Gruppen – öffentliche Institutionen, Politik und Planung, BürgerInnen – sowohl horizontal zwischen Fachpolitiken und Disziplinen wie z.B. Raumpla-



nung, Luftreinhaltung, Umweltanwaltschaft als auch vertikal zwischen verschiedenen Handlungsebenen, vom Gebäude bis zur Region, bestmöglich den Weg zu gemeinsamen Ziel- und Handlungsstrategien ebnet und die Umsetzungsbereitschaft erhöht.

Anhand der Berechnung von realistischen Anwendungsfällen am Beispiel Wien konnte dargestellt werden, dass die betriebswirtschaftliche Rentabilität von Heizwerken bzw. Heizkraftwerken sehr stark von Rohstoffpreisen und den Einspeisetarifen (für Strom und/oder Wärme) abhängt. Daneben spielen die Charakteristik des Wärmebedarfs, die Anlagengröße und daraus resultierend die Volllaststundenanzahl eine entscheidende Rolle in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. In Neubaugebieten maßgeblich ist dabei die Frage der Spitzenlastabdeckung (siehe Abbildung 13), welche bei zunehmend steigenden Gebäudestandards mit immer geringerem Wärmebedarf an Bedeutung gewinnt. Unter bestimmten Voraussetzungen könnten dezentrale Biomasse-Heizwerken in Neubaugebieten jedoch sinnvoll zum Einsatz gebracht werden.

## Literaturverzeichnis

Stockholm Stad (2014): Roadmap for a fossil fuel-free Stockholm 2050, [Link](#), abgerufen zuletzt am 23.08.2015.

Magistrat der Stadt Wien, Magistratsabteilung 20 – Energieplanung (2014): Energiebericht der Stadt Wien, Daten 2012 / Berichtjahr 2014, MA20.

Nussbaumer, Thomas (2010): Emissionsfaktoren von Holzfeuerungen und Klimaeffekt von Aerosolen aus der Biomasse-Verbrennung, in 11. Holzenergie-Symposium: Potenzial und Technik zur Holzenergie-Nutzung. ISBN 3-908705-21-5.

Organisation Umwelt und Energie der Stadt Winterthur (2013): Umweltbericht Winterthur 2013, Umwelt- und Gesundheitsschutz, Fachstelle Gesundheit, [Link](#), zuletzt abgerufen am 13.09.2015.

Stadt Winterthur, Umwelt- und Gesundheitsschutz (Hrsg., 2011): Grundlagen Energiekonzept 2050, Aktualisierung der Ziele und Massnahmen der Energiestadt Gold Winterthur, [Link](#), abgerufen zuletzt am 07.09.2015.

Reusswig, F., Hirschl, B. et al. (2014): Machbarkeitsstudie Klimaneutrales Berlin 2050, im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Potsdam und Berlin, 2014.

Jenssen, T. (2010): The Good, the Bad & the Ugly. Acceptance and Opposition as Keys to Bioenergy Technologies. Journal of Urban Technology 17 (2010) 2, S. 99-115

Bollaz, S., Jansohn, P. (2012): Biomassevergasung: Stand der Technik und Trends, in 12. Holzenergie-Symposium: Holzenergie-Nutzung in der Energiestrategie 2050. ISBN 3-908705-24-X

Wärmeversorgung Graz 2020/2030 – Optionen für die Wärmebereitstellung fernwärmeversorgter Objekte im Großraum Graz, Grazer Energieagentur, 2014.

Viana, M, Karanasiou, A., Querol, X. (2013): Biomass burning practices in 11 major European cities and their impact on PM<sub>x</sub> and BaP, Präsentation im Rahmen des EU-geförderten Projekts AIRUSE, Dezember 2013.

PECQ 2011-2020 (oJ): The energy, climate change and air quality plan of Barcelona, Agencia d'energia de Barcelona.

KliP II Klimaschutzprogramm der Stadt Wien – Fortschreibung 2010-2020, Magistrat der Stadt Wien, MD-KLI, vom Wiener Gemeinderat am 18.12.2009 beschlossen

### **Literatur zu den Beispielrechnungen für Wien**

Blesl M, Kempe S, Ohl M, Fahl U, König A, Jenssen T, Eitrop L (2009): Erstellung eines Leitfadens und Umsetzung für Modellregionen

EEX (2015):

Energy Center Wien (2015): Wärmebedarfsdaten zu den Stadtentwicklungsgebieten Nord und betriebswirtschaftliche Rahmenbedingungen. Persönliche Mitteilung von Michael Cervený am 19.08.2016

KPC (2015): Referenzkosten von Biomasseheizwerken. Persönliche Mitteilung von Christoph Walla am 23.09.2015

Wien Energie (2014): Umwelterklärung 2014 (Aktualisierung) der Strom- und Wärmeerzeugungsanlagen von Wien Energie

Wien Energie (2015a): Kostenabschätzungen für eine zukünftige Entwicklung des BMKWK Simmering. Persönliche Mitteilung von Michael Kotschan am 11.06.2015

Wien Energie (2015b): Umwelterklärung 2015 der Strom- und Wärmeerzeugungsanlagen von Wien Energie

Wien Energie (2015c): Website von Wien Energie. Unter [www.wienenergie.at](http://www.wienenergie.at) [06.10.2015]

Wiener Stadtwerke (2014): Nachhaltigkeitsbericht 2013

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ergebnisse aus Interviews zu Zielen und Strategien im Bereich Energieversorgung und Klimaschutz .....	12
Abbildung 2: Fernwärmeversorgung der Stadt Kopenhagen [Quelle: Inge Nilsson, Protokoll des Interviews am 24.06.2015] .....	15
Abbildung 3: Anteil (in %) erneuerbarer Energieproduktion im Verhältnis zum Energieverbrauch in Barcelona 1999 bis 2008 [Quelle: PECQ 2011-2020] .....	18
Abbildung 4: Fernwärme und -kälte Netzwerk in Barcelona und die Rolle von fester Biomasse [Quelle: PECQ 2011-2020].....	18
Abbildung 5: Ergebnisse aus Interviews zur Herkunft, Logistik und Technologien fester Biomasse .....	19
Abbildung 6: elektrische Wirkungsgrade von holzbasierten Stromerzeugungssystemen (bestehende Technologien und erwartete Wirkungsgrade für neue Technologien) [Bollaz & Jansohn, 2012] .....	21
Abbildung 7: Ergebnisse aus Interviews zum Thema Luftreinhaltung .....	22
Abbildung 8: durchschnittliche PM10, PM2,5 und PM1 Konzentrationen in Barcelona 1999-2014 [AIRUSE] .....	27
Abbildung 9: Ergebnisse aus Interviews zu Erfolgsfaktoren und kritischen Faktoren im Einsatz fester Biomasse .....	28
Abbildung 10: Wärmegestehungskosten in Fall 1 und Fall 2 in Abhängigkeit der Stromerlöse und der Brennstoffpreise. Quelle: Eigene Berechnungen. ....	32
Abbildung 11: Erzeugungsstruktur der Fernwärme Wien, Angaben in Prozent. Quelle: Wien Energie (2015b) mit eigenen Ergänzungen.....	33
Abbildung 12: Links: Spitzenlastbedarf und Wärmebedarf (zu liefernde Energiemenge) für 17 Neubaugebiete in Wien. Rechts: Synthetische Jahresdauerlinie nach Sochinsky, abgeleitet aus den Angaben für diese Neubaugebiete. Datenquelle: Energy Center Wien (2015), eigene Berechnungen.....	35
Abbildung 13: Normierte geordnete Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs und Anwendungsfälle für Biomasse-Heizwerke in dezentralen Wärmenetzen. Die Leistung auf der Ordinate wird normiert auf den Spitzenleistungsbedarf im Netz dargestellt.....	36
Abbildung 14: Ergebnisse für die drei betrachteten Anlagengrößen in Abhängigkeit der Anlagenauslastung. Zusätzlich sind die vier Anwendungsfälle eingetragen. Quelle: eigene Berechnungen. ....	37

Abbildung 15: Links: Kostenstruktur des Modellfalls 2 MW, 6.100 Volllaststunden. Rechts: Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse dieses Modellfalls. Ausgehend von den Basisdaten sind die Gestehungskosten in Abhängigkeit der variierten Parameter dargestellt. Quelle: eigene Berechnungen. ....38

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: InterviewpartnerInnen in den ausgewählten Großstädten und abgefragte Themengebiete .....	10
Tabelle 2: Zielwerte Endenergie im Bereich Wärme in TJ [Quelle: Grundlagen Energiekonzept 2050].....	17
Tabelle 3: Luftschadstoffemissionen durch Feuerungen Winterthur [Quelle: Umweltbericht Winterthur].....	24
Tabelle 4: Verteilung der Heizungstypen in Winterthur .....	25
Tabelle 5: Eckdaten zu den definierten Anwendungsfällen der Wärmeerzeugung aus fester Biomasse.....	30
Tabelle 6: Annahmen für die Fälle Simmering-KWK und Simmering-HW .....	31
Tabelle 7: Annahmen für drei konkrete Anlagengrößen.....	36
Tabelle 8: Einsatzmöglichkeiten von Heizwerken bestimmter Leistung in den betrachteten Wärmenetzen. Quelle: eigene Berechnungen .....	38

# **0 Anhang**

**0.1 Interviewleitfaden**

**0.2 Interviewdokumentation**

**0.3 Präsentation des Ideenworkshops am 19. Dezember 2014**

**0.4 Präsentation des Zwischenberichtsworkshops am 23. April 2015**

**0.5 Endpräsentation vom 21. Dezember 2015**