



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Bautechnik und
Naturgefahren
Institut für konstruktiven Ingenieurbau
Arbeitsgruppe Ressourcenorientiertes Bauen
Peter Jordanstraße 82
A-1190 Wien

Smart Cities

Bottom-Up Approach

auf Ebene von Stadtquartieren

Diplomarbeit von Matthias Humpeler

März, 2012

1. Betreuer

Univ. Prof. Arch. DI Dr. techn. Martin Treberspurg
Institut für Konstruktiven Ingenieurbau, Arbeitsgruppe ressourcenorientiertes Bauen, BOKU Wien

2. Betreuer

DI Christoph Neururer MSc
Institut für Konstruktiven Ingenieurbau, Arbeitsgruppe ressourcenorientiertes Bauen, BOKU Wien

Abstract

More than 50 % of the world's population lives in cities which, with ongoing urbanization, will continue to grow. The world population is also rising; so is the demand for energy. Currently 70.5 % of this demand is met from fossil energy sources. Still, the primary cause of global problems such as climate change and resource scarcity is energy usages in cities.

This paper deals with the research questions: "*What are Smart Cities?*" and "*How could a Smart City concept be implemented in one district of the town Klosterneuburg?*". Based on a literature survey "*Smart City*" was defined as follows: "*The Smart City is a city with an almost carbon neutral (- 80 % to – 95 % of the base year 1990) energy supply (electricity, heat, fuel). The supply is mostly provided by renewable energy sources. Improvements in socio-economic as well as technical areas (for example: mobility, building, ICT, etc.) are selected according to the principle of system theory, and optimized with caution on the entire system. Improving the quality of life is accompanied by the use of low-emission technologies.*"

In addition to the definition, 11 key aspects have been identified: "*system approach - the city as a complex system, renewable energy, energy efficiency, cooling and heating, lighting - intelligent control, construction, consumption and production management (energy), clean transport, intelligent networks, sewage and waste management, information and communication technology*".

Implementation projects and programs can be found in Asia, the Middle East and the EU. In Asia and the Middle East the concept is implemented in large-scale construction projects, such as Masdar City, Abu Dhabi and Meixi Lake, Changsha, China. In Europe, the "*Smart City initiative*", a program based on the "*Technology Roadmap*" is initiating a transformation of existing cities towards *Smart Cities*.

The case study goal was to create a sustainable neighborhood according to the criteria of *Smart City*, and to calculate the total energy demand. The focus was on a fictional new development area for 1,800 people, the sewage-treatment plant, and the exploitation of existing energy potentials. Based on the calculations, the self-sufficiency in heat generation could be 358 % and the self-sufficiency for power could be 71.5 %. The following measures for a progressive transformation process were derived from the calculation:

1. Analysis of existing waste heat and renewable energy potentials, inside and outside of the target area.
2. Increase in data quality by creating an open database of consumption data (heat/electricity/gas/water) in the commercial sector.
3. Comprehensive use of *smart meters* in the field of electricity, heat and gas.

Kurzfassung

Mehr als 50 % der Weltbevölkerung lebt in Städten. Die fortlaufende Urbanisierung lässt vermuten, dass Städte weiter wachsen werden. Mit einer steigenden Einwohnerzahl wächst auch der Energiebedarf, dieser wird derzeit zu 70,5 % aus fossilen Energieträgern abgedeckt. Somit konzentriert sich die Ursache für globale Probleme, wie einerseits der Klimawandel und andererseits die Ressourcenknappheit, in kompakten menschlichen Agglomerationen – den Städten.

Die hier vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit zwei Forschungsfragen: „Was sind Smart Cities?“ und „Wie könnte eine mögliche Umsetzung einer Smart City in einem Quartier der Stadt Klosterneuburg aussehen?“. Basierend auf einer Literaturstudie wurde die Smart City wie folgt definiert:

„Die Smart City ist eine Stadt, deren Energieversorgung (Strom, Wärme, Treibstoff) nahezu kohlenstoffneutral ist (-80 % bis -95 % zum Basisjahr 1990). Die Energieversorgung wird zum größten Teil durch regenerative Energieträger bereitgestellt. Eingesetzte sozioökonomische sowie technische Verbesserungen in den Kernbereichen (Mobilität, Gebäude, IKT, u.v.m.) sind nach dem Prinzip des Systemansatzes ausgewählt und mit Bedacht auf das Gesamtsystem optimiert. Die Verbesserung der Lebensqualität geht mit dem Einsatz emissionsarmer Technologien einher.“

Zusätzlich zur Definition wurden 11 Konzeptschwerpunkte identifiziert: „Systemansatz – die Stadt als komplexes System, Erneuerbare Energien, Energieeffizienz, Kühlen und Heizen, Beleuchtung – intelligente Regelung, Gebäude, Verbrauchs- und Produktionsmanagement (Energie), Sauberer Nahverkehr, Intelligente Netze, Abwasser- und Abfallmanagement und Informations- und Kommunikationstechnologie“.

Umsetzungsprojekte und Förderprogramme finden sich in Asien, dem Nahen Osten und der EU. In Asien und dem Nahen Osten wird das Konzept in groß angelegten Neubauprojekten umgesetzt, beispielsweise Masdar City, Abu Dhabi und Meixi Lake, Changsha, China. Im europäischen Raum wird durch die „Smart City Initiative“, einem Förderprogramm basierend auf der Technologie Roadmap, versucht, eine Transformation bestehender Städte hin zur Smart City einzuleiten.

Die Case Study hatte zum Ziel, ein nachhaltiges Quartier nach den Kriterien der Smart City zu gestalten und den Gesamtenergiebedarf zu berechnen. Schwerpunkte im Gebiet waren das fiktive Neubaugebiet für 1.800 Personen, die städtische Kläranlage und die Ausschöpfung vorhandener Energiepotentiale. Im Bereich Wärme konnte rechnerisch ein Eigenversorgungsanteil von 358 % festgestellt werden. Im Bereich Strom ist ein Eigenversorgungsanteil von 71,5 % möglich. Aus der detaillierten Berechnung wurden Umsetzungsmaßnahmen abgeleitet; die drei wichtigsten Maßnahmen lauten wie folgt:

1. Analyse bestehender erneuerbarer Energiepotentiale sowie Abwärmepotentiale innerhalb sowie außerhalb eines betrachteten Gebietes.
2. Erhöhung der Datenqualität und Schaffung einer offenen Datenbank von Verbrauchsdaten (Wärme/Strom/Gas/Wasser) auf Gewerbeebene durch Koppelung einer Auskunftspflicht an Förderungen oder andere fiskalpolitische Maßnahmen.
3. Flächendeckender Einsatz von intelligenten Zählern im Bereich Strom, Wärme und Gas.

Inhalt

0	Begriffsdefinition	1
1	Einleitung	1
1.1	Forschungsfragen	1
1.2	Methodik	2
2	Globale Entwicklung und die Rolle von Städten	2
2.1	Bevölkerungswachstum und Urbanisierung	3
2.2	Klimawandel	3
2.3	Energiebedarf	5
2.4	Versorgungssicherheit und Ressourcenverknappung	5
2.5	Mobilität	6
3	Smart Cities – Beschreibung und Definition	7
3.1.1	Einführung	7
3.1.2	Die Smart City – Schwerpunkte	8
3.1.2.1	Systemansatz – Die Stadt als komplexes System	9
3.1.2.2	Erneuerbare Energien	10
3.1.2.3	Energieeffizienz	16
3.1.2.4	Kühlen und Heizen	17
3.1.2.5	Beleuchtung, intelligente Regelungen	17
3.1.2.6	Gebäude	19
3.1.2.7	Verbrauchs- und Produktionsmanagement (Energie)	21
3.1.2.8	Sauberer Nahverkehr	23
3.1.2.9	Intelligente Netze	24
3.1.2.10	Abwasser- und Abfallmanagement	25
3.1.2.11	Informations- und Kommunikationstechnologien	28
3.1.3	Städte und Unternehmen	29
3.1.4	Benchmark: Smart City	30
3.2	Europäische Smart City Initiative	33
3.2.1	Energiepolitikentwicklung	33
3.2.2	Strategischen Energie-Technologie-Plan	33
3.2.3	Europäische Initiativen und Programme	35
3.2.4	Umsetzung in Österreich	35
4	Wirkungsfelder	37
4.1	Mensch	38
4.2	Umwelt	39
4.3	Technik	40
5	Case Study Klosterneuburg	41
5.1	Gemeindegebiet	41
5.1.1	Gesamtenergieverbrauch Klosterneuburg	42
5.2	Quartier	44
5.2.1	Überblick	44
5.2.1.1	Geschichte	44
5.2.1.2	Betrachtungshorizont	44

5.2.1.3	Luftbild	45
5.2.1.4	Bestandsplan der vorhandenen Bebauung	46
5.2.1.5	Gefahrenzonenplan Hochwasser	48
5.2.2	Berechnungen.....	48
5.2.2.1	Gebäude	49
5.2.2.2	Straßenbeleuchtung.....	54
5.2.2.3	Mobilität.....	54
5.2.2.4	Energieproduktion.....	56
5.2.2.5	Gasspeicher	63
5.2.2.6	Netze.....	64
5.2.2.7	Kläranlage	67
5.2.3	Ergebnisse	70
5.2.3.1	Magdeburger Kasernen Neubau	70
5.2.3.2	Kläranlage.....	70
5.2.3.3	Gesamtbilanz	71
5.2.4	Vision für das Smart City Quartier	72
5.3	Maßnahmenplan.....	73
6	Schlussfolgerungen und Fazit	74
7	Anhang	76
7.1	Glossar.....	76
7.2	Quellenverzeichnis	77
7.3	Abbildungsverzeichnis	86
7.4	Tabellenverzeichnis	87
7.5	Daten, Berechnungen und Sonstige Anhänge	88
7.5.1	Biomasse	88
7.5.2	Anlagenwirkungsgradtabelle.....	89
7.5.3	Beleuchtung Faktoren.....	89
7.5.4	Beleuchtung Berechnung Bestand	91
7.5.5	Beleuchtung LED	92
7.5.6	Wohngebäude Neubau	93
7.5.7	Öffentliche Gebäude Neubau	95
7.5.8	Gewerbe Neubau.....	95

0 Begriffsdefinition

Smart City / Smart Cities

Die *Smart City* ist eine Stadt, deren Energieversorgung (Strom, Wärme, Treibstoff) nahezu kohlenstoffneutral ist (- 80 % bis - 95 % zum Basisjahr 1990). Die Energieversorgung wird zum größten Teil durch regenerative Energieträger bereitgestellt. Eingesetzte sozioökonomische sowie technische Verbesserungen in den Kernbereichen (Mobilität, Gebäude, IKT, u.v.m.), sind nach dem Prinzip des Systemansatzes ausgewählt und mit Bedacht auf das Gesamtsystem optimiert. Die Verbesserung der Lebensqualität geht mit dem Einsatz emissionsarmer Technologien einher.

1 Einleitung

Städte sind Mittelpunkt von Kultur und Zivilisation. Mit Beginn der Industrialisierung im 19. Jahrhundert beginnt nicht nur eine neue Epoche des Warenreichtums und einer raschen Technologieentwicklung, es beginnt auch die Zeit der Umweltprobleme. Paris Mitte des 19. Jahrhunderts erlebt eine immer problematischer werdende Umweltverschmutzung durch biologische Abfälle, sowie der dadurch resultierenden Trinkwasserverschmutzung. Bis Ende des 19. Jahrhunderts und mit Beginn des 20. Jahrhunderts werden eine Vielzahl von Umweltschutzmaßnahmen gesetzt und erste Erfolge erzielt, wie beispielsweise die Einführung von Trinkwasserleitungsnetzen und Abwasserkanalisation. Das 20. Jahrhundert ist durch ein starkes Wachstum der Gesamtpopulation, einem starken Anstieg des Energiebedarfs und einer zunehmenden Urbanisierung geprägt. Umweltprobleme verlagern sich und nehmen überregionale Dimensionen an. Maßnahmen, wie die flächendeckende Installation von Abwasserkläranlagen und Luftfilter sollten Abhilfe schaffen. Erstmals in der Geschichte werden Umweltprobleme global wahrgenommen und Gegenmaßnahmen gesetzt; als Beispiel kann hier die Verringerung der Ozonschicht und das Verbot von FCKWs gebracht werden. Am Beginn des 21. Jahrhunderts ist der Umweltschutz gänzlich global; im wissenschaftlichen Konsens steht der Klimawandel, bedingt durch die anthropogen verursachten Kohlenstoffemissionen, als zu >90 % (Pachauri, Reisinger A. 2007) bewiesen fest.

Die Gesellschaft mit all ihren Bedürfnissen benötigt Energie, allerdings wird diese Energie zumeist durch die Umwandlung fossiler Rohstoffe bereitgestellt. In der Vision einer nachhaltigen, kohlenstoffarmen Stadt spielt Energie eine gänzlich andere Rolle. Technische Effizienzmaßnahmen in allen Sektoren werden den Energiebedarf deutlich reduziert haben, der verbleibende Bedarf ist emissionsarm und möglichst durch regenerative Energieträger abzudecken. Der Mensch und seine Bedürfnisse rücken dabei in den Mittelpunkt; Konzepte für die Mobilität, den verbesserten Gebäudebestand und die „Stadt der kurzen Wege“ werden die Lebensqualität verbessern.

1.1 Forschungsfragen

Die Arbeit hat zum Ziel, das Konzept *Smart City* aus den zur Verfügung stehenden Quellen herauszuarbeiten, Schwerpunkte aufzuzeigen und Fallbeispiele zu nennen. Die Motivation für diese Analyse fußt in den großen politischen Förderprogrammen, allen voran den Europäischen Energiestrategieplänen zur Umsetzung der *Smart Cities* in Europa resp. weltweit sowie den in Kapitel 2 genannten Problemfeldern, welche die Entwicklung von Konzepten (*Smart City* oder andere) zur Reduktion der selbigen motiviert haben. Im empirischen Teil der Arbeit sollen die hier im Konzept definierten Schwerpunkte in einer Case Study angewendet werden.

Folgende Forschungsfragen sollen in dieser Arbeit behandelt werden:

- a. Was sind *Smart Cities*?
 - Welche Visionen, Trends und Vorzeigebjekte gibt es?
- b. Wie könnte eine mögliche Umsetzung einer *Smart City* in einem Quartier der Stadt Klosterneuburg aussehen?
 - Wie schaut ein mögliches Konzept für die Umsetzung aus und welche Aspekte sind in dieser Case Study im Vordergrund?
 - Welche Ressourcen und Potentiale sind vorhanden, welche Maßnahmen können umgesetzt werden?

1.2 Methodik

Für die Arbeit wurde das Problemfeld *Smart City* gewählt und zwei Forschungsfragen sowie Unterfragen formuliert. *Smart City* ist ein übergreifendes Thema und versucht vielfältige Fachbereiche (Energie, Abfall, Mobilität, Kommunikation, etc.) gleichermaßen zu berücksichtigen. Dabei liegt der Fokus auf einer möglichst ganzheitlichen Betrachtung und nicht nur auf einzelnen Aspekten.

Der erste Teil der Arbeit handelt das Problemfeld theoretisch ab und beantwortet die Forschungsfrage „Was sind *Smart Cities*?“ mittels Primär,- und Sekundärliteratur. Als Literaturquellen wurden wissenschaftliche Arbeiten und Fachliteratur sowie aktuelle Ausschreibungsunterlagen im Themenbereich *Smart Cities* verwendet.

Da das Konzept der *Smart City* im wissenschaftlichen Diskurs einen relativ neuen fachbereichsübergreifenden Themenkomplex darstellt, ist Fachliteratur leider nur sehr eingeschränkt verfügbar. Begriffe mit einer ähnlichen Bedeutung sind in großer Anzahl vorhanden. Folgende Begriffe wurden in der Literatursuche ebenfalls berücksichtigt: „*smart cities, smart city, smart urban region, intelligente Städte, zero emission city, green cities, ecocity, low carbon city und low carbon economy*“. Für die Recherche wurden Wissenschaftsdatenbanken wie Elsevier, Skopus und andere verwendet. Der Begriff *Smart Cities* sowie die oben genannten alternativen Begriffe, haben ähnliche Ziele und Bedeutungen. Die Arbeit hat nicht zum Ziel, die erwähnten Begrifflichkeiten in einem Vergleich darzustellen.

Im zweiten Teil der Arbeit wird ein *Smart City* Konzept für ein Stadtquartier in der Stadt Klosterneuburg entwickelt. Die Betrachtung orientiert sich an den zuvor im Konzeptteil dieser Arbeit recherchierten Schwerpunkten und versucht, diese im empirischen Teil anzuwenden. Es sollen systemische Aspekte, Lebensqualität und eine nachhaltige Energieproduktion bzw. -verbrauch integriert werden. Es wird der Gesamtenergiebedarf des Quartiers berechnet. Die Berechnungen beruhen auf aktuell am Markt erhältlichen Technologien bzw. Standards, dazu wurden abhängig vom Kapitel Marktbeispiele im Theorieteil ermittelt. Im Fokus der Betrachtung stehen eine Kläranlage und ein Neubauwohngebiet. Für die Berechnungen werden Energiebezugsdaten der Stadt Klosterneuburg und einzelner Betriebe herangezogen. Sind keine Daten vorhanden, werden Abschätzungen anhand des Gebäudetyps und Alters vorgenommen.

2 Globale Entwicklung und die Rolle von Städten

Die immer wichtiger werdende Rolle von Städten wird durch den Trend der Urbanisierung deutlich. Bevölkerungswachstum, Landflucht, demografische und soziale Faktoren haben Einfluss auf die Größe der Städte, sowie auf den Ressourcen- und Energiebedarf. Mehr Menschen bedingen auch mehr Mobilität. Mit einem steigenden Energiebedarf auf der Basis von fossilen Rohstoffen steigen die Kohlendioxidemissionen und damit der anthropogene Anteil des Klimawandels. Die fossilen Energieträger sind von hoher geographischer Konzentration und Endlichkeit geprägt, darunter leidet die Versorgungssicherheit. Die erwähnten Einflussfaktoren werden nachstehend näher beschrieben und deren Relevanz für die Städte argumentiert.

Mit Blick auf den Standort der Case Study wird, parallel zu den globalen Entwicklungen, auch die österreichische Situation dargestellt.

2.1 Bevölkerungswachstum und Urbanisierung

Die Weltbevölkerung wächst - im Bericht der UN über die Weltbevölkerungsentwicklung ist vom derzeitigen Stand mit 6,8 Milliarden Menschen ein Zuwachs auf 9,3 Milliarden im Jahr 2050 zu erwarten (United Nations 2011). Das Wachstum der Weltbevölkerung findet vor allem in den Entwicklungs- und Schwellenländern statt, allen voran Indien, mit einem Anteil am Gesamtwachstum von 58,5 % (European Environment Agency 2009).

Der Lebensmittelpunkt der Menschen ist ebenfalls von einem Wandel betroffen; nach dem „*World Urbanisation Bericht*“ der UN lebten 2009 mehr Menschen in urbanen Räumen als in ländlichen Gebieten (United Nations 2009a). In den entwickelten Ländern ist die physische Urbanisierung bereits so weit fortgeschritten, dass 75 % der Bevölkerung in Städten lebt. In den Entwicklungs- und Schwellenländern, mit China und Indien an der Spitze, wird die Urbanisierung und das Bevölkerungswachstum zunehmend Druck auf Städte ausüben. Durch die verbesserten Chancen bei der Arbeitsplatzsuche, dem Ausblick auf Wohlstand und anderer sozioökonomischer Faktoren, wandern immer größere Teile der Bevölkerung in die Städte ab. In Abbildung 1 wird die Anzahl der ländlichen Bevölkerung jener der urbanen gegenübergestellt. Im Jahr 2010 ist ein Wendepunkt festzustellen, ab dem mehr Menschen in städtischen Räumen leben als in ländlichen Gebieten. Die ländliche Bevölkerung steigt danach noch leicht an und beginnt dann mit 2020 zu schrumpfen. Mit diesem Ausblick wird klar, dass im 21. Jahrhundert der Mensch in immer größer werdenden Agglomerationen leben wird.

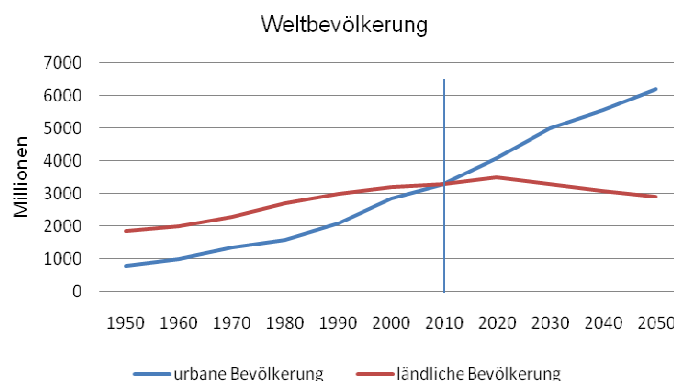


Abbildung 1 Weltbevölkerung urban/ländlich, eigene Darstellung nach (United Nations 2009a)

Bevölkerungswachstum in Österreich

Laut einer Prognose der Statistik Austria wird die österreichische Bevölkerung im Zeitraum 2010-2050 um 11,2 % anwachsen und damit 2050 9,4 Millionen Bürger erreichen (Statistik Austria 2010b). Davon werden 81 % im urbanen und 19 % im ländlichen Raum leben (United Nations 2009b).

2.2 Klimawandel

Der Klimawandel und seine Folgen sind, nach derzeit vorherrschendem Wissen, nur durch die Reduktion klimaschädlicher Emissionen vorzubeugen (Pachauri, Reisinger A. 2007). Die Ursachenkette im Bezug auf den Klimawandel behauptet sich über alle Ebenen des menschlichen Daseins. Bedürfnisse wie Wärme, Strom und Mobilität werden unmittelbar am Ort der Niederlassung benötigt. Mit den Erkenntnissen des UN Berichts über die Urbanisierung (United Nations 2009a) wird deutlich, dass der Energieverbrauch mit dem Wachstum der Bevölkerungszahlen steigt. Städte benötigen aufgrund des hohen Bevölkerungsanteils signifikant mehr Energie als das Umland.

Pro Person ist der Verbrauch jedoch geringer als im nationalen Durchschnitt. Diese Erkenntnis ist dem IEA Bericht 2008 zu entnehmen und ist gültig für die entwickelten Staaten in den USA, der Europäischen Union sowie Australien und Neuseeland. Im asiatischen Raum ist dies nicht der Fall, da mit Zuzug in die Stadt eine Erhöhung des Durchschnittseinkommens einhergeht, die Verfügbarkeit energieintensiver Dienstleistungen wird erleichtert (WEO 2008, S. 188). Mit steigendem Energiebedarf der Städte rücken diese immer mehr in den Fokus von Maßnahmen der Mitigation. Die Umsetzung von Maßnahmen wurde durch politische Entschlüsse auf globaler, internationaler und nationaler Ebene vereinbart. Zu den globalen Abkommen zählt das Kyoto Protokoll (UNFCCC 1997) und das Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (UNFCCC 1992). Auf internationaler Ebene ist das Europäische Programm zur Klimaänderung (ECCP II 2005) zu nennen. Die Abbildung 2a zeigt die Verteilung der anthropogen verursachten Treibhausgasemissionen in unterschiedlichen Bereichen. In Abbildung 2b ist die Aufschlüsselung der CO₂-Äquivalente nach Emissionen dargestellt. Die Nutzung fossiler Brennstoffe hat dabei den größten Anteil von 57 % (Pachauri, Reisinger A. 2007). Auf der lokalen Ebene belasten Emissionen entlang der gesamten Umwandlungskette von der Primärenergie zur Nutzenergie die Umwelt und das Umfeld der Bevölkerung.

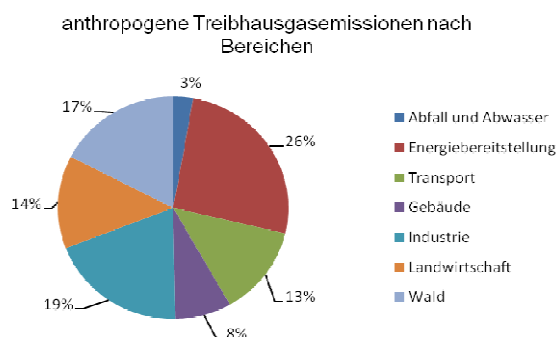
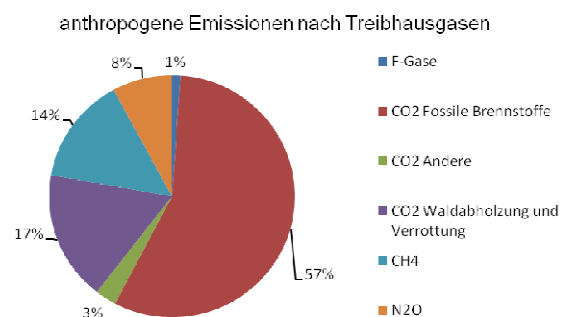


Abbildung 2 a, anthropogene Treibhausgasemissionen nach Bereichen, eigene Darstellung nach (Pachauri, Reisinger A. 2007)



b, anthropogene Emissionen nach Treibhausgasen, eigene Darstellung nach (Pachauri, Reisinger A. 2007)

Laut dem Klimaschutzbericht 2011 emittierte Österreich 2009 79,22 Mio. t CO₂ Äquivalent (Anderl; Bednar; Gössl 2011). Die größten Emittenten verteilen sich auf: Industrie und produzierendes Gewerbe mit 28 %, Verkehr mit 27 % und Energieaufbringung mit 16 %. Die Abbildung 3 stellt die Verteilung klimaschädlicher Emissionen auf die einzelnen Bereiche dar.

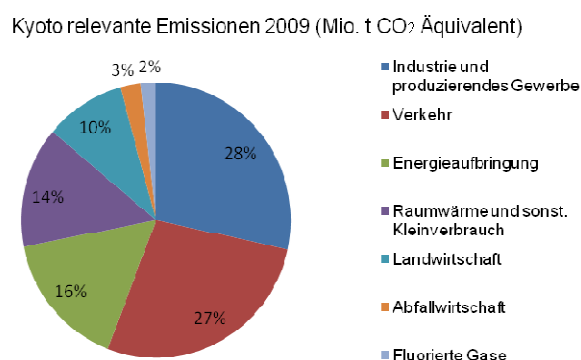


Abbildung 3 Kyoto relevante Emissionen 2009 Österreich, eigene Darstellung nach (Anderl; Bednar; Gössl 2011)

Im Beobachtungszeitraum 1990-2008 konnte in den meisten Bereichen eine Senkung der Emissionen erzielt werden. Diese Reduktion ist auf Energieeffizienzmaßnahmen, beispielsweise durch die Einführung strenger Energiestandards, zurück zu führen.

Weiters hat die vermehrte Nutzung erneuerbarer Energien zu einer Senkung der Kohlenstoffdioxidemissionen geführt. Eine Ausnahme stellt der Verkehr dar, die Emissionen in diesem Bereich stiegen um 54,43 % (Anderl; Bednar; Gössl 2011). Im Bereich Verkehr besteht ein hoher Einsparungsbedarf, denn ohne Einsparungen sind die angestrebten Reduktionsziele nicht erreichbar.

2.3 Energiebedarf

Zum globalen Bedarf

Mit einer wachsenden Weltbevölkerung und dem Aufschwung in den Schwellenländern steigt der globale Primärenergiebedarf. Nach dem „*World Energy Outlook Bericht 2010*“ der Internationalen Energieagentur (WEO 2010) betrug der globale Primärenergiebedarf 2008 ca. 12.300 MtRÖE, in verschiedenen Zukunftsszenarien wird mit einer Zuwachsrate im Bereich 0,7 bis 1,4 % pro Jahr gerechnet. Das Standardszenario für den Zeitraum 2007-2030 ist in Abbildung 4 dargestellt. Ein weiterer Anstieg fossiler Energieträger, insbesondere der Kohle, ist prognostiziert. Die Reduktion von klimaschädlichen Emissionen aus der Nutzung fossiler Energieträger kann aus heutiger Sicht nur durch eine Effizienzsteigerung und einem Umstieg auf erneuerbare Energieträger durchgeführt werden.

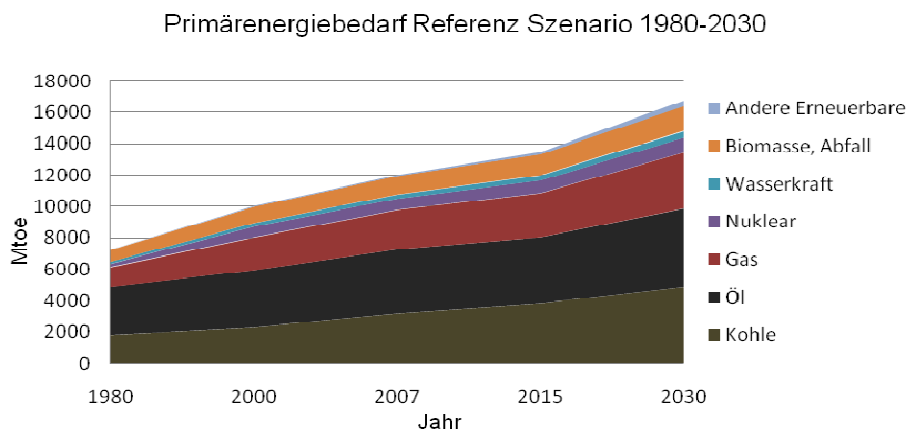


Abbildung 4 Globaler Primärenergiebedarf Referenz Szenario, eigene Darstellung nach (WEO 2009)

Zum Energiebedarf in Österreich

Der Primärenergiebedarf im Jahr 2009 lag bei 1.354 PJ. Die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern ist auch in Österreich hoch. Im „*Energiestatusbericht 2011*“ des Bundesministeriums für Wirtschaft, Familie und Jugend (BMWFJ) wird etwa 70,5 % des Primärenergiebedarfs durch fossile Energieträger bereit gestellt (BMWFJ 2011, S. 16).

2.4 Versorgungssicherheit und Ressourcenverknappung

Für die Aufrechterhaltung der modernen Zivilgesellschaft ist die Versorgungssicherheit von hoher Wichtigkeit. Die Versorgungssicherheit von fossilen Energieträgern unterliegt, bedingt durch den steigenden Bedarf, politischen Verhältnissen und der begrenzten Verfügbarkeit, eines immer größer werdenden Ausfallsrisikos. Steigende Energiepreise und der Verbrauch von fossiler Energie sind aus wirtschaftlicher Sicht ein Abfluss von Wertschöpfung. Diese Wertschöpfung kann bei der Nutzung von regenerativen Energieträgern, die immanent dezentral auf breiter lokaler Ebene funktionieren, im Lande verbleiben.

Im Jahr 2007 hatte Öl einen Anteil von 34 %, Kohle 26,5 % und Gas 20,9 % am Primärenergiemix der Welt (IEA 2009). Folglich stellt die Gruppe der fossilen Energieträger mit einem Gesamtanteil von 81,4 % die überwiegende Quelle zur Energieversorgung dar. Standardszenarien der Internationalen Energieagentur für das Jahr 2030 sehen eine marginale Reduktion fossiler Energieträger am Gesamtanteil auf 80 % vor. Insgesamt allerdings wird ein Anstieg im Gesamtenergieverbrauch um 40 % zum Basisjahr 2007 erwartet.

Der gesamt verbleibende Ressourcenbestand am Beispiel Öl ist umstritten; die Internationale Energieagentur geht von einem Wert zwischen dem im Magazin World Oil mit 1120 Milliarden Barrel und dem im Oil and Gas Journal publizierten 1322 Milliarden Barrel aus (WEO 2008). Unabhängig von den geschätzten Ressourcen ist die tatsächliche Förderkapazität von Relevanz. Die Förderkapazität ist durch die Prozesskette der Erdölförderung beschränkt, diese umfasst: Förderung, Aufbereitung, Transport, und Verarbeitung. Für die Preisbildung an den Märkten sind der Verbrauch und die aktuell verfügbare Menge am Markt ausschlaggebend.

Die zwei wichtigsten fossilen Energieträger, Öl und Gas, sind geografisch hoch konzentriert. Die bedeutendsten Vorkommen verteilen sich auf die Länder des mittleren Ostens, Russland und Südamerika. Im Gegensatz dazu steht die Kohle, deren Vorkommen gleichmäßiger verteilt sind. Die Verfügungsgewalt und damit die Kontrolle über die Fördermenge sind den einzelnen Förderländern unterstellt.

Welche Folgen politisch motivierte Förderreduktionen auf den Preis haben können, wurde erstmals 1973 in der Öl-Krise weltweit bekannt. Im Zuge des Jom-Kippur-Krieges reduzierte die OPEC (Organisation Erdöl exportierender Länder) die Fördermenge um insgesamt 20 % und löste damit in den Empfängerländern Rezessionen aus (Merrill 2007). In den Vereinigten Staaten von Amerika sowie in Europa musste teilweise auf die Nutzung von KFZ verzichtet werden.

Ein Beispiel aus der jüngeren Vergangenheit ist der Gasstreit zwischen Russland und der Ukraine. Im Jahr 2009 drosselte der russische Gaslieferkonzern Gazprom die Gaslieferung in die Ukraine und löste damit eine europaweite Gaskrise aus (Cassata 2009). Im westlichen Teil Europas sorgten strategische Gasspeicher für die Überbrückung dieser Lieferlücke. In östlich gelegenen Staaten, beispielsweise Bulgarien, Moldawien und Rumänien brach die Gasversorgung stellenweise zur Gänze ein. Die Versorgungssicherheit ist in weiterer Folge auch durch die langen Transportwege in Pipelines oder über den Seefahrtsweg bedroht. Wird eine Pipeline beschädigt und folgt ein Ausfall der Lieferungen in der verbrauchsstarken Saison, sind Engpässe nicht nur vorstellbar sondern wahrscheinlich. Der marine Transport von Öl und LNG (Liquid Natural Gas) unterliegt ebenfalls dieser Gefahr.

Versorgungssicherheit in Österreich

In der Gaskrise 2009 halfen strategische Speicher die Ausfälle zu kompensieren. Nach Angaben der RAG (Rohöl-Aufsuchungs AG) beläuft sich das Gasspeichervolumen mit April 2011 auf 5 Milliarden m³. Gemessen am Jahresverbrauch 2009 entspricht dies einem Verhältnis von Speicherkapazität zu Verbrauch von 69,5 % (Rohöl-Aufsuchungs AG 2011), (Statistik Austria 2009e). Dieses Verhältnis ist als hoch einzustufen, im Falle eines Versorgungsengpasses in der Heizperiode, ist nicht mit Ausfällen zu rechnen. Mit steigendem Verbrauch von Erdgas und keinen wesentlichen Neufunden von Erdgasfeldern innerhalb des Landes, ist mit einer wachsenden Abhängigkeit von ausländischem Gas zu rechnen.

Im Jahr 2009 wurden 81 % des in Österreich benötigten Erdgases importiert (Statistik Austria 2009e). Der Primärenergieanteil aus Erdgas betrug 22,4 % (BMWFJ 2011). Der Energiepreis dieses Energieträgers zeigt ungebrochene Tendenzen nach oben, im Jahr 2009 stieg der Preis um 17 % (E-Control 2009). Der Erdgaspreis ist durch eine Ölpreisbindung an den Ölpreis gekoppelt, zeitversetzt folgt somit die Preistendenz von Erdgas dem Erdölpreis.

2.5 Mobilität

Mobilität wird in dieser Betrachtung als physikalische Ortsveränderung durch verschiedene Fortbewegungsmittel verstanden. Grundlegend kann dabei zwischen dem Personen- und Frachttransport unterschieden werden. Innerhalb der jeweiligen Kategorie stehen verschiedene Transportmittel zur Verfügung, die häufigsten sind: Fuß, Fahrrad, öffentlicher Verkehr, KFZ, LKW, Schiff und Flugzeug. Die Unterscheidung und Verteilung wird durch den Modalsplit dargestellt. Dieser gibt Auskunft über die Wahl des Verkehrsmittels in einem bestimmten Zeitraum und einer bestimmten Region. Global gesehen wird der Bedarf an Mobilität, durch den Zuwachs der Weltbevölkerung und einem veränderten Mobilitätsverhalten durch sozioökonomische Faktoren, in den nächsten 50 Jahren ein starkes Wachstum erfahren.

In dem Bericht „*Transport Outlook 2011*“ des Internationalen Transport Forum, wird ein Zuwachs der Wege mit Faktor 3 – 4 im Zeitraum 2000 – 2050 erwartet (OECD/ITF 2011). Derzeit belaufen sich die anthropogen verursachten Treibhausgase durch den Transport auf 13 % (Pachauri, Reisinger A. 2007). Das Problem an der Mobilität ist nicht das Bedürfnis nach Mobilität an sich, sondern die Verwendung von Verbrennungsmotoren auf der Basis fossiler Brennstoffe. Der Anteil des motorisierten Individualverkehrs am Gesamtverkehrsaufkommen beläuft sich derzeit auf ca. 48 % und in den Szenarien des ITF ist mit einem Wachstum bis 2050 auf 60 % zu rechnen (OECD/ITF 2011).

Die Weglängen und damit der Bedarf an Mobilität sind abhängig von der Durchmischung des Wohn-, Gewerbe- und Industriegebiets sowie der Bebauungsdichte. Die Nachfrage und Bereitschaft Wege in Kauf zu nehmen, sind nicht nur durch die Distanz bedingt. Die benötigte Zeit für eine bestimmte Wegstrecke ist ebenfalls ein Entscheidungskriterium. In einer Stadt der „*kurzen Wege*“, mit einer hohen Durchmischung und kompakten Bauweise sowie einem ausgebauten öffentlichen Verkehrsnetz mit geringen Intervallen und kurzen Transportzeiten, ist ein sauberer Nahverkehr umsetzbar.

Mobilität in Österreich

Der Modal-Split für Österreich aus dem Jahr 1995 verteilt sich wie folgt: Fuß 27 %, Fahrrad 5 %, motorisierter Individualverkehr (MIV) 40 %, motorisierter Individualverkehr Mitfahrer (MIV-Mitfahrer) 11 %, öffentlicher Verkehr ÖV 17 % (Herry; Sedlacek; Steinacher 2007). Im Jahr 2010 umfasste die Österreichische Fahrzeugflotte 6,092 Millionen Fahrzeuge (Kraftfahrzeuge insgesamt) (Statistik Austria 2011a).

Für die folgenden zwei Absätze gilt, wenn nicht anders angeführt, folgende Quelle: (Statistik Austria 2009d). Die Flotte besteht zu 72,9 % aus PKW, im Zeitraum 1990 - 2008 wuchs die Anzahl angemeldeter PKWs im Mittel um 2,48 % pro Jahr (Statistik Austria 2009a). Der PKW Bestand erhöhte sich damit um +53 % (1990-2008) auf 4,28 Millionen Fahrzeuge. Der Bedarf an Treibstoffen (Benzin und Diesel) für diese Verkehrsgruppe wuchs im gleichen Zeitraum im Mittel um 1,59 % pro Jahr. Der Treibstoffbedarf stieg um 32,6 % (1990 - 2008) auf 153.744 TJ pro Jahr. Die Gesamtfahrleistung (km, PKW) wuchs im Mittel um 2,38 % pro Jahr. Die jährlich erbrachte km-Leistung steigerte sich im Betrachtungszeitraum um + 52,48 %. Die Energieintensität der Flotte (PKW, Energieaufwand pro zurückgelegtem km) reduzierte sich um ca. 10 % (Mittelwert Benzin und Diesel betriebene KFZ).

Folglich konnte in den vergangenen 18 Jahren die Effizienz der Fahrzeuge erhöht werden (-10 % Einsparung) - das Wachstum der Fahrzeugflotte mit +53 % und des damit einhergehenden Kraftstoffverbrauchszuwachs von +32,6 %, überkompensierte diese Reduktion bei weitem. Die verbrauchsärmeren Motoren konnten im Endeffekt keine Nettoeinsparung erbringen, da der Bestand und damit der Verbrauch deutlich gewachsen sind.

3 *Smart Cities* – Beschreibung und Definition

3.1.1 Einführung

Smart Cities sind Städte und städtische Regionen mit dem Ziel, energieeffizient und kohlenstoffneutral zu sein, sowie eine hohe Lebensqualität zu bieten. Der konzeptionelle Schwerpunkt liegt im Systemansatz und der Informations- und Kommunikationstechnologie.

Die *Smart City* steht für das Konzept der nachhaltigen Stadt und ist derzeit noch mehr eine Vision als Realität. Weltweit finden Bemühungen zur Umsetzung statt. In den Vereinigten Emiraten wurde zum Beispiel 2009 mit dem Bau der Masdar City begonnen, einer Modellstadt für Nachhaltigkeit (Masdar City 2011). Im asiatischen Raum lassen sich Stadtteilprojekte finden, beispielsweise die Smart and Sustainable City Songdo in Südkorea oder die *Smart City* Meixi Lake in China (Government of Songdo 2011), (Kohn Pedersen Fox Associates 2011). Der Neubau stellt dabei eine Ausnahme dar, vielmehr handelt es sich bei den derzeitigen *Smart City* Projekten um eine Transformation. Ein staatenübergreifendes Forschungsprojekt findet in der Europäischen Union statt, dabei sollen 25 – 30 Städte die Vorreiterrolle zur Low Carbon Economy einnehmen (European Commission 2009). Diese basiert auf Schlüsselprojekten innerhalb der Städte und Regionen.

Die Ziele der nachhaltigen Stadt sind bereichsübergreifend und nur im Punkt der Kohlenstoffneutralität klar vorgegeben. Die Visionen zur Umsetzung variieren in der Literatur ebenso. Verschiedene Modelle, Anwendungsfelder und eine zunehmende Nutzung für den Begriff *Smart City* sind evident. Folglich unterliegt der Begriff keiner eindeutigen Definition. Der Autor möchte in der Folge den Fokus auf den europäischen Raum legen, wesentliche Strömungen, unabhängig politischer Grenzen, aufzeigen und innerhalb eines später gewählten Schwerpunktes im Inhalt vertiefen.

3.1.2 Die *Smart City* – Schwerpunkte

Der Ansatz der ressourcenorientierten *Smart City* verfolgt das Ziel, den Kohlendioxidausstoß durch Energieeffizienzmaßnahmen und den Einsatz von erneuerbaren Energien zu reduzieren. Die BewohnerInnen sollen aktiv eingebunden werden, denn nur durch eine breite Technologieakzeptanz, sind die Ziele sowie die Steigerung der Lebensqualität erreichbar. Die Schwerpunkte der Strategie werden in Tabelle 1 angeführt und nachstehend detailliert erläutert. In Kapitel 4 werden die verschiedenen Wirkungsfelder, in denen die Schwerpunkte Anwendung finden, eingehend erläutert. Handelt es sich bei den Schwerpunkten um technische Veränderungen und zumeist quantifizierbare Größen, ist dies im Wirkungsfeld Mensch nicht mehr der Fall. In einer holistischen Betrachtungsweise (Systemansatz) sind auch qualitative Elemente zu nennen.

Schwerpunkt	Beschreibung und Schlagworte
Systemansatz	Stadt und Probleme als komplexes System begreifen, Lösungen systemorientiert und bereichsübergreifend
Erneuerbare Energien	Breite Nutzung von Abwärme, Kleinwindkraft, Wärmepumpe, Solarthermie, Photovoltaik, Geothermie, Wasserkraft, Biomasse, Speicher (chemisch, elektrisch, thermisch, potentiell, kinetisch)
Energieeffizienz	Beleuchtung, Heizen und Kühlen, intelligente Regelungen
Gebäude	Neubau: Null Energiehaus- und Plus-Energiehaustechnik; Altbau: Sanierung und Optimierung, Dämmung, Regelung
Verbrauchs- und Produktionsmanagement	Intelligente Stromzähler (<i>Smart Meter</i>), Verbrauchsfeedback für Konsumenten, meteorologische Vorhersagesysteme, Speicherung
Sauberer Nahverkehr	Öffentliche Verkehrsmittel, Modal Split, Elektromobilität, Car-Sharing, biologische Treibstoffe
Intelligente Netze	<i>Smart Grids</i> , Information über Verbrauch und Bedarf auf Mittelspannungs- und Niederspannungsebene, Intelligente Netzknoten in den Versorgungsnetzen von: Strom, Gas und Fernwärme bzw. Kälte
Abwasser- und Abfallmanagement	Denkende Abwassernetze verstärkte Sensortechnik über Ort, Dotierung, Temperatur, biochemische Belastung, Defekte, Upcycling und Recycling, Information über Verfügbarkeit und Menge
Informations- und Kommunikationstechnologien	Kommunikationsnetze (Breitband) mit 100 % Netzabdeckung, kabellose Kommunikation, Informationsportale über direkte Umgebung (Energie, Material, Bedarf und Verfügbarkeit)

Tabelle 1 Übersicht zu den Themenfeldern einer *Smart City* (Europäische Kommission 2010a), (European Commission 2009).

3.1.2.1 Systemansatz – Die Stadt als komplexes System

Die Stadt ist ein komplexes System. Wird der Systemansatz (Systemtheorie) für die Lösung von emergenten Eigenschaften und Problemen angewendet, ist mit einer effizienteren und nachhaltigeren Lösung zu rechnen. Die konventionelle Problemlösung, durch Abgrenzung und Beschränkung auf messbare Eigenschaften, schafft häufig nur temporäre Lösungen mit unbedachten Folgewirkungen auf nebenstehende Systeme oder Bereiche. Der Energieeinsatz ist ebenfalls für diese Lösungswege höher. Der Systemansatz ist ein wesentlicher Bestandteil des Konzepts der *Smart City*. Die Stärken der *Smart City* – einer nachhaltigen Stadt, liegen in der Anwendung und Berücksichtigung dieses Lösungsansatzes. Die Verbindung der in Kapitel 4 genannten Wirkungsfelder: „*Mensch, Umwelt und Technik*“ findet über den in Tabelle 2 näher beschriebenen systemischen Ansatz statt (Bertalanffy 1998), (Dieckmann 2005), (Masak 2009).

Die Stadt ist ein komplexes System - Masak unterteilt ein solches System in dynamische Elemente, dynamische Teile und einer Abgrenzung zu anderen Systemen (Masak 2009). Ein komplexes System ist in Bewegung und es erscheint für jeden Betrachter anders. Betrachtet man nun die Stadt nach diesen Kriterien, könnte der Wohnraum als dynamisches Element verstanden werden, bewegliche Gegenstände hingegen, als dynamische Teile (Konsumgüter, Fahrzeuge). Die Abgrenzung zu anderen Systemen, ist in letzter Instanz die Stadtgrenze, könnte jedoch auch auf Subsystemebene betrachtet, die Wohnungstüre darstellen.

Jedes System für sich genommen ist beherrschbar und ließe sich leicht mittels Messinstrumenten analysieren und nach gängigen Effizienzmaßstäben verbessern. Singulär genommen, könnten so die unzählbar vielen Systeme in einer Stadt nacheinander optimiert und so die gesamte Stadt in Richtung absoluter Energieeffizienz und Nullemissionen verbessert werden. Jedoch ist dies nicht der Fall. Da jedes System in Verbindung mit anderen Systemen steht, funktioniert diese Herangehensweise nicht.

Emergenzprinzip

Als eine weitere wichtige Eigenschaft der Stadt identifiziert Masak die Emergenz. „*Die Eigenschaft eines Systems wird emergent genannt, wenn sie sich nicht aus den Eigenschaften der Subsysteme oder Elemente ableiten lässt, sondern nur aus deren Interaktion resultiert.*“ (Masak 2009, S. 253).

Als Maßstab für die Funktionalität einer Stadt ist schlussendlich die Lebensqualität der Bürger von Relevanz und diese beruht auf eben jenen emergenten Eigenschaften, die sich analytisch kaum identifizieren lassen. Welchen Ansatz ein Betrachter für die Analyse eines Systems wählt, beeinflusst die wahrgenommenen Erkenntnisse, wirkt sich auf die nachfolgenden Entscheidungen aus und beeinflusst die resultierenden Ergebnisse. In Tabelle 2 ist ein Vergleich zwischen dem analytischen und dem systemischen Ansatz dargestellt.

Analytischer Ansatz	Systemischer Ansatz
Fokus auf Teile	Fokus auf das Ganze
Lineare Kausalität	Zirkuläre Kausalität
$A \rightarrow B$	$A \rightarrow B \rightarrow A$
Kontext irrelevant	Kontext sehr relevant
Eine Wahrheit, ein Optimum	Multiple Wahrheiten und Optima
Von der Umgebung isoliert	Umgebung wichtiger Teil
Probleme werden gelöst	Probleme werden akzeptiert und integriert

Tabelle 2 Vergleich analytischer Ansatz mit systemischer Ansatz, eigene Darstellung nach (Masak 2009)

Aus den genannten Erkenntnissen lässt sich ableiten, warum bisherige Versuche, die angestrebten Ziele der ressourcenoptimierten Stadt zu erreichen, fehlgeschlagen sind. Die Optimierung einzelner, zumeist technischer Systeme, hat nicht die gewünschten Resultate erzielt. Für zukünftige Verbesserungen in Städten sind diese als komplexe Systeme wahrzunehmen und daher ein systemischer Ansatz in der Analyse und Implementierung von Lösungen zu treffen (Bertalanffy 1998).

3.1.2.2 Erneuerbare Energien

3.1.2.2.1 Überblick

Der Einsatz von regenerativen Energieformen ist für eine nachhaltige, zukunftsfähige Energieversorgung notwendig. Der Begriff „*regenerativ*“ bedeutet in diesem Zusammenhang, dass unter menschlichen Maßstäben (Zeitraum <50 Jahre) der Energieträger, die durch die Ernte entzogene Energie, kompensieren bzw. regenerieren kann. Unter „*Ernte*“ versteht der Autor die Nutzbarmachung von regenerativen Energieträgern, beispielsweise Solarstrahlung oder Holzeinschlag im Wald und Gewinnung von Biomasse. Fossile Energieträger regenerieren auch, allerdings in einem Zeitraum von mehreren Millionen Jahren. Daher werden diese mit Bezug auf unseren Lebenszeithorizont, als nicht erneuerbar eingestuft. Fossile Energieträger bestehen zu großen Teilen aus Kohlenstoff. Werden diese über Jahrtausende angesammelten Kohlenstoffsenken nun in kurzen Zeiträumen (<100 Jahre) aufgebraucht und in die Atmosphäre emittiert, sind klimatische Auswirkungen die Folge (siehe Kapitel 2.2). Folglich ist der Aspekt der Nachhaltigkeit in der Nutzung fossiler Energieträger nicht gegeben, bei regenerativen Energieträgern dagegen, unter Einhaltung einer nachhaltigen Bewirtschaftung, schon. Die nachhaltige Bewirtschaftung und zukunftsfähige Energieversorgung ist dann gegeben, wenn nur so viel Energie dem System Erde entzogen wird, wie dieses im Stande ist zu regenerieren. Damit ist sichergestellt, dass auch Folgegenerationen dieselben Energieressourcen zur Verfügung stehen wie den derzeitigen.

Die Verfügbarkeit von regenerativen Energieträgern ist zeitlich (Regenerationszeit) und regional verschieden, da diese gebietsspezifisch in einem unterschiedlichen Angebot vorhanden sind. Die geographischen Eigenschaften (Höhenlage, Sonnenstunden, Jahressumme, Regen, u.v.m.) eines Gebietes kennzeichnen maßgebend, welche Energieformen vorhanden sind. Saisonale Schwankungen beeinflussen ebenfalls den Ertrag bzw. die Ernte. Zusätzlich stellen Schutzbestimmungen, wie zum Beispiel die Abstandseinhaltung von Windkraftanlagen (beispielsweise in Österreich 1500m) zu Wohngebieten oder Vogelschutzgebieten (European Parliament 2009b) eine Einschränkung der Nutzungsmöglichkeiten dar. Im städtischen Raum können bauliche, rechtliche oder technische Bestimmungen die Nutzung einschränken.

Regenerative Energieträger lassen sich anhand ihrer Gesteuerung in drei Gruppen einteilen: Erdwärme, Solarenergie und Planetengravitation. Die Abbildung 5 stellt die am häufigsten eingesetzten regenerativen Energieträger und deren Gesteuerungsursprung dar. Mit kontinuierlicher Forschungsförderung im Bereich Erneuerbare Energien (siehe Kapitel 3.2.2) ist mit weiteren Verbesserungen oder Neuentwicklungen von Energietechnologien zu rechnen.

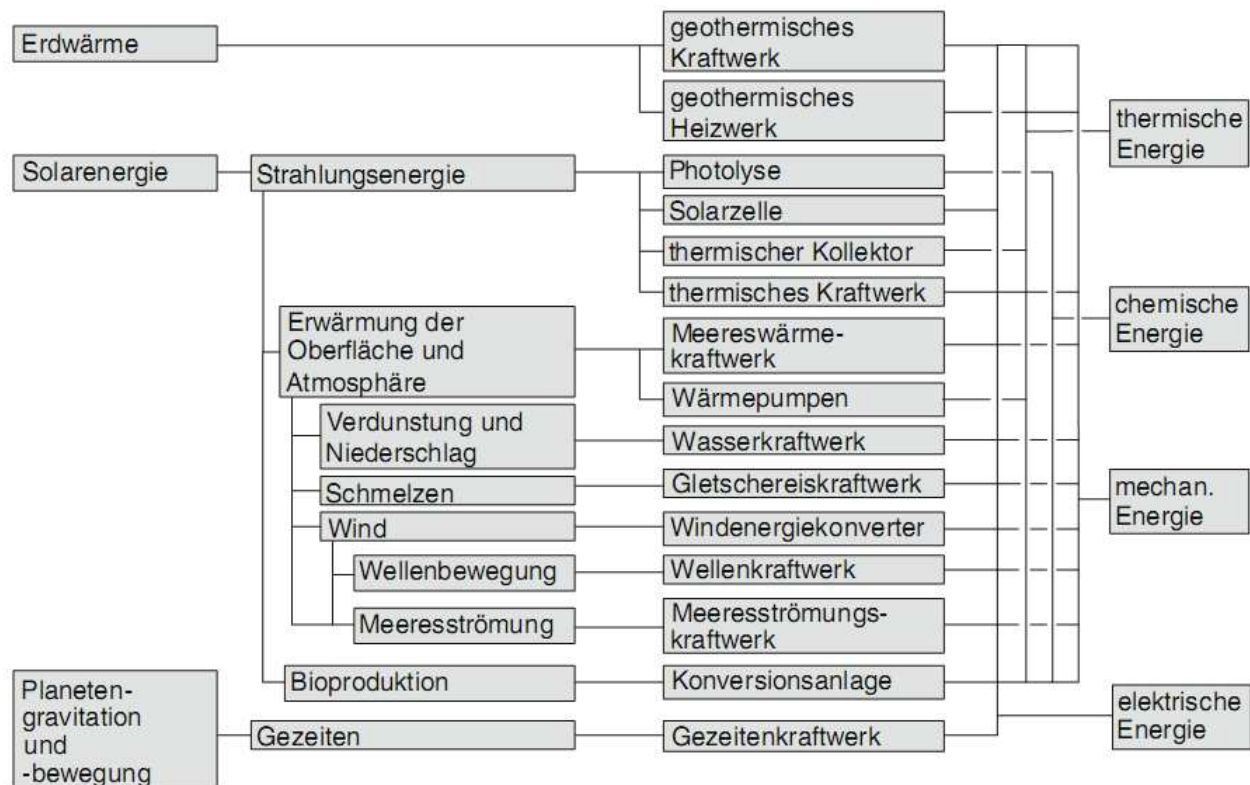


Abbildung 5 Regeneratives Energieangebot (Kaltschmitt; Streicher; Wiese 2006, S. 12)

Die erste Gruppe nutzt Erdwärme als Quelle; dabei spricht man von Geothermie. Abhängig vom Temperaturniveau, kann die gespeicherte Erdwärme (Wärmereservoir) abgerufen und thermische Energie gewonnen werden. Die zweite Gruppe beinhaltet das größte technische Energiepotential und vielfältige Technologien stehen zur Verfügung. Direkte Strahlungsenergie wird durch die Ausnutzung verschiedener physikalischer Effekte direkt in elektrische oder thermische Energie umgewandelt. Wichtige Vertreter dieser Gruppe sind Photovoltaik und Solarthermie. Wird die Solarstrahlung in Wärme umgewandelt und verändert sich damit die Temperatur von Atmosphäre und Erdoberfläche, entstehen verschiedenartige Umwandlungsmöglichkeiten. Wichtige Vertreter sind Windkraft, Wasserkraft und Wärmepumpe. Die indirekte Nutzung von Solarstrahlung findet über die Nutzung von Biomasse statt, diese hat bereits ihrerseits die Solarstrahlung umgewandelt und zum Aufbau von Substanz genutzt. Die Biomasse kann zur Erzeugung von Treibstoffen oder zur Erzeugung von thermischer bzw. elektrischer Energie genutzt werden. In der dritten Gruppe wird die Gravitation und Bewegung der Erde genutzt, dies geschieht in Gezeitenkraftwerken. Der Autor geht nicht spezifisch auf alle oben genannten Technologien ein. Für den innerstädtischen Bereich sind derzeit folgende Technologien vorrangig zu betrachten.

3.1.2.2.2 Photovoltaik

Die Photovoltaik ist eine Technologie, bei der Solarstrahlung direkt in elektrische Energie umgewandelt wird. Die physikalische Grundlage bildet die Anwendung des photovoltaischen Effekts (Edmond Alexandre Becquerel, 1839). Dieser Effekt kombiniert den photoelektrischen Effekt (lösen von Elektronen durch Photonenbeschuss aus Oberflächen) mit Materialien deren Eigenschaften es ermöglichen, Raumladungszonen zur Ladungstrennung zu verwenden (Halbleitermaterialien mit p-n Übergang). Für die praktische Anwendung werden Zellen im Verbund zu einem Modul zusammengeschlossen. Die Modultypen lassen sich unterteilen in kristalline Module; Silizium (mono- und polykristallin) sowie Dünnschichtmodule: amorphes Silizium (ASI), Kupfer-Indium-Diselenid (CIS) und Cadmium-Tellurid (CdTe). Die dafür eingesetzten Halbleiter variieren, die wichtigsten Vertreter sind: Silizium, Cadmium, Gallium, Indium, Selen und Tellur.

Der Umwandlungswirkungsgrad wird durch den verwendeten Halbleiter und den Zellentyp beeinflusst. Die Tabelle 3 zeigt gängige Zellenwirkungsgrade von Photovoltaikzellentypen, welche derzeit in großtechnischer Produktion eingesetzt werden.

Material	Typ	Wirkungsgrad [%]	
		Labor	Produktion
Silizium	Monokristallin	24,7	14,0 - 18,0
Silizium	Polykristallin	19,8	13,0 - 15,5
Amorphes Silizium, einfach	Dünnschicht	13,0	8,0
Tandem 3-Schicht, amorphes Silizium	Dünnschicht	14,6	10,4

Tabelle 3 Photovoltaik Zellenwirkungsgrad, eigene Darstellung nach (Kaltschmitt; Streicher; Wiese 2006, S. 214)

Die Abbildung 6 zeigt ein Modul im Querschnitt, es besteht aus folgenden Komponenten: Rahmen (Aluminium), Dichtung (Silikon), Frontglas aus Solarsicherheitsglas, transparentem Kunststoff, kristalline Solarzelle, Rückseitenfolie (Kunststoff).

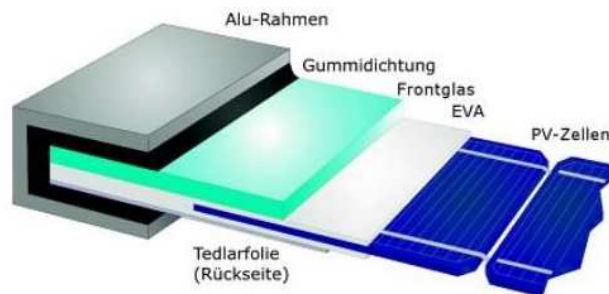


Abbildung 6 Prinzipieller Aufbau eines Photovoltaikmoduls mit kristallinen Zellen (Quaschnig 2008, S. 110)

In der praktischen Anwendung werden ein oder mehrere Module verschaltet und bilden gemeinsam mit einem Wechselrichter (Umwandlung der erzeugten Gleichspannung in Wechselspannung) die Anlage. Die gängigste Anlagenführung ist die Netzeinspeisung, dabei wird der erzeugte Strom in das übergeordnete Stromnetz eingespeist. Ist kein Netz vorhanden, kann mittels eines Zwischenspeichers (Akkumulator) ein Inselbetrieb aufgebaut werden. Der Akkumulator wird bei Überproduktion (Produktion abzüglich Verbrauch) geladen und stellt bei Bedarf die gespeicherte Energie wieder zur Verfügung. Die Abbildung 7 zeigt in einem Blockschaltbild die Verschaltung eines Photovoltaik Systems zur Netzeinspeisung.

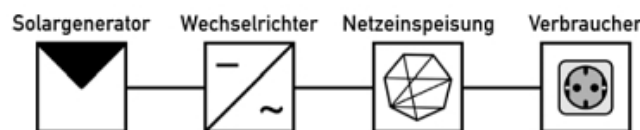


Abbildung 7 Blockschaltbild eines Netzeinspeisesystem (Wagner 2009, S. 92)

Für den innerstädtischen Bereich eignet sich die Photovoltaik insofern, als mit dieser Technologie bestehende, südseitige Dachflächen nachgerüstet werden können. In Abhängigkeit von den eingesetzten Modultypen werden für eine 1kWp Anlage ca. 7m² Modulfläche benötigt. Welchen Ertrag ein kWp jährlich erbringt, ist abhängig vom Standort (Breitengrad, Sonnenstunden, Seehöhe) dem lokalen Klima und der Installation (Neigungswinkel, Azimutwinkel, Verschattungen, Anlagenverlusten u.v.m.). In Österreich sind Erträge pro kWp Anlagengröße von 900-1.100 kWh/a möglich. Der Vergleich mit dem Jahresstromverbrauch eines durchschnittlichen österreichischen Haushaltes von 4.417 kWh/a (Energietagebuch Statistik Austria 2008) zeigt, dass unter der Annahme von 900 kWh/kWp.a Ertrag, eine 5kWp Anlage den Haushaltstrombedarf zur Gänze decken könnte (A1 Telekom Austria AG 2012).

3.1.2.2.3 Wärmepumpe

Die Wärmepumpe nimmt Wärme bei einem niedrigen Temperaturniveau auf und gibt Wärme unter Zugabe von Antriebsenergie (Pumpe) auf einem höheren Temperaturniveau wieder ab. Das System besteht im Wesentlichen aus einem Verdampfer, Verdichter, Kondensator und Expansionsventil, siehe Abbildung 8. Innerhalb dieses Systems zirkuliert ein Kältemittel (Arbeitsmedium), im Verdampfer verdampft das Kältemittel und entzieht so der Umgebung Wärme. Anschließend erhöht der Verdichter unter Verwendung von Antriebsenergie den Druck des Arbeitsmediums. Auf der Wärmeabgabeseite, im Kondensator, kondensiert das Medium und gibt dabei Wärme auf einem höheren Temperaturniveau ab. In letzter Konsequenz wird das Arbeitsmedium über ein Expansionsventil entspannt; der Arbeitsprozess kann von vorne beginnen. Das System benötigt Arbeitsenergie, die in der klassischen Wärmepumpe (Kompressorwärmepumpe) elektrisch zugeführt wird (Novalin 2010), (Kaltschmitt; Streicher; Wiese 2006).

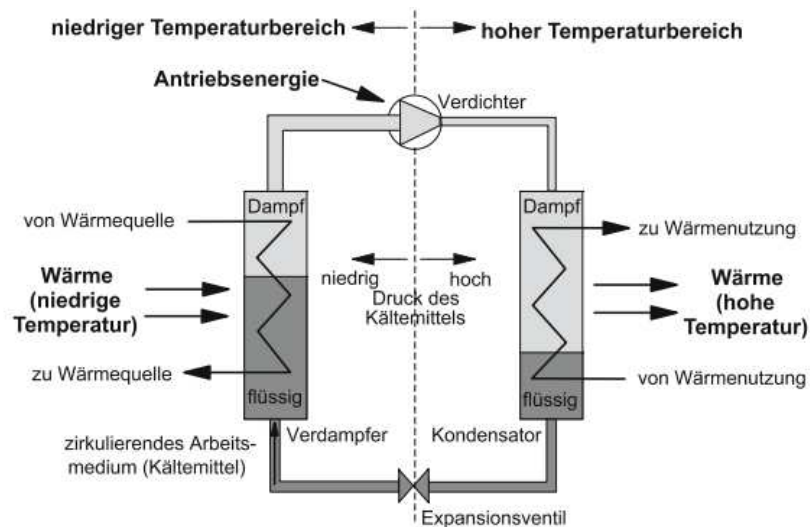


Abbildung 8 Funktionsschema einer Kompressionswärmepumpe (Kaltschmitt; Streicher; Wiese 2006, S. 399)

Wärmepumpen eignen sich beispielsweise zur Bereitstellung von Raumwärme. Die Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle (niedrige Temperatur, Umgebung/Erdsonde) und Wärmesenke (hohe Temperatur, Heizsystem) ist entscheidend für das Verhältnis von Heizleistung zu elektrischer Antriebsleistung (Leistungszahl) und damit ausschlaggebender Faktor für die Effizienz der Anlage. Je höher die Temperaturdifferenz, desto geringer die Leistungszahl. Folglich ist Außenluft als Wärmequelle, beispielsweise in den Wintermonaten, nicht ideal; eine bessere Möglichkeit (da höheres Temperaturniveau) stellen Erdwärmetauscher (Erdwärmesonden) dar.

3.1.2.2.4 Kältepumpe / Kältemaschine

Die Kältemaschine stellt eine Wärmepumpe dar, nur dass dem betrachteten System Wärme entzogen statt zugeführt wird. Typische Anwendung ist die Konditionierung von Wohnräumen, Kühlhäusern oder einfachen Kühlschränken. Da für die ersten beiden genannten Fälle üblicherweise in den solartechnisch ertragsreichen Sommermonaten der größte Bedarf besteht, ist eine alternative Antriebsenergie in Form von Wärme möglich (Schaumann; Schmitz 2009).

Die Sorptionskältemaschine, mit dem wichtigsten Vertreter der Absorptionskältemaschine, verwendet für den Verdichtungsprozess des Arbeitsmediums Wärme statt elektrische Energie. Für die Wärmebereitstellung ist aus ökologischer Sicht die Nutzung von solarthermischen Kollektoren am sinnvollsten, da diese, bei einem durch Außentemperatur verursachten Kältebedarf, ertragreich sind. Die Nutzung von Abwärme, aus Produktionsprozessen und die Grundlastabdeckung von Nah- und Fernwärmenetzen, besteht ebenfalls.

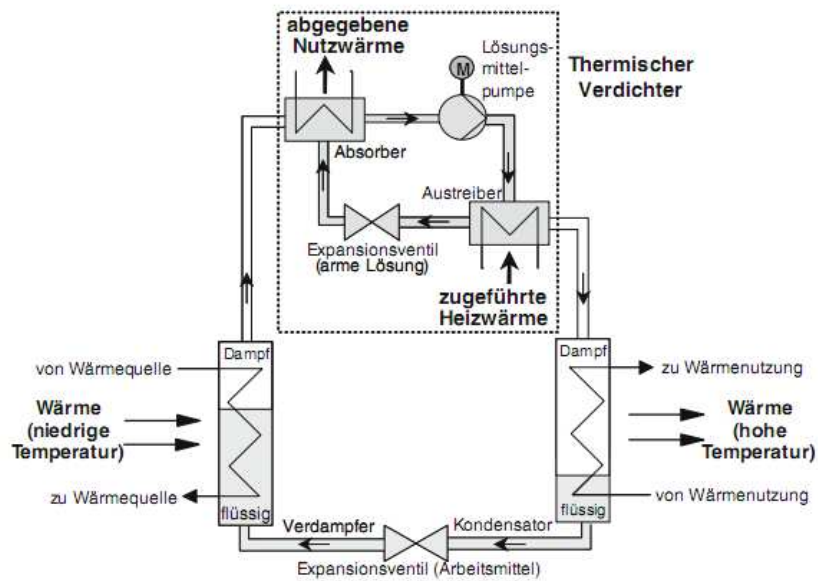


Abbildung 9 Funktionsschema einer Absorptionskältemaschine (Kaltschmitt; Streicher; Wiese 2006, S. 401)

Das System der Absorptionskältemaschine, siehe Abbildung 9, beruht auf der Kompressionskältemaschine, unterscheidet sich aber wesentlich im verwendeten Arbeitsmedium und dem thermischen Verdichter. Durch das Absorbieren des Arbeitsmediums in einer Lösung und anschließender flüssiger Druckerhöhung, wird eine deutliche Energieeinsparung erzielt. Der Prozess benötigt weniger elektrische Energie, dafür jedoch große Mengen thermischer Energie sowie humantoxikologisch bedenkliche Arbeitsmedien wie Wasser/Lithiumbromid bzw. Ammoniak/Wasser (Kaltschmitt; Streicher; Wiese 2006). Der genaue Prozessablauf ist einschlägiger Fachliteratur zu entnehmen.

3.1.2.2.5 Windkraft

In der Windkraft werden die auftretenden Massenströme (Wind) der Luft genutzt; der „Wind“ entsteht durch Temperatur- und Druckunterschiede in der Luft/Atmosphäre. Die theoretische Leistung einer Windkraftanlage ist von der durch die Rotorblätter umstrichenen Fläche A und der Windgeschwindigkeit v abhängig. Die Windgeschwindigkeit variiert je nach Standort (Berg, Tal, Freifläche, u.v.m.) und der Rotornabenhöhe. Der Leistungsbeiwert gibt Auskunft über den Anteil derjenigen Energie, die von der Anlage dem Wind entzogen werden kann. Wird die theoretische Leistung um den Leistungsbeiwert (Bereich 0,4 – 0,5) reduziert, ergibt sich die tatsächlich nutzbare Leistung einer Windkraftanlage, siehe Formel 1 (Heuck; Dettmann; Reuter 2007).

$$P = \frac{\rho \times A \times v^3 \times c_p(v)}{2}$$

$\rho \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$... Dichte von Luft, $A [\text{m}^2]$... Fläche, $v \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$... Windgeschwindigkeit, $c_p(v)$... Leistungsbeiwert

Formel 1 Theoretische Leistung Luftmassenstrom (Hau 2008)

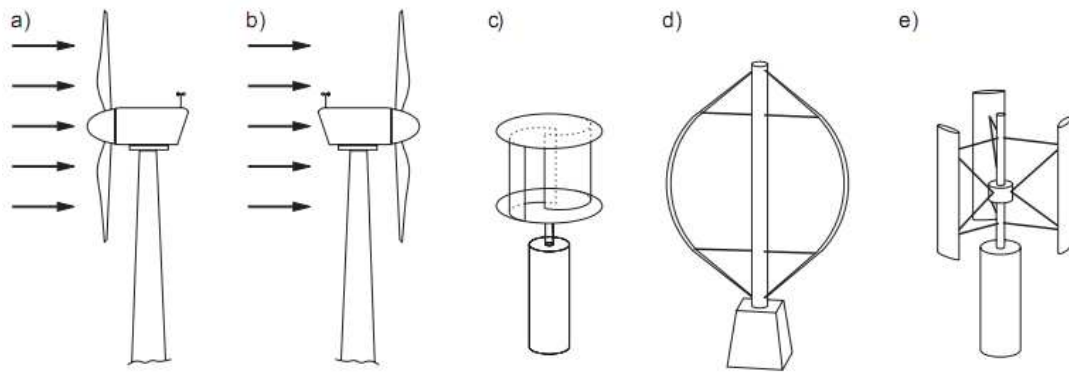


Abbildung 10 Aufbau verschiedener Rotorbauformen (Heuck; Dettmann; Reuter 2007, S. 30)

Die Abbildung 10 zeigt Horizontalläufer: a) Luvläufer und b) Leeläufer sowie Vertikalläufer: c) Savoniusläufer d) Darrieusläufer und e) H-Rotor.

Der städtische Raum ist für Kleinwindkraftanlagen geeignet; Großanlagen eignen sich, aufgrund der von ihnen ausgehenden Schall- und Lichtemissionen, nicht für die städtische Anwendung. Kleinwindkraftanlagen können am Stadtrand auf eigenen Masten oder im innerstädtischen Raum auf Dachmasten montiert werden. Es sind Leistungen im Bereich von 0,5 - 5 kW und einer Aufstellhöhe von kleiner als <20 m möglich. Beachtenswerte Aspekte und begrenzende Faktoren für den Einsatz solcher Anlagen sind Schallemissionen, Schattenwurf und das Stadtbild.

Im Gegensatz zur Photovoltaik bietet die Windkraft auch in solarstrahlungsarmen Jahreszeiten (Winter) und in der Nacht ein Produktionspotential. Das genaue Potential lässt sich durch am Standort vorgenommene Windmessungen ermitteln - ab einer mittleren Jahreswindgeschwindigkeit von ca. 5 m/s ist ein Betrieb sinnvoll. Die Anlaufwindgeschwindigkeit ist von Anlage zu Anlage verschieden, Kleinanlagen laufen bei ca. 3m/s an und stellen ihre Produktion bei Windgeschwindigkeiten über ca. 25 m/s wieder ein. Die erzeugte Energie kann ins übergeordnete Netz eingespeist oder direkt am Ort der Produktion verbraucht werden.

3.1.2.2.6 Biogasanlage

In der Biogasanlage wird in einem biochemischen Prozess Biomasse durch mikrobiellen Abbau in Biogas umgewandelt. Bei diesem Prozess handelt es sich um eine anaerobe (kein Sauerstoff vorhanden) Fermentation. Das Biogas variiert in seiner Zusammensetzung je nach eingesetztem Substrat. Richtwerte für die Zusammensetzung sind 45 – 75 Vol. % Methan (CH_4) und 25 – 55 Vol. % Kohlendioxid sowie diverse Spurengase (Kaltschmitt; Hartmann; Hofbauer 2009). Geeignete Substrate für die Biogasproduktion sind: nachwachsende Rohstoffe (Energiepflanzen: Mais, Grass, Roggen, u.v.m.), organische Abfälle (Klärschlamm, Schlachtabfälle u.v.m.), organische Nebenprodukte (Gülle, Mist, u.v.m.) und Ernterückstände (Wesselak; Schabbach 2009; Kaltschmitt; Hartmann; Hofbauer 2009). Die Abbildung 11 zeigt einen schematischen Aufbau einer Biogasanlage für regenerative Rohstoffe (Energiepflanzen) - abhängig vom Rohstoff und der anschließenden Verwendung sind unterschiedliche Reaktortypen gängig.

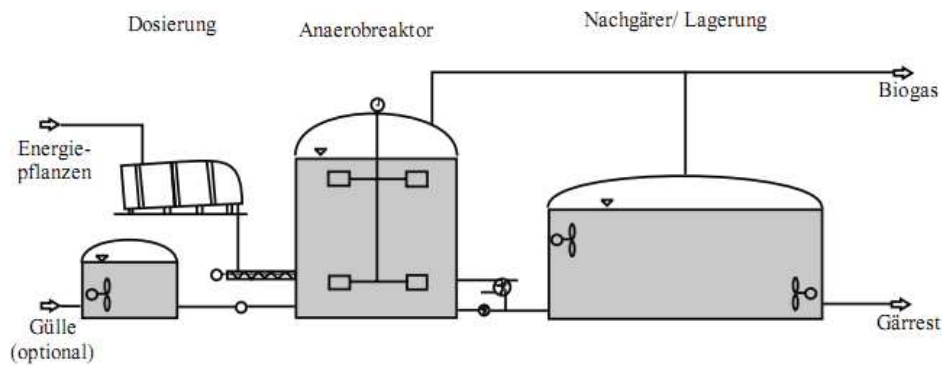


Abbildung 11 Schema Biogasanlage (Wesselak; Schabbach 2009, S. 362)

Da das Biogas variierende Methananteile aufweist, kann es ohne vorhergehende Behandlung (Reinigung, Anreicherung) nicht direkt ins Erdgasnetz eingespeist werden. Der Prozess der Aufbereitung ist energieintensiv und es werden eigene Anlagenkomponenten dafür benötigt. Da Biogasanlagen auf Grund des Substratangebots oftmals in der unmittelbaren Nähe von landwirtschaftlichen Betrieben errichtet werden, ist die Nutzung des Biogases in einem BHKW zur Eigenversorgung (Wärme/Strom) gängige Praxis. Für die thermische Verwertung in einem BHKW fällt die Reinigung und Aufbereitung weg. Kläranlagen benötigen beispielsweise für den Betrieb der Abwasserreinigungsanlagen thermische und elektrische Energie. Werden zusätzlich Faultürme für die Faulschlammbehandlung und Biogasproduktion eingesetzt, kann über die Verwertung des erzeugten Biogases ein Teil der benötigten Energie bereitgestellt werden. Im innerstädtischen Bereich sind primär folgende Substrate vorhanden: organische Abfälle aus der Lebensmittelverarbeitung, kommunale Bioabfälle, Klärschlamm und Grasschnitt aus der Grünflächenbewirtschaftung. Der kommunale Bioabfall (Biomüll) ist nur begrenzt einsetzbar, da Fehlwürfe, insbesondere schwer abtrennbare Kunststofffraktionen, die Reaktortauglichkeit einschränken (Lechner 2000).

3.1.2.3 Energieeffizienz

Die Effizienz eines Umwandlungsprozesses wird durch den Wirkungsgrad definiert, dabei wird der Nutzen dem Aufwand gegenüber gestellt. Diese Bewertungskennzahl gibt Auskunft, wie hoch das Verhältnis der zugeführten Energie (thermisch, chemisch, elektrisch, mechanisch etc.) zur gewünschten abgegebenen Energie ist. Die Verluste sind derjenige Teil der zugeführten Energie, der am Ende des Prozesses nicht in die gewünschte Ausgangsform umgewandelt wurde; zumeist treten die Verluste in thermischer Form auf.

$$\eta = \frac{E_{\text{Nutzen}}}{E_{\text{Aufwand}}}$$

$$\eta_{th} = 1 - \frac{|q_{ab}|}{q_{zu}}$$

$$\eta_N = \frac{P_{el} + \dot{Q}_H}{\dot{Q}_B}$$

Formel 2 Der Wirkungsgrad, eigene Darstellung nach (Novalin 2010)

Formel 3 thermischer Wirkungsgrad, eigene Darstellung nach (Novalin 2010)

Formel 4 KWK Nutzungsgrad, eigene Darstellung nach (Hochenauer 2008)

η ...Wirkungsgrad, η_{th} ...thermischer Wirkungsgrad, η_N ...KWK Nutzungsgrad, $E_{\text{Nutzen}}[J]$...Nutzenergie

$E_{\text{Aufwand}}[J]$...Energieaufwand, $q_{ab}[J]$...Wärmeabgabe, $q_{zu}[J]$...Wärmezugabe

$P_{el}[W]$...elektrische Leistung, $\dot{Q}_H[W]$...Heizwärmestrom, $\dot{Q}_B[W]$...Brennstoffwärmestrom

Abhängig von der eingesetzten Umwandlungstechnologie und der Regelung, unterliegt jeder Umwandlungsprozess einem Wirkungsgrad. Im Vergleich zu der technologisch fortschrittlichsten Umwandlungstechnologie und Regelung, ergibt sich über alle Einsatzgebiete ein Einsparungspotential.

Mit der effizienteren Nutzung von Energie sinkt bei gleichbleibender Dienstleistung der Energieeinsatz. Ein gutes Beispiel findet sich in der Mobilität; ein Verbrennungsmotor hat im optimalen Betriebspunkt einen Wirkungsgrad von $\eta_{\text{eff}}=0,26 - 0,32$ (Zahoransky 2007, S. 155). Im Gegensatz dazu, ist der Wirkungsgrad eines Elektromotors deutlich höher, nach der aktuellen Effizienzrichtlinie der EU IE3 im Bereich von $\eta_{\text{eff}}=0,807 - 0,958$ (European Parliament 2009a); die Dienstleistung des Motors wird dabei bei einem deutlich herabgesetzten Einsatz von Energie vollzogen. Um den Vergleich zu vervollständigen ist der treibstoffabhängige Primärenergiefaktor zu berücksichtigen, dieser berücksichtigt den energetischen Aufwand in der vorgelagerten Prozesskette. Der Primärenergiefaktor für Strom $f_{\text{PE}}=2,62$ (Österreich Strom-Mix) ist deutlich höher als der $f_{\text{PE}}=1,62$ von Benzin, jedoch überkompensiert die Effizienzsteigerung diese Differenz (Österreichisches Institut für Bautechnik 2011b; Frischknecht; Tuchschnid 2008). In der dritten Betrachtungsebene werden die Treibhausgasemissionen berücksichtigt. Für Benzin wird nahezu 100 % fossile Energie aufgewendet, eine Substitution ist derzeit technisch nicht möglich. Für die in der Stromerzeugung verursachten Treibhausgasemissionen ist der regionale Strom-Mix maßgeblich verantwortlich, eine Substitution fossiler Gesteuerung, durch erneuerbare Energieproduktion, ist leicht möglich.

3.1.2.4 Kühlen und Heizen

Die Umwandlungsverluste von Wärmekraftmaschinen oder anderen industriellen Anlagen (Generatoren, Maschinenparks, Produktionsanlagen, etc.), in Form von thermischer Energie, können in Heiz- und Kühlanlagen verwendet werden. Im Falle der Wärmekraftmaschine handelt es sich um eine KWK (Kraft-Wärme-Kopplung), dabei wird mechanische und thermische Energie erzeugt. Die Nutzbarkeit der thermischen Energie ist vorrangig vom Temperaturniveau und der Menge abhängig. Wird einem Prozess die ansonsten anfallende Verlustenergie (Wärme) entzogen und als Nutzenergie für einen anderen Prozess eingesetzt, steigt die Gesamteffizienz um ca. diesen Anteil. Mit Formel 4 kann der veränderte Nutzungsgrad berechnet werden. Da die Wärme oft nicht am Ort der Erzeugung benötigt wird, kann diese über ein Nah-, oder Fernwärmenetz zu den Abnehmern geliefert werden. In Gewerbegebieten sind dies Betriebe, mit einem hohen Wärmebedarf für die eigenen Prozessanlagen oder Heizbedarf für Betriebs- und Lagerhallen. Innerhalb eines Wohngebietes kann damit die Brauch-, und Nutzwärme der Privathaushalte abgedeckt werden. In der Sommerperiode sinkt der Bedarf an Wärme und der Kühlbedarf steigt, die überschüssige Wärme kann zum Betrieb von Sorptionskältemaschinen verwendet werden. Eine Sorptionskältemaschine arbeitet im Gegensatz zu einer Kompressionskältemaschine mit dem Prinzip der „*thermischen Verdichtung*“, anstelle der mechanischen Verdichtung, siehe Kapitel 3.1.2.2. Ein weiterer Vorteil von wärmebasierenden Kälteanlagen, ist die Einbindung von solarthermischen Anlagen, deren Produktionskurve von Wärme, einer Glockenkurve ähnelt und im Sommer das Maximum erreicht. Andere Wärmequellen, wie beispielsweise die Geothermie, sind ebenfalls nutzbar. Ist das Temperaturniveau der ausgekoppelten Wärme im nicht mehr nutzbaren Bereich (Mindesttemperatur für Fernwärme Bereich 90-130°C), kann das Niveau mittels einer Wärmepumpe gehoben werden. Dieser Prozess benötigt zwar seinerseits elektrische Energie, ist aber wesentlich anpassungsfähiger und effizienter, als der reine Heizkessel.

3.1.2.5 Beleuchtung, intelligente Regelungen

Künstliches Licht für die Beleuchtung, benötigt elektrische Energie. Der Lichtstrom ist die von einer Lichtquelle abgegebene Lichtleistung (sichtbares Licht). Die Effizienz der Umwandlung, wird durch das Verhältnis lm/W ausgedrückt. Die Tabelle 4 zeigt die am weitesten verbreiteten Leuchtmittel. Die Gruppe 1 findet vorrangig Anwendung in privaten Haushalten. Für Beleuchtung werden in österreichischen Privathaushalten durchschnittlich 8,6 % des elektrischen Jahresenergiebedarfs (Strom) aufgewendet (Wegscheider-Pichler 2009, S. 38). Die Gruppe 2 wird im öffentlichen und gewerblichen Bereich eingesetzt. Eine genaue Abgrenzung ist nicht möglich.

Technologie	Lichtausbeute [lm/W]	Farbwiedergabe [Ra]	Lebensdauer [h]	Regelbarkeit	Einschaltzeit	am Markt verfügbare Produktbeispiele, 18.10.2011	[lm/W]	[Eur/lm]
Gruppe 1								
Glühlampe	10-15	100	1.000	+	+	Paulmann, E27 60W, klar,	10,9	0,0030
Halogen	11-28	100	2.500	+	+	Osram, E27, 70W, klar, Halogen Energy Saver Classic A	17,1	0,0018
Halogen Spot	11-28	100	2.500	+	+	Philips Master Capsule 45W GY6.35 12V IR	27,8	0,0044
Kompaktleuchtstofflampe	56-70	85	6.000- 15.000	-	-	Osram Dulux Superstar Globe 14W	61,4	0,0177
Gruppe 2								
OLED	25	75	10.000	+	+	Osram ORBEOS CDW-031	23,0	-
LED	30-70	60- 85	50.000	+	+	Osram Parathom Pro Classic A80 12W	67,5	0,05
Leuchtstofflampe	47-83	70	8.000	-	o	Philips TL-D 36W/840 G13 kaltweiß	93,1	0,0006
Halogen- Metall dampflampe	84-90	65- 95	10.000	o	--	Philips MASTER HPI-T 1000W/643 E40 220V CRP	85,0	0,0011
Natrium- Hochdrucklampe HPL	90- 150	25	16.000	-	--	Philips Lighting Entladungslampe SON-T Pro 1000W E40	130,0	0,0006

Tabelle 4 Leuchtmitteltechnologien Überblick, eigene Darstellung nach (BMLFUW 2011), (O.Ö. Energiesparverband 2011)

Die Tabelle 4 listet weitere Faktoren, wie den Farbwiedergabe Index [Ra] auf, dieser gibt Auskunft, über die Qualität der Farbwiedergabe. Dieser Faktor ist insbesondere zu beachten, wenn der Lichtstrom als Effizienzkriterium genutzt wird. Denn Leuchtmittel, mit einer hohen Ausbeute (lm/W), können, beispielsweise in der Straßenbeleuchtung, erhebliche Nachteile, durch eine schlechte Farbwiedergabe haben. Die Straße wird zwar mit einem höheren Lichtstrom bestrahlt, die Erkennbarkeit der Straße steigt aber nicht proportional dazu.

Die Lebensdauer ist ein Richtwert des Herstellers und hängt von den tatsächlich durchgeführten Schaltzyklen ab. Dieses Kriterium ist beispielsweise bei der Kompaktleuchtstofflampe relevant, da diese Leuchtmittel in privaten Haushalten häufigen Schaltzyklen ausgesetzt sind. Die Regelbarkeit, gibt Auskunft über die Fähigkeit des Leuchtmittels, auch bei Abweichen der Normleistung (Reduktion) Licht abzugeben. Die Reduktion der Lichtstromabgabe, mit einer einhergehenden Leistungsreduktion (elektrische Energie), ist eine Effizienzmaßnahme. Kann die verwendete Technologie aus technischen Gründen nicht geregelt werden, bleibt dieses Einsparungspotential ungenutzt. Die Einschaltzeit gibt Auskunft über die Zeitdauer vom Einschaltzeitpunkt bis 80 % der Lichtleistung erreicht wird. Zusätzlich zu den einzelnen Technologieeigenschaften wurden Produktbeispiele, die zum Untersuchungszeitpunkt am Markt verfügbar waren, aufgelistet. Die Auswahl wurde Hersteller unabhängig getroffen.

Eine weitere Komponente für die effiziente Beleuchtung, ist die Regelungstechnik. Die intelligente Regelung ist mit einer Umgebungslichterkennung und einer Bewegungserkennung ausgestattet, dadurch wird nur bei tatsächlichem Bedarf beleuchtet.

Privatbereich:

Im Gegensatz zu der noch weit verbreiteten Glühlampe sind Einsparungen im Bereich 50 % - 87,5 % möglich. Die Kompaktleuchtstofflampen, sind zwar sehr effizient, benötigt aber für den Betrieb Quecksilber, ein Schwermetall. Die LED basierende Beleuchtung beinhaltet im Gegensatz dazu keine humantoxikologischen Inhaltstoffe, die derzeit bekannt sind. In Anbetracht der deutlichen Lichtertragssteigerungen, wird mittelfristig die LED Technologie die Kompaktleuchtstofflampe ablösen.

Öffentlicher und gewerblicher Sektor:

Im öffentlichen Raum wird künstliches Licht vorrangig für die Straßenbeleuchtung benötigt. Es werden große Flächen beleuchtet, diese Anwendung findet auch im Gewerbe statt. Vorrangig werden Halogen-Metallampfen oder Natrium-Hochdrucklampen eingesetzt. Mittelfristig wird auch hier die LED Technologie zunehmend Anwendung finden. Dies wird vor allem durch die Faktoren, bessere Regelbarkeit, Farbwiedergabe und längere Lebensdauer, bedingt sein.

3.1.2.6 Gebäude

Gebäude sind durch einen hohen Energiebedarf für die Raumwärmebereitstellung bzw. Kühlung geprägt. In einer genaueren Betrachtung ergänzt sich dieser Bedarf um die Kategorien: Warmwasserbereitstellung, Kochen, elektrischer Verbrauch für Beleuchtung und Geräte. Zusammengefasst ergibt sich so die Gesamteffizienz von Gebäuden. Weitere Einflussnahmen haben das Nutzerverhalten und die schwankenden Witterungsbedingungen. Die Abbildung 12 zeigt den Endenergieverbrauch in EU Haushalten nach Kategorie.

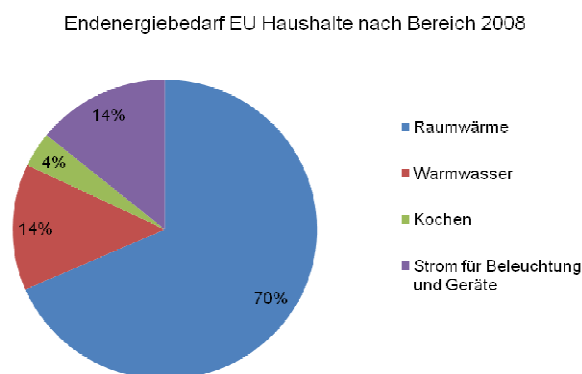


Abbildung 12 Energiebedarf EU Haushalte 2008, eigene Darstellung nach (European Environment Agency 2011)

Die Gesamteffizienz von Gebäuden ist in der Europäischen Union durch die Richtlinie 2010/31/EU geregelt. Mit zunehmend strengeren Baustandards, für die Gebäudeisolation, konnte der Raumwärmebedarf von Neubauten deutlich reduziert werden. Ab 31. Dezember 2020 müssen alle Neubauten einen nahezu Nullenergiebedarf aufweisen (Europäisches Parlament 2010, S. 18). Eine genaue Festlegung der einzuhaltenden Grenzwerte (beispielsweise Heizwärmebedarf) ist zum Stand der Recherche nicht vorgenommen worden. In weiterer Folge wurde bei der Übersetzung ins Deutsche der Begriff Niedrigstenergiestandard verwendet, eine Verwechslung mit dem gleichnamigen Energiestandard in Österreich bzw. Deutschland ist möglich.

Die Tabelle 5 stellt die zur Aufrechterhaltung notwendige Energie in Gebäuden nach Kategorie, Einflussfaktor und Indikator dar.

Kategorie	Einflussfaktor	Indikator
Thermische Eigenschaften	Dämmung, Dichtheit, Wärmekapazität, Wärmebrücken, interne Gewinne, solare Gewinne, Lüftungsverluste, Konvektionsverluste	Heizwärmebedarf / Kühlbedarf, Energieausweis, Baujahr
Warmwasser	Anzahl der Personen, Anzahl der Bäder, Wassersparteknik	Verbrauch
Heizungsanlage	Technologie, Leistung, Regelung, fossil/regenerativ	Verbrauch, Raumtemperatur, Brennstoffmenge
Klimaanlage	Technologie, Leistung, Regelung, fossil/regenerativ	Verbrauch, Raumtemperatur
Stromverbrauch	Kühl- und Gefriergeräte, Haushaltsgroßgeräte, Weitere Küchen- und Haushaltsgeräte, Kühl- und Klimageräte, Zusatzheizung, Büro- und Unterhaltungselektronik, Kommunikation, sonstige relevante Energieverbraucher, Stand-by-Verbrauch, Beleuchtung, diffuser Stromverbrauch	Verbrauch, Energielabel,
Betriebsstrom	Pumpen, Sensoren, Steuerung, Lüftung	Verbrauch, Energielabel

Tabelle 5 Gesamtenergieeffizienzbetrachtung für Gebäude, eigene Darstellung nach (Europäisches Parlament 2010, S. 29), (Statistik Austria 2009b)

Entwicklungen im Gebäudebestand am Beispiel Österreich

Der Bedarf an Endenergie für Raumwärme betrug 2010 18,6 % (196.767 TJ) am Gesamtendenergiebedarf Österreichs (1.057.271 TJ) (Statistik Austria 2010a). Dieser Bedarf wird vor allem durch den hohen Altgebäudebestand bedingt. Die Abbildung 13 zeigt den Bestand an Wohnungen in Österreich, nach Baujahr und Gebäudekategorie, hervorzuheben sind dabei insbesondere die Jahre 1961 bis 1980 mit einem Anteil von über 1.000.000 Wohnungen. Diese können einen Heizwärmebedarf von bis zu >200 kWh/m².a aufweisen. Diese Bauperiode ist geprägt von Betonleichtbau (Wärmebrücken) und geringen Dämmstandards.

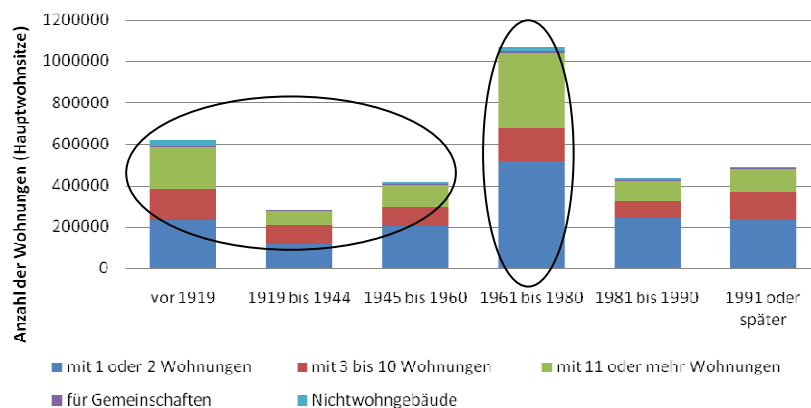


Abbildung 13 Wohnung nach Art des Wohngebäudes und Bauperiode Zählung 2001, eigene Darstellung nach (Statistik Austria 2004)

Gebäude aus der Vorkriegs- und Zwischenkriegszeit, unterliegen oftmals dem Denkmalschutz, oder sind, durch ihre aufwendige Fassadengestaltung und Architektur, nur unter hohem technischem sowie finanziellem Aufwand thermisch zu sanieren.

Der maximale Heizwärmebedarf von Neubauten ($>100 \text{ m}^2$) ist in der „OIB Richtlinie 6“ mit $54,4 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ vorgegeben (Österreichisches Institut für Bautechnik 2011b). Die Berechnungsmethode wird in Österreich durch die „ÖNORM B 8110-6 Heizwärme- und Kühlbedarf“ festgeschrieben, weitere Normen sind dem Berechnungsleitfaden für das energietechnische Verhalten von Gebäuden zu entnehmen (Österreichisches Institut für Bautechnik 2011a).

Mit der Entwicklung des Passivhausstandards (OIB: $\text{HWB}_{\text{BGF}} < 10 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ bzw. PHPP: $\text{HWB}_{\text{EBF}} < 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$) und dessen Verbreitung, vorrangig in Deutschland (1.281 Passivhäuser, Stand 2010) und Österreich (801 Passivhäuser, Stand 2010), geht der Trend in Richtung Nullenergie (Lang u. a. 2010), (Feist 2003). Die Energiestandards in Österreich sind konform mit der EU Richtlinie und werden stetig verbessert, die Wohnbauförderung, als Anreizmittel, fördert derzeit je nach Bundesland einen HWB_{BGF} im Bereich $10 - 45 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

Für die Entwicklung am Gebäudesektor ist die Neubau- und Sanierungsrate ausschlaggebend. Die Neubaurate betrug im Zeitraum 1991 - 2011 durchschnittlich $1,24 \%$, unter Einhaltung der aktuellen Bau- und Förderrichtlinien, sind diese Gebäude im Bereich Raumwärme bereits sehr effizient (Statistik Austria 2007). Die Sanierungsrate ist nicht genau bekannt, wird aber im Bereich $< 1 \%$ angenommen, es sind keine landesweiten statistischen Daten vorhanden. In der neuen OIB Richtlinie 6 wurde die Anforderungen an den Wärmeschutz bei Sanierungen leider nicht verschärft, gefordert wird nur die Einhaltung bestehender U-Kennwerte. In weiterer Folge ist auch die Heizwärmebedarfsreduktion unbekannt. Nur mit einer kontinuierlichen Steigerung der Sanierungsrate (thermische Sanierung), kann langfristig der Energiebedarf für die Raumkonditionierung reduziert werden. Ohne diese Reduktion ist die Einhaltung Kyoto Ziele und EU Vorgaben fraglich.

3.1.2.7 Verbrauchs- und Produktionsmanagement (Energie)

Unter dem Verbrauchs- und Produktionsmanagement (DSM), wird die messtechnische Erfassung und aktive Regulierung von Verbrauchern und Produzenten in Energienetzen verstanden. Zumeist handelt es sich dabei um das Stromnetz. In der herkömmlichen Netzföhrung wurde die Produktion von Energie an den aktuellen Verbrauch angepasst. Größere Industriebetriebe sind bereits jetzt vom Energieversorger dazu angehalten, Lastmanagementsysteme zu implementieren. In privaten Haushalten ist dies derzeit noch nicht der Fall. Der neue Modus des „Demand and Supply Managements“ wird durch die zunehmende dezentrale Nutzung von erneuerbaren Energien notwendig, da die Produktionsleistungen kurzfristig auf der Basis des Tag/Nacht Rhythmus und des Wetters sowie langfristig durch die Jahreszeiten Sommer/Winter beeinflusst werden.

Meteorologische Vorhersagesysteme werden in Zukunft vermehrt eine Rolle in der Voraussage über die Produktion von elektrischer und thermischer Energie spielen. Besonders reaktionsschnell ist die Photovoltaik, an einem sonnigen Tag (Sommer) kann bei Wechsel von Direktstrahlung zu Diffusstrahlung (Wolkenfeld) eine Leistungsreduktion von $> 50 \%$ auftreten. Steigt der Anteil an direktsolarstrahlungsversorgten Energieträgern (Photovoltaik, teilweise Solarthermie), werden größere Wetterumstürze planungsrelevant. Windkraftanlagen unterliegen ebenfalls einer wetterabhängigen Fluktuation in der Energieproduktion.

Neue Entwicklungen auf dem Sektor der Mobilität (Elektrofahrzeuge), können in naher Zukunft die Problematik verschärfen. Vereinfacht ausgedrückt handelt es sich um mobile Energiespeicher, welche in großen Ansammlungen im Lademodus zu problematisch hohen Netzbelastungen föhren können. In großen Flotten können Elektrofahrzeuge als mobile Energiereserve für das Stromnetz fungieren, sind geeignete Schnittstellen vorhanden (*Smart Grid*), könnte bei Bedarf der Akkumulator eines stehenden Elektrofahrzeuges Energie ins Netz zurückspeisen. Bei Überkapazitäten würde sich der Endladevorgang wieder umkehren. Damit könnten kurzfristige Lastspitzen kompensiert werden; als Mittel- oder Langzeitspeicher sind die Elektrofahrzeuge nicht geeignet (Pelte 2009).

Die praxiserprobte Anwendung ist noch ausständig, auch sind Fragen in Bezug auf die zusätzliche Akkualterung (Lade- und Entladezyklen), das Akkumanagement (entladener Akku durch Netznutzung bei Fahrtritt) und die Abrechnung offen.

Die Fluktuation der erneuerbaren Energieproduktion schafft Bedarf für Energiespeicher. Die Speicherung von Energie über längere Zeiträume (saisonal) hinweg und dessen schnellen Abruf für den Verbrauch, gewinnt an Notwendigkeit. Das schwankende Angebot von Solarenergie und dem Überangebot in den Sommermonaten, könnte mit geeigneten Speichern für die Wintermonate konserviert werden.

Andere wichtige Faktoren für die Anwendbarkeit eines Speichers sind: Zeit, Energiemenge, Leistung, Kosten, Haltbarkeit und Gefahrenpotential. Die Tabelle 6 zeigt die verschiedenen Speichertypen anhand derer physikalischer Charakteristik und listet einige Beispiele auf. Beim Beladen und Entladen von einem Speicher treten Verluste auf (Be- und Endladewirkungsgrad), die zugeführte Energie kann nicht vollständig wieder entnommen werden.

Speichertyp	Zustand	Beispiele	Zeit
chemisch	gasförmige-, flüssige-, feste Biomasse / fossile Brennstoffe	Erdgasspeicher, Wasserstoffkaverne, Methanisierung, NAWARO-Öle	lang
elektrisch	elektrisches Feld, elektromagnetisches Feld	Kondensator, Spule	kurz
elektrochemisch	elektrisches Feld	Akkumulator	kurz - mittel
thermisch	Temperaturerhöhung, Sorption, Latenzwärme (fest/flüssig)	Wassertank, Salzspeicher, Silikate	kurz - mittel
potential	Potential, Kinetik	Pumpspeicherkraftwerk, Schwungrad, Druckluftspeicher	lang

Tabelle 6 Energiespeichertypen (Pelte 2009), (Zahoransky 2007)

Auf der untersten Netzebene steht dem Verbraucher derzeit keine Information über den aktuellen Leistungsanspruch zur Verfügung. Mit neuen Messinstrumenten (*Smart Meter*) und Kommunikationskanälen wird eine Leistungserfassung möglich, auf dieser Basis können Feedbackschleifen dem Nutzer Informationen über den aktuellen Leistungsbedarf und Verbrauch übermitteln.

Intelligente Zähler (*Smart Meter*) sind digitale Verbrauchsmesssysteme für Energie. Die Intelligenz der Zähler besteht darin, dass die gesammelten Energieverbrauchsdaten gespeichert und über eine Kommunikationsschnittstelle aus der Ferne ausgelesen werden können. Weitere Funktionen dieser Systeme können sein: Fernauslesung (Lastgang, Zustand, Zählerwerte, Abrechnung, Datengrundlage für Prognosen), Steuerung (bidirektionale Kommunikation, Ein/Aus, Kundenwechsel, Tarifwahl, Datenabruf) und Ereignisse (wie z.B.: Störungen, Stromausfall, Manipulation). Auf dieser Informationsbasis ist mit einer Zunahme an Wettbewerb und ein sparsamer Umgang mit Energie zu rechnen. Für die Zunahme im Wettbewerb ist ein einfacher Anbieterwechsel relevant, über die Fernablesung kann zu jeder Zeit die Rechnungsperiode gestoppt und eine neue begonnen werden. Der sparsamere Umgang mit Energie ist über die Schaffung von Feedbackschleifen durch aktuelle Messergebnisse wahrscheinlich. Innerhalb der Europäischen Union fällt der intelligente Zähler unter die „*Richtlinie 2009/72/EG*“. Derzeit läuft eine Kosten-Nutzenphase über die Vorteile für Kunden und Markt, diese endet am 03.09.2012. Bei positivem Verlauf werden bis 2020 mindestens 80 % der Verbraucher mit Zählern ausgestattet. Eine Vorreiterrolle stellt Finnland dar, nach dem nationalen „*Electricity Market Act (66/2009)*“ sollen die Europäischen Ausbauziele bis 2014 erreicht werden. Nach Angaben der Österreichischen Energieagentur sind bereits über 1 Million Zähler installiert und alle Netzbetreiber haben mit der Installation innerhalb Ihres Netzsegmentes begonnen (Renner u. a. 2011).

Die Herangehensweise an die Verbraucher manipulation ist noch nicht entschieden, denkbar wären monetäre Anreizsysteme über dynamische Tarife. Je nach aktueller Netzauslastung und Energieangebot, käme der Energiearbeitspreis zustande. Ein Mittelweg wäre die freiwillige Leistungsregulation (*Smart Home*), in Form von Geräteklassen, so könnten verschiedene Haushaltsgeräte mit hohen Leistungen in unterschiedliche Klassen aufgeteilt werden.

Jede Gerätekategorie wäre durch eine Dringlichkeitskategorie gekennzeichnet, bei Netzüberlastungen (produktions- oder lastseitig) könnte versorgerseitig die jeweilige Klasse abgeschaltet bzw. eingeschaltet werden. Alternativ wäre die direkte Kommunikation mit einzelnen Haushaltsgeräten denkbar, diese könnten ihre Dienstleistung zu Gunsten der Netzstabilität auf einen späteren Zeitpunkt verschieben. Zwar stellt diese Form der Regulierung einen direkten Eingriff in die Privatsphäre dar, kann aber Netzausfälle verhindern. Eine freiwillige Anwendung und ein monetärer Anreiz ist Voraussetzung.

Die Politik im europäischen Raum befasst sich derzeit mit der Entwicklung von *Smart Metering* Vorgaben für die Netzbetreiber. Dagegen haben *Smart Home* Systeme noch einen Nischenstatus. Diese Systeme sind nicht mehr Teil des Netzbetreibers und folglich zur Gänze im Privatbereich. Ein vielfältiges Angebot an Produktsystemen mit unterschiedlichen Standards ist evident, ein einheitlicher Standard ist ausständig. Ein solcher Standard ist notwendig, um eine für den Endanwender geräteübergreifende Kompatibilität zu gewährleisten. Auf Grund der Vielfalt, der am Markt erhältlichen Systeme, ist ein Ausscheiden bereits installierter Anlagen, bedingt durch Inkompatibilität, wahrscheinlich. Die großen Netzversorger entwickeln neben *Smart Metering* Systemen auch *Smart Home* Systeme, daraus ergibt sich der Vorteil, passende und kompatible Lösungen leichter zu implementieren und Inkompatibilitäten ausschließen zu können.

Beispielsweise bietet ein deutscher Energieversorger RWE AG ein System mit dem Namen „*RWE Smart Home*“ an, dabei handelt es sich um ein klassisches Hausautomatisierungssystem, mit Fokus auf Energieeinsparungen. Dieses System wird zusammen oder getrennt mit einem eigenen Tarif verkauft, die Überwachung ist via mobilen Applikationen möglich. Die RWE installiert auch *Smart Meter*, die Zusammenarbeit beider Systeme ist geplant: „*Es ist noch nicht möglich die RWE Smart Home Geräte auf Basis tageszeitabhängiger Stromtarife zu steuern. Wir setzen diese Steuerungsmöglichkeit langfristig um.*“ (RWE Effizienz GmbH 2011). Andere Energieversorger haben ebenfalls Pilotprojekte gestartet, beispielsweise die Energieversorger E.ON Energie AG (D) mit e-home (E.ON 2011) und Verbund (Ö) mit *Smart Home* (Verbund 2011).

3.1.2.8 Sauberer Nahverkehr

Der Nahverkehr bezeichnet den gesamten Verkehr innerhalb eines Gebietes mit Distanzen unter 50 km. Die Verkehrsleistungen umfassen folgendes Verkehrsmittelangebot: Fuß, Fahrrad, MIV, MIV-Mitfahrer, öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV).

Der saubere Nahverkehr, ist derjenige Anteil des Nahverkehrs, der keine oder sehr geringe Emissionen pro Personenkilometer verursacht. Zu Fuß gehen ist die ideale und natürlichste Form der Fortbewegung, es entstehen keine Emissionen. An zweiter Stelle steht Radfahren, gefolgt vom öffentlichen Nahverkehr (VCÖ-Forschungsinstitut 2011). Wichtige Aspekte in der Bewertung des Verkehrs sind: Energieverbrauch, THG Emissionen, Flächeneffizienz und Auslastung. Der Energieverbrauch und die resultierenden Emissionen sind vom Verkehrsmittel abhängig (Monheim 2011). Der Anteil an der Österreichischen Treibhausgasemissionen, verursacht durch den Verkehr, beläuft sich auf 27 % im Jahr 2009, siehe Kapitel 2.2 und Abbildung 3. Die Flächeneffizienz bezieht sich auf die vom Fahrzeug eingenommene Fläche im Verhältnis zu den beförderten Personen, sowohl im Betrieb als auch im Stillstand. Unter Auslastung wird das Verhältnis von tatsächlicher zu möglicher Betriebszeit verstanden. Die Aufteilung der zurückgelegten Wege auf Verkehrsmittel wird im Modal Split unterschieden, siehe Kapitel 2.5. Dieses Verhältnis ist von Region zu Region unterschiedlich, tendenziell erhöht sich die Nutzung des ÖPNV im städtischen und reduziert sich im ländlichen Raum.

Welchen Einfluss die Faktoren der Fahrzeugtechnologie und Auslastung auf die Emissionen im Verkehr haben, und ob eine einfache Substitution von Technologie (Verbrennungsfahrzeug – Elektrofahrzeug) sinnvoll ist, kann auf der Basis einer Lebenszyklusanalyse bewertet werden. Nachstehend werden Beispiele aus der Studie des Verkehrsclub Österreich (VCO), „*Mobilität mit Zukunft*“, herangezogen, der räumliche Schwerpunkt liegt in Österreich und Deutschland (VCO-Forschungsinstitut 2011).

Die Studie hatte zum Ziel, verschiedene Fahrzeugtypen unter Berücksichtigung der Gesamtbilanz der Treibhausgasemissionen in den Lebensabschnitten, Produktion, Kraftstoffvorkette, Betrieb und Entsorgung, vergleichend darzustellen.

In der Betrachtung wurden flottentypische Fahrzeuge, jährliche Distanzen sowie Auslastungen (Verhältnis der tatsächlichen, zu möglichen Personen pro Fahrzeug) miteinbezogen. Der Vergleich wurde pro Personenkilometer (Anzahl der mitfahrenden Personen multipliziert mit den gefahrenen Kilometern) durchgeführt. Zu Fuß gehen und Fahrrad fahren sind an erster Stelle, es werden keine bzw. kaum Emissionen emittiert; der ÖPNV liegt mit 46 gCO₂Äquivalente / Pkm (Straße-, S- und U-Bahn) an dritter Stelle. Der Elektromotor benötigt 96 gCO₂Äquivalente / Pkm (Annahme: 343 gCO₂Äquivalente/kWh Strom) und der Verbrennungsmotor 308 gCO₂Äquivalente / Personenkilometer (VCO-Forschungsinstitut 2011, S. 13).

Die Reduktion der Emissionen, ausgehend vom Nahverkehr, kann durch die Substitution bestehender Antriebstechnologien geschehen, allerdings ist unter Berücksichtigung der Auslastung und der Flächeneffizienz dem sauberen Nahverkehr (Fuß, Fahrrad, ÖPNV) der Vorzug zu geben.

Die Vision, für den sauberen Nahverkehr in einer *Smart City*, gliedert sich wie folgt: Bedingt durch kürzere Distanzen (Stadtverdichtung) und attraktivere Angebote (Preissignale), wird der Anteil am Modal Split von Fuß, Rad und ÖPNV deutlich erhöht. Der MIV wird durch den Tausch der Antriebstechnologie (Elektromobilität) deutlich effizienter und kann mittels erneuerbaren Energien versorgt werden. Car-sharing Modelle bilden eine neue Gruppe des Modal Split, in dem der MIV, als Erweiterung bestehender ÖPNV Netze, angesehen wird und die Fahrzeugflotten sind öffentlich zugänglich sowie ebenfalls elektrifiziert. Der verbleibende Teil des MIV bleibt in privaten Händen, eingesetzte Technologien variieren.

3.1.2.9 Intelligente Netze

Das intelligente Netz (*Smart Grid*) ist ein Bindeglied zwischen Verbraucher, Produzenten und Energiespeichern. „*Intelligente Netze lassen sich als modernisiertes Stromnetz beschreiben, das um eine bidirektionale digitale Kommunikation zwischen Versorgern und Verbrauchern sowie intelligente Mess- und Überwachungssysteme ergänzt wurde.*“ (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2011, S. 2). Das Stromnetz ist nicht das einzige zur Verfügung stehende Netz mit dem Bedarf an Transformation zu einem intelligenten Netz. Je nach Stadt stehen Gas-, Wärme-, Kälte-, Abwasser-, und Wassernetze zur Verfügung. Eine vorrangige Rolle spielen dabei die Gas- und Wärmenetze, da über diese Netze hohe Mengen an Energie übertragen werden.

Die Regelung des Netzbetriebes wird in einem zentralen Netzmanagementsystem verwaltet, der Informationsfluss ist bidirektional. Über die dezentrale Energieproduktion kann der Verbraucher auch zum Produzenten und umgekehrt werden. Mit dieser Eigenschaft wird der untersten Netzebene (Niederspannungsnetz) eine hohe Dynamik abverlangt, Vorhersagen werden komplexer und benötigen zusätzliche Informationen. In der Verbrauchs- Produktionsstelle werden aktuelle Daten mit einem intelligenten Messgerät (*Smart Meter*) erfasst, dem unterstellt können Heimautomatisierungssysteme (*Smart Home*) den Verbrauch bis auf die Nutzerebene verwalten, siehe Kapitel 3.1.2.7.

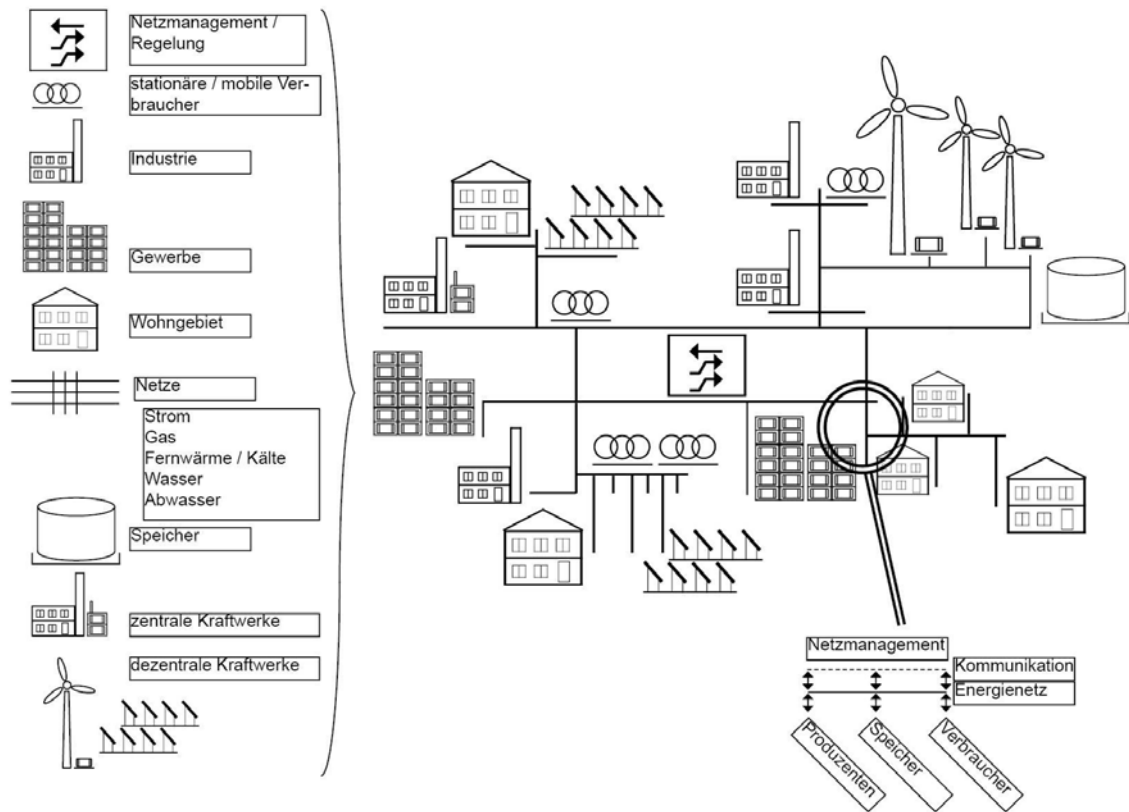


Abbildung 14 Intelligente Netze, eigene Darstellung nach (EUROPEAN COMMISSION 2006), (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2011)

Abbildung 14 stellt die einzelnen Akteure innerhalb eines intelligenten Netzes (*Smart Grids*) dar. Auf der linken Seite der Abbildung sind die Akteure abgebildet, mittig ist eine von dezentralen Energieträgern versorgte Stadt illustriert. Im rechten unteren Teil der Abbildung wird die bidirektionale Kommunikation zwischen den Akteuren auf Netzebene dargestellt.

„Intelligente Netze werden daher das Rückgrat des CO₂-emissionsfreien Stromsystems der Zukunft sein. Sie ermöglichen die Integration großer Mengen von regenerativ erzeugtem Onshore- und Offshore-Strom sowie von Elektrofahrzeugen, gleichzeitig ermöglichen sie weiterhin die konventionelle Stromerzeugung und sorgen für ein ausgeglichenes Stromsystem.“ (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2011, S. 3)

Die bestehende Infrastruktur kann weiterverwendet werden, durch die Implementierung von „intelligenten Objekten“, siehe Kapitel 3.1.2.11, an relevanten Punkten, wie Netzübergabestationen, Trafos, Elektrotankstellen und dezentralen Kraftwerken ist eine Transformation hin zum intelligenten Netz möglich.

3.1.2.10 Abwasser- und Abfallmanagement

Das Abwasser- und Abfallmanagement beschäftigt sich mit der Vermeidung, Verwertung und Entsorgung von Abfällen. Der Umgang und die Reihenfolge der Verbringung von Abfällen ist in der Abfallhierarchie der

europäischen Union geregelt, „*Richtlinie 2008/98/EG*“. Der Autor möchte kurz die Grundlagen der Abfallwirtschaft erläutern um dann die energetisch relevanten Bereiche vertieft darzustellen.

Die Abfallhierarchie gliedert sich wie folgt:

- a) Vermeidung,
- b) Vorbereitung zur Wiederverwendung,
- c) Recycling,
- d) sonstige Verwertung, (energetische Verwertung),
- e) Beseitigung (Europäisches Parlament 2008, S. 10).

Das Abfallaufkommen beispielsweise in Österreich, belief sich 2001 auf 48,6 Mio. t. Die größten Verursachergruppen, auf die Masse bezogen, waren Bodenaushub (42 %) und Baurestmassen (15 %). Diese Kategorien sind durch den geringen biogenen Anteil und einem geringen Gefahrenpotential für die Umwelt gekennzeichnet. Der Bedarf für eine kontrollierte Behandlung ist in den Kategorien mit kleineren Massen deutlich höher, dazu gehören: gefährliche Abfälle (2 %), Altstoffe Betriebe (5 %), Abwasseraufbereitung (5 %) und Abfälle aus Haushalten (6 %). Diese Abfälle beinhalten biologische und chemisch reaktive Verbindungen (Lechner 2000, S. 288). Eine kontrollierte Behandlung und Beseitigung ist daher notwendig. Die Abwasser- und Abfallnetze dienen dabei als Transportwege für die Massenströme vom Verursacher zur Entsorgungsanlage. In einem als Kreislaufwirtschaft betrachtetem System (*Richtlinie 2008/98/EG*), sind Aussagen über Qualität und Quantität sowie Ort der Ressourcen die Grundlage zum effizienten Einsatz der selbigen.

Abwassernetz

Die Abwassernetze (Kanal) sind Teil eines biologischen Kreislaufes, in dem primär Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor sowie diverser Elemente in geringeren Konzentration beispielsweise: Ca, Mg, Na, K, Pb, Cu, Zn und Cd ausgetauscht oder gefiltert werden (Gujer 2006). Die Aufbereitung, Reinigung und Rückhaltung dieser Stoffe, ist Aufgabe der Kläranlage.

Vision für das intelligente Abwassernetz

Das intelligente Abwassernetz misst: Abflussmenge, Dotierungsgrad, biochemische Belastungen (wie z.B.: Schwermetalle und Hormone), Leckagen, Temperatur und plötzliche Änderungen der Abflussmenge (Verschluss, Rohrbruch, Regen) im Kanal. Auf Basis dieser Informationen können frühzeitig steuernde Maßnahmen ergriffen werden.

Abfallnetz

In kommunalen Sammelsystemen werden Altstoffe im Hol- oder Bringsystem rückgeholt, um diese der Abfallhierarchie entsprechend zu verwerten. Die gesammelten Fraktionen: Restmüll, Papier und Kartonagen, Altglas, Metallverpackungen, Leichtfraktionen, biogene Abfälle, Sperrmüll, Elektroaltgeräte, Grünschnitt und Problemstoffe liegen nach der Sammlung in unterschiedlicher Qualität vor (Verunreinigungen durch Fehlwürfe). In weiteren Behandlungsschritten werden die gesammelten Stoffe stofflich und energetisch verwertet.

Vision für das intelligente Abfallnetz

Der Bedarf an Information im Abfallnetz besteht in der Messung von Behälterfüllständen und der Erstellung von Prognosen über den erwarteten Anfall. Diese Informationen können helfen, für die Routenpläne des

Abfalltransportunternehmens weiter zu optimieren. Die Anzahl der Wege mit schweren Fahrzeugen (Mülltransportfahrzeug), kann an den aktuellen Bedarf angepasst werden. Eine Alternative zum oberirdischen Transport mit Schwerfahrzeugen, stellt der unterirdische Drucklufttransport dar. Der Abfall wird über oberirdische Schleusen dem System zugeführt, das druckluftbetriebene Rohrsystem transportiert anschließend den Abfall zu zentralen Sammelstellen. Diese Transportvariante ist, bedingt durch den baulichen Aufwand, für bestehende Städte als unattraktiv einzuschätzen.

Die stoffliche Nutzung von Altstoffen hat, laut Abfallhierarchie, vor der energetischen Nutzung zu geschehen. So können beispielsweise Glas, Metall, Altpapier und einzelne Kunststofffraktionen (Polyethylen) als Sekundärrohstoffe für Produktionsprozesse dienen. Verbleibende Fraktionen, die, aufgrund von Verunreinigungen, technischer Machbarkeit oder anderen Gründen, nicht mehr aufbereitet werden können, werden energetisch verwertet. Die energetische Nutzung geschieht dabei vorrangig in Abfallverbrennungsanlagen. Die Abbildung 15 zeigt die Funktion kommunaler Sammelsysteme.

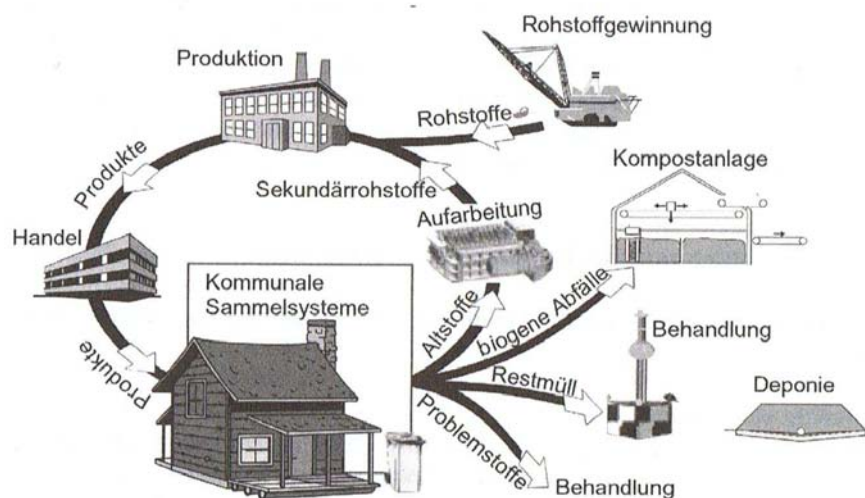


Abbildung 15 Funktion kommunaler Sammelsysteme (Lechner 2000, S. 301)

Die im Abfallkreislauf befindliche Materie stellt ein energetisches Potential dar, eine großtechnische Anwendung findet die Nutzung von Abwärme aus der Abfallverbrennung. Der Brennstoff ist zu ca. 2/3 fossilen Ursprungs, der biogene Anteil beträgt ca. 30 Gew.-% (Lechner 2000, S. 308). Die im Sammelsystem erfassten biogenen Abfälle (Biotonne) werden der Kompostierung oder als Substrat für die Biogasgewinnung eingesetzt. In Österreich belief sich der Anteil von getrennt gesammelter Biomasse in Haushalten 1999 auf 59 kg/EW.a (Lechner 2000, S. 307). Im kommunalen Raum finden sich noch Potentiale aus dem Grünschnitt (Gras, Strauch, Baum) sowie sonstiger Holzabfälle aus Gewerbe und Industrie. Die Klärschlammnutzung als Substrat für die Erzeugung von Biogas (Faulgas), stellt ebenfalls ein Potential dar. Die Nutzung von biogenem Abfall aus dem kommunalen Raum sowie die Nutzung von Klärschlamm werden in der Case Study näher betrachtet, siehe Kapitel 5.

Die energetische Nutzung von Bioabfällen stellt ein regeneratives Energiepotential dar, insbesondere in öffentlichen Anlagen, wie Kläranlagen, kann der Eigenversorgungsgrad mit Strom und Wärme deutlich erhöht werden. Chemisch gebundene Energie, in Form von biogenen Brennstoffen, kann gelagert und bei Bedarf verbraucht werden. Insbesondere Methan aus Biomasse, stellt, auf Grund der hohen Energiedichte sowie der bestehenden Infrastruktur (Erdgasleitungen), eine Teillösung der Speicherproblematik dar. Abfall- und Abwassermanagement nach *Smart City* Kriterien soll die vorhandenen erneuerbaren Potentiale ausschöpfen und wenn möglich Nährstoffkreisläufe schließen.

3.1.2.11 Informations- und Kommunikationstechnologien

In einer Vielzahl von Publikationen, die sich mit *Smart Cities* befassen, sind die Informations- und Kommunikationstechnologien die Hauptschwerpunkte. Beispiele geben folgende Publikationen: (Hernández-Muñoz u. a. 2011), (Schoch 2006) und (Vasseur; Dunkels 2010). In der Publikation von (Schoch 2006) präsentiert der Autor Beispiele der Hausautomatisierung. Dabei erfolgt die Steuerung von elektrischen Geräten, der Raumtemperatur oder dem Licht, nicht nur manuell; sondern über ein Netzwerk aus Sensoren werden Umweltparameter und die aktuellen Zustände der vernetzten Geräte erfasst. Anhand dieser Informationen (*Smart Home*), kann beispielsweise die Beleuchtung bedarfsorientiert ein und wieder ausgeschaltet werden, siehe Kapitel 3.1.2.7. Die Energieeinsparung erfolgt über die Reduktion oder Wegfall von Leerzeiten, in denen eigentlich kein Licht benötigt gewesen wäre. Ein anderes Beispiel ist die Steuerung von thermischen- und elektrischen Verbrauchern nach dem aktuellen Solarwärme- oder Solarstromangebot. Folglich sind die Steigerung der Energieeffizienz sowie der Einsatz von regenerativen Energieträgern auf Informationen über den Umgebungszustand angewiesen. Das verwendete Netzwerk und die Kommunikationstechnologie spielen dabei eine wesentliche Rolle.

Die Kommunikationsnetzwerke und die eingesetzten Kommunikationsprotokolle in technischen Systemen, wurden lange von proprietären Systemen dominiert. Ein proprietäres System verwendet nicht öffentliche Kommunikationsprotokolle, die Verwendung durch Dritte ist kaum oder nur schwer eingeschränkt möglich. Im Gegensatz dazu steht das Internet und dem damit verbundenen offenen Internet Protokoll. In der Kombination mit kabellosen Breitbandanbindungen, ist die Einbindung einer großen Anzahl an Sensoren und Geräten über das Internet denkbar.

Kommunikationsnetze ermöglichen den Datenaustausch zwischen zwei oder mehreren Akteuren. Die hier betrachteten Netzwerktechnologien verbinden den Endnutzer mit dem Internetprovider oder sonstigen technischen Anlagen. Diese Netzwerke können kabelgebunden sein, dabei ist der Akteur an eine, zum Datentransport verwendete, physikalische Leitung angeschlossen. Die Geschwindigkeit wird in Bits pro Sekunde gemessen. Der am häufigsten verwendete Anschluss, ist der Breitbandanschluss, die Datenübertragungsgeschwindigkeit befindet sich im Megabitbereich. Der Breitbandanschluss ist länderspezifisch unterschiedlich definiert, in Österreich definiert die Rundfunk & Telekom Regulierungs-GmbH die Bandbreite mit >144 kbit/s und einem auf DSL, Kabelnetzen, Glasfaser oder Mobilfunknetz basierenden System (Rundfunk und Telekom Regulierungs-GmbH 2010, S. 204). Kabellose Systeme ermöglichen dem Akteur einen mobilen Zugang zum Internet. Die gängigsten Technologien sind: UMTS, WLAN, WiMAX und zukünftig LTE.

Mit den Entwicklungen in der Mikroprozessortechnik und der stetig vorangeschrittenen Miniaturisierung aller elektronischen Komponenten, stieg die Zahl der Anwendungen und Einsatzgebiete. Als Resultat dieser Entwicklungen, gilt die Rechnerallgegenwart (ubiquitous computing) und die Rechnerdurchdringung (pervasive computing), als vorschreitend. Erstmals verwendete (Weiser 1991) diese Begriffe für eine von ihm entwickelte Vision, über die Allgegenwart von Computer oder andere elektronische Systemen im täglichen Leben.

In der *Smart City* wird diese Vision Realität, der Stadt unterliegt ein Netz aus intelligenten Objekten. Intelligente Objekte sind Objekte, die in der Lage sind, Umweltfaktoren zu messen und zu kommunizieren. In der Publikation von (Vasseur; Dunkels 2010) besteht ein intelligentes Objekt aus folgenden Komponenten: Sensor, Mikroprozessor, Kommunikationseinheit und Stromversorgung. Mit einer flächendeckenden Installation werden präzise Umweltdaten erfassbar. Auf Basis dieser Daten könnten neue Dienstleistungen und Anwendungen geschaffen werden. Über die Breite der Anwendungsmöglichkeiten ist noch wenig bekannt, die Autoren Wright und Steventon (Mattern 2007) beschreiben folgende Beispielanwendungen: Lieferkettenkontrolle, Umweltmonitoring, informative und interaktive Museums- oder Stadtführer, intelligente Autos u.v.m. Die Datenverfügbarkeit wird zukünftig steigen, mit Analyse und Auswertungsverfahren lassen sich energieeffizienzsteigernde Maßnahmen leichter umsetzen.

3.1.3 Städte und Unternehmen

Die Bezeichnungen für den Begriff *Smart City*, beschrieben in Kapitel 1.2, findet zunehmend Einzug in Stadtneubauprojekte, Stadtteilprojekte, Unternehmenszweige und sonstige private Projekte, wie beispielsweise Businessparks. Das jeweilige Konzeptverständnis variiert und ist oftmals nicht klar definiert. In Folge sollen wichtige aktuelle Projekte im Kontext der *Smart City* aufgelistet werden. Auf eine detaillierte Beschreibung der Stadtbauprojekte und der Businessparks wird verzichtet, die Unternehmen werden näher beschrieben.

Städte

Die hier aufgelisteten Stadtneubauprojekte oder Stadtteilprojekte sind von der Vision einer nachhaltigen und ökologischen Stadt geprägt. Für Städte ist die Begriffsnutzung neben dem eigentlichen Sinn auch ein Marketinginstrument.

Unter Transformation wird die aktive Umgestaltung bestehender Stadtstrukturen nach den *Smart City* Schwerpunkten oder ähnlich gewichteten ökologisch orientierten Kriterien verstanden. Diese Methode ist für die meisten europäischen Städte relevant, da große Neubauprojekte, wie etwa im asiatischen Raum, unwahrscheinlich sind. Städte mit namentlich definierter Ambition zur Transformation, finden sich im europäischen Raum, die Definition wird vom Autor durch die Erweiterung des Stadtnamens auf offiziellen Webseiten, als solche wahrgenommen. Die Initiierung fand durch den SET Plan, siehe Kapitel 3.2.2, statt. Aufgrund dieses europäischen Forschungsförderungsprogramms, finden in ganz Europa nationale Forschungsprogramme zur Förderung von Pilotprojekten statt.

Beispielstädte für die Transformation

- Europäische *Smart Cities*
 - o *Smart City* Malta (Government of Malta; TECOM 2011)
 - o *Smart City* Amsterdam (Government of Amsterdam 2011)
 - o Eco-Metropolis Kopenhagen (Denmark DK 2011)

Ambitionierte Neubauprojekte befinden sich in Gegenden mit hohem Bevölkerungswachstum und dem daraus bedingten Zuzug in die Städte. Diese sind in Asien und dem Nahen Osten. Die dortigen Neubauprojekte umfassen ganze Städte mit geplanten Bevölkerungsgrößen im Millionenbereich.

Neubau

- Masdar City, Abu Dhabi, Vereinigte Arabische Emirate (Masdar City 2011)
- Meixi Lake, Changsha, China (Kohn Pedersen Fox Associates 2011)
- Sino-Singapore Tianjin Eco-city, China/Singapur (Tianjii Eco-city 2011)
- Smart and Sustainable City Songdo, Südkorea (Government of Songdo 2011)

Die Stadtteilprojekte umfassen den Neubau von kleinen bis mittleren Neubauten. Die hier aufgelisteten Projekte befinden sich in Österreich und Deutschland. Die Größe der Neubauprojekte umfasst Bezirke oder Teilbezirke und diese befinden sich häufig auf ehemaligen Kasernengeländen oder ehemaligen Industrieflächen. Der Schwerpunkt dabei liegt dabei in der Reintegration von stillgelegten Flächen in das Stadtbild, mit Fokus auf Pilotprojekten und Versuchsaufbauten ökologischer Siedlungsstrukturen.

Stadtteile/Quartiere:

- Solar City Linz, Oberösterreich (Trebersburg; Linz; Blaschke 2007)
- Masterplan Aspern Seefeld, Wien (Wiener Stadtentwicklungskommission 2011)
- Französisches Viertel in Tübingen, Deutschland (Werkstatt für Eigenarbeit e.V. 2011)

Unternehmen

Der Begriff *Smart City* wird von Stadtentwicklungsprojekten und Unternehmen ebenfalls verwendet. Beispiele für die Positionierung von Unternehmen im Umfeld „*Smart City*“ sind IBM und Siemens. Beide Unternehmen argumentieren mit globalen Problemen (Beispiele: Klimawandel, Ressourcen, Bevölkerungswachstum, Wirtschaftsfaktor), für die Umsetzung der *Smart City* Vision. Weitere Unternehmen in diesem Bereich, sind: ABB, ABI, Cisco und General Electric. Anschließende Lösungen sind wirtschaftsorientiert und beruhen vorrangig auf Effizienzsteigerungen und einer Kostenreduktion. Der ökologische Aspekt ist relevant, aber nicht maßgeblich. Die eigenen Produkte sollen vermarktet werden.

Siemens „*Sustainable Cities*“

Die Firma Siemens sieht sich als Technologiepartner für die Vision der „*Sustainable Cities*“. Die „*Sustainable City*“ umfassen dabei folgende Kategorien: *Mobility, Energy, Water, Buildings, Public Safety, Healthcare* und *Financing* (Siemens AG 2011b). Innerhalb dieser Kategorien bietet Siemens Technologielösungen aus seinem Portfolio an.

IBM „*Smarter City*“

Die Firma IBM beschreibt die Vision einer „*Smarter City*“ in Form einer multimedialen Webseite, die Schlüsselpunkte sind in acht Kategorien aufgeteilt (IBM 2011). Diese Kategorien lauten wie folgt: Transportation/Traffic, Airports/Rail, Public Safety, Healthcare, Education, Energy/Utilities, Economic Development und Social Services. IBM argumentiert die „*Smarter City*“ unter anderem mit dem Wachsen der Weltbevölkerung, dem Bedarf an Wirtschaftswachstum, Ineffizienz und Ressourcenverbrauch. Dabei erkennt IBM die Stadt, als System im System, und versucht, die oben genannten Probleme durch Information und Kommunikation zu lösen. Die Empfehlung lautet, alle möglichen Daten zu erfassen (Beispiele dafür in der Kategorie Transportation/Traffic: Kameras, Parkautomaten, Verkaufszahlen von Tickets, Beobachtungen, Verkehrsmuster u.v.m.), um durch Vernetzung und Analyse Effizienzsteigerungen erwirken zu können. Der Klimawandel oder eine deutliche Reduktion der Kohlendioxidemissionen, stehen nicht im Vordergrund, sondern eine effizientere Nutzung wirtschaftlicher Ressourcen (Beispiel dafür in der Kategorie Airports/Rail: Material, Personal und Controlling) und eine erhöhte Wertschöpfung für die Unternehmen.

Die „*Smarter Cities Challenge*“ wurde 2010 gestartet, dieses Programm umfasst Beratungsleistungen, beispielsweise Workshops, IBM Ressourcen, Onlinetools (City Forward – ein Onlinetool zur Datenerfassung und Vergleich von Städten). Das Programm läuft über einen Zeitraum von 3 Jahren, innerhalb dessen sollen 100 Städte untersucht und beraten werden. Die Beratung übernehmen Teams in der Größe von 4-6 Personen über einen Zeitraum von 3-4 Wochen. Die Beratungsleistungen werden von IBM mit einer Größenordnung von 50 Millionen Dollar veranschlagt.

3.1.4 Benchmark: *Smart City*

Mittels Ranking und Benchmarks finden laufend Vergleiche zwischen Städten statt. Die *Smart City* kann thematisch dem „*Green City Ranking*“ Themenfeld zugeordnet werden. Dieses Themenfeld umfasst Städtevergleiche auf der Basis von umwelt- und lebensqualitätsrelevanten Faktoren. Eine markante Rolle nimmt dabei die Kategorie CO₂ ein. Diese Kategorie nimmt Bezug auf die Klimarelevanz von Städten und markiert gleichzeitig das Ranking als „*grün*“. Die Aussagekraft von Rankingsystemen ist umstritten, werden doch unterschiedliche Kategorien, Faktoren und Indikatoren verwendet. Für eine Stadt, mit einer guten Rankingposition, sind aber positive ökonomische Entwicklungen wahrscheinlich. Nachstehend werden zwei Städterankings vorgestellt, das erste Ranking behandelt ausschließlich den europäischen Raum mit der selbst definierten Agenda „*Smart City*“. Das zweite Ranking ist ein Teilranking, auch im europäischen Raum, gehört aber zu einer weltweit vorgenommen Untersuchung. Die beiden Untersuchungen haben unterschiedlich viele Städte und Kriterien verwendet, ein direkter Vergleich ist nicht möglich.

Smart Cities – Europäisches Ranking mittelgroßer Städte

Das „*Smart City - Europäisches Ranking mittelgroßer Städte*“ ist ein privates Forschungsprojekt, durchgeführt vom Leader Centre of Regional Science (Giffinger u. a. 2011). Dabei wurden 71 mittelgroße europäische Städte untersucht.

In dem Forschungsprojekt *Smart Cities* – Europäisches Ranking mittelgroßer Städte (Giffinger u. a. 2011) wurde ein neues Ranking- und Benchmarksystem für *Smart Cities* entwickelt. Als Ziel für die Analyse galt es, eindeutige Charakteristika, Potentiale, Stärken und Schwächen mittelgroßer Städte zu identifizieren und diese anschließend zu vergleichen. Das Rankingsystem ist in drei Ebenen aufgebaut, die erste Ebene besteht aus sechs als relevant identifizierten Eigenschaften von *Smart Cities*. Aus dem Forschungsendbericht geht nicht klar hervor, wie die Eigenschaften gewählt wurden, es wird jedoch auf eine Literaturrecherche verwiesen. Die zweite Ebene wird durch 33 Faktoren definiert, zwei der Faktoren wurden durch unzureichende Datenlage nicht behandelt. In der dritten Ebene spalten sich die Faktoren in 74 Indikatoren auf. In Tabelle 7 werden die sechs Eigenschaften sowie die dazugehörigen Faktoren für die Bewertung dargestellt.

Smart economy (Wettbewerbsfähigkeit)	Smart mobility (Transport und IKT)
- Innovationsfähigkeit - Unternehmergeist - Wirtschaftsstandort Image und Markenzeichen - Produktivität - Flexibilität des Arbeitsmarktes - Internationale Vernetzung - Transformationsfähigkeit	- öffentlicher Nahverkehr - nationaler und internationaler Fernverkehr - Verfügbarkeit von Informations- und Kommunikationstechnologie - sicheres, innovatives und nachhaltiges Verkehrssystem
Smart people (Sozial- und Humankapital)	Smart environment (natürliche Ressourcen)
- Qualifikation - berufsbegleitendes Lernen - soziale und ethnische Pluralität - Flexibilität - Kreativität - Kosmopolitisch / aufgeschlossen - Partizipation im öffentlichen Leben	- Attraktivität natürlicher Bedingungen - Umweltverschmutzung - Umweltschutz - Nachhaltiges Ressourcenmanagement
Smart governance (Partizipation)	Smart living (Lebensqualität)
- partizipative Entscheidungsfindung - Sozialdienstleistungen - transparente Regierung	- kulturelle Einrichtungen - allgemeiner Gesundheitszustand - Sicherheit von Einzelpersonen - Wohnqualität - Ausbildungsstätten - Attraktivität für Tourismus - sozialer Zusammenhalt

Tabelle 7 European *Smart City* Ranking - Eigenschaften und Faktoren (Giffinger u. a. 2011)

Land	Stadt	Reihung	Kategorie					
			Smart economy	Smart people	Smart governance	Smart mobility	Smart environment	Smart living
LU	Luxenburg	1	1	2	13	6	25	6
DK	Aarhus	2	4	1	6	9	20	12
FI	Turku	3	16	8	2	21	11	9
Österreich								
AT	Linz	9	5	25	11	14	28	7
AT	Salzburg	10	27	30	8	15	29	1
AT	Innsbruck	12	28	35	9	8	40	3
AT	Graz	13	18	32	12	17	31	5

Tabelle 8 European *Smart City* Ranking - Ergebnisse aus dem Ranking Plätze 1-3 und 9-13 (Giffinger u. a. 2011)

Die Städte, mit der niedrigsten Punkteanzahl und damit am fortschrittlichsten auf dem Weg Richtung *Smart City*, sind in Tabelle 8 aufgelistet. Es haben vier österreichische Städte einen vorderen Platz belegt.

Green City Index (Siemens)

Der Green City Index ist eine private Forschungsinitiative, durchgeführt von Economist Intelligence Unit im Auftrag der Firma Siemens (Siemens AG 2011a). Untersucht wurden Städte in Asien (22), Europa (30), Südamerika (17), den USA und Kanada (27). Zusätzlich wurden in Deutschland (12) Städte in einem eigenen Ranking bewertet. Abhängig von der Datenlage und dem Kontinent, variierten die Indikatoren; für den europäischen Raum wurden in Tabelle 9 gelisteten Indikatoren verwendet. In der Betrachtung sind sowohl qualitative (Beispiel Kategorie: CO₂, Indikator: CO₂ Reduktionsstrategien) als auch quantitative (Beispiel Kategorie: CO₂, Indikator: CO₂ Emissionen pro Kopf) Indikatoren verwendet worden (Siemens AG 2009, S. 39).

Kategorie	Indikator	Kategorie	Indikator
CO ₂	CO ₂ Emissionen		Abwasserbehandlung
	CO ₂ Intensität		Politik Effizienz und Behandlung
	CO ₂ Reduktionsstrategien	Waste and land use	kommunale Abfälle
Energy	Energieverbrauch		Abfallrecycling
	Energieintensität		Abfallreduktionsregelungen
	Anteil erneuerbare Energien		Grünlandnutzungsregelungen
	Erneuerbare Energie Politik	Air quality	Stickstoffdioxid
Buildings	Energieverbrauch Wohngebäude		Ozon
	Energieeffizienzstandard Gebäudesektor		Feinstaub
	Initiativen für Energieeffizienz Gebäudesektor		Schwefeldioxid
Transport	Anteil nicht MIV Verkehrs		Vorgaben zur Luftverschmutzung
	Größe des nicht MIV Transportnetzes	Environmental governance	Umweltgesetzgebung
	Promotion von sauberen Verkehr		Umweltmanagement
	Bemühungen zur Reduktion von MIV		öffentliche Beteiligung
Water	Verbrauch		
	Undichtigkeitsverluste		

Tabelle 9 European Green City Index – Kategorien und Indikatoren, eigene Darstellung nach (Siemens AG 2009, S. 39)

Land	Stadt	Platz	Kategorie								
			Overall	CO ₂	Energy	Buildings	Transport	Water	Waste and land use	Air quality	Environmental governance
DK	Kopenhagen	1	87,31	9,58	8,71	9,44	8,81	9,21	8,98	9,37	10
S	Stockholm	2	86,65	8,99	8,69	9,44	8,44	9,13	8,82	9,35	10
N	Oslo	3	83,98	8,48	7,76	9,22	8,29	9,12	8,69	8,84	10
Österreich											
AT	Vienna	4	83,34	7,53	7,76	8,62	8	9,13	8,6	7,59	9,44

Tabelle 10 European Green City Index - Ergebnisse aus dem Ranking Plätze 1-3 (Siemens AG 2009)

Von den 30 untersuchten Städten, haben die in Tabelle 10 aufgelisteten drei erstplatzierten Städte die meisten Punkte in den untersuchten Kategorien erhalten. Wien liegt anschließend an vierter Stelle.

3.2 Europäische Smart City Initiative

Die europäische Union als Wirtschaftsraum hat eine lange Geschichte in der Umweltpolitik. Die Union ist von strengen Umweltauflagen einer stark auf Umwelttechnologie fokussierten Förderungspolitik und grenzüberschreitenden Forschungsprojekten gekennzeichnet. Die europäische Smart City Initiative ist Teil des langfristigen Transformationsprozesses in eine kohlenstoffneutrale Wirtschaft.

3.2.1 Energiepolitikentwicklung

Die europäische Wirtschaftsstrategie „Europa 2020“ beinhaltet sieben Leitinitiativen, für die Energiepolitik ist die Initiative „Ressourcenschonendes Europa“ von Bedeutung. Das Ziel der Leitinitiative ist: *„...unser Wirtschaftswachstum von den Ressourcen und vom Energieverbrauch abzukoppeln, die CO₂-Emissionen zu reduzieren, die Wettbewerbsfähigkeit zu fördern und eine größere Energieversorgungssicherheit zu unterstützen.“* (Europäische Kommission 2010b, S. 18).

Ausgehend von der Wirtschaftsstrategie und den darin formulierten Zielen leitet sich die Energie 2020 - Eine Strategie für wettbewerbsfähige, nachhaltige und sichere Energie ab (Europäische Kommission 2010a). Innerhalb der Strategie werden fünf Schwerpunkte verfolgt:

1. Europa energieeffizient machen,
2. Einen wahrhaft europaweit integrierten Energiemarkt schaffen,
3. Verbraucherautonomie stärken und das höchste Niveau an Sicherheit, und Gefahrenabwehr erreichen,
4. Die Führungsrolle Europas im Bereich der Energietechnologien und Innovation ausbauen,
5. Die externe Dimension des EU-Energiemarkts stärken.“ (Europäische Kommission 2010a, S. 7).

Der Schwerpunkt 4. beinhaltet die Umsetzung des Strategieplans für Energietechnologien, dem SET-Plan.

3.2.2 Strategischen Energie-Technologie-Plan

Die europäische Smart City Initiative ist dem Strategischen Energie Technologie Plan (SET-Plan) untergeordnet (Europäische Kommission 2009). Der SET-Plan wurde 2007 implementiert mit dem Ziel Energietechnologien zur Umsetzung einer kohlenstoffarmen Energieversorgung zu fördern (Europäische Kommission 2007b), (Europäische Kommission 2007a). Im Jahr 2009 folgte die Konkretisierung des SET-Plans durch die Veranschlagung von Fördergeldern in die einzelnen Technologiebereiche (Europäische Kommission 2009). Die Smart City Initiative soll in den nächsten 10 Jahren Investitionen im Ausmaß von 11 Milliarden Euro aktivieren. Der Fokus liegt bei 25 - 30 Demonstrationsstädten, mit dem ambitionierten Ziel einer 40 % Reduktion von Treibhausgasemissionen bis 2020 zum Bezugsjahr 1990. In der langen Perspektive plant die EU eine Reduktion von 80 % - 95 % bis 2050 zum Bezugsjahr 1990 (European Commission 2011).

Für die Umsetzung der Ziele werden begleitend Technologiepläne (Roadmaps) erstellt (European Commission 2009). Mit den Roadmaps sollen technologische Entwicklungen berücksichtigt und entsprechend gelenkt werden. Insbesondere gilt es, zwischen dem kurzfristigem Bedarf und langfristigen Entwicklungspotentialen einen Ausgleich zu schaffen.

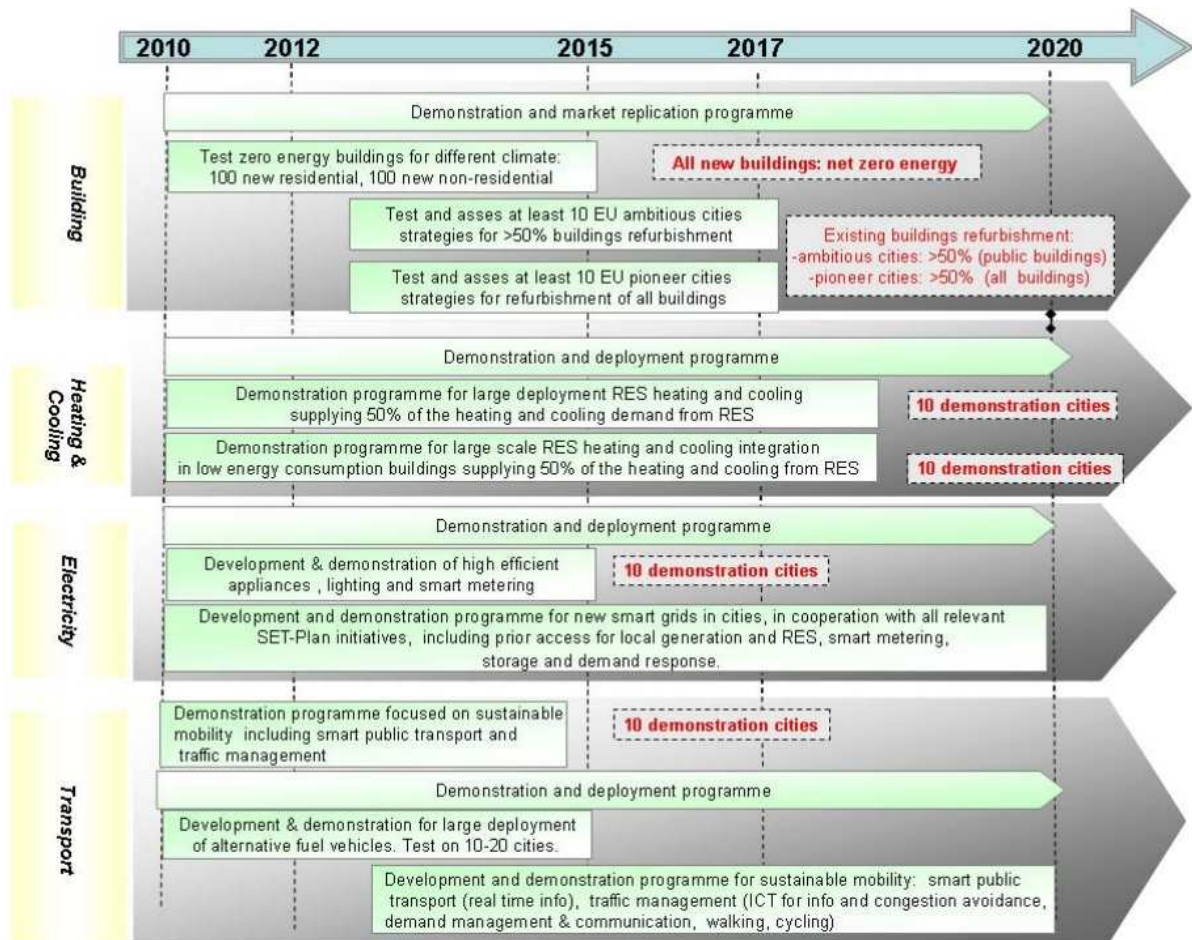


Abbildung 16 Roadmap *Smart City Initiative* (European Commission 2009, S. 53)

Die Abbildung 16 zeigt die Roadmap für die *Smart City Initiative* der Europäischen Union. Die Schwerpunkte liegen in den vier Bereichen „*Buildings, Heating & Cooling, Electricity, Transport*“. Durch Pilot- und Demonstrationsprojekte werden in den einzelnen Kategorien praxisnahe Best-Practice Beispiele erarbeitet. Im Bereich „*Buildings*“ liegt der Schwerpunkt in der Entwicklung von Niedrigstenergiegebäuden für verschiedene Klimazonen. Neubauten sollen in ganz Europa diesen Standard erfüllen, begleitend werden Strategien für die Gebäudesanierung im Altbestand getestet. Im Bereich „*Heating & Cooling*“ geht es um den Ausbau von Heiz- und Kühlsystemen, basierend auf nachwachsenden Rohstoffen. Der Energiebedarf für diese Systeme soll in einer Größenordnung von >50 % durch nachwachsende Rohstoffe bereitgestellt werden. Mit dem Ziel, dies in zwanzig Städten als Demoprojekte umzusetzen. Im Bereich „*Electricity*“ soll das *Smart Grid* sowie hocheffiziente Geräte entwickelt und erprobt werden. Der Brückenschluss zu anderen SET-Plan Initiativen ist zu gewährleisten, Ziel sind 10 Demonstrationsstädte. Der Bereich „*Transport*“ umfasst die Entwicklung von alternativen Antriebstechnologien, den Ausbau von Rad und Fußwegen sowie den Einsatz von IKT im Verkehr. In 10 Demonstrationsstädten sollen Praxisbeispiele für die „*smarte*“ Mobilität entwickelt werden.

3.2.3 Europäische Initiativen und Programme

Leitprogramme zur Förderung von Energieeffizienz und erneuerbare Energieträgern in der Europäischen Union sind: *Smart Cities & Communities Initiative*, *Concerto*, *Civitas* und *Intelligent Europe*.

Smart Cities & Communities Initiative

Die *Smart Cities & Communities Initiative* wurde 2011 gegründet und basiert auf den SET-Plan Zielen. Die Initiative ist gerade im Aufbau, der nächste Schritt ist die Etablierung eines Stakeholderforums (EUROPEAN COMMISSION 2011b). Die Initiative hat eine auf erneuerbare Energien basierende Energieproduktion und Energieeffizienz in Städten als Ziel.

CONCERTO Initiative

Die Concerto Initiative gehört zum Framework Programm 6 bzw. 7 der Europäischen Union und wird von der DG Energie und Transport gesteuert. Die inhaltlichen Schwerpunkte sind erneuerbare Energien und Energieeffizienz im Gebäudesektor. Derzeit werden 22 Projekte in 58 Gemeinden durchgeführt. Die Initiative fokussiert weniger auf einzelne Gebäude als auf die gesamte Gemeinde und den darin enthaltenen Gebäudebestand (Steinbeis-Europa-Zentrum 2011).

CIVITAS Initiative

CIVITAS steht für „*Cleaner and Better Transport*“ bzw. „*City-Vitality-Sustainability*“, das Förderungsprogramm hat zum Ziel, umweltfreundlichen und effizienten Verkehr durch die Förderung von Demoprojekten zu entwickeln. Es soll der saubere Nahverkehr in den Städten durch technische, informative und wirtschaftliche Maßnahmen gefördert werden. Das Förderprogramm befindet sich derzeit in der dritten Periode, CIVITAS Plus kooperiert mit 25 europäischen Städten, welche gemeinsam an 5 Leitprojekten arbeiten. Insgesamt wurden Investitionsvolumen von ca. 300 Millionen Euro getätigt, die Periode endet mit 2013 (Mezei; Leiner 2011).

Intelligent Energy Europe

Das Förderprogramm „*Intelligent Energy Europe*“ fördert Projekte zum Einsatz von erneuerbaren Energien, Energieeffizienz und der Reduktion von Treibhausgasemissionen. Das Programm wurde 2003 gestartet und soll die 2020 Ziele der Europäischen Union unterstützen (Europäische Kommission 2010b). Derzeit können über die Datenbank ca. 400 Projekte abgerufen werden, in Summe wurden über 500 gefördert. Das Programm ist mit einem Förderbudget von 730 Millionen Euro ausgestattet (EUROPEAN COMMISSION 2011a) und endet 2013.

Teile der *Smart City* wurden bereits durch große Initiativen gefördert, namentlich: CONCERTO, CIVITAS und Intelligent Energy Europe. Diese Initiativen bzw. Förderprogramme fokussierten auf den Gebäudesektor, den Transport und auf eine Vielzahl an Projekten. Durch die Gründung der *Smart Cities & Communities Initiative*, wird nun eine übergeordnete Instanz geschaffen, die die Optimierung der Städte als Ganzes fokussiert.

3.2.4 Umsetzung in Österreich

Eine Integration sowie Beteiligung des SET-Plans auf Staatsebene, soll am Beispiel Österreich erläutert werden. Förderstelle innerhalb Österreichs ist der Klima- und Energiefonds, diese Institution wurde 2007 gegründet und ist dem Lebensministerium unterstellt. Die Einrichtung fungiert als Förderstelle für Technologie, Klimaschutz und Energie. Der Klima- und Energiefond hat Ende 2010 das Förderprogramm „*smart energy Demo – fit4set*“ gestartet (Bieser 2010). Die Ausschreibung erfolgt in zwei Teilen und soll an den europäischen SET-Plan anschließen. Ziel der ersten Phase umfasst die Bildung von Konsortien mit möglichst vielen Stakeholdern. Es sollen Visionen und Konzepte für eine *Smart City* bzw. *Smart City Region* entwickelt werden.

Folgende Kriterien wurden für die Bewertung der eingereichten Anträge der ersten Ausschreibung verwendet:

- „zukunftsfähige Treibhausgasbilanz,
- Einsatz neuester Technologien mit hoher Ressourcen- und Energieeffizienz,
- intelligente und systemorientierte Lösungen zur Optimierung der Energiesysteme (optimaler Einsatz erneuerbarer Energien und maximale Systemeffizienz bei gleichzeitiger Berücksichtigung von Wirtschaftlichkeit und Versorgungsqualität),
- Modal Split: Verteilung des Transportaufkommens auf verschiedene Verkehrsmittel, wobei die sanfte Mobilität und der ÖV gegenüber dem motorisierten Individualverkehr bevorzugt werden,
- soziale und organisatorische Innovationen durch NutzerInneneinbindung,
- klare Realisierungschancen durch frühzeitige Einbeziehung von InvestorInnen,
- deutlicher Beitrag zu ökologischer Nachhaltigkeit“ (Bieser 2010, S. 6).

Für die erste Ausschreibung wurden 20 Projekte angenommen, die Abbildung 17 zeigt eine Österreichkarte, in der die betrachteten Städte markiert wurden. Zum Zeitpunkt der Recherche lagen noch keine Ergebnisse aus den Projekten vor.

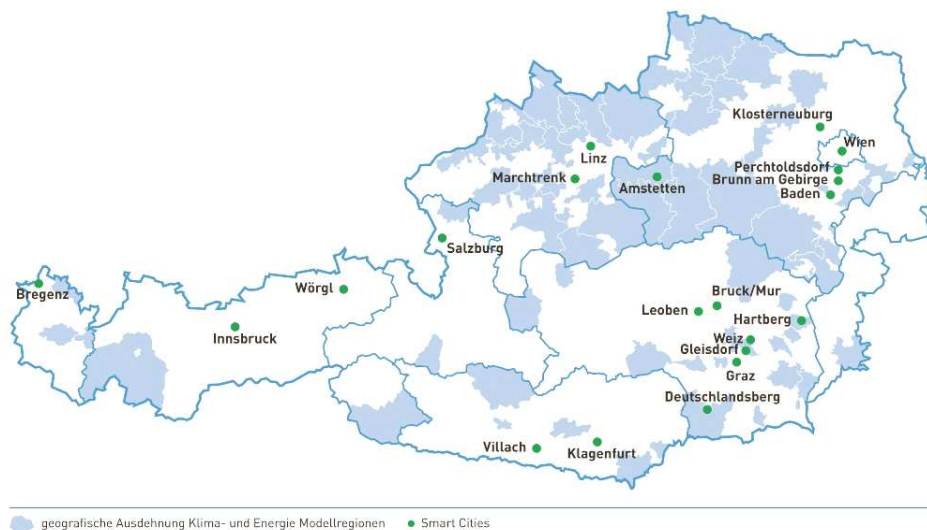


Abbildung 17 *Smart City* 1. Call teilnehmende Städte Österreich (Bieser 2010)

Die zweite Phase ist deutlich umfangreicher, erstmals wird in folgende Kategorien unterteilt: „*Smart City*“-Leitprojekte, „*Smart City*“-Kooperative F&E-Projekte und „*Smart City*“-F&E-Dienstleistungen (Begleitmaßnahmen). Die Projekte haben einen integrativen und systemoptimierten Ansatz zu wählen, siehe Kapitel 3.1.2.1. Als inhaltliche Schwerpunkte sind folgende Themenfelder vorgesehen: „Gebäude, Energienetze, andere kommunale Ver- und Entsorgungssysteme, Mobilität und Kommunikation und Information“ (Kain 2011, S. 13). Ziel ist es, in den Themenfeldern Demonstrationsprojekte bzw. Leuchtturmprojekte auf der Basis eines städtischen Gesamtkonzepts zu entwickeln.

Die in der ersten Ausschreibung genannten Kriterien wurden um die folgenden systemübergreifenden Fragestellungen ergänzt:

- „gebäudeübergreifendes Energiemanagement,
- interagierende Gesamtsysteme von Energie- und Versorgungsnetzen mit mindestens zwei Energieformen,
- Integration von Gebäudeverbünden in Energie- und Versorgungssysteme (Netze, Speicher) sowie in Mobilitätsinfrastruktur, -technologien und -konzepte,
- systemübergreifende Integration von Informations- und Kommunikationstechnologien in Gebäude-, Energie-/Ver- und Entsorgungs- bzw. Mobilitätssysteme“ (Kain 2011, S. 13).

Zusammenfassend ist ersichtlich, dass Österreich einerseits versucht, dieses und andere Förderprogramme die die Europäischen Bemühungen um eine nachhaltige Stadtentwicklung auf Basis der Technologie Roadmap und dem SET-Plan auf nationaler Ebene zu unterstützen; förderfähige Projekte werden auf nationaler Ebene durch die FIT for SET (Klima- und Energiefonds) entwickelt und andererseits gilt es für Österreich, die Entwicklung in den Bereichen Energie- und Umwelttechnologie zu forcieren, um die bestehende Marktführerschaft, beispielsweise in der Solartechnik, zu festigen.

4 Wirkungsfelder

Bedingt durch die breitenwirksame Einflussnahme von *Smart City* Maßnahmen auf technische, soziale und ökologische Bereiche, ist die Betrachtung der einzelnen Wirkungsfelder und deren gemeinsamen Schnittstellen notwendig. Die Wirkungsfelder sind durch die Schwerpunkte und Ziele der *Smart City* definiert. Die Abbildung 18 ist eine grafische Darstellung der drei Wirkungsfelder: Mensch, Technik, Umwelt innerhalb derer die *Smart City* Anwendung findet. In diesen Bereichen werden Veränderungen angestrebt oder es sind wichtige Schnittstellen vorhanden. Die Bereiche stehen stellvertretend für das komplexe System Stadt, folglich besteht eine Wechselwirkung unbestimmten Grades zueinander. Ein Wirkungsfeld kann ohne die Rücksichtnahme der anderen Felder nicht vollkommen ausgeschöpft werden. Die Lebensqualität und Behaglichkeit für den Menschen steht dabei an oberster Stelle.

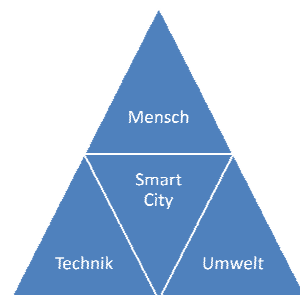


Abbildung 18 Wirkungsfelder Überblick, eigene Darstellung

Jede Stadt ist durch ihre individuelle Vielfalt an Eigenschaften (Größe, Anzahl der Bewohner, Geschichte, etc.) definiert und damit einzigartig. Markante Eigenschaften sind: Alter, Gebäudedichte, Transportmittel, Energieverbrauch, Anzahl der Bewohner, vorhandenes Umland. Das Alter der Stadt wirkt sich auf das Stadtbild aus, ältere Städte (<19. Jh.) besitzen oft einen Stadtkern und einen Bestand an Altbauten. Das innere Stadtzentrum ist von einer hohen Gebäudedichte geprägt. Städte bzw. Stadtteile jüngeren Alters (>19. – 20. Jh.) sind weitläufiger, besitzen einen geringeren Altbestand und die Segregation einzelner Nutzungszonen ist evident. Die Ausdehnung der Stadt ist ausschlaggebend für den Bedarf an Mobilität. Die Mobilität verteilt sich ihrerseits wieder auf den öffentlichen Nahverkehr oder motorisierten Individualverkehr. Der Energieverbrauch wird von folgenden Bereichen maßgeblich beeinflusst: Gebäudebestand, Art des Verkehrsaufkommens, Anteil am produzierenden Gewerbe und dem Klima. Mit steigender Anzahl an Bewohnern, steigt auch der Energieverbrauch.

Das Umland versorgt die Stadt mit Ressourcen und fungiert als Senke für Abfälle. Eine Stadt kann ohne funktionierendes Umland den Bedarf an Ressourcen, beispielsweise Lebensmittel, nicht decken. Die klimatischen Gegebenheiten (Temperatur, Solarstrahlung, Meereshöhe, Klima, etc.) wirken sich auf den Gebäudebestand und den Energiebedarf aus.

Ausgehend von der Erkenntnis um die Einzigartigkeit jeder Stadt, wird der Autor in Folge die Wirkungsfelder der *Smart City* darstellen.

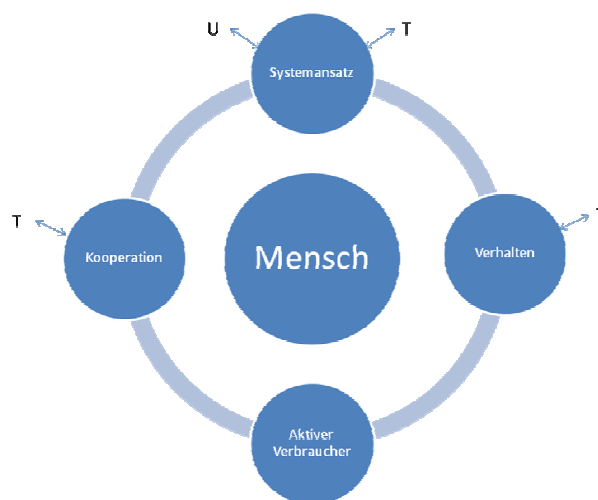
4.1 Mensch

Der Mensch steuert den eigenen Energieverbrauch indirekt durch sein Verhalten. Dem „*Verhalten*“ unterliegt eine Kette von Entscheidungen. Ein praktisches Beispiel ist die Wahl des „*Arbeitsweges*“, dabei müssen die einzelnen Wegeoptionen gegeneinander abgewogen werden, Entscheidungsbedingungen können sein: Geschwindigkeit, Bequemlichkeit, Kosten und Notwendigkeit. Hat der Mensch eine Wegeoption abgewogen und mehrere Male durchlaufen, stellt sich eine gewisse Routine ein. Die Wegeoption ist als gut oder schlecht eingestuft worden und wird fortan, abhängig von der Einstufung verwendet.

Die Erfüllung der Grundbedürfnisse steht im Mittelpunkt des Alltags. Sind diese abgedeckt folgt: Arbeit, Bildung, Kunst, Unterhaltung, Sport, Soziales und viele andere Bereiche. Nahezu alle Bereiche beinhalten Energiedienstleistungen und den Bedarf für Mobilität. Folglich ist der gesamte Energiebedarf maßgeblich von den Bedürfnissen und dem Verhalten der Bewohner abhängig.

Die Bedürfnisse sind, unter der Prämisse der Wohlstandserhaltung, einem breiteren gesellschaftlichen Diskurs zu unterstellen, eine Reduktion ist durch einen Wertewandel (Materialismus) vorstellbar. Das Verhalten und die dahinter liegenden Entscheidungen zu der einen oder anderen Handlung sind veränderbar. Jede Entscheidung beruht zwangsläufig auf Information, folglich kann die Informations- und Kommunikationstechnologie als Informationsbrücke dienen. Steht dem Nutzer zum Zeitpunkt der Entscheidung eine unter ökologischen Aspekten gewichtete Entscheidungsempfehlung zur Verfügung, kann dessen Verhalten beeinflusst werden. Beispielsweise liefern Feedback Systeme Informationen über den Verbrauch an den Nutzer. Der Autor Darby unterscheidet dabei in direkte, indirekte und alternative Feedbacksysteme, die Verbrauchsreduktionen variieren im Bereich 5 % - 20 % (Darby 2006).

Die äußeren Kreise in Abbildung 19 beschreiben die Bereiche, in denen Handlungsoptionen vorhanden sind. Doppelpfeile an den äußeren Kreisen stellen eine direkte Wechselwirkung mit dem durch einen Großbuchstaben gekennzeichneten anderen Wirkungsfeld dar. Beispielsweise setzt das Verhalten des Menschen direkt an der Technik an.



T...Technik, U...Umwelt, M...Mensch

Abbildung 19 Wirkungsfeld Mensch, eigene Darstellung

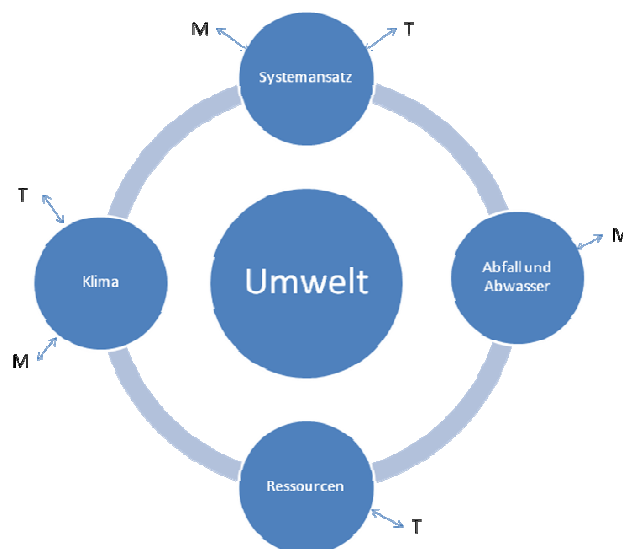
Nur wenn der Mensch die Technik anwendet und kooperiert funktioniert diese auch. Neben der Information wird von den NutzernInnen auch Kooperation abverlangt, ohne diese bleibt die Information ungenutzt. Die Kooperationsbereitschaft kann durch Belohnungs- und Anreizsysteme erhöht werden. Sind diese nicht rein ökologische Werte, deren Befriedigung im Wissen um den Schutz der Umwelt liegt, haben monetäre Anreize große Erfolge erzielt (Thomas; Böhler; Irrek 2003).

4.2 Umwelt

Unter „Umwelt“ werden in diesem Zusammenhang die lokalen geographischen (vorrangig Lithos- Hydro- und Biosphäre) und klimatischen Bedingungen verstanden. In Abhängigkeit der Umgebungseigenschaften (Temperatur, Solarstrahlung, Meereshöhe, Klima, etc.) bestehen unterschiedliche Potentiale regenerativer Energieträger. Ausgehend von dem lokalen Angebot an Ressourcen und dem spezifischen Bedarf der jeweiligen Stadt ist eine Variation der eingesetzten Energietechnologien sinnvoll.

Vorerst ist die Stadt aufgrund der Kompaktheit und dem damit verbundenen hohen Energiebedarf nicht in der Lage, sich selbst mit Energie zu versorgen – in Zusammenarbeit mit dem Umland dagegen schon. Mit vorschreitenden Effizienzsteigerungen im Verbrauch und der Energiegewinnung, kann sich dies langfristig aber ändern. Eine typische Importressource aus erneuerbaren Rohstoffen (Land zu Stadt) sind Nahrungsmittel (Beispiel Getreide).

Nach der stofflichen Nutzung werden biogene Abfälle dem Abfall- bzw. Abwassersystem zugeführt, daraus ergibt sich für die Stadt von Morgen ein weiteres regeneratives Potential. Im Kapitel 3.1.2.10 werden energetische Nutzungsmöglichkeiten aufgezeigt, konkrete Potentiale werden im Kapitel 5.2.2.4.1 errechnet. Der Bereich Abfall und Abwasser ist aus energetischer Sicht derzeit noch nicht selbsttragend, insbesondere Kläranlagen benötigen für den Betrieb große Mengen an elektrischer Energie. Unter Ausschöpfung der oben erläuterten energetischen Nutzungsmöglichkeiten, ist eine Steigerung der Eigenversorgung möglich. Abschließend müssen abfallbedingte Schadstoffe unter kontrollierter Behandlung verbracht und der Umwelt, unter Auflagen, wieder zugeführt werden. Der Vollzug zu einem geschlossenen Kreislaufsystem ist noch ausständig, aber möglich. Die Abbildung 20 stellt die aus Sicht der *Smart City* relevanten Aspekte des Wirkungsfelds Umwelt dar.



T...Technik, U...Umwelt, M...Mensch

Abbildung 20 Wirkungsfeld Umwelt, eigene Darstellung

4.3 Technik

In diesem Wirkungsmilieu wird die Technik betrachtet. Aus einer historischen Betrachtung heraus, erscheint die Technik als die am schnellsten adaptierbare und veränderliche Größe, neben dem Mensch mit seinen Bedürfnissen und der Umwelt im Gleichgewichtszustand. Der Mehrbedarf an Energie wird in der Betrachtungsebene dieses Wirkungsfelds durch veraltete oder ineffiziente Technologien verursacht, Beispiele dafür wurden im Kapitel 3.1.2 genannt. Das Wirkungsfeld Technik bietet das größere Repertoire an Handlungsoptionen im Vergleich zum Menschen und der Umwelt. Folglich wird in dieser Betrachtungsweise in der Technik das Problem erkannt und auch hier Lösungen angewendet.

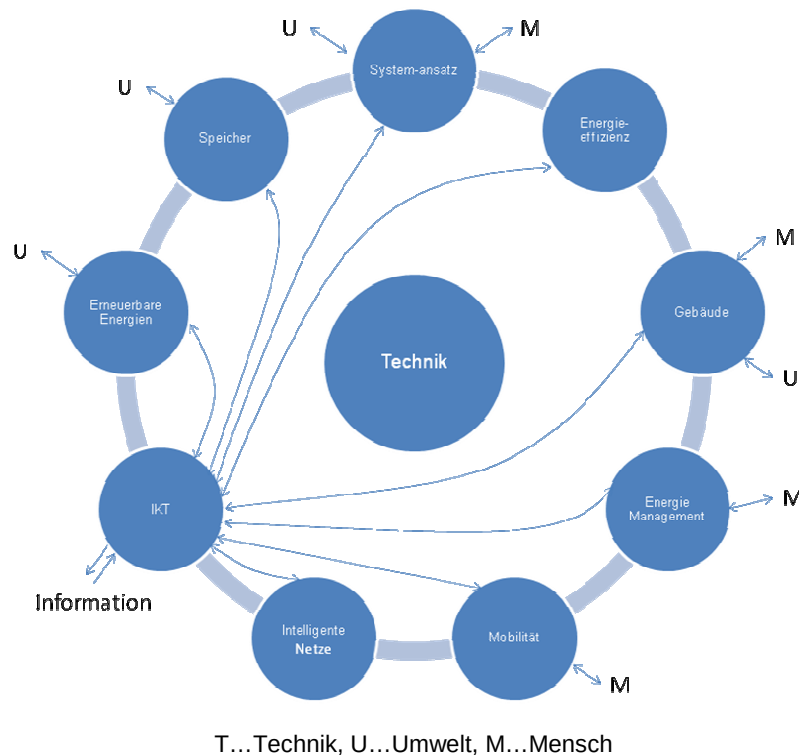


Abbildung 21 Wirkungsfeld Technik, eigene Darstellung

Die Abbildung 21 zeigt das Wirkungsfeld Technik. Der Bereich IKT tritt hier besonders in den Vordergrund, als Schnittstelle für die Zustandsinformationen einzelner Bereiche und des Gesamtsystems. Stellvertretend für eine Vielzahl von „*smarten Objekten*“ kann hier der „*Smart Meter*“ genannt werden, siehe Kapitel 3.1.2.7.

5 Case Study Klosterneuburg

Die Case Study Klosterneuburg betrachtet ein Stadtquartier in der Stadtgemeinde Klosterneuburg. Die Gemeinde nimmt zugleich an dem Forschungsprojekt „*Smart Energy Demo – fit4set 1.Call*“ (SED) als „*Energy initiative Klosterneuburg*“ teil (Stadtgemeinde Klosterneuburg 2010), (Bieser 2010). Die Schwerpunkte in Klosterneuburg sind: Ver- und Entsorgungssysteme (Energie und andere), Gebäude, Mobilität sowie Information und Kommunikation. Das Forschungsprojekt und die Case Study weisen Ähnlichkeiten in der Betrachtung auf (beispielsweise Kläranlage), jedoch werden vorhandene Potentiale in der theoretischen Überlegung zur Gänze ausgeschöpft und ökonomische Aspekte nicht in die Betrachtung miteinbezogen.

Das betrachtete Quartier befindet sich im Industriegebiet Schütttau. Ausgewählt wurde das Gebiet, da bereits ein örtliches Stadtentwicklungskonzept und ein Stadterneuerungskonzept Veränderungen für die Fläche vorschlagen (Hary 2003), (Martischnig; Krämer 2011). Der Mittelpunkt des Quartiers stellt die Kläranlage und die Magdeburger Kaserne dar.

Die Case Study hat zum Ziel, ein nachhaltiges Quartier nach den Kriterien der *Smart City* zu gestalten und den Gesamtenergiebedarf zu berechnen. Besonderes Merkmal dieser Untersuchung ist die Tatsache, dass große Freiflächen (Kasernengelände) noch unbebaut sind, für die Berechnungen werden Annahmen über eine zukünftige Bebauung vorgenommen. In dieser Betrachtung werden geplante Neubauten als vollwertige Passivhäuser gerechnet.

Des Weiteren wird die Kläranlage, mit dem dort vorhandenen erneuerbaren Energiepotential, auf eine mögliche bilanzielle Energieautarkie untersucht. Die Kläranlage befindet sich mitten im Gewerbegebiet und in unmittelbarer Nähe zu dem Stadtentwicklungsprojekt Magdeburger Kaserne. Das Gelände der Firma Rottner Entsorgungslogistik ist, mit unmittelbarer Nähe zur Kläranlage, dem Recyclinghof und dem Wirtschaftshof, strategisch wichtig. In dieser Annahme wird der Betrieb umgesiedelt und das Gelände für eine Biogasanlage sowie ein Heizwerk verwendet.

Die Fragestellung für diese Case Study lautet wie folgt:

- a) Wie könnte eine mögliche Umsetzung einer *Smart City* in einem Quartier der Stadt Klosterneuburg aussehen?

Aufbau der Case Study:

- a) Beschreibung der Stadtgemeinde und dessen charakteristischen Eigenschaften,
- b) Beschreibung des Quartiers, Schwerpunkte Magdeburger Kaserne und Kläranlage,
- c) Berechnung des Gesamtenergiebedarfs auf Basis der *Smart City* Schwerpunkte,
- d) Darstellung der Erkenntnisse und Maßnahmen aus den Berechnungen.

5.1 Gemeindegebiet

In der Stadtgemeinde Klosterneuburg sind 25.537 Einwohner im Hauptwohnsitz gemeldet, wohnhaft in 10.100 Gebäuden. Die Gemeinde liegt auf einer Länge von 11,3 km an der linken Donauseite. Das untersuchte Stadtquartier befindet sich im Industriegebiet Schütttau an der nördlichen Grenze Wiens, zwischen der Donau und der Bundesstraße 14. Die Abbildung 22 zeigt den gesamten Bezirk Klosterneuburg, das Quartier wurde farblich markiert.

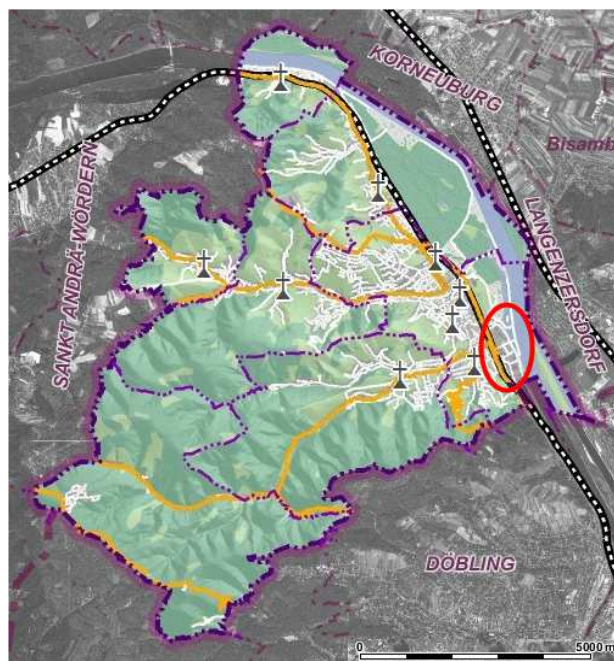


Abbildung 22 Karte Klosterneuburg (Schmuckenschlager 2011)

Die Stadtgemeinde repräsentiert eine typische mittelgroße Stadt in Österreich. Mit der Nähe zu Wien und der fortlaufenden Zersiedelung, rücken beide Städte immer näher. Klosterneuburg liegt im „Speckgürtel“, und folglich ist ein zunehmender Pendlerverkehr evident. Die Tabelle 11 listet die Grunddaten der Stadtgemeinde sowie die Flächenverteilung auf.

Katastralgemeinden	7	Wald	4392 ha	57,64%
Einwohner (Hauptwohnsitz)	25686	Gärten	1034 ha	13,58%
Einwohner (Nebenwohnsitz)	5492	Landwirtschaft	936 ha	12,29%
Einwohner/ha	3,31 EW/ha	sonstige Flächen	506 ha	6,65%
Gebäude	10100	Gewässer	430 ha	5,65%
Gesamtfläche	7.620 ha	Baufläche	189 ha	2,49%
		Weingärten	129 ha	1,70%

Tabelle 11 Grunddaten und Flächenverteilung Gemeinde Klosterneuburg (Milota 2009, S. 15), (Land Niederösterreich 2001)

5.1.1 Gesamtenergieverbrauch Klosterneuburg

Der Energieverbrauch der Stadtgemeinde für Wärme, Strom und Treibstoff wird größtenteils von fossilen Energieträgern bereitgestellt. Die Tabelle 12 listet den aggregierten Energieverbrauch auf. Als Datengrundlage für diese Berechnungen, dient der Energiekataster des Landes Niederösterreich. Das Forschungsinstitut für Energie- und Umweltplanung weist die Daten als nicht vollständig aus, da der Energiekataster auf dem Emissionskataster basiert und dessen spezifischen Erhebungsmethoden (Telefonumfragen, Fragebögen, Statistiken) einer Messung nicht gleichzusetzen sind (Forschungsinstitut für Energie- und Umweltplanung 2011). Ergänzend zu den Daten aus dem Kataster, wurde der Treibstoffverbrauch aus der Österreichischen Erdölbilanz auf die in Klosterneuburg gemeldeten Einwohner heruntergerechnet.

Wärmeverbrauch		
Importe	Regionale Bereitstellung	Summe
MWh/a	MWh/a	MWh/a
307.644	57.898	365.542
84,16%	15,84%	
Stromverbrauch		
Importe	Regionale Bereitstellung	Summe
MWh/a	MWh/a	MWh/a
64.112	2.199	66.311
96,68%	3,32%	
Treibstoffverbrauch		
Importe	Regionale Bereitstellung	Summe
MWh/a	MWh/a	MWh/a
290.994	0	290.994
100,00%	0,00%	

Tabelle 12 Energiebedarf (Forschungsinstitut für Energie- und Umweltplanung 2011; Statistik Austria 2011a)

Aus Tabelle 12 lässt sich ableiten, dass innerhalb der Gemeinde die Energieversorgung von Wärme, Strom und Treibstoff auf Energieimporten beruht.

Regionalen Bereitstellung im Detail		
Wärme	[MWh/a]	[%]
Biomasse (Holz, sonst. Biomasse)	46.952	81,1%
HW + BHKW (Holz) + BHKW (Biogas)	8.396	14,5%
Biogas	992	1,7%
Wärmepumpe	840	1,5%
Solarkollektoren	720	1,2%
SUMME	57.898	
Strom	[MWh/a]	[%]
BHKW (Holz)	1.200	54,6%
Photovoltaik	500	22,7%
BHKW (Biogas)	364	16,5%
Sonstige	135	6,2%
SUMME	2.199	

Tabelle 13 Aufteilung regionaler Bereitstellung aus regenerativen Energieträgern, eigene Berechnungen nach (Forschungsinstitut für Energie- und Umweltplanung 2011), (Statistik Austria 2011b)

Die Tabelle 13 stellt den regionalen Anteil der Energiebereitstellung nach Produzenten dar. Die Eigenversorgung im Bereiche Wärme weist einen Anteil von 15,84 % auf, dies ist auf die Verwendung von Biomasse (Holz) in der Raumwärmebereitstellung zurückzuführen. Neben den Einzelfeuerungen in Privathaushalten, befindet sich im Stadtkern ein Biomasseheizkraftwerk, dieses versorgt über ein Nahwärmenetz umliegende öffentliche Gebäude. In der bestehenden Biomasseversorgung ist von einem hohen Eigenversorgungsanteil auszugehen, da die Gemeinde mit 57,64 % an der Gesamtfläche einen überdurchschnittlich hohen Anteil an Waldfläche besitzt. Der verbleibende Teil der Wärmeversorgung wird überwiegend mit Erdgas abgedeckt. Das Erdgasnetz ist in Klosterneuburg bereits großflächig ausgebaut, siehe Kapitel 5.2.2.6.1.

Der Strombedarf wird zu einem hohen Anteil durch Importe abgedeckt, das Gebiet wird vom Energieversorger Wien Energie beliefert. Produziert wird Strom im Biomasseheizkraftwerk, in der Kläranlage sowie durch Photovoltaikanlagen auf privaten bzw. gewerblichen Dachflächen. Da innerhalb der Gemeinde keine Treibstoffproduktion stattfindet, wird der gesamte Bedarf importiert.

5.2 Quartier

5.2.1 Überblick

5.2.1.1 Geschichte

Das Gebiet verdankt seine heutige Aufteilung maßgeblich dem Bau der Franz-Josefs-Bahn im Jahr 1870 und der Donauregulierung im Jahr 1882. In dieser Zeit wurde das Gelände als Depot für die K.u.K. Pioniere und für die militärische Schwimmschule genutzt. Mit Erschließung des Geländes durch die Bahn siedelten zunehmend auch Gewerbebetriebe an. Im Jahr 1963 fanden eine Reihe von Umwidmungen statt, das Gebiet südlich dem Kasernengelände wurde zum Industriegebiet. Durch den geplanten Verkauf des Kasernengeländes und anschließender Umwidmung, sind erneut große städtebauliche Veränderungen zu erwarten. Die Abbildung 23 zeigt einen Übersichtsplan der Schüttau aus dem Jahr 1876 (Hary 2008).



Abbildung 23 Übersichtsplan Schüttau 1876 (Hary 2008)

5.2.1.2 Betrachtungshorizont

Das Quartier umfasst das Gelände der Magdeburger Kaserne, den dazwischen liegenden Teil des Gewerbeparks und die Kläranlage. Die zugehörige Quartierfläche ist in Abbildung 24 mit einem Luftbild dargestellt. Die vorhandenen Flächen haben den typischen Charakter eines Gewerbeparks. Dieser ist durch großvolumige Hallen, Freiflächen, Lebensmittelgroßmärkten und großzügigen Parkflächen definiert. Die Kaserne wird aufgelassen, voraussichtlicher Zeitpunkt 2012/13 und die zur Verfügung stehenden Flächen umgewidmet. Zum Zeitpunkt der Recherche befindet sich die Kaserne in einem Bieterverfahren der SIVBEG (Strategische Immobilien Verwertungs-, Beratungs- und Entwicklungsgesellschaft) (Grobner 2010), (SIVBEG 2010). Für die Betrachtung in dieser Case Study wird das Gelände als unbebaute Fläche neu beplant.

5.2.1.3 Luftbild



Abbildung 24 Quartier Klosterneuburg Luftbildaufnahme und Fußgängerperspektive 2012 (Bing 2012)

Die angrenzenden Flächen stellen sich wie folgt dar: Am nördlichen Rand des Gebietes liegt eine Wohnsiedlung, die sich gegen Nord-Osten hin erstreckt, siehe Punkt 10 in Abbildung 24. In Richtung Osten reduziert sich die Bebauungsdichte des Wohngebietes, es schließt ein Naherholungsgebiet durch uferseitige Grünflächen an, siehe Punkt 8. Auf der Südseite befinden sich die Hallen der ehemaligen Firma INKU, siehe Punkt 1. In Richtung Süd-Westen erstrecken sich verschiedenste Gewerbeflächen und Verkehrsflächen, siehe Punkt 5 + 6. Auf der Westseite befindet sich die Bundesstraße 14 sowie die Bahngleise, siehe Punkt 11.

5.2.1.4 Bestandsplan der vorhandenen Bebauung



Abbildung 25 Quartier Schüttau Bestandsplan der vorhandenen Bebauung 2010 (Schmuckenschlager 2011)

5.2.1.4.1 Flächenwidmungsplan

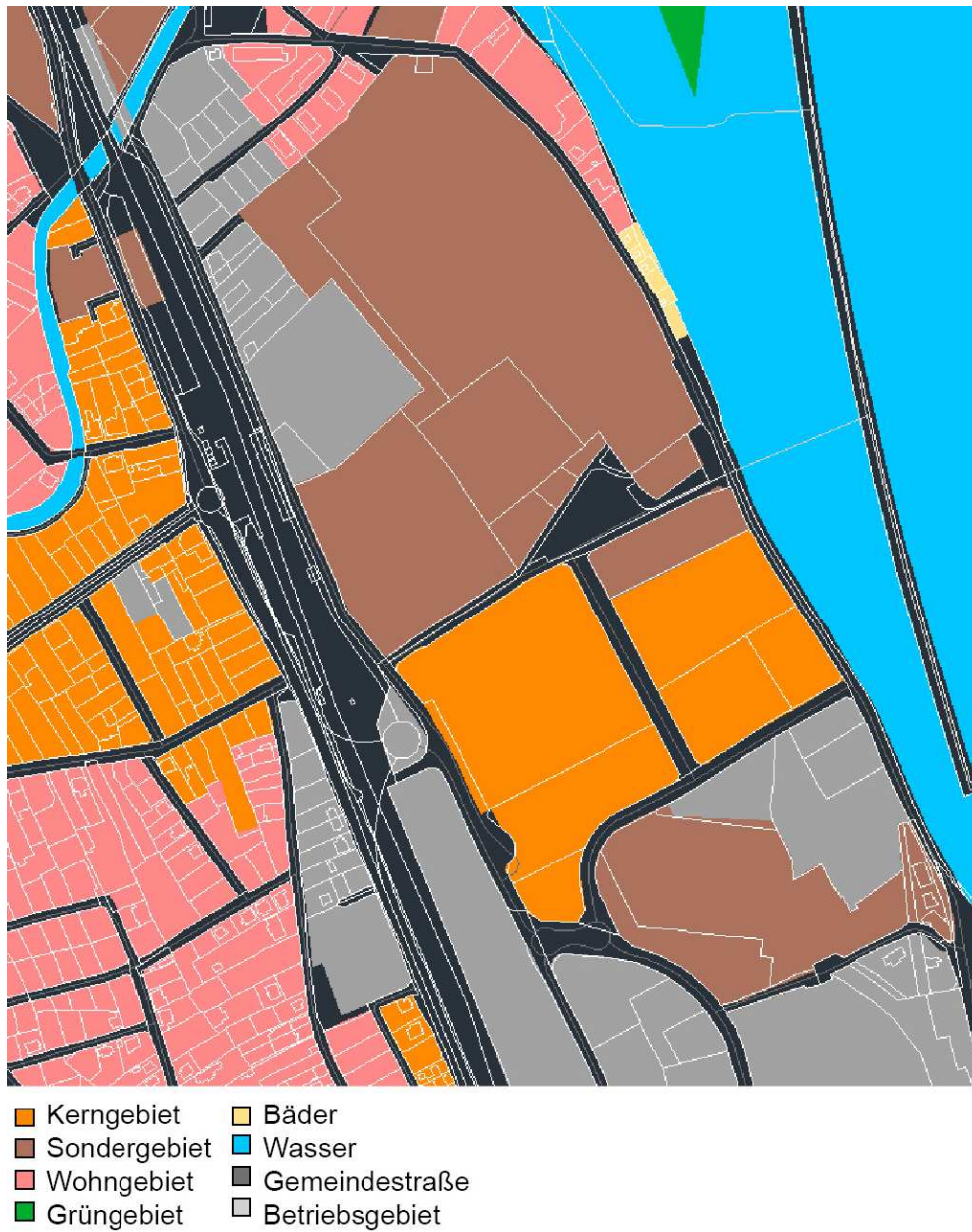


Abbildung 26 Flächenwidmungsplan Quartier (Schmuckenschlager 2011)

Die Abbildung 26 zeigt einen Flächenwidmungsplan des Zielgebietes. Das Gebiet umfasst einen Altbestand aus Gewerbe- und Industriegebäuden sowie mehrere kleine Büro- und Verwaltungsgebäude. Schwerpunkt der Case Study stellt das Gebiet der derzeitigen Magdeburger Kaserne und der Kläranlage dar.

5.2.1.5 Gefahrenzonenplan Hochwasser

Das Gebiet ist lagebedingt potentiell hochwassergefährdet, die Karte in Abbildung 27 gibt Auskunft über den Hochwasserabflussbereich (HQ30). Der östlich gelegene Grüngürtel ist davon betroffen, die Kaserne und die Kläranlage laut Plan nicht. Der Hochwasserabflussbereich für (HQ100) reicht im Bereich Magdeburggasse Ecke Donaustraße bis auf das Kasernengelände, bei einer Bebauung ist dies zu berücksichtigen.

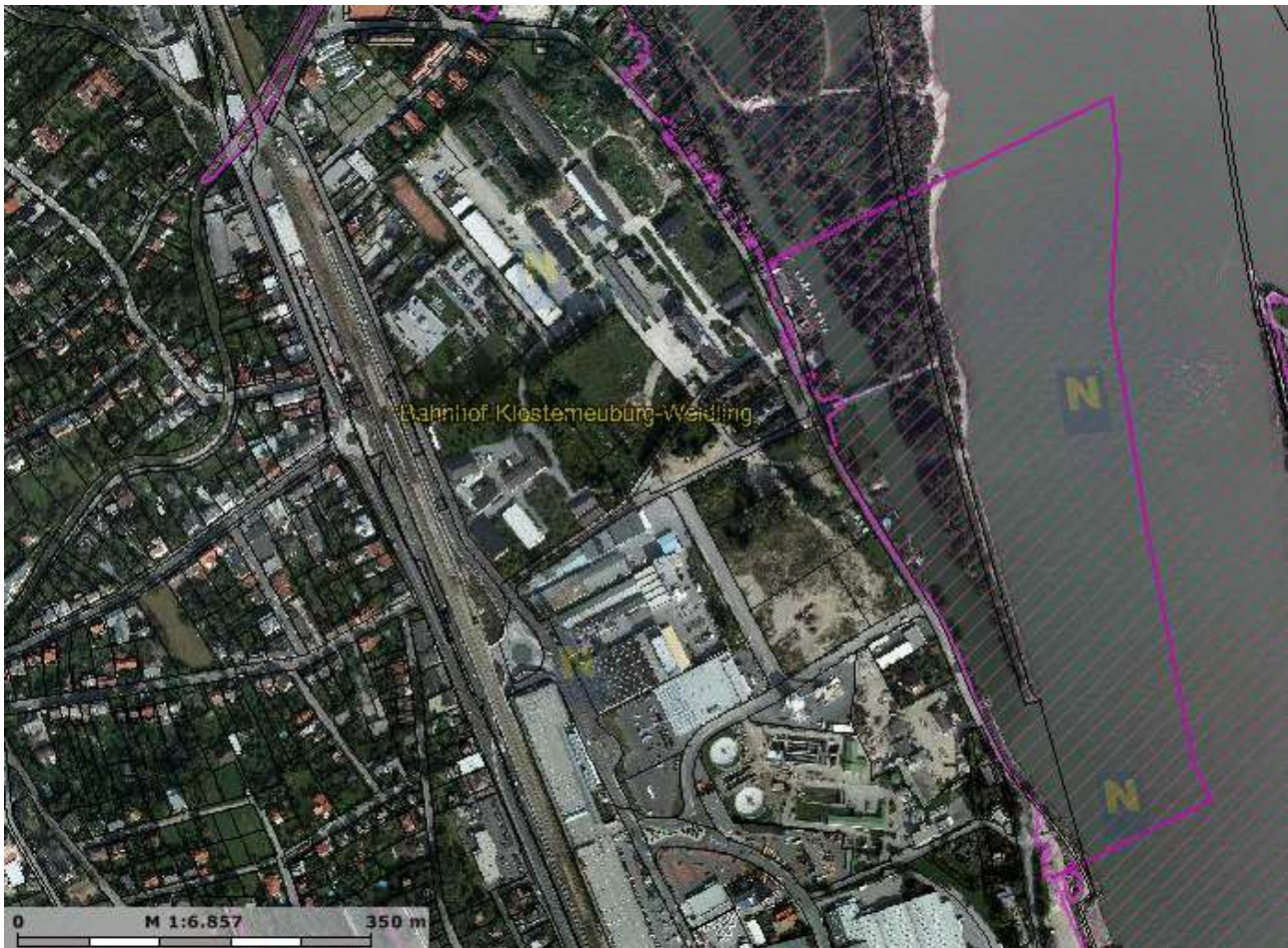


Abbildung 27 Hochwasserabflussbereiche HQ30 Quartier Schüttau (Niederösterreich ATLAS 2012)

5.2.1.5.1 Datenerhebung

Für die Case Study wurden die betreffenden Betriebe kontaktiert, folgende Daten wurden angefragt: Verbrauch (Raumwärme: Heizen/Kühlen, Prozesswärme, Strom: Betrieb/Prozess), Nutzfläche, Dachfläche, Parkfläche, sonstige Flächen, Art des Produktionsprozesses, Wärmerückgewinnung, Baujahr der Gebäude, Anzahl der Mitarbeiter.

5.2.2 Berechnungen

Die Berechnung des Gesamtenergiebedarfs, für das Stadtentwicklungskonzept auf der Basis der *Smart City*-Schwerpunkte, wird in den folgenden Kategorien vorgenommen:

- Wärme- Kältebedarf
- Strombedarf (Endenergiebedarf)
- Energiebedarf für Straßenbeleuchtung
- Energiebedarf für Mobilität
- Energieproduktionspotentiale
- Energiespeicherpotentiale

Als Grundlage für die Berechnung wurde das Gesamtenergiekonzept Projekt NACH ASPERN verwendet (Pol; Shoshtari 2010). Methodische Unterschiede finden sich in der Verwendung von bereits bestehenden Gebäuden außerhalb des Zielgebietes, als Referenzobjekte für die Bedarfserrechnung, siehe 5.2.2.1.1. In Aspern konnte auf einen bereits mehrjährigen Planungsprozess zurückgegriffen werden, sowie die Energiebedarfsberechnungen auf bestehenden Strukturdaten (Nutzungsverteilung, Bruttogeschoßfläche, Gebäudehöhe u.v.m.) aufbauen. Dies widerspiegelt auch den visionären Charakter der Berechnung, da abweichend von den Stadtentwicklungskonzepten der Gemeinde, eine Mischnutzung, mit Schwerpunkt in der Wohnraumschaffung, geplant wurde. Zur Vervollständigung und damit Annäherung an den tatsächlichen Gesamtenergiebedarf, wurden die Kategorien Energiebedarf für Straßenbeleuchtung, Mobilität und Energiespeicherungspotentiale, den Berechnungen hinzugefügt. Die Erweiterung und der Versuch ganzheitlich den Energiebedarf zu errechnen, spiegelt den Unterschied zwischen NACH ASPERN und der unter *Smart City* Schwerpunkten betrachteten Case Study.

Die Berechnungen basieren auf der Annahme, dass alle im Zielgebiet befindlichen Verbraucher mit der effizientesten am Markt vorhandenen Technologie ausgestattet sind.

5.2.2.1 Gebäude



Abbildung 28 Luftbild Quartier Berechnungsgrundlage, eigene Bearbeitung nach (Bing 2012)

Die Abbildung 28 zeigt ein nachbearbeitetes Luftbild des Quartiers. In der oberen Hälfte (gelb-schwarze Markierung) befindet sich das Kasernengelände, dies wird als unbebautes Bauland angenommen und in Folge für die Planung von Wohn- öffentlichen- und Gewerbegebäuden herangezogen. Im mittleren Teil befindet sich der Bestand an Gewerbe und Industrie, der in die folgenden Berechnungen nicht einbezogen wird. Gegebenenfalls werden vorhandene Dachflächen oder Parkflächen als Energieernte Flächen verwendet. Im unteren Abschnitt befinden sich öffentliche Gebäude, aufgrund der guten Datenlage, werden diese in die Berechnungen mit einbezogen.

5.2.2.1.1 Wohngebiet

Magdeburger Kaserne

Das Gelände der Magdeburger Kaserne wird in dieser Betrachtung als unbebautes Bauland angenommen. Diese Annahme beruht auf dem geplanten Verkauf des Geländes und anschließender Umgestaltung desselbigen. Verschiedene Nutzungsmöglichkeiten wurden bereits vorgestellt, das örtliche Stadtentwicklungskonzept aus dem Jahr 2003 und dem Update von 2008 gehen von einer gewerblichen oder rein öffentlichen Nutzung aus (Hary 2003), (Hary 2008). Im Stadterneuerungskonzept der Gemeinde Klosterneuburg (Martischinig; Krämer 2011) ist ebenfalls eine betriebliche Nutzung, beispielsweise durch einen Fachmarkt oder ein Einkaufszentrum, angedacht. In dieser Betrachtung wird die zur Verfügung stehende Fläche von ca. 10,2 ha für eine gemischte Nutzung ausgelegt, mit Schwerpunkt im mehrgeschossigen Wohnbau. Die Geschossflächenzahl für das Gebiet beträgt 1,04.

Das Wohngebiet besteht aus 31 mehrgeschossigen Gebäuden, als Grundlage wurden acht in Österreich gebaute Wohngebäude in Passivhausbauweise herangezogen und als Berechnungsgrundlage verwendet. Rechnerisch ergibt sich eine Wohnnutzfläche von 71.753 m² aufgeteilt auf 786 Wohneinheiten (WE), unter Einbezug der für Österreich durchschnittlichen Belegungszahl pro Wohneinheit von 2,29 Personen (Statistik Austria 2010b), ergibt sich eine Gesamtbewohneranzahl von 1.800 Personen. Der rechnerische Energie- und Flächenbedarf für diese Gebäude wird in Tabelle 14 dargestellt. Für die Berechnung zugrundeliegende Faktoren siehe Anhang Kapitel 7.5.4.

Brutto- geschossfläche	Gebäude- einheiten	Wohn- einheiten	Bewohner	Wärme		Strom	
				HWB	WWWB	HTEB	HHSB
[m ²]	[GE]	[WE]	[Personen]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]
95.940	31	786	1.800	726	1.080	257	2.604

Tabelle 14 Energie- und Flächenbedarf Wohngebäude, eigene Berechnungen

Die Kategorien, zur Einteilung und Berechnung des Endenergiebedarfs, sind der OIB Richtlinie 6 Energieeinsparung und Wärmeschutz entnommen (Österreichisches Institut für Bautechnik 2011b).

Der geringe HWB wird durch den Passivhausstandard und eine kontrollierte Wohnraumbelüftung mit Wärmerückgewinnung bedingt. Eine standortspezifische Berechnung unter Berücksichtigung von lokalen klimatischen Gegebenheiten sowie Verschattungen durch andere Gebäude wurden nicht berücksichtigt. Der WWWB bildet den gesamten Warmwasserbedarf der Bewohner ab und liegt damit bereits höher als der Heizenergiebedarf. Die Berechnung basiert auf der Annahme, dass wassersparende Armaturen eingesetzt werden, sowie nur ein Vollbad pro Woche genommen wird. Für den Energiebedarf von Warmwasser wurden 600 kWh/Person.a angenommen. Der Strombedarf, für die Heizungstechnik (Pumpen, Gebläse, Steuerung) und insbesondere die kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung, wird mittels der Kategorie HTEB abgebildet. Die Berechnung basiert auf der Annahme eines Lüftungsleistungsbedarfs von 0,45 W/m³.h und einer Luftwechselrate von 0,3 1/h. Der Stromverbrauch der privaten Haushalte HHSB beträgt 2.604 MWh/a und hält somit den größten Anteil am Gesamtenergiebedarf. Für die Bedarfskalkulation wurde ein um 25 % reduzierter Wert des Österreichischen Durchschnitts von 4.417 kWh/a pro Haushalt angenommen (Statistik Austria 2009c).

5.2.2.1.2 Gewerbe und Industrie

Magdeburger Kaserne

Der gewerbliche Teil des Stadtquartiers wird durch vier Büro- und Verwaltungsgebäude gebildet. Diese Gebäude sind verteilt im Wohngebiet angeordnet. Eine vollständig geschlossene Wohn- und Arbeitssiedlung, in der alle Bewohner auch vor Ort arbeiten, ist aus heutiger Sicht nicht realisierbar. Daher wurde der gewerbliche Neubauteil auf ca. 20 % der Bewohner ausgelegt. Die neuen Flächen sind ergänzend zu den bereits bestehenden Gewerbeflächen im Bereich Schütttau zu betrachten. Der rechnerische Energie- und Flächenbedarf für diese Gebäude wird in Tabelle 15 dargestellt. Die der Berechnung zugrunde liegenden Faktoren siehe Anhang Kapitel 7.5.8.

Brutto- geschossfläche	Gebäude- einheiten	Beschäftigte	Konditionierung (Wärme/Kälte)			Strom		
			HWB	WWWB	KB	HTEB	BeIEB	BSB
[m²]	[GE]	[Personen]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]
6.192	4	334	49	40	0	21	0	150

Tabelle 15 Energie- und Flächenbedarf Gewerbe, eigene Berechnungen

Altbestand

Der Altbestand innerhalb des betrachteten Gebietes wird in Tabelle 16 aufgelistet. Die Recherche ergab, dass einige der genannten Betriebe keine Energiedaten bekannt geben wollten. Die Verweigerung könnte mit der Erwartungshaltung zusammenhängen, dass durch die Bekanntgabe eventuell Rückschlüsse auf den Unternehmenserfolg möglich wären respektive es zu einer Publikation von Betriebsgeheimnissen kommen könnte. Andere Betriebe waren zur Kooperation bereit, da sich aber allgemein keine vertretbare Datenqualität erzielen ließ, wurde der bestehende Teil des Gewerbeparks nicht weiter analysiert. Die Tabelle 16 gibt Aufschluss über die vorhandenen Betriebe, in einer weiteren Analyse ließen sich der Verbrauch und das Einsparungspotential ermitteln.

Firma	Kategorie	Bebauung	Produkt/Dienstleistung	Adresse
Electrovac	Industrie	Hallen	Produktion	Aufeldgasse 37
Hofer	Gewerbe	Verkaufsgebäude	Lebensmittelhandel	Garnisonstraße 2-4
Lieferbeton	Industrie	Anlagen	Produktion	Schütttaustraße 6
LVA Lebensmittelzertifizierung	Gewerbe	Gebäude	Forschung	Magdeburggasse 10
Merkur	Gewerbe	Verkaufsgebäude	Lebensmittelhandel	Aufeldg 45-51
ÖAMTC Stützpunkt	Gewerbe	Büro + Halle	Dienstleistung	Schütttaustraße 9
Rottner	Gewerbe	Hallen	Entsorgungslogistik	Donastraße 86-88
SOMA Sozialmarkt	Gewerbe	Gebäude	Handel	Schütttaustraße 8

Tabelle 16 Altbestand Gewerbe im Quartier, eigene Recherche

5.2.2.1.3 Öffentliche Gebäude

Magdeburger Kaserne

Der öffentliche Sektor wird innerhalb des Wohngebietes durch einen Kindergarten, eine Volksschule und ein Veranstaltungszentrum ergänzt. Eine Schule (Montessori) befindet sich bereits angrenzend zum Gelände, andere Schulen lassen sich leicht über den öffentlichen Nahverkehr erreichen. Der rechnerische Energie- und Flächenbedarf wird in Tabelle 17 aufgelistet. Das Veranstaltungszentrum soll einen Knotenpunkt für ein lokales Stadtzentrum bilden. Die Berechnung basiert auf den in Kapitel 7.5.7 beschriebenen Faktoren.

Brutto- geschossfläche	Gebäude- einheiten	Konditionierung (Wärme/Kälte)			Strom		
		HWB	WWWB	KB	HTEB	BeIEB	BSB
		[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]
4.108	3	42	27	0	13	0	43

Tabelle 17 Energie- und Flächenbedarf öffentliche Gebäude, eigene Berechnungen

Kläranlage

Die Kläranlage ist ein kommunaler Großverbraucher (Strom) und trägt damit maßgeblich zum öffentlichen Stromverbrauch bei. Die Kläranlage ist als kommunales Vorzeigeprojekt geeignet, an dem die Sinnhaftigkeit und Machbarkeit von einer nachhaltigen Energieeigenversorgung öffentlichkeitswirksam demonstriert werden könnte. Da die Funktion der Abwasserreinigung eine immerwährende Aufgabe zur Sicherstellung des Gemeinwohls ist, kann von einem langen Zeithorizont ausgegangen werden. Folglich ist auch eine Standortänderung unwahrscheinlich (anders als bei Gewerbebetrieben).

Die Kläranlage Klosterneuburg befindet sich derzeit am Ende einer mehrjährigen Umbauphase (2008-2011; Vollbetrieb seit 14.Sep.2011). Kern der Anlage sind, das 2-stufige Hybridverfahren und die zwei Faulbehälter, welche Biogas für den hauseigenen Kessel und das BHKW bereitstellen. Dadurch kann die Anlage Teile des Wärme- und Strombedarfs selbst bereitstellen. Bedingt durch die Umbauphase und die anschließende Betriebsführungseingangsphase, sind noch keine eingeschwungenen Energieverbräuche vorhanden. Voraussichtlich ab Mai 2012 ist damit zu rechnen. Die verwendeten Daten stammen vom Referat GA IV/5 – Abwasserentsorgung in Klosterneuburg und stammen aus den ersten Testbetriebsmonaten (Jan.-Jun.2011).

Konditionierung (Wärme/Kälte)			Strom		
HWB	WWWB	KB	HTEB	BeIEB	BSB
[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]
SUMME			SUMME		
870			1.492		

Tabelle 18 Energie- und Flächenverbrauch Kläranlage, eigene Berechnungen nach (Pyrek 2011)

Die Tabelle 18 zeigt den Energieverbrauch der Kläranlage und anders, als bei den vorhergehenden Tabellen, handelt es sich bei den angegebenen Werten um einen tatsächlichen Verbrauch. Eine Aufschlüsselung des Energieverbrauchs in einzelne Kategorien ist nicht möglich, da die Verbrauchsdaten gesammelt erfasst werden. Die gesammelte Erfassung von Daten entspricht dem für das Baujahr (Baujahr 1959) typischen Anlagenbau. Der Strombedarf ist charakteristisch für eine Kläranlage, da Massentransporte von Wasser und Schlamm vorgenommen werden, sowie Belüftungsanlagen (Kompressoren) den Sauerstoff für biochemische Abläufe bereitstellen müssen. Der Wärmebedarf wird durch den Einsatz von Faultürmen, zur Gewinnung von Faulgas erklärt, weitere Verbraucher sind Betriebshallen und das Verwaltungsgebäude. Durch die Modernisierung der Anlage, wurden Pumpen und Kompressoren auf den neuesten Stand gebracht, im Bereich Wärmemessung und Verteilung sowie Wärmedämmstandard (Hallen, Bürogebäude), besteht ein Verbesserungspotential.

Ebenso ist von einem Verbesserungspotential beim Wärmebedarf der Faultürme, und der Gasspeicherung bzw. Umwandlung (BHKW, Kessel) auszugehen. Die Anlage ist gleichzeitig auch Energieproduzent, eine detaillierte Darstellung wird im Kapitel 5.2.2.7 vorgenommen.

Öffentliche Gebäude im betrachteten Gebiet sind in Tabelle 19 aufgelistet. Der Recyclinghof schließt unmittelbar an die Kläranlage an. Der Hof dient als Sammelstelle für kommunale Abfälle, siehe Kapitel 5.2.1.3. Der biogene Teil der kommunalen Abfälle ist für eine energetische Nutzung in Kombination mit der Kläranlage relevant. Diese Fraktionen sind Strauch- und Grasschnitt, kommunaler Biomüll und Speise- und Fettabfälle, siehe Kapitel 5.2.2.4.1. Der Wirtschaftshof schließt ebenfalls direkt an das Gelände der Kläranlage an, es befinden sich keine Betriebsgebäude am Gelände – dieses wird für die Ablagerung von Abfällen genutzt.

Typ	Kategorie	Bebauung
Feuerwehr	öffentlich	Gebäude
Recyclinghof	öffentlich	Hallen, Büro
Wirtschaftshof	öffentlich	Lagerflächen

Tabelle 19 Bestand öffentliche Gebäude (Pöll; Schuster 2011)

Die Tabelle 20 gibt Aufschluss über den Energieverbrauch des Recyclinghofes und der Feuerwehr. Die Daten wurden messungsbedingt aggregiert aufgezeichnet, so beinhaltet der Stromverbrauch auch die notwendige Energie für Müllpressen, Beleuchtung und das Kühlhaus (Tierkörper).

Konditionierung (Wärme/Kälte)			Strom		
HWB	WWWB	KB	HTEB	BeIEB	BSB
[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]
SUMME		61	SUMME		29

Tabelle 20 Energie- und Flächenverbrauch öffentliche Gebäude Bestand, eigene Berechnung nach (Pöll; Schuster 2011)

5.2.2.1.4 Aufsummierter Endenergiebedarf der Gebäudekategorien

Die Tabelle 21 gibt Aufschluss über den Gesamtenergiebedarf der Gebäude im betrachteten Gebiet. Der Altbestand wurde ohne thermische Verbesserungsmaßnahmen übernommen, eine zukünftige Reduktion des Verbrauchs ist möglich.

Typ	Konditionierung (Wärme/Kälte)			Strom			
	HWB	WWWB	KB	HTEB	BeIEB	BSB	HHSB
Neubau (Bedarf)							
	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]
Wohnen	726	1.080		257			2.604
öffentliche Gebäude	42	27	0	13	0	43	
Gewerbe	49	40	0	21	0	150	
Altbestand (Verbrauch)							
öffentliche Gebäude	61			29			
Kläranlage	870			1492			
	SUMME		2.895	SUMME			4.600

Tabelle 21 Aufsummierter Endenergiebedarf der betrachteten Gebäude

In der Tabelle werden Bedarfsdaten auf der Basis von Berechnungen und Annahmen sowie Verbrauchsdaten zusammen dargestellt.

5.2.2.2 Straßenbeleuchtung

Die Berechnung des Energiebedarfs für Straßenbeleuchtung basiert auf der Bestandsbeleuchtung. Insgesamt befinden sich 192 Lichtpunkte im Gewerbegebiet, dieser Wert wurde um nicht im Zielgebiet befindliche Lichtpunkte reduziert und um zusätzliche für eine etwaige neue Straße ergänzt. Ausgehend von 132 Lichtpunkten und dem derzeit emittierten Lichtstrom (Herstellerangaben), wurde unter Berücksichtigung der spezifischen Farbwiedergabe (Ra) der Lichtstrombedarf berechnet. Vorhandene Lichtquellen mit einem Farbwiedergabeindex von Ra 25 wurden mit einer Reduktion von 25 % im Lichtstrombedarf berücksichtigt, Lichtquellen mit Ra 65 - 67 um 10 %. Die Reduktion beruht auf den Erkenntnissen über Energieeffizienz in der Beleuchtung aus Kapitel 3.1.2.5. Die reduzierte Volllaststundenzahl von 4000 h auf 3000 h ist eine Annahme, welche den Einsatz von Bewegungssensoren und elektronischen Leistungs-drosselungen in den verkehrsarmen Stunden berücksichtigt. Die reduzierte Stundenanzahl, kombiniert mit einer hohen spezifischen Lichtausbeute bei hohen Farbwiedergabeindex, hat einen reduzierten Bedarf zur Folge.

Leuchtpunkte	Volllaststunden	Leuchtmittel	Lichtstrom	Ra	GLSB	BelEBS
[Anzahl]	[h]	Technologie	[lm/W]		[lm]	[MWh/a]
132	3000	LED	91	83	870.738	24

Tabelle 22 Energiebedarf Straßenbeleuchtung, eigene Berechnungen nach (Pöll; Schuster 2011)

Die verwendeten Faktoren und Annahmen sind dem Kapitel 7.5.3, 7.5.4 und 7.5.5 zu entnehmen.

5.2.2.3 Mobilität

Die Mobilität ist ein beträchtlicher Faktor im Gesamtenergiebedarf einer Stadt, daher wurde diese in die Bedarfsberechnung des Stadtquartiers aufgenommen. Die Energiebedarfsrechnung basiert auf den im Klimaschutzbericht 2011 ausgewiesenen Personenkilometern (Pkm) pro Verkehrsmittel und dem zugehörigen, spezifischen Energiebedarf (Anderl; Bednar; Gössl 2011, S. 123). Der spezifische Energiebedarf je Verkehrsmittel (kWh/Pkm), beruht im Wesentlichen auf dem durchschnittlichen Flottenverbrauch und der Auslastung (beförderte Personen). In der jetzigen Annahme, wurden die Pkm in Gesamtösterreich auf die, im Wohngebiet geplante Einwohnerzahl (1800), umgelegt. In Kapitel 2.5 wurde der steigende Anteil des motorisierten Individualverkehrs bereits erläutert; verdeutlicht wird diese Entwicklung, durch den hohen Anteil an den Pkm (71,4 %). Diese Tatsache widerspiegelt sich auch in Tabelle 23, der Energiebedarf für PKW liegt bei 87,7 % am Gesamtbedarf.

Verkehrsmittel	kWh/Pkm	Österreich gesamt [Pkm/a 10 ⁶]	Modal Split	[Pkm/EW.a]	[Pkm.a _{1800EW}]	[kWh.a _{1800EW}]
PKW	0,56	72.400	71,4%	8.632	15.536.873	8.700.649
Motorrad	0,64	1.217	1,2%	145	261.124	167.119
Mofa	0,32	406	0,4%	48	87.041	27.853
Bus	0,13	9.633	9,5%	1.148	2.067.231	268.740
Bahn	0,19	10.647	10,5%	1.269	2.284.834	685.450
ÖPNV el.	0,06	3.955	3,9%	471	848.653	67.892
Fuß	0	1.724	1,7%	206	369.926	-
Fahrrad	0	1.420	1,4%	169	304.645	-
SUMME		101.400	100,0%	12.089	21.760.326	9.917.704

Tabelle 23 Mobilitätsbedarf Einwohner, eigene Berechnung nach (Umweltbundesamt 2009; mobitool 2012; VDB 2010; Statistik Austria 2010a)

Die Ergebnisse der Energiebedarfsrechnung für Mobilität sind kritisch zu betrachten, die Berechnungsgrundlage lieferten statistische Daten über die Mobilität in Österreich. Insbesondere im Verkehr weichen das reale Verhalten und damit der Verbrauch durch verschiedenste sozioökonomische (Einkommen, Demographie, Haushaltsform) und städtebauliche Faktoren (Dichte, Verkehrsmittelangebot) von der Statistik ab. Es sind keine einheitlichen Daten des spezifischen Energieverbrauchs in der Literatur auffindbar, folglich variieren die Berechnungen je nach Datengrundlage. Der größere Teil des Energiebedarfs in Tabelle 23 wird mittels fossiler Treibstoffe abgedeckt, für eine Reduktion bedarf es einer Änderung des Modal Splits.

Empfehlungen zur Änderung des Modal Splits:

- Erhöhung des Besetzungsgrads (Fahrgemeinschaft),
- Reduktion des MIV zu Gunsten ÖPNV, Bahn und Bus,
- Substitution und Effizienzsteigerung im Bereich MIV (kleiner, leichter, hybrid, Elektromotor),
- Förderung der Fußwege durch kurze Distanzen (kompakte Stadt),
- Förderung von Radwegen (Streicher; Schnitzler; Tatzber 2010).

Nachfolgend wird eine angepasste Tabelle nach den oben genannten Kriterien und dem Stand der Technik für den Modal Split dargestellt.

Verkehrsmittel	Effizienzsteigerung	kWh/Pkm	Österreich gesamt neu [Pkm/a 10 ⁶]	veränd. Modal Split	Modal Split	[Pkm/EW.a]	[Pkm.a _{1800EW}]	[kWh.a _{1800EW}]
PKW	75,00%	0,14	25.350	-65,0%	25,0%	3.022	5.440.081	761.611
Motorrad	78,13%	0,14	1.014	-16,7%	1,0%	121	217.603	30.464
Mofa	87,50%	0,04	254	-37,5%	0,3%	30	54.401	2.176
Bus	15,38%	0,11	15.210	57,9%	15,0%	1.813	3.264.049	359.045
Bahn	0,00%	0,3	20.280	90,5%	20,0%	2.418	4.352.065	1.305.620
ÖPNV el.	0,00%	0,08	18.962	379,5%	18,7%	2.261	4.069.181	325.534
Fuß	0,00%	0	5.070	194,1%	5,0%	604	1.088.016	-
Fahrrad	0,00%	0	5.070	257,1%	5,0%	604	1.088.016	-
SUMME			91.209	-10,1%	90,0%	10.874	19.573.413	2.784.451

Tabelle 24 veränderter Mobilitätsbedarf Einwohner durch den Einsatz verfügbarer Technologien und gezielten Bedarfsreduktionsmaßnahmen, eigene Berechnungen nach (Streicher; Schnitzler; Tatzber 2010)

Die Tabelle 24 zeigt einen, nach den oben angeführten Empfehlungen, veränderten Modal Split. Durch die kompakte Bauweise des Stadtquartiers (geringe Distanzen zu Bahn und Bus, Radwege, Einkaufs- und Arbeitsmöglichkeiten in Gehreichweite), wird ein um 10 % reduzierter Mobilitätsbedarf angenommen. Der MIV wurde um 65 % zugunsten der anderen sauberen Nah- und Fernverkehrsmittel reduziert, die Effizienz wird um 75 % angehoben (leichtere Fahrzeuge, Hybridtechnologie, Elektromotor, Fahrzeugbesetzung). Die durch Motorräder zurückgelegten Pkm wurden um 16,7 % reduziert und eine Effizienzsteigerung von 78,13 % angenommen. Weitere Effizienzsteigerungen sind noch beim Mofa (87,5 %) und bei der Busflotte (15,38 %) zu erwarten. Der reduzierte Mobilitätsbedarf beim MIV wurde auf die sauberen Verkehrsmittel aufgeschlagen. Die so erreichten Einsparungen im Energiebedarf, ergeben einen um 72 % reduzierten Energiebedarf zum Standardszenario.

5.2.2.4 Energieproduktion

5.2.2.4.1 Biogas

Die Produktion von Biogas unter Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen, ohne Konkurrenzverhältnis zur Lebensmittelindustrie, ist als sinnvoll einzustufen. Das Biogaspotential in dem Quartier ist indirekt durch die Sammelfunktion des Recyclinghofs gegeben. Der Recyclinghof befindet sich direkt neben der Kläranlage, die Fraktionen kommunale Bioabfälle (Biotonne), Grasschnitt und Lebensmittelabfälle können als Rohstoff für die Biogasproduktion dienen. Die Tabelle 25 listet die vorhandenen Quantitäten sowie die darin enthaltenen Energiemengen auf.

Substrat	Herkunft	[t/a]	TS [t/a]	oTS [t/a]	[Nm ³ CH ₄ /a]	[Nm ³ /a]	Anteil an Gesamtenergieproduktion [%]
Biomüll	Wirtschaftshof	2.945	736	722	216.458	359.564	84,80%
Rasenschnitt	Wirtschaftshof	379	76	72	24.483	45.424	10,71%
Lebensmittelabfälle	Entsorger Firmen Umgebung	200	32	28	11.424	19.040	4,49%
SUMME		3.524			252.365	424.028	100,00%

Tabelle 25 Rohstoffe für Biogasproduktion, ,eigene Berechnungen nach (Schuster 2011)

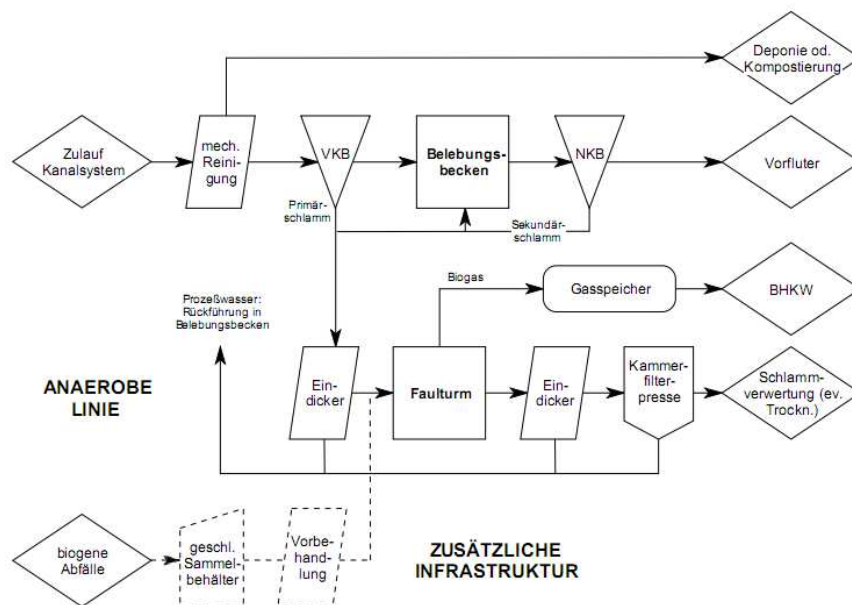


Abbildung 29 Blockschaltbild Kläranlage mit anaerober Faulschlammverwertung und zusätzlicher Infrastruktur zur Übernahme von biogenen Abfällen (Braun u. a. 1996, S. 23)

Die Abbildung 29 zeigt ein Blockschaltbild einer Kläranlage (Referenzblockschaltbild nicht Anlage vor Ort) mit anaerober Faulschlammverwertung. Im unteren Abschnitt ist die zusätzliche benötigte Infrastruktur für die Einbringung von biogenen Abfällen in den Prozess dargestellt. Die in Tabelle 25 aufgelisteten Substrate sind regional verfügbar und können über eine Vorbehandlung in den Faulturn eingebracht werden. Die zusätzliche Biomasse sorgt für eine Erhöhung der Biogasausbeute. Durch die duale Nutzung, wird erstens der Anlagenutzungsgrad der anaeroben Prozesskette erhöht und zweitens, bedingt durch den zusätzlichen Ertrag an Biogas, auch der Eigenversorgungsgrad der Kläranlage erhöht (Braun u. a. 1996).

Für den zusätzlichen Gasertrag ist eine vielfältige Anwendung denkbar, siehe Abbildung 30. Die Aufbereitung des Biogases, für die Einspeisung ins Netz, ist durch die geringen Mengen und den vorhandenen Eigenbedarf an elektrischer und thermischer Energie vor Ort nicht angedacht, stellt jedoch eine Option dar. Eine weitere Möglichkeit stellt die Nutzung für den Betrieb von Kraftfahrzeugen dar, dort allerdings, wie in Kapitel 3.1.2.3 beschrieben, kann das Effizienzkriterium nicht erfüllt werden. Zwar kann ein Teil der Fahrzeugflotte auf sauberen regional produzierten Treibstoff (Gas) umgestellt werden, die Nutzung im Fahrzeug ist, durch den geringen Wirkungsgrad des Verbrennungsmotors, als nicht sinnvoll einzustufen. In dieser Berechnung wird davon ausgegangen, dass das gesamte Biogas einem weiteren BHKW zugeführt und verwertet wird.

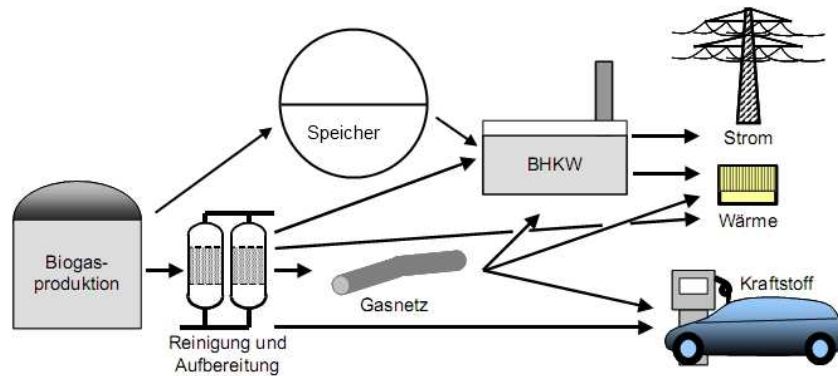


Abbildung 30 Optionen zur Nutzung von Biogas, eigene Bearbeitung nach (Kaltschmitt; Hartmann; Hofbauer 2009, S. 894)

Unter Einbezug der in Kapitel 7.5.1. aufgelisteten Faktoren für den spezifischen Gasertrag und der in Tabelle 25 aufgelisteten, vor Ort verfügbaren Substrate, ergeben sich die in Tabelle 26 aufgelisteten Energiemengen. Das zusätzliche BHKW wird auf eine elektrische Leistung von 120 kW und thermisch auf 140 kW ausgelegt. Die Energieausbeute beläuft sich auf 1.161 MWh th. und 987 MWh el pro Jahr.

BHKW	η elektrisch	η thermisch	
Wirkungsgrad	39,1%	46,0%	
Methangas	Leistung el.	Leistung th.	Volllaststunden
[Nm ³ CH ₄ /a]	[kWel.]	[kWth.]	[h/a]
252.365	118,9	139,9	8.300
Primärenergie	Energie el.	Energie th.	Verluste
[MWh/a]	[MWh el./a]	[MWh th./a]	[MWh th./a]
2.524	987	1.161	376

Tabelle 26 Auslegung BHKW für zusätzliche Faulgasproduktion, eigene Berechnungen

Die über den Recyclinghof angesammelten Substrate, könnten auf dem ebenfalls am Gelände anschließenden Wirtschaftshof (Freiflächen) zwischengelagert werden. Der frei werdende Raum auf dem Gelände der Firma Rottner, könnte als Standort für das BHKW dienen. Hier muss betont werden, dass der Bau von Biogasanlagen in bewohnten Gebieten die Ausnahme darstellt, in diesem Fall relativieren, der Bestand (Kläranlage, Wirtschaftshof, Recyclingzentrum) und die Vorzugsposition durch die räumliche Nähe der verschiedenen Anlagen, dieses Kriterium.

5.2.2.4.2 Biomasseheizwerk

Die Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen für die Bereitstellung von thermischer Energie, ohne Konkurrenzverhältnis zu anderen Industriezweigen, ist als sinnvoll einzustufen. Als Rohstoff für ein Heizwerk, steht Strauchschnitt zur Verfügung, dieser fällt in der Gemeinde an und wird am Recyclinghof gesammelt. Die Lagerung findet am Wirtschaftshof statt. Die Tabelle 27 listet die vor Ort verfügbaren Mengen an Strauchschnitt auf.

			Menge	Primärenergie
Material	Herkunft	Zustand	[t]	[MWh]
Strauchschnitt	Recyclinghof – Lager Wirtschaftshof	frisch geschnitten	1.805	5.054
Strauchschnitt	Recyclinghof – Lager Wirtschaftshof	teil. trocken	1.056	4.224
		SUMME	2.861	9.278

Tabelle 27 Biomasse Strauchschnitt, eigene Berechnung nach (Pöll; Schuster 2011)

Mit den verfügbaren Mengen an Biomasse lässt sich ein Heizwerk mit 1,2 MW betreiben, der Energieertrag beläuft sich auf 8.350 MWh, siehe Tabelle 28. Für die der Berechnung zugrunde liegenden Faktoren, siehe Anhang Kapitel 7.5.1.

	Wirkungsgrad	elektrisch	thermisch
		0,0%	90,0%
Heizwert	Leistung el.	Leistung th.	Volllaststunden
[kWh]	[kW el.]	[kW th.]	[h/a]
9.278.000	0	1.285	6.500
	Energie el.	Energie th.	Verluste
	[MWh el./a]	[MWh th./a]	[MWh th./a]
0	0	8.350	928

Tabelle 28 Energieertrag Heizwerk, eigene Berechnungen nach (Kaltschmitt; Hartmann; Hofbauer 2009, S. 499)

5.2.2.4.3 Kleinwindkraft

Die Kleinwindkraft im städtischen Raum bietet eine zusätzliche Option zur erneuerbaren Stromgewinnung. In einer Studie des Encraft Warwick Wind Trials Project wurden 26 Windstandorte im städtischen Raum getestet. Aus der Studie geht hervor, dass die von den Herstellern angegebenen Leistungskurven bei gleichen Windverhältnissen nicht übereinstimmen, die Erträge waren geringer. Bedingt durch die Lärmentwicklung musste an einigen Standorten die Turbine temporär abgeschaltet werden. Ausgehend von den Ergebnissen, werden in dieser Betrachtung keine Windturbinen im Wohngebiet aufgestellt. Am Standort der Kläranlage ist die Installation von Versuchsanlagen möglich, die Lärmentwicklung stellt dort kein Problem dar. Für die Berechnungen wird der Ertrag aus möglichen Versuchsanlagen mit Null bestimmt, da für diese Technologie keine aussagekräftigen Erfahrungswerte vorhanden sind.

5.2.2.4.4 Photovoltaik

Für die Berechnung des Photovoltaikpotentials wurden verfügbare Dachflächen und gewerbliche Parkflächen einbezogen. Im definierten Zielgebiet, siehe Kapitel 5.2.2, wurde auf Basis einer GIS Karte (Geographische Informationssystem) sowie Satellitenaufnahmen verfügbare Flächen abgeleitet.

Dachflächen auf geplanten Neubauten konnten durch die Verwendung von Referenzobjekten direkt herangezogen werden. Dachflächen im Bestand wurden über die GIS Daten erhoben sowie um Abschätzungen aus der Satellitenaufnahme erweitert. Parkflächen auf Gewerbeflächen wurden zu 50 % in die Berechnung miteinbezogen.

Der Autor geht davon aus, dass bei zunehmender Elektrifizierung der Fahrzeugflotte und steigender Flächenkonkurrenz, die ebenerdige Nutzung für Parkplätze auf Gewerbeflächen durch eine Mehrfachnutzung ergänzt werden wird. Eine Mehrfachnutzung der Parkflächen durch Überbauten mit Photovoltaikanlagen wird angenommen. Freiflächen wurden nicht für die Berechnung herangezogen, da die Nutzung von Photovoltaik auf Freiflächen in dem betrachteten Gebiet, aufgrund der Konkurrenz zu anderen Nutzungsmöglichkeiten, als nicht sinnvoll eingeschätzt wurde.

Je nach Nutzungsart des Gebäudes, wurde ein Abminderungsfaktor eingeführt, dieser fußt in der Annahme, dass die jeweilige Dachfläche, bedingt durch bauliche Einschränkungen, nicht gänzlich bebaubar ist. Das resultierende Flächenpotential wurde als PV Nutzfläche bezeichnet. Für die Berechnung der Spitzenleistung wurde ein spezifischer Flächenbedarf von $12 \text{ m}^2/\text{kWp}$ angenommen, dieser berücksichtigt den durchschnittlichen Wirkungsgrad im Bereich 17 % - 20 % und den Freiflächenbedarf für den Schattenfall. Die nachstehende Karte in Abbildung 31 zeigt eine Abschätzung über das jährliche Solareinstrahlungspotential von Dachflächen in dem Quartier.



Abbildung 31 Überblick Solarkatasterpotentialkarte Schüttau (Schmuckenschlager 2011)



Abbildung 32 Solarkatasterpotentialkarte Ausschnitt Firmengelände Electrovac Schüttau (Schmuckenschlager 2011)

Die Abbildung 32 zeigt einen Detailausschnitt des Quartieres, die Hallen der Firma Electrovac. Das Solarpotential wird in vier Farben dargestellt: weiß, gelb, orange und dunkelorange – je dunkler umso mehr Potential ist vorhanden.

Nutzungsart	Grundfläche	Abminderungsfaktor	PV Nutzfläche
Neubau	[m ²]		[m ²]
Wohnen	24.593	0,7	17.215
öffentliche Gebäude	3.344	0,7	2.341
Gewerbe	1.741	0,7	1.219
Altbestand	Dachfläche	Abminderungsfaktor	PV Nutzfläche
Kläranlage	200	0,9	180
Recyclinghof Büro	350	0,9	315
Recyclinghof Müllumladehalle	672	0,9	605
Feuerwehr	715	0,9	644
Merkur	4.339	0,9	3.905
Hofer	1.489	0,9	1.340
ÖAMTC	774	0,9	697
Electrovac Halle	5.243	0,9	4.719
Electrovac Halle	4.187	0,9	3.768
Electrovac Halle	2.181	0,9	1.963
Electrovac Halle	2.228	0,9	2.005
Electrovac Gebäude	360	0,9	324
LVA	1.346	0,5	673
Parkplatzflächen überbaubar	Fläche	Abminderungsfaktor	PV Nutzfläche
Merkur	6.444	0,5	3.222
Hofer	3.734	0,5	1.867
ÖAMTC	1.236	0,5	618
Electrovac	1.907	0,5	954
Lager/Betriebsflächen überbaubar	Fläche	Abminderungsfaktor	PV Nutzfläche
Kläranlage	410	0,7	287
Wirtschaftshof	1.420	0,7	994
SUMME			49.854

Tabelle 29 Berechnungen über Dach- und Parkflächen im Zielgebiet für die Nutzung von Photovoltaik, eigene Berechnungen nach (Grolig 2011)

Die Tabelle 29 listet die im Zielgebiet befindlichen Dach-, Parkplatz-, Lager- und Betriebsflächen auf. Die Nutzung der berechneten Dachflächen durch Photovoltaik steht in Konkurrenz zur Nutzung mit solarthermischen Anlagen. In dieser Betrachtung wird nur Photovoltaik herangezogen, da im Segment Haushalt und Gewerbe marginale Reduktionen, jedoch mit der Elektrifizierung der Fahrzeugflotte Steigerungen im elektrischen Energiebedarf zu erwarten sind. Zusätzlich wird durch ein Nahwärmnetz der Wärmebedarf in der Region gedeckt.

Bei einem angenommen Vollausbau ergibt sich eine Peakleistung von ~4.154 kWp. Unter der Annahme eines Jahresertrags von 950 kWh/m².a ergibt sich ein Gesamtertrag von 3.947 MWh/a.

PV Nutzfläche	technisches Potential	Gesamtertrag
[m ²]	[kWp]	[MWh]
49.854	4.154	3.947

Tabelle 30 Ertragsrechnung Photovoltaik Ausbau, eigene Berechnungen

5.2.2.4.5 Wasserkraft

Laufwasserkraftwerk

Die Wasserkraft ist eine wichtige erneuerbare Energiequelle. Klosterneuburg liegt auf einer Länge von ca. 11,3 km am Donauufer. Im Moment befinden sich keine Wasserkraftwerke in Klosterneuburg, angrenzend befindet sich das Laufkraftwerk Greifenstein. Ein Ausbau mit einer weiteren Staustufe, ist aufgrund des fehlenden Gefälles, nicht möglich. Weitere Faktoren, die gegen einen Ausbau sprechen, sind der Schiffsverkehr und die Rücksichtnahme auf die Biosphäre.

Laufwasserkraftwerke nutzen die kinetische Energie des strömenden Wassers, es ist kein Höhenpotential vorhanden. Die Ausbeute ist durch die niedrige Fließgeschwindigkeit in den Flüssen begrenzt und wird als gering eingestuft. Begründet durch diese Tatsache, wurden in Österreich so gut wie keine Laufwasserkraftwerke gebaut. Folglich ist diese Technologie als neu einzuordnen (geringe Erfahrungswerte, Literatur, Vergleichsmodelle u.v.m.). Hersteller für Laufwasserkraftwerke sind beispielsweise: Free Flow Power, Verdant Power und HydroVolts (Free Flow Power 2012; Verdant Power 2012; Hydrovolts 2012).

Der österreichische Hersteller Aqua Libre Energieentwicklungs GmbH, entwickelt derzeit ein Kleinwasserkraftwerk für den Laufwasserbetrieb auf der Donau. Bauform ähnelt einer Boje, mehrere dieser Bojen sollen im Donaustrom verankert werden. Eine Boje betreibt mittels eines 2-flügeligen Rotors einen Asynchronmotor, die Steuerung befindet sich am nahegelegenen Ufer. Je nach Pegelstand und Strömungsgeschwindigkeit, wird ganzjährig Energie (Strom) erzeugt. Es ist vom Hersteller vorgesehen, die Bojen in Serie und kurzen Abständen zu je 5 Stück zu montieren. Dieses Kleinwasserkraftwerk soll nach Angaben des Herstellers in der kleinsten Bauform PN=15 kW (Engpassleistung 30 kW) und in der größeren PN=40 kW (75 kW) liefern. Die Modelle laufen unter dem Namen Stromboje 2 SB150 und 3 SB 250. Die Boje benötigt laut Herstellerangaben eine mittlere Strömungsgeschwindigkeit von 2,2 m/s für den wirtschaftlichen Betrieb. Ob und an welchen Stellen diese Werte erreicht werden, kann durch eine Messung (Abfahren der Donau mit Messsonde) ermittelt werden. Laut Hersteller sind für die Boje 2 SB150 (Rotor 150 cm Dm) Erträge im Bereich 90.000 kWh/a und für Boje 3 SB 250 (Rotor 250 cm Dm) 220.000 kWh/a möglich (Aqua Libre 2012).

Voraussetzung für den Einsatz der Boje, ist eine Strömungsgeschwindigkeitsmessung im betrachteten Flussabschnitt und die Identifizierung eines geeigneten Standortes. Für die Berechnungen wird der Ertrag aus möglichen Versuchsanlagen mit Null bestimmt, da für diese Technologie keine aussagekräftigen Messwerte vorhanden sind und noch keine Standorte ausfindig gemacht wurden. Zukünftig ist mit einer oder mehrerer Pilotanlagen zu rechnen.

5.2.2.4.6 Abwärmennutzung Abfluss Kläranlage

In der Kläranlage besteht ein Abwärmepotential im Bereich von 1.000-2.500 MWh pro Monat, diese Energie ist allerdings auf einem niedrigen Temperaturniveau vorhanden. Das Potential ist in Kombination mit einer Wärmepumpe nutzbar.

Für die Berechnung wurden Temperaturmessungen des Abflusses aus der Kläranlage herangezogen, dafür waren Daten aus den Jahren 2008 und 2009 verfügbar (Pyrek 2011). Die Tabelle 31 stellt das Abwärmepotential für die Heizperiode (Oktober-März) dar. Die auftretenden Abflussmengen variieren im Bereich 70-400 l/s, in der Berechnung wurde der untere Wert herangezogen.

Mittelwert	Ablauftemperatur	Absenkung	Energieinhalt	Abflussmenge
2008-09	[C°]	dT [C°]	[MWh]	[l/s]
Jänner	10,05	7	1.473	70
Februar	9,8	6	1.263	70
März	9,75	5	1.052	70
Oktober	16,8	12	2.526	70
November	14,1	10	2.105	70
Dezember	11,7	8	1.684	70

Tabelle 31 Abwärmepotential Kläranlage durch Abfluss, eigene Berechnungen nach (Pyrek 2011)

Nutzungsmöglichkeiten

Die Abwärme kann als Wärmequelle für Wärmepumpen während der Heizperiode dienen. Die für die Effizienz relevante Temperaturdifferenz, zwischen Wärmeabgabeseite und Aufnahmeseite, ist durch die hohe Ablauftemperatur des Abflusses mit Tiefstwerten im Mittel von 9,75°C ideal. Der Temperaturverlauf kann als träge angenommen werden, tagesabhängige Wetterschwankungen haben nur einen geringen Einfluss, dagegen hat Starkregen oder Eisregen einen deutlichen Einfluss auf die Temperatur. Innerhalb der Kläranlage stellen die Faultürme Wärmeverbraucher dar, das benötigte Temperaturniveau wird durch den biochemischen Abbauprozess bestimmt und beträgt ca. 35°C. Die Temperatursteigerung zwischen Wärmequelle (Abfluss) und Wärmesenke (Faultürme), ist gering und kann durch eine Wärmepumpe mit hoher Arbeitszahl erbracht werden. Da keine messtechnische Erfassung für den Wärmebedarf der Faultürme vorhanden ist, wird angenommen, dass sich dieser Anteil auf 75 % des Gesamtwärmeverbrauchs (880 MWh/a) der Anlage beläuft. Folglich ergibt sich ein Wärmebedarf für die Faultürme von 660 MWh/a. Die derzeitige Wärmeversorgung durch das BHKW und Kessel, könnten dann für andere Verbraucher (höheres Temperaturniveau) verwendet werden, insbesondere auf die reine thermische Verwertung im Kessel kann verzichtet werden.

Weitere Abwärmepotentiale ergeben sich im gewerblichen und industriellen Bereich. Im industriellen Bereich treten deutlich höhere Abwärmemengen auf; diese entstammen Produktionsprozessen. Diese Abwärme ist abhängig von der Menge und dem Temperaturniveau für andere Prozessschritte intern oder in direkter Umgebung befindlichen Betrieben nutzbar. Weitere Analysen über Abwärmepotentiale sind betriebspezifisch vorzunehmen und wurden in dieser Untersuchung nicht vorgenommen.

5.2.2.5 Gasspeicher

Es befindet sich ein Gasspeicher am Geländer der Kläranlage. Das von den Faultürmen produzierte Faulgas wird dort zwischengespeichert. Der Speicher ist drucklos (wenige mbar) ausgeführt und hat ein Normvolumen von 500 m³.

Type	Inhalt	BJ	Druck	Volumen	Energie (=100%)
			[mbar]	[Nm³]	[KWh]
Gasspeicher	Faulgas	1991	16-34,7	500	3000

Tabelle 32 Gasspeicher Kläranlage (Pyrek 2011)

Die Speicherdimensionierung wurde für die derzeitige Anlagenführung konzipiert, als Kurzzeitspeicher für den Ausgleich von Produktionsschwankungen. In einer vernetzten Stadt stellt Biogas/Faulgas eine wertvolle Form der chemischen Energiespeicherung dar. Im Gegensatz zur elektrischen oder thermischen Energie, ist die Speicherung auf längere Zeit (saisonal) und auch der Transport über längere Distanzen möglich. Für den Transport steht in der Gemeinde ein flächendeckendes Erdgasnetz zur Verfügung. Das Faulgas ist allerdings ohne vorherige Aufbereitung nicht dafür geeignet. Mit einer höheren Gasausbeute, durch den Einsatz von zusätzlichen Substraten in der Kläranlage, scheint eine Speichererweiterung bzw. ein Neubau sinnvoll, da dann eine auf andere variable Stromproduzenten abgestimmte Stromproduktion stattfinden kann.

Die Koppelung der Photovoltaikanlage (Planung) mit dem BHKW der Kläranlage, zu einem virtuellen Kraftwerk, würde es erlauben, in der produktionsstarken Mittagszeit Faulgas aufzusparen und den Anlagenbetrieb mit Photovoltaikstrom abzudecken. Fällt die photovoltaische Produktion aus, schalten sich das BHKW (oder mehrere) wieder ein, das zwischengespeicherte Biogas erhält eine Ausgleichsfunktion. Weitere Gasspeicher sind aufgrund der Raumordnungsbestimmungen nicht ohne weiteres möglich, eine Variante wäre die Installation einer Faulgasaufbereitung zu Biogas und den anschließenden Transport über das bestehende Erdgasnetz zu einem am anderen Ende des Netzes liegenden Speichers.

Andere Speicherformen

Andere Energiespeicherformen für Wärme wurden in dieser Case Study nicht betrachtet, Grund dafür sind die regional verfügbaren regenerativen Ressourcen. Das Biomasseangebot in Kombination mit dem Abwärmepotential aus der Kläranlage, ist ausreichend um den niedrigen Wärmebedarf abzudecken. Folglich wurden alle verfügbaren solaren Ernteflächen (Dachflächen, Parkflächen) für die Photovoltaikplanung verwendet. Der Autor dieser Arbeit möchte ausdrücklich darauf hinweisen, dass die Wahl der regenerativen Energieträger aufgrund des regionalen Angebots unterschiedlich ausfallen kann. Sollen weitere Teile des Gebietes dem Beispiel des Quartiers folgen, wird das Biomassepotential nicht mehr ausreichend sein, folglich wird die Anwendung von Wärmespeichern notwendig werden. Solare Nahwärme und saisonale Wärmespeicherung sind erprobt und stellen eine potentielle Lösung dar (Pfeil u. a. 1998). Beispiele für die Umsetzung von solaren Nahwärmenetzen mit angeschlossenen Langzeitwärmespeicher, finden sich in Deutschland, Solar City Neckarsulm-Amorbach, Projekt „Helios“ in Rostock und Ackermannbogen München (Thomas Schmidt 2012; T Schmidt u. a. 2003).

Stromspeicher, beispielsweise als Druckluftkavernenausführung oder in chemischer Form als Akkumulator, wurden nicht betrachtet. Bedingt durch die hohe saisonale solare Stromerzeugung, ist die Speicherung von elektrischer Energie für die weitere Regionalisierung und Reduktion von Energieimporten notwendig.

5.2.2.6 Netze

5.2.2.6.1 Gasnetz

Das Gasnetz im Gewerbegebiet ist in Abbildung 33 dargestellt. Aus der Abbildung geht deutlich hervor, dass eine hohe Netzabdeckung vorliegt. Die Verfügbarkeit spiegelt sich in der Verwendung von Erdgas in der Wärmebereitstellung dar, siehe

Tabelle 12. Die Kläranlage verwendet Erdgas im Falle einer Unterversorgung von Faulgas, es wird ein eigener Kessel oder wahlweise das BHKW betrieben.

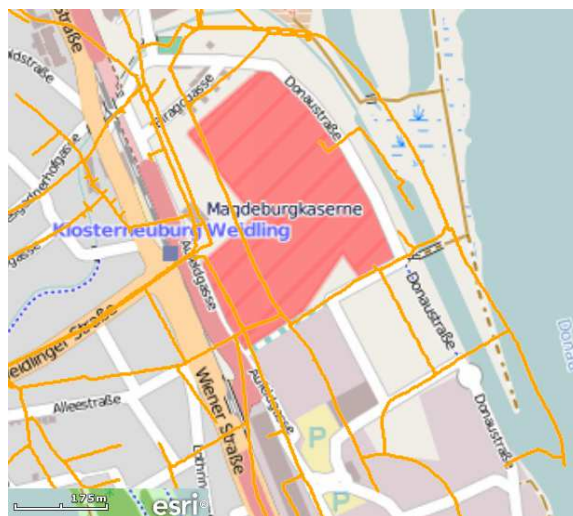


Abbildung 33 Erdgasnetz Schütttau (Grolig 2011), (Open Street Map 2012)

5.2.2.6.2 Nahwärmenetz

Derzeit befindet sich in diesem Gebiet kein Nahwärmenetz. Ein bestehendes Nahwärmenetz (hier als Nahwärmenetz 1 definiert) befindet sich im Ortskern, dieses wird vom Stift Kloster Neuburg betrieben. Die Anlage wird mit Hackschnitzel und anderen Holzabfällen aus dem Stifts Wald betrieben. Die wichtigsten Wärmeabnehmer befinden sich im direkten Umfeld zum Stift, diese sind: Stift, Orangerie, Rathaus, Krankenhaus und das Freizeitzentrum Happyland.

Für die Wärmeverteilung in der Case Study wird ein weiteres Nahwärmnetz (Nahwärmenetz 2) angedacht. Dieses wird durch das BHKW und Heizwerk neben der Kläranlage gespeist. In Tabelle 33 sind die Netzdetails aufgelistet.

Nahwärmenetz 2	[m]
Trassenlänge	750
Stichleitung Summe	670
Abstand Trassenende Nahwärmenetz 2 – Nahwärmnetz 1 Stift	1050

Tabelle 33 Nahwärmenetz 2, eigene Berechnungen

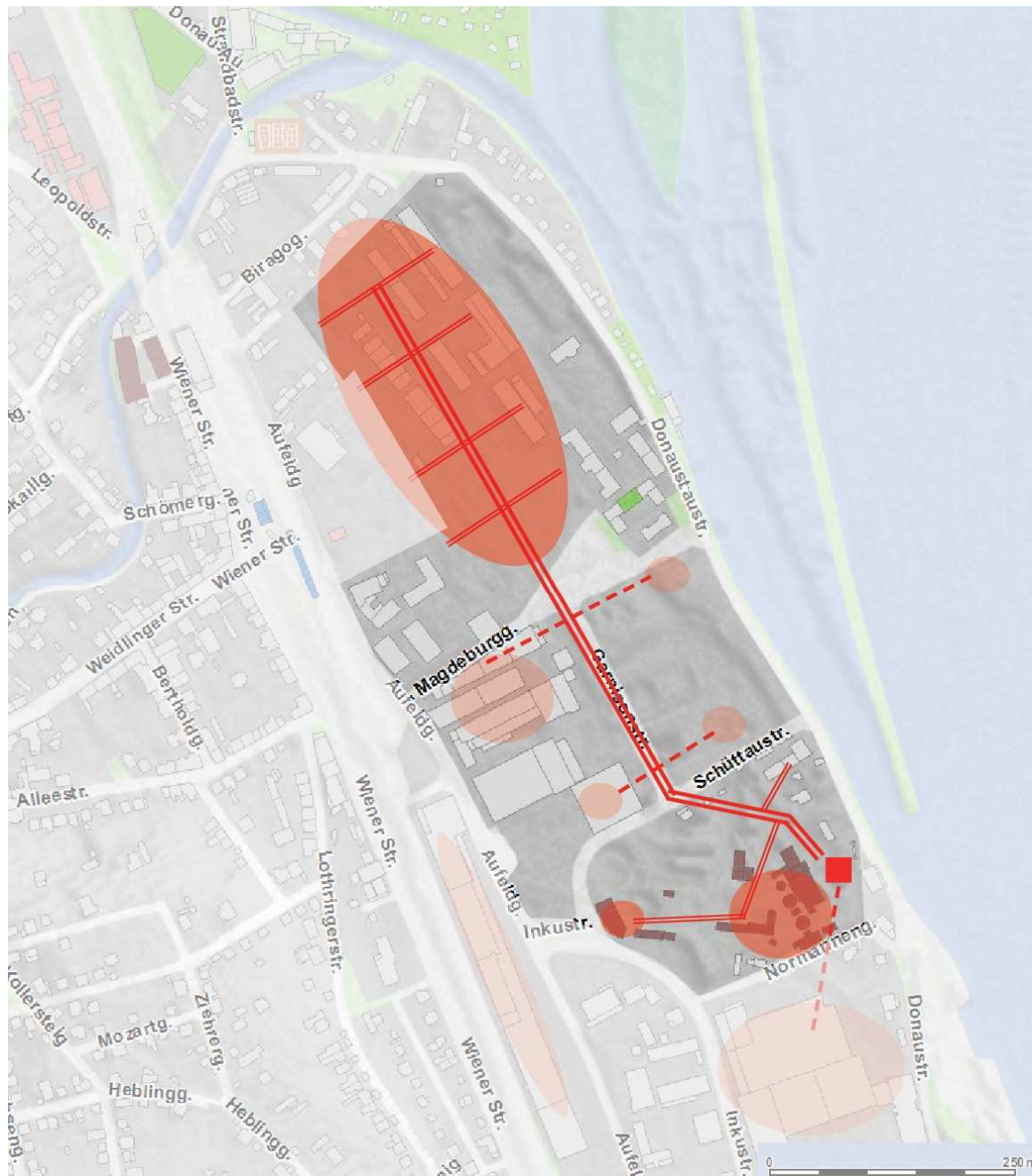


Abbildung 34 Nahwärmenetz 2, eigene Darstellung nach (Schmuckenschlager 2011)

Die Abbildung 34 zeigt einen möglichen Verlegungsplan für das Nahwärmenetz, die Trassenlegung ist auf ein Minimum reduziert. In der Darstellung symbolisiert die rote Doppellinie den Hauptstrang sowie die Einfachlinien die Nebenstränge des Nahwärmenetzes. Die Haupttrasse ist in dieser Darstellung entlang der Garnisonsstraße geplant worden, die Stichleitungen verteilen die Wärme an die Abnehmer. Die roten Kreise symbolisieren potentielle Wärmeabnehmer. Am südlichen Ende der Haupttrasse befindet sich das Gelände der Kläranlage mit dem BHKW1 sowie dem am Nebengelände positionierten BHKW2 und dem Heizwerk. Auf dieser Höhe, zu beiden Seiten der Haupttrasse, befinden sich die Gewerbe- und Industriebetriebe, diese Abnehmer sind von hohen Anschlussleistungen und einer konstanten Wärmeabnahme über das gesamte Jahr geprägt. Im nördlichen Teil der Haupttrasse befindet sich das Neubaugebiet, dieses Gebiet ist von mehrgeschossigem Wohnbau und öffentlichen Gebäude geprägt, vereinzelt finden sich Gewerbebetriebe.

5.2.2.6.3 Stromnetz

Über die Qualität und den Ausbaugrad des Netzes, sind keine Informationen vorhanden. Der Autor nimmt an, dass sich das Netz in einem guten Zustand befindet. Für eine Vernetzung von Energieproduktion und Energieverbrauch, sind alle im Quartier befindlichen Zählpunkte mit *Smart Meter* auszustatten. Aufgabe der Zähler ist es, aktuelle Verbrauchsdaten in einem gemeinsamen Netz (Internet) zur Verfügung zu stellen. Auf Basis dieser Datengrundlage, können Prognosen für den nächsten Kalendertag erstellt werden. Anhand von Prognosen und Benutzerprofilen, kann lokal die Produktion und der Verbrauch besser aneinander angepasst werden. Intelligente Zähler sind für das Wärme-, Gas- und Stromnetz zu installieren.

5.2.2.6.4 Telekommunikationsnetz

In erster Instanz erscheint das Telekommunikationsnetz von geringer Bedeutung für eine energetische Untersuchung eines Stadtquartiers, für das *Smart City* Quartier hingegen, stellt das Telekommunikationsnetz einen verbindenden Faktor dar. Bei einer Onlineabfrage (Standort Aufeldgasse 42) des Netzbetreibers A1, über die Netzabdeckung von mobilem Internet, wurden folgende Information angegeben: „Bei Ihnen verfügbar Dual Carrier HSPA+, HSPA+, HSDPA/UMTS – mit bis zu 42 Mbit/s“ (A1 Telekom Austria AG 2012). Die Verfügbarkeit von kabelgebundenen Anschlüssen wurde nicht verifiziert, da diese je nach Straße und Gebäude variiert. Mit der Verfügbarkeit vom mobilen Internet, ist die Voraussetzung für eine Vernetzung gegeben.

5.2.2.7 Kläranlage

Beschreibung der Anlage

Die Kläranlage wird über einen Mischkanal bedient und ist für einen Einwohnergleichwert von 55.000 ausgelegt. In der Region wird Weinbau betrieben, hohe saisonale Schwankungen der Kanallasten sind die Folge. Es befindet sich ein Hochwasserpumpwerk am Gelände und zwei außerhalb, jeweils in der Magdeburggasse und am Niedermarkt. In der Umbauphase wurden nahezu alle Pumpen, Gebläse und Kompressoren erneuert. Die Anlagen werden mit Frequenzumrichtern betrieben. Für die Wärmebereitstellung steht ein Faulgaskessel und ein Erdgaskessel zur Verfügung.

Gebäude und Freiflächen

Die Abbildung 35 zeigt die Kläranlage auf einem Luftbild. In das Luftbild wurde der aktuelle Stand der Anlagen grafisch eingearbeitet, weiße Flächen stellen Gebäude und Anlagenteile dar, grüne Flächen stehen für Grünflächen und graue Flächen stehen für Verkehrswege. Die dunkelgraue Markierung, beginnend im Norden, zeigt den Weg des Abwassers durch die Anlage vom Zulauf bis zum Ablauf. Die zur nachstehenden Berechnung verwendeten Annahmen sind dem Kapitel 7.5.2 zu entnehmen.

Energiebilanz

Der Strombedarf wurde für die zweite Hälfte des Jahres 2011 vorprognostiziert. Daten aus den vorhergehenden Jahren sind aufgrund der Umbauphase nicht aussagekräftig.

Verbrauch Strom (2011 Prognose):

- Gesamt: 1.491.533 kWh
- Netzbezug: 1.127.536 kWh
- Eigenproduktion: 364.000 kWh

Verbrauch Wärme (2011 Prognose):

- Gesamt: ~880.000 kWh
- Netzbezug: 0 kWh (kein Wärmenetz vorhanden)
- Eigenproduktion: ~880.000 kWh

Gasförmige Energieträger (2011 Prognose):

- Produktion=Verbrauch Faulgas 1.597.302 kWh (266.217 Nm³)
- Verbrauch Erdgas 23.340 kWh (2334 Nm³)

Faul- und Erdgas- / Wärmebedarf und -produktion

Die Produktion und der Verbrauch von Faulgas sowie Erdgas wurde für die zweite Hälfte des Jahres 2011 vorprognostiziert. Daten aus den vorhergehenden Jahren sind bedingt durch die Umbauphase nicht aussagekräftig.

Faulgas	CH4 60%	Primärenergie	Wärme	Strom	Verluste
Verbraucher	[Nm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
- Kessel	50.877	305.263	228.947	0	76.316
- BHKW	192.340	1.154.040	624.797	363.997	165.246
- Fackel	23.000	138.000	0	0	138.000
-/+ Speicher	0	0	0	0	0
SUMME	266.217	1.597.303	853.745	363.997	379.561

Tabelle 35 Verbrauch Faulgas Zusammenfassung, eigene Berechnungen nach (Pyrek 2011)

Die Tabelle 35 stellt eine Bilanz der Faulgasverwertung auf, dabei wird in die Verbraucher Kessel, BHKW und Fackel unterschieden. Da über den Speicher keine Bilanzwerte vorhanden sind, wird angenommen, dass die Jahresbilanz für den Speicher Null ist. Die Verbraucher wiederum wandelten das Faulgas in Wärme, Strom und Verluste um, dazu sollen Verbesserungspotentiale sichtbar gemacht werden. Diese Potentiale sind beispielsweise in der Fackel und im Kessel gegeben, die Fackel ist eine Art Überlaufventil und sollte nur in absoluten Ausnahmefällen zum Einsatz kommen. Der Kessel erzeugt Wärme für die Anlage, die auch von anderen Energieträgern (Abwärme, Solarstrahlung, Heizwerk) niedrigerer Güte. Auf lange Sicht soll auf die Verwendung des Kessels verzichtet werden.

Erdgas	CH4 60%	Primärenergie	Wärme	Strom	Verluste
Verbraucher	[Nm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
- Kessel	1.490	14.900	11.920	0	2.980
- BHKW	844	8.440	4.569	2.687	1.183
- Fackel	0	0	0	0	0
-/+ Speicher	0	0	0	0	0
SUMME	2.334	23.340	16.489	2.687	4.163

Tabelle 36 Verbrauch Erdgas Zusammenfassung, eigene Berechnungen nach (Pyrek 2011)

Die Tabelle 36 stellt eine Bilanz der Erdgasverwertung auf, dabei wird in Kessel, BHKW und Fackel unterschieden. Der Verbrauch an Erdgas ist als gering einzuschätzen, jährliche Probelaufe und gelegentliches Heizen sind ausschlaggebend für den Verbrauch. Da der Speicher ein reiner Faulgasspeicher ist, wurde kein Erdgas eingelagert.

Die verschiedenen Aspekte für eine zusätzliche Energieproduktion wurden in den vorherigen Kapiteln behandelt, die Kläranlage ist ein großer kommunaler Energieverbraucher, dem die Versorgungspflicht in der Abwasserbehandlung obliegt. Zusätzlich ist, durch die Installation und Vernetzung von Energieanlagen sowie der Einsatz von energieeffizienten Anlagenteilen, eine deutliche Reduktion bzw. Überproduktion möglich. Der Energieverbraucher wird zum netto Energieproduzenten, mehr dazu siehe Kapitel 5.2.2.4.1, 5.2.2.4.2 und 5.2.2.4.4.

5.2.3 Ergebnisse

5.2.3.1 Magdeburger Kasernen Neubau

In dieser Bilanz wird nur das Kasernengelände betrachtet. Da außer Photovoltaikanlagen sonst keine Energieproduktion angedacht ist, erreichen die Gebäude am Kasernengelände einen Eigenversorgungsgrad von 28 % für elektrische Energie. Im Bereich Wärme findet keine Produktion statt, daher ist die Eigenversorgung auch Null. Im Sinne der *Smart City* ist dieses Gebiet nicht für sich alleine zu betrachten, daher wird im Punkt 5.2.3.3 auch eine Gesamtbilanz vorgenommen. Die Beleuchtung wurde dem Gelände ein Anteil von 25 % am Gesamtbeleuchtungsbedarf angerechnet.

Neubau Kasernengelände					
Bedarf (tlw. Verbrauch)	Wärme	Strom	Produktion	Wärme	Strom
	[MWh th]	[MWh el]		[MWh th]	[MWh el]
Gebäude (Neu)	1.954	3.079	Photovoltaik (Neu)		1645
Mobilität (Neu)	0	2.784			
Beleuchtung (Neu)	0	6			
SUMME	1.954	5.870	SUMME	0	1645

Tabelle 37 Bilanz Neubau Kasernengelände

5.2.3.2 Kläranlage

Bereits im Altenbestand konnte die Anlage durch die Biogasproduktion einen Eigenversorgungsgrad von 98,2 % im Bereich Wärme und 24,4 % im Bereich Strom erzielen. Mit Einbezug der zusätzlichen Biogasproduktion sowie der Photovoltaikanlage, steigert sich der Anteil im Bereich Wärme auf 231 % und Strom auf 92 %. In die Berechnung ist das Abwärmepotential der Kläranlage nicht mit einbezogen, würde aber den Eigenversorgungsanteil im Bereich Wärme zusätzlich deutlich steigern. Im Sinne der *Smart City* ist dieses Gebiet ebenfalls nicht für sich alleine zu betrachten, daher wird im Punkt 5.2.3.3 auch eine Gesamtbilanz vorgenommen.

Kläranlage					
Bedarf (tlw. Verbrauch)	Wärme	Strom	Produktion	Wärme	Strom
	[MWh th]	[MWh el]		[MWh th]	[MWh el]
Kläranlage (Bestand)	870	1.492	Biogas (Bestand)	854	364
			Biogas (Neu)	1.161	987
			Photovoltaik (Neu)	0	23
SUMME	870	1.492	SUMME	2.015	1.373

Tabelle 38 Bilanz Kläranlage

5.2.3.3 Gesamtbilanz

In dieser Gesamtbilanz wird das Quartier betrachtet, ausgenommen ist dabei der Bestand an Gewerbe und Industrie. Im Bereiche Wärme ist mit einem Eigenversorgungsanteil von 358 % ein deutlicher Überschuss festzustellen, dieser wurde auch im Kapitel 5.2.2.6.2 bei der Nahwärmenetzlegung berücksichtigt. Der Überschuss kann umliegende Verbraucher im Gewerbebereich mitversorgen.

Ein zusätzliches Abwärmepotential in der Kläranlage ist vorhanden, allerdings auf einem niedrigen Temperaturniveau. Die Nutzbarmachung würde den Bedarf an elektrischer Energie in Form von Wärmepumpen nach sich ziehen, siehe Kapitel 3.1.2.4. Im Bereich Strom ist eine Steigerung der Eigenversorgung auf 71,5 % möglich. Technologiebedingt finden große Teile der Stromproduktion nur in den Sommermonaten statt, der Ausbau von saisonalen Stromspeichern könnte eine gleichmäßigere Verteilung mit sich bedingen.

Bilanz					
Bedarf (tlw. Verbrauch)	Wärme	Strom	Produktion	Wärme	Strom
	[MWh th]	[MWh el]		[MWh th]	[MWh el]
Gebäude (Neu)	1.954	3.079	Biogas (Bestand)	854	364
Gebäude (Bestand)	61	29	Biogas (Neu)	1.161	987
Kläranlage (Bestand)	870	1.492	Heizwerk (Neu)	8.350	0
Mobilität (Neu)	0	2.784	Photovoltaik (Neu)	0	3.947
Beleuchtung (Neu)		24			
SUMME	2.885	7.408	SUMME	10.365	5.298

Tabelle 39 Bilanz Energiebedarf und Energieproduktion

Zusätzliches Potential		
	[MWh th]	[MWh el]
Abwärme Kläranlage (Neu)	19.995	0

Tabelle 40 Zusätzliches Abwärmepotential

5.2.4 Vision für das *Smart City* Quartier

Das *Smart City* Quartier Klosterneuburg setzt alle lokal verfügbaren erneuerbaren Energien ein, um seinen eigenen Energiebedarf abzudecken. Mit verbrauchsseitiger Reduktion durch Effizienzsteigerung und produktionsseitigem Umstieg auf erneuerbare Energien, wird die CO₂ Bilanz deutlich verbessert.

Erstmals wird durch ein Gesamtenergiekonzept der gesamte Bereich der energiebasierenden Dienstleistungen untersucht und Verbesserungsmaßnahmen integriert. Der Neubauteil innerhalb des Quartiers ist von kompakten mehrgeschossigen Wohnbauten und einer gemischten Nutzungsform definiert. Durch eine gemischte Nutzung können Distanzen gering gehalten werden.

Ein Mobilitätskonzept mit einem dichten Netz an Fuß- und Radwegen ermöglicht sichere und rasche nichtmotorisierte Mobilität innerhalb des Gebietes. Reisen außerhalb des Gebietes werden mit dem Bus oder der Bahn absolviert. Verbleibende Individualmobilität ist effizient und basiert auf Carsharing Konzepten. Alle neuen Gebäude erfüllen oder übererfüllen den Passivhausstandard, und haben dadurch einen geringen Wärmebedarf für Raumwärme.

Innerhalb der Gebäude sind moderne energiesparende Geräte verbaut, Energieströme werden über *Smart Meter* gemessen. Erweiterte *Smart Home* Systeme ermöglichen dynamisch auf die lokale Energieproduktion einzugehen, und gegebenenfalls Energieverbraucher abzuschalten. Jedes Gebäude ist gleichzeitig auch Energieproduzent, zumeist durch Photovoltaik am Dach oder auf Flugdächern über Parkflächen.

Die Energieproduktion ist in einem virtuellen Kraftwerk zusammengeschlossen, besteht eine Überproduktion durch Photovoltaikanlagen, wird das BHKW in der Kläranlage abgeschaltet und auf sonnenarme Stunden verschoben. Somit kann wertvolles Biogas als chemischer Speicher Teile der Photovoltaikproduktion kompensieren. Zusätzliche Stromspeicher sind angedacht und werden sukzessive durch Pilotprojekte realisiert.

Ein Nahwärmenetz liefert die Wärme aus Biomasse vor Ort zu den privaten und gewerblichen Abnehmern. Gewerbliche und industrielle Abnehmer, die derzeit nicht bedacht sind, werden nach eingehendem Energie-Monitoring an das Nahwärmenetz angeschlossen. Das Quartier besitzt einen hohen Anteil an Grünflächen und legt Wert auf eine hohe Lebensqualität.

5.3 Maßnahmenplan

Die energetischen Berechnungen innerhalb des Quartiers geben einen ersten Überblick über die verschiedenen Möglichkeiten der effizienten und nachhaltigeren Energieversorgung (Produktion/Bedarf). Basierend auf diesen Erkenntnissen, ist dem örtlichen Entwicklungskonzept und dem Stadterneuerungskonzept, welche als Entscheidungsgrundlage für weitere Entwicklungsschritte dienen, eine weitere Betrachtungsebene hinzuzufügen (Hary 2008; Martischinig; Krämer 2011). Die „*Smart City*“-Ebene versucht ergänzend zu den bisherigen Methoden einen holistischen Blick auf den Energiebedarf und den daraus resultierenden Emissionen zu richten. Nachstehende Maßnahmen kombinieren die Erkenntnisse aus der Datenerhebung im Gebiet Schütttau, mit denen in der Vision angedachten Veränderungen.

Bausubstanz, Information und Standards:

1. Analyse bestehender erneuerbarer Energiepotentiale sowie Abwärmepotentiale innerhalb sowie außerhalb eines betrachteten Gebietes.
2. Erhöhung der Datenqualität und Schaffung einer offenen Datenbank von Verbrauchsdaten (Wärme/Strom/Gas/Wasser) auf Gewerbeebene durch Koppelung einer Auskunftspflicht an Förderungen oder andere fiskalpolitischer Maßnahmen.
3. Flächendeckenden Einsatz von intelligenten Zählern im Bereich Strom, Wärme und Gas.
4. Einführung des Passivhausstandard im Neubau.
5. Bevorzugte solare Architektur im Städtebau.
6. Förderungen für den Einsatz von ökologischen Dämmstoffen für die Sanierung und im Neubau.
7. Zentrale offene Datenbank von energieproduzierenden Anlagen in allen Bereichen.

Privathaushalten

1. Allgemeine Bewusstseinsbildung durch öffentlichkeitswirksame Vorzeigeobjekte.
2. Bewusstseinsbildung für die bevorzugte Verwendung der öffentlichen Verkehrsmittel.
3. Bewusstseinsbildung für die Notwendigkeit des effizienten Einsatzes von Energie in Privathaushalten.
4. Anreizschaffung für den Einsatz von energieeffizienten Geräten.
5. Anreizschaffung für den Einsatz von gebäudeintegrierten Energieproduktionsanlagen.

Gewerbe und Industrie

1. Energie-Monitoring und Energiekonzepte für die Verbesserung der Energieeffizienz im Betrieb (Pumpen, Motoren, Gebläse und Lüftungsanlagen).
2. Nutzung von Dachflächen auf Geschäftsgebäuden für den Einsatz von Solarthermie- und Photovoltaikanlagen.
3. Erschließung von Parkplatzflächen für die Nutzung von Elektrotankstellen und Überdachphotovoltaikanlagen.
4. Anreizschaffung für den Einsatz von Elektrofahrzeugen im Fuhrpark.

Öffentliche Gebäude

1. Sukzessive Sanierung auf Passivhausstandard und Schaffung von Vorzeigeobjekten.
2. Installation von regenerativen Energieproduktionsanlagen.
3. Erschließung von Parkplatzflächen für die Nutzung von Elektrotankstellen und Überdachphotovoltaikanlagen.

Mobilität

1. Ausbau von Geh- und Radwegen zu einem durchgängigen Netz.
2. Modernisierung der Fahrzeugflotten und Einsatz von Informationstechnologie.

6 Schlussfolgerungen und Fazit

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde die Fragestellung: „*Was sind Smart Cities?*“ untersucht. Das Konzept *Smart City* konnte in einer Literaturstudie wie folgt definiert werden: Die *Smart City* ist eine Stadt, deren Energieversorgung (Strom, Wärme, Treibstoff) nahezu kohlenstoffneutral ist (- 80 % bis - 95 % zum Basisjahr 1990). Die Energieversorgung wird zum größten Teil durch regenerative Energieträger bereitgestellt. Eingesetzte sozioökonomische sowie technische Verbesserungen in den Kernbereichen (Mobilität, Gebäude, IKT, u.v.m.) sind nach dem Prinzip des Systemansatzes ausgewählt und mit Bedacht auf das Gesamtsystem optimiert. Die Verbesserung der Lebensqualität geht mit dem Einsatz emissionsarmer Technologien einher.

Die Urbanisierung verschiebt zunehmend globale Herausforderungen in den urbanen Raum. Der Energiebedarf einer wachsenden Weltbevölkerung und die daran gebundenen Treibhausgasemissionen, müssen am Ort ihrer Entstehung durch neue Konzepte reduziert werden. Eines dieser Konzepte ist die *Smart City*. Die Umsetzung der *Smart City* ist derzeit noch mehr eine Vision, als gelebte Realität. Im europäischen Raum ist diese als Transformation zu begreifen, durch gezielte Forschungs- und Pilotprojekte wird der Bestand verändert. Im asiatischen Raum und mittleren Osten finden sich vereinzelt ambitionierte Neubauprojekte im Großformat.

Es wurden elf *Smart City* Schwerpunkte identifiziert, wobei dem Systemansatz sowie der Informations- und Kommunikationstechnologie ein wesentlicher Stellenwert immanent sind. Systemisches Denken und Planen verändert den Zugang zu emergenten Problemen, Lösungen werden nicht mehr linear wahrgenommen. Die Stadt ist ein komplexes System und verlangt als solches eine systemtheoretische Betrachtungsweise. Zweite wichtige Entwicklung ist die IKT, mittels neuer Technologien können Messinstrumente aktuelle Daten über das Internet bereitstellen. Durch die ortsunabhängige Informationsallgegenwart von Produktion und Verbrauch, lassen sich Ressourcen effizienter verteilen und Einsparungspotentiale ausschöpfen.

In einer breitenwirksamen Einflussnahme von *Smart City* Maßnahmen auf technische, soziale und ökologische Bereiche, werden Wirkungsfelder und deren Schnittstellen definiert. Die Wirkungsfelder lauten wie folgt: Mensch, Umwelt und Technik. Der Mensch steht für die Lebensqualität und die, durch das Verhalten geprägte, Einflussnahme auf den Energieverbrauch. Die Umwelt definiert den lokalen und globalen Handlungsrahmen für Ressourcen. In letzter Instanz steht die Technik, mit dem größten Anteil an Lösungsmöglichkeiten. In einer systemischen Betrachtungsweise stehen diese Bereiche immer in einer Wechselwirkung zueinander und müssen daher gemeinsam betrachtet werden; Lösungen funktionieren nur in der Abstimmung dieser Bereiche. Eine reine technische Maßnahme vernachlässigt den Faktor Mensch und führt zu keiner nachhaltigen und langfristigen Lösung.

Im zweiten Teil der Arbeit wurde die Fragestellung: „*Wie könnte eine mögliche Umsetzung einer Smart City in einem Quartier der Stadt Klosterneuburg aussehen?*“, untersucht. Die Untersuchung wurde auf der Basis einer „*NACH ASPERN*“ adaptierten Methode der Gesamtenergiebedarfsberechnung und Potentialabschätzung vorgenommen (Pol; Shoshtari 2010). Die Kaserne in Klosterneuburg wird aufgelassen und die freiwerdende Fläche soll in das bestehende Stadtbild integriert werden. Zusätzlich befinden sich die städtische Kläranlage sowie diverse Gewerbe- und Industriebetriebe im direkten Umfeld. Basis für die Berechnung waren ein fiktiver Neubauteil für 1.800 Personen am Gelände der Kaserne sowie Bestandsbauten aus dem öffentlichen und gewerblichen Sektor.

Im Gebäudebereich wird ein Raumwärmebedarf von unter $<10 \text{ kWh/m}^2\text{a(BGF)}$ für öffentliche Gebäude, Wohngebäude, und Gewerbestätten empfohlen. Verbesserungsbedarf besteht im Strombedarf der Privathaushalte, da die Versorgung mit elektrischer Energie die größte Herausforderung darstellt. Der Einsatz von *Smart Metern* könnte Effizienzpotentiale sichtbar machen und die Verschaltung zu virtuellen Kraftwerken (PV-BHKW) ermöglichen. Im Bereich der Straßenbeleuchtung fehlt die Transparenz über den tatsächlichen Bestrahlungsbedarf in Abhängigkeit der Farbwiedergabe und damit einhergehenden

Einsparungen. Tatsache ist, dass mittelfristig die LED bestehende Systeme ablösen werden. Es müssen aber Voraussetzungen geschaffen werden, um weitere Technologieentwicklungen im Bereich LED vergleichbar zu machen.

Im Bereich Mobilität ist eine Änderung des Modal Split in Richtung ÖPNV eine deutliche Effizienzsteigerung, beispielsweise durch Elektrifizierung und alternative Nutzerkonzepte, für eine signifikante Reduktion notwendig.

In der Energieproduktion dominiert im Bereich elektrischer Energie die Photovoltaik und im Bereich Wärme die Biomasse. Es ist mit einer deutlichen, saisonalen Überproduktion und einem steigenden Bedarf für Energiespeicher zu rechnen.

Die Speichertechnologien sind im Bereich Gas und Wärme bereits ausreichend entwickelt und einsatzfähig, dagegen fehlen Praxisbeispiele für das Speichern von elektrischer Energie. Das Stromnetz konnte nicht eingehend untersucht werden; die Integration von *Smart Metern* für die Entwicklung eines *Smart Grids* wird empfohlen. Die Kläranlage stellt einen öffentlichen Großverbraucher dar, könnte aber durch die gezielte Gewinnung von Faulgas nahezu autark betrieben werden. Es kann von einem sich schließenden Metabolismus gesprochen werden, da Fäkalien aus heimischen Haushalten wieder in Energie umgewandelt und teilweise (Wärme) rückgespeist werden können. Die Gesamtbilanz ergab einen Eigenversorgungsgrad im Bereich Wärme von 358 %, im Bereich Strom von 71,5 %.

Die „*Smart City*“ Transformation bestehender Städte oder Stadtteile kann nur durch eine interdisziplinäre Betrachtungsweise geschehen; eine Vielzahl von Betrachtungsebenen sind zu berücksichtigen. Die Methode der Gesamtenergiebedarfsberechnung ermöglicht den gesamten Energiebedarf auf energetischer Ebene abzubilden. Damit können in Modellen die Auswirkungen von Zersiedlung, energetisch nicht angepasster Architektur oder noch nicht ausgereizten Energieernte Flächen leichter identifiziert und dargestellt werden. Wird in weiterer Folge mit Primärenergiefaktoren und in Treibhausgasemissionen gerechnet, können Baumaßnahmen, wie die der Neugestaltung von Stadtteilen, mit einem gesamtgesellschaftlichen Nutzen bewertet werden. Im Maßnahmenplan (Kapitel 5.3) werden Vorschläge für progressive Maßnahmen zur Transformation aufgezeigt.

Folgende Forschungsfragen können aus der Untersuchung abgeleitet werden.

- Wie verhalten sich Stromenergiespeicher im Verbund mit Photovoltaikanlagen und in welchen Größen können diese eingesetzt werden?
- Welche Faktoren sind maßgeblich an der Änderung des Modal Split hin zur sauberen Mobilität verantwortlich.
- Gegenüberstellung von kalkulierten Energiebedarf mit Energieverbrauchsmessungen auf der Basis von „*Smart Meter*“ Messungen im privaten Wohnhaus.
- Welche wirtschaftlichen Auswirkungen hat eine regionale Energieproduktion auf der Basis von regenerativen Energieträgern?

7 Anhang

7.1 Glossar

BeIEB	Beleuchtungsenergiebedarf
BeIEBS	Beleuchtungsenergiebedarf Straße (Eigene Definition)
BGF	Bruttogeschoßfläche
BHKW	Blockheizkraftwerk
DSM	Demand Side Management
DSL	Digital Subscriber Line
fPE	Primärenergiefaktor
GLSB	Gesamtlichtstrombedarf Straße
HHSB	Haushaltsstrombedarf
HTEB	Heiztechnikenergiebedarf
HW	Heizwerk
HWB	Heizwärmebedarf
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
KB	Kühlbedarf
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LTE	Long Term Evolution
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MtRÖE	Millionen Tonnen Rohöleinheiten
NAWARO	Nachwachsende Rohstoffe
NKB	Nachklärbecken
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PJ	Petajoule
Pkm	Personenkilometer
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
VKB	Vorklärbecken
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
WLAN	Wireless Local Area Network
WWWB	Warmwasserwärmebedarf

7.2 Quellenverzeichnis

Bücher und Journal-Artikel

Bertalanffy, Ludwig von (1998): General System Theory: foundations, developments, applications. New York, NY: Braziller.

Braun, R u. a. (1996): Empfehlungen für Kläranlagenbetreiber und Betreiber landwirtschaftlicher Biogasanlagen zur Verwertung biogener Abfälle in Faultürmen. Wien: Universität für Bodenkultur - Institut für angewandte Mikrobiologie.

Darby, Sarah (2006): THE EFFECTIVENESS OF FEEDBACK ON ENERGY CONSUMPTION. Oxford: University of Oxford, Environmental Change Institute.

Dieckmann, Johann (2005): Einführung in Die Systemtheorie: Johann Dieckmann. München: Fink.

Feist, Wolfgang (2003): Das Passivhaus. Müller C.F.

Gujer, Willi (2006): Siedlungswasserwirtschaft. Springer Berlin Heidelberg; Auflage: 3., bearb. Aufl.

Hau, Erich (2008): Windkraftanlagen: Grundlagen, Technik, Einsatz, Wirtschaftlichkeit. 4., vollst. neu bearb. Aufl. Springer Berlin Heidelberg.

Hernández-Muñoz, José M. u. a. (2011): „Smart Cities at the Forefront of the Future Internet.“ In: Domingue, John u. a. (Hrsg.): The Future Internet. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 447–462.

Heuck, Klaus; Dettmann, Klaus-Dieter; Reuter, Egon (2007): Elektrische Energieversorgung. 6., vollst. überarb. u. erw. A. Vieweg.

Hochenauer, Christoph (2008): Grundlagen der Wärmetechnik FH Wels Oberösterreich.

Kaltschmitt, Martin; Hartmann, Hans; Hofbauer, Hermann (2009): Energie aus Biomasse: Grundlagen, Techniken und Verfahren. Springer.

Kaltschmitt, Martin; Streicher, Wolfgang; Wiese, Andreas (2006): Erneuerbare Energien: Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. Springer.

Lang, Günter u. a. (2010): 1000 Passivhäuser in Österreich 3. Dokumentationsperiode 2006 - 2008. Haus der Zukunft.

Lechner, Peter (2000): Kommunale Abfallentsorgung. Facultas.

Masak, Dieter (2009): Digitale Ökosysteme. Springer.

Mattern, Friedemann (Hrsg.): (2007): Die Informatisierung des Alltags. Berlin, Heidelberg: Springer.

Merrill, Karen R. (2007): The Oil Crisis of 1973-1974: A Brief History with Documents. Bedford/St. Martin's (Bedford Series in History & Culture).

Monheim, Heiner (2011): Verkehr in Deutschland- das Problem der geringen Systemeffizienz und großen Innovationsverweigerung.

Neururer, Christoph (2009): Ressourceneffizienz von Passiv- und Niedrigenergiehäusern. Universität für Bodenkultur - Institut für Konstruktiven Ingenieurbau.

Novalin, S (2010): Thermodynamik - Unterlagen zur Vorlesung.

Pelte, Dietrich (2009): Die Zukunft unserer Energieversorgung: Eine Analyse aus mathematisch-naturwissenschaftlicher Sicht: Über die Bedeutung und Entwicklung der Weltenergieressourcen. 2010. Aufl. Vieweg+Teubner Verlag.

Pfeil, Markus u. a. (1998): Solare Nahwärme und Saisonale Wärmespeicherung - Stand der Technik. Forschungsverbund Sonnenenergie „Themen 97/98“.

Quaschnig, Volker (2008): Erneuerbare Energien und Klimaschutz: Hintergründe, Techniken, Anlagenplanung, Wirtschaftlichkeit. Hanser Verlag.

Schaumann, Gunter; Schmitz, Karl W. (2009): Kraft-Wärme-Kopplung. 4., vollst. bearb. u. erw. Aufl. Springer Berlin Heidelberg.

Schoch, Odilo (2006): „Applying digital smart technologies for a sustainable architecture.“ In: Swiss Federal Institute of Technology, Faculty of Architecture.

Treberspurg, Martin; Linz, Stadt; Blaschke, Beverly (2007): solarCity Linz-Pichling: Nachhaltige Stadtentwicklung / Sustainable Urban Development. 1. Aufl. Springer Vienna.

Wagner, Andreas (2009): Photovoltaik Engineering. Springer.

Weiser, Mark (1991): „The Computer for the 21st Century.“ In: Scientific American, (1991).

Wesselak, Viktor; Schabbach, Thomas (2009): Regenerative Energietechnik. 1st Edition. Springer Berlin Heidelberg.

Forschungsberichte von öffentlichen und internationalen Organisationen

Anderl, Michael; Bednar, Wolfgang; Gössl, Michael (2011): Klimaschutzbericht 2011. Umweltbundesamt.

BMWFJ (2011): Energiestatus Österreich 2011. Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend.

ECCP II (2005): Second European Climate Change Programme.

Europäische Kommission (2007a): Ein europäischer Strategieplan für Energietechnologie (SET-Plan). Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2007b): Eine Energiepolitik für Europa. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2010a): Energie 2020 - Eine Strategie für wettbewerbsfähige, nachhaltige und sichere Energie. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2010b): Europa 2020 - Eine Strategie für intelligentes, nachhaltiges und integratives Wachstum. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2009): Investitionen in die Entwicklung von Technologien mit geringen CO₂ Emissionen (SET-Plan). Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2011): Intelligente Stromnetze: von der Innovation zur Realisierung. Europäische Kommission.

European Commission (2011): A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050. Brussels: European Commission.

European Commission (2009): A Technology Roadmap. Brussels: European Commission.

European Commission (2006): European Technology Platform - SmartGrids - Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the Future. Directorate-General for Research Sustainable Energy Systems.

IEA (2009): Key World Energy Statistics 2009. International Energy Agency.

Milota, Eva (2009): Österreichs Städte in Zahlen 2009. Statistik Austria und Österreichischen Städtebund.

OECD/ITF (2011): Transport Outlook 2011 - Meeting the Needs of 9 Billion People. OECD/International Transport Forum.

Pachauri, Reisinger A. (2007): IPCC Fourth Assessment Report (AR4) Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland.

Statistik Austria (2009b): Durchschnittlicher Stromverbrauch der Haushalte 2008 nach Verbrauchskategorien.

Statistik Austria (2009c): Energieeinsatz der Haushalte, Strom- und Gastagebuch 2008 - Strom- und Gaseinsatz sowie Energieeffizienz österreichischer Haushalte.

Statistik Austria (2010a): Energiestatistik: MZ Energieeinsatz der Haushalte 2003/2004, 2005/2006, 2007/2008 und 2009/2010.

Statistik Austria (2009d): Entwicklung der Energieintensität des PKW-Inlandverkehrs 1990-2008.

Statistik Austria (2007): Gebäude- und Wohnungsbestand 1991 und 2001 nach politischen Bezirken.

Statistik Austria (2004): Gebäude- und Wohnungszählung Hauptergebnisse Österreich.

Statistik Austria (2009e): Gesamtenergiebilanz Österreich 1970-2009.

Statistik Austria (2011a): KFZ Bestand 2006-2010.

Statistik Austria (2011b): Mikrozensus Energieeinsatz der Haushalte 2009/2010.

Statistik Austria (2010b): Privathaushalte 2010.

Thomas, Stefan; Böhler, Susanne; Irrek, Wolfgang (2003): Ökonomische Anreize für den Umweltschutz im Bereich der öffentlichen Hand - Bestandsaufnahme und Strategien -. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

UNFCCC (1997): „Kyoto Protocol.“ In: United Nations Framework Convention on Climate Change.

UNFCCC (1992): „Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen.“ In: United Nations Framework Convention on Climate Change.

United Nations (2011): World Population Prospects, the 2010 Revision. United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division, Population Estimates and Projection Section. Online im Internet: <http://esa.un.org/unpd/wpp/Excel-Data/population.htm>.

United Nations (2009a): World Urbanization Prospects, the 2009 Revision. United Nations Department of Economic and Social Affairs Population Division.

United Nations (2009b): World Urbanization Prospects: The 2009 Revision Population Database. Online im Internet: <http://esa.un.org/wup2009/unup/p2k0data.asp>.

Vasseur, Jean-Philippe; Dunkels, Adam (2010): Interconnecting Smart Objects with IP. Burlington, USA: Morgan Kaufmann.

VDB (2010): Zahlen und Fakten: Bahnindustrie und Klimaschutz. Verband der Bahnindustrie in Deutschland. Wegscheider-Pichler, Alexandra (2009): Energiestatistik: Strom- und Gastagebuch 2008. Statistik Austria.

WEO (2008): World Energy Outlook 2008. Internationale Energieagentur.

WEO (2009): World Energy Outlook 2009. Internationale Energieagentur.

WEO (2010): World Energy Outlook 2010. Internationale Energieagentur.

Studien von Forschungseinrichtungen

Bieser, Hemma (2010): smart energy Demo - fit4set 1.Ausschreibung Leitfaden für die Projekteinreichung Klima- und Energiefonds.

Forschungsinstitut für Energie- und Umweltplanung (2011): Energiekataster Niederösterreich 2008. .

Frischknecht, Rolf; Tuchschnid, Matthias (2008): Primärenergiefaktoren von Energiesystemen. Schweiz, Uster: ESU-services GmbH, fair consulting in sustainability.

Hary, Norbert (2003): Örtliches Entwicklungskonzept Teilkonzept Schütttau 2003. Wien: Ingenieurkonsulent für Raumplanung und Raumordnung.

Hary, Norbert (2008): Örtliches Entwicklungskonzept Teilkonzept Schütttau 2008. Wien: Ingenieurkonsulent für Raumplanung und Raumordnung.

Herry, Max; Sedlacek, Norbert; Steinacher, Irene (2007): Verkehr in Zahlen. Herry Consult GmbH.

Kain, Daniela (2011): smart energy Demo - fit4set 2.Ausschreibung Leitfaden für die Projekteinreichung Klima- und Energiefonds. J.

Martischinig, Marceline; Krämer, Michaela (2011): Stadterneuerungskonzept Klosterneuburg. Hollabrunn: Regionalbüro Weinviertel.

Renner, Stephan u. a. (2011): European Smart Metering Landscape Report - Smart Regions. Österreichische Energieagentur.

Schmidt, T u. a. (2003): Saisonale Wärmespeicher – aktuelle Speichertechnologien und Entwicklungen bei Heißwasser-Wärmespeichern. Institut für Technische Thermodynamik (ITT), DLR Stuttgart (= OTTI, Fachseminar Oberflächennahe Geothermie).

Schmidt, Thomas (2012): Solare Nahwärme mit saisonaler Wärmespeicherung in Deutschland. Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme.

Stadtgemeinde Klosterneuburg (2010): smart energy Demo – fit4set 1st Call for proposals, Technical feasibility study in preparation for demonstration projects, Energy initiative Klosterneuburg.

Streicher, Wolfgang; Schnitzler, Hans; Tatzber, Florian (2010): Energieautarkie für Österreich 2050 - Feasibility Studie.

VCÖ-Forschungsinstitut (2011): Gesamtbilanz Verkehr – Rohstoffe, Fahrzeuge, Infrastruktur. (= VCÖ-Schriftenreihe „Mobilität mit Zukunft“ 1/2011).

Wiener Stadtentwicklungskommission (2011): Masterplan - Aspern Seestadt. Online im Internet: <http://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/projekte/zielgebiete/donaustadt-aspern/seestadt/masterplan.html>. Zahoransky, Richard (2007): Energietechnik - Systeme zur Energieumwandlung. Kompaktwissen für Studium und Beruf. 3. Aufl. Vieweg.

Normen, Regelwerke und Gesetze

Europäisches Parlament (2008): Richtlinie 2008/98/EG, Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien.

Europäisches Parlament (2010): RICHTLINIE 2010/31/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung).

European Parliament (2009a): Commission Regulation (EC) No 640/2009, ecodesign requirements for electric motors.

European Parliament (2009b): Directive 2009/147/EC of the European Parliament and of the Council on the conservation of wild birds.

Österreichisches Institut für Bautechnik (2011a): Leitfaden Energietechnisches Verhalten von Gebäuden.

Österreichisches Institut für Bautechnik (2011b): OIB Richtlinie 6 - Energieeinsparung und Wärmeschutz.

Internetquellen

A1 Telekom Austria AG (2012): A1 - Netzabdeckung. Online im Internet: <http://www.a1.net/hilfe-support/netzabdeckung> (Zugriff am: 06.08.2011).

Agrarökonomie LfL (2011): Biogasausbeuten verschiedener Substrate. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. Online im Internet: <http://www.lfl.bayern.de/ilb/technik/10225/> (Zugriff am: 06.08.2011).

Aqua Libre (2012): Aqua Libre Energieentwicklungs GmbH. Online im Internet: <http://www.aqualibre.at> (Zugriff am: 05.08.2011).

Bing (2012): Bing Maps. Online im Internet: <http://www.bing.com/maps/> (Zugriff am: 15.08.2011).

BMLFUW (2011): Topprodukte - Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW). Online im Internet: <http://www.topprodukte.at> (Zugriff am: 15.09.2011).

Denmark DK (2011): The official Website of Denmark, Case: Eco-metropolis of the world. Online im Internet: <http://www.denmark.dk/en/menu/Climate-Energy/Fact-Sheets/Will-Copenhagen-Still-Be-WonderfulIn-2015/CaseEcoMetropolisOfTheWorld.htm> (Zugriff am: 15.09.2011).

E.On (2011): e-home Energieprojekt 2020. Online im Internet: <http://www.rwe.com> (Zugriff am: 15.09.2011).

E-Control (2009): Energiepreise. Behördlicher Regulator des österreichischen Strommarktes. Online im Internet: <http://www.e-control.at> (Zugriff am: 08.08.2011).

EUROPEAN COMMISSION (2011a): Intelligent Energy – Europe: for a sustainable future. Intelligent Energy Europe. Online im Internet: <http://ec.europa.eu/energy/intelligent/#> (Zugriff am: 08.10.2011).

EUROPEAN COMMISSION (2011b): Smart Cities & Communities Initiative. EUROPEAN COMMISSION - Energy. Online im Internet: http://ec.europa.eu/energy/technology/initiatives/smart_cities_en.htm (Zugriff am: 08.10.2011).

European Environment Agency (2009): A Total population - outlook from UNSTAT (Outlook 042). Online im Internet: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/total-population-outlook-from-unstat/total-population-outlook-from-unstat-1> (Zugriff am: 01.10.2011).

European Environment Agency (2011): Households energy consumption by end uses 1990-2008. Online im Internet: http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/ds_resolveuid/NQVEDETC3Q (Zugriff am: 01.10.2011).

Free Flow Power (2012): Free Flow Power. Online im Internet: <http://free-flow-power.com> (Zugriff am: 02.02.2012).

Giffinger, Rudolf u. a. (2011): european smart cities. Online im Internet: <http://www.smart-cities.eu> (Zugriff am: 02.10.2011).

Government of Amsterdam (2011): Smart City Amsterdam. Online im Internet: <http://www.amsterdamsmartcity.nl> (Zugriff am: 02.10.2011).

Government of Malta; TECOM (2011): Smart City Malta. Online im Internet: <http://malta.smartcity.ae/> (Zugriff am: 02.10.2011).

Government of Songdo (2011): A Smart and Sustainable City. Online im Internet: <http://www.songdo.com/songdo-international-business-district/why-songdo/sustainable-city.aspx> (Zugriff am: 02.11.2011).

Hydrovolts (2012): Hydrovolts. Online im Internet: <http://hydrovolts.com> (Zugriff am: 02.02.2012).

IBM (2011): IBM Smarter City. Online im Internet: <http://www.ibm.com/thesmartercity> (Zugriff am: 03.09.2011).

IG, Passivhaus Österreich; Passivhaus, Dienstleistung GmbH (2012a): Passivhaus Datenbank - Betriebsgebäude TIWAG. Online im Internet: http://www.passivehousedatabase.eu/obj_basic_show.php?objID=AT-0380&picSEL=1 (Zugriff am: 04.02.2012).

IG, Passivhaus Österreich; Passivhaus, Dienstleistung GmbH (2012b): Passivhaus Datenbank - Gebietsbauamt. Online im Internet: http://www.passivehousedatabase.eu/obj_basic_show.php?objID=AT-0788 (Zugriff am: 04.02.2012).

IG, Passivhaus Österreich; Passivhaus, Dienstleistung GmbH (2012c): Passivhaus Datenbank - Kammelweg Bauplatz E. Online im Internet: http://www.passivehousedatabase.eu/obj_basic_show.php?objID=AT-0169 (Zugriff am: 04.02.2012).

IG, Passivhaus Österreich; Passivhaus, Dienstleistung GmbH (2012d): Passivhaus Datenbank - Kindergarten Baden Vöslauerstrasse. Online im Internet: http://www.passivhausdatenbank.at/obj_basic_show.php?objID=AT-0652 (Zugriff am: 04.02.2012).

IG, Passivhaus Österreich; Passivhaus, Dienstleistung GmbH (2012e): Passivhaus Datenbank - MFH Anton Heger-Platz. Online im Internet: http://www.passivhausdatenbank.at/obj_basic_show.php?objID=AT-0421 (Zugriff am: 04.02.2012).

IG, Passivhaus Österreich; Passivhaus, Dienstleistung GmbH (2012f): Passivhaus Datenbank - MFH Mühlweg. Online im Internet: http://www.passivhausdatenbank.at/obj_basic_show.php?objID=AT-0377 (Zugriff am: 04.02.2012).

IG, Passivhaus Österreich; Passivhaus, Dienstleistung GmbH (2012g): Passivhaus Datenbank - MFH Quellenstraße. Online im Internet: http://www.passivhausdatenbank.at/obj_basic_show.php?objID=AT-0528 (Zugriff am: 04.02.2012).

IG, Passivhaus Österreich; Passivhaus, Dienstleistung GmbH (2012h): Passivhaus Datenbank - Verwaltungsgebäude. Online im Internet: http://www.passivhausdatenbank.at/obj_basic_show.php?objID=DE-1658 (Zugriff am: 04.02.2012).

IG, Passivhaus Österreich; Passivhaus, Dienstleistung GmbH (2012i): Passivhaus Datenbank - Volksschule Sörg. Online im Internet: http://www.passivhausdatenbank.at/obj_basic_show.php?objID=AT-0761&picSEL=1 (Zugriff am: 04.02.2012).

IG, Passivhaus Österreich; Passivhaus, Dienstleistung GmbH (2012j): Passivhaus Datenbank - WHA Lerchenpark. Online im Internet: http://www.passivhausdatenbank.at/obj_basic_show.php?objID=AT-0657&picSEL=1 (Zugriff am: 04.02.2012).

Kohn Pedersen Fox Associates (2011): Meixi Lake Master Plan - Changsha, China. Online im Internet: <http://www.kpf.com/project.asp?T=8&ID=135> (Zugriff am: 03.10.2011).

Land Niederösterreich (2001): Land Niederösterreich - Statistische Daten der Gemeinden. Land Niederösterreich. Online im Internet: http://www01.noel.gv.at/scripts/cms/ru/ru2/stat_ssi.asp?NR=32408 (Zugriff am: 23.09.2011).

Masdar City (2011): Masdar City. Online im Internet: www.masdarcity.ae (Zugriff am: 23.09.2011).

Mezei, Csaba; Leiner, Vincent (2011): CIVITAS - Cleaner and Better Transport in Cities. CIVITAS Initiative. Online im Internet: <http://www.civitas-initiative.org> (Zugriff am: 23.09.2011).

mobitool (2012): Nachhaltige Mobilität für Unternehmen. Online im Internet: http://www.mobitool.ch/typo/tools/interaktiver_vergleich_von_verkehrsmitteln/vergleich_von_verkehrsmitteln_national/ (Zugriff am: 03.01.2012).

Niederösterreich ATLAS (2012): NÖAtlas. Online im Internet: <http://www.intermap1.noel.gv.at> (Zugriff am: 03.01.2012).

O.Ö. Energiesparverband (2011): O.Ö. Energiesparverband. Online im Internet: www.esv.or.at (Zugriff am: 03.01.2012).

Open Street Map (2012): Open Street Map. Online im Internet: <http://www.openstreetmap.org> (Zugriff am: 03.01.2012).

Pol, Oliver; Shoshtari, Salahaldin (2010): Gesamtenergiekonzept Nachhaltige Stadtteil „Aspern“. AIT Austrian Institute of Technology, Energy Department. Online im Internet: <http://www.energiesystemederzukunft.at/results.html/id6419> (Zugriff am: 03.02.2012).

Rohöl-Aufsuchungs AG (2011): Speichern - Erweiterung der Speicherkapazitäten in 2011. Online im Internet: <http://www.rag-austria.at/geschaeftsbereiche/speichern.html> (Zugriff am: 05.01.2012).

Rundfunk und Telekom Regulierungs-GmbH (2010): Kommunikationsbericht 2010. Wien.

RWE Effizienz GmbH (2011): VORWEG GEHEN Smart Home - Automatische Steuerung. Online im Internet: <http://www.rwe-smarthome.de/web/cms/de/688352/smarthome/allgemein> (Zugriff am: 02.01.2012).

Schmuckenschlager, Stefan (2011): Stadtgemeinde Klosterneuburg. Online im Internet: <http://maps.geoportal.at/Klosterneuburg/synserver?client=flex&project=Klosterneuburg&language=de> (Zugriff am: 22.09.2011).

Statistik Austria (2009a): Bestand an Kraftfahrzeugen 2008. . Online im Internet: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/verkehr/strasse/kraftfahrzeuge_-_bestand/index.html.

Siemens AG (2009): European Green City Index. München. Online im Internet: <http://www.siemens.com> (Zugriff am: 22.09.2011).

Siemens AG (2011a): Green City Index. Online im Internet: <http://www.siemens.com/entry/cc/en/greencityindex.htm> (Zugriff am: 22.12.2011).

Siemens AG (2011b): Sustainable City. Online im Internet: <http://www.siemens.com/sustainable-city/sustainable-city.html> (Zugriff am: 22.12.2011).

SIVBEG (2010): Strategische Immobilien Verwertungs-, Beratungs- und Entwicklungsgesellschaft. Online im Internet: <http://www.sivbeg.at/verkauf-projekte/niederoesterreich> (Zugriff am: 22.12.2011).

Steinbeis-Europa-Zentrum (2011): CONCERTO Initiative. CONCERTO PLUS. Online im Internet: <http://www.concertoplus.eu> (Zugriff am: 22.12.2011).

Tianjii Eco-city (2011): Sino-Singapore Tianjin Eco-city. Online im Internet: <http://www.eco-city.gov.cn/eco/shouye/zoujinshengtaicheng/shengtaichengjianjie/en/en.html> (Zugriff am: 22.01.2012).

Umweltbundesamt (2009): Umweltbundesamt Verkehr Energieeffiziente Mobilität. Online im Internet: <http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/energie/effizienz/effizienzverkehr> (Zugriff am: 22.08.2011).

Verbund (2011): Smarthome - Energieeffiziente Lösung für Ihr Zuhause. Online im Internet: <http://www.verbund.at> (Zugriff am: 20.12.2011).

Verdant Power (2012): Verdant Power. Online im Internet: <http://verdantpower.com> (Zugriff am: 20.01.2012).

Werkstatt für Eigenarbeit e.V. (2011): Das Französische Viertel in Tübingen. Online im Internet: <http://www.werkstadthaus.de/viertel.htm> (Zugriff am: 20.01.2012).

Pressemeldungen

Cassata, Peter (2009): Europe, Russia, and Ukraine: The Gas Crisis in Multimedia. Atlantic Council. Online im Internet: <http://www.acus.org/trackback/2573> (Zugriff am: 20.01.2012).

Grobner, Cornelia (2010): „Magdeburgkaserne: Absiedelung der Pioniere verschiebt sich mindestens auf Ende 2013.“ In: (2010). Online im Internet: <http://regionaut.meinbezirk.at/klosterneuburg/politik/magdeburgkaserne-absiedelung-der-pioniere-verschiebt-sich-mindestens-auf-ende-2013-d41969.html> (Zugriff am: 27.01.2012).

Gebäudedaten

Grolig, Elmar (2011): Stadtgemeinde Klosterneuburg Referat IV/3 - Tiefbau, Verkehr

Köhler; Ziegler (2011): Betriebsanleitung Biogas BHKW SY 050-GSM

Pöll, Thomas; Schuster (2011): Stadtgemeinde Klosterneuburg Referat IV/7 - Wirtschaftshof

Pyrek, Krzysztof (2011): Stadtgemeinde Klosterneuburg Kläranlage Referat GA IV/5 - Abwasserentsorgung

Schuster, Renate (2011): Rohstoff für Biogasproduktion am Wirtschaftshof Klosterneuburg

7.3 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Weltbevölkerung urban/ländlich	3
Abbildung 2 a, anthropogene Treibhausgasemissionen nach Bereichen	4
Abbildung 3 Kyoto relevante Emissionen 2009 Österreich	4
Abbildung 4 Globaler Primärenergiebedarf Referenz Szenario	5
Abbildung 5 Regeneratives Energieangebot	11
Abbildung 6 Prinzipieller Aufbau eines Photovoltaikmoduls mit kristallinen Zellen	12
Abbildung 7 Blockschaltbild eins Netzeinspeisesystems	12
Abbildung 8 Funktionsschema einer Kompressionswärmepumpe	13
Abbildung 9 Funktionsschema einer Absorptionswärmemaschine	14
Abbildung 10 Aufbau verschiedener Rotorbauformen	15
Abbildung 11 Schema Biogasanlage	16
Abbildung 12 Energiebedarf EU Haushalte 2008	19
Abbildung 13 Wohnung nach Art des Wohngebäudes und Bauperiode Zählung 2001	20
Abbildung 14 Intelligente Netze	25
Abbildung 15 Funktion kommunaler Sammelssysteme	27
Abbildung 16 Roadmap Smart City Initiative	34
Abbildung 17 Smart City 1.Call teilnehmende Städte Österreich	36
Abbildung 18 Wirkungsfelder Überblick	37
Abbildung 19 Wirkungsfeld Mensch	38
Abbildung 20 Wirkungsfeld Umwelt	39
Abbildung 21 Wirkungsfeld Technik	40
Abbildung 22 Karte Klosterneuburg	42
Abbildung 23 Übersichtsplan Schüttau 1876	44
Abbildung 24 Quartier Klosterneuburg Luftbildaufnahme und Fußgängerperspektive 2012	45
Abbildung 25 Quartier Schüttau Bestandsplan der vorhandenen Bebauung 2010	46
Abbildung 26 Flächenwidmungsplan Quartier	47
Abbildung 27 Hochwasserabflussbereiche HQ30 Quartier Schüttau	48
Abbildung 28 Luftbild Quartier Berechnungsgrundlage	49
Abbildung 29 Blockschaltbild Kläranlage	56
Abbildung 30 Optionen zur Nutzung von Biogas	57
Abbildung 31 Überblick Solarkatasterpotentialkarte Schüttau	60
Abbildung 32 Solarkatasterpotentialkarte Ausschnitt Firmengelände Electrovac Schüttau	60
Abbildung 33 Erdgasnetz Schüttau	64
Abbildung 34 Nahwärmenetz 2	66
Abbildung 35 Kläranlage Klosterneuburg Luftaufnahme	68

7.4 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Übersicht zu den Themenfeldern einer Smart City.....	8
Tabelle 2 Vergleich analytischer Ansatz mit systemischer Ansatz	9
Tabelle 3 Photovoltaik Zellenwirkungsgrad	12
Tabelle 4 Leuchtmitteltechnologien Überblick	18
Tabelle 5 Gesamtenergieeffizienzbetrachtung für Gebäude	20
Tabelle 6 Energiespeichertypen	22
Tabelle 7 European Smart City Ranking - Eigenschaften und Faktoren.....	31
Tabelle 8 European Smart City Ranking - Ergebnisse aus dem Ranking Plätze 1-3 und 9-13	31
Tabelle 9 European Green City Index – Kategorien und Indikatoren.....	32
Tabelle 10 European Green City Index - Ergebnisse aus dem Ranking Plätze 1-3	32
Tabelle 11 Grunddaten und Flächenverteilung Gemeinde Klosterneuburg	42
Tabelle 12 Energiebedarf	43
Tabelle 13 Aufteilung regionaler Bereitstellung aus regenerativen Energieträgern.....	43
Tabelle 14 Energie- und Flächenbedarf Wohngebäude.....	50
Tabelle 15 Energie- und Flächenbedarf Gewerbe	51
Tabelle 16 Altbestand Gewerbe im Quartier	51
Tabelle 17 Energie- und Flächenbedarf öffentliche Gebäude.....	52
Tabelle 18 Energie- und Flächenverbrauch Kläranlage	52
Tabelle 19 Bestand öffentliche Gebäude	53
Tabelle 20 Energie- und Flächenverbrauch öffentliche Gebäude Bestand.....	53
Tabelle 21 Aufsummierter Endenergiebedarf der betrachteten Gebäude	53
Tabelle 22 Energiebedarf Straßenbeleuchtung.....	54
Tabelle 23 Mobilitätsbedarf Einwohner	54
Tabelle 24 veränderter Mobilitätsbedarf Einwohner durch den Einsatz verfügbarer Technologien.....	55
Tabelle 25 Rohstoffe für Biogasproduktion	56
Tabelle 26 Auslegung BHKW für zusätzliche Faulgasproduktion	57
Tabelle 27 Biomasse Strauchschnitt	58
Tabelle 28 Energieertrag Heizwerk	58
Tabelle 29 Berechnungen über Dach- und Parkflächen im Zielgebiet für die Nutzung von Photovoltaik.....	61
Tabelle 30 Ertragsrechnung Photovoltaik Ausbau	61
Tabelle 31 Abwärmepotential Kläranlage durch Abfluss.....	63
Tabelle 32 Gasspeicher Kläranlage	63
Tabelle 33 Nahwärmenetz 2.....	65
Tabelle 34 Anschlusswerte Kessel und BHKW	68
Tabelle 35 Verbrauch Faulgas Zusammenfassung.....	69
Tabelle 36 Verbrauch Erdgas Zusammenfassung	69
Tabelle 37 Bilanz Neubau Kasernengelände	70
Tabelle 38 Bilanz Kläranlage	70
Tabelle 39 Bilanz Energiebedarf und Energieproduktion	71
Tabelle 40 Zusätzliches Abwärmepotential	71
Tabelle 41 Ertragstabelle Biogas.....	88
Tabelle 42 Ertragstabelle Faulgas.....	88
Tabelle 43 Energieinhalt Strauchschnitt	88
Tabelle 44 Abflusswerte Kläranlage Temperatur 08-09	89
Tabelle 45 Anlagenwirkungsgradtabelle.....	89
Tabelle 46 Annahmen für Berechnung Bedarf Straßenbeleuchtung	89
Tabelle 47 Bestand Leuchtmittel Schütttau	90
Tabelle 48 Berechnung Bedarf Bestand, Eigene Berechnung.....	91
Tabelle 49 Beleuchtung Berechnung LED	92
Tabelle 50 Wohngebäude Neubau – Übersichtstabelle	94
Tabelle 51 Öffentliche Gebäude Neubau – Übersichtstabelle	95

7.5 Daten, Berechnungen und Sonstige Anhänge

Diese Kapitel stellt die zur Berechnung verwendeten Umwandlungsfaktoren und Wirkungsgrade dar.

7.5.1 Biomasse

Erträge NAWARO Biogas	Nm ³ /t FM	CH ₄ [%]	kWh
Speisereste (MW)	97,97	60,67%	6,1
Grasschnitt (MW)	96,50	53,87%	5,4
Altfrittierfett	874	68,00%	6,8
Erdgas	1	100,00%	10,0
Speisereste fettarm. nass	75,4	59,8%	
Speisereste fettreich	126,5	62,0%	
Speisereste mittelfett	92	60,2%	
Speisereste (MW)	97,97	60,7%	
Wiesengras 1.Schn. Beg. Blüte	105,1	53,20%	
Wiesengras 2.f.Schn. Risp.sch.	92,2	54,20%	
Wiesengras 3. Schnitt	92,2	54,20%	
Wiesengras (MW)	96,50	53,87%	

Tabelle 41 Ertragstabelle Biogas (LfL Agrarökonomie 2011)

Substrat	TS [% d. FM]	oTS [% d. FM]	[Nm ³ CH ₄ / kg oTS]	theoretische Gasqualität [% CH ₄ im Biogas]
Biomüll	25,0%	24,5%	0,30	60,2%
Rasenschnitt	20,0%	19,0%	0,34	53,9%
Lebensmittelabfälle	16,0%	14,0%	0,41	60,0%

Tabelle 42 Ertragstabelle Faulgas (LfL Agrarökonomie 2011)

Erträge NAWARO	Zustand	Feuchte	Energie
		ω [%]	[kWh/kg]
Strauchschnitt	frisch geschnitten	40	2,8
Strauchschnitt	teil. Trocken	15	4

Tabelle 43 Energieinhalt Strauchschnitt (Pöll; Schuster 2011)

	2008	2009
	Monatsmittelwert	Monatsmittelwert
	Ablauf. [C°]	Ablauf. [C°]
Jänner	9,4	10,7
Februar	8,6	11
März	9,8	9,7
April	13,2	10,9
Mai	16,1	16,7
Juni	17,3	19,7
Juli	19,1	20,5
August	19,9	21
September	19,4	19
Oktober	16,7	16,9
November	13,8	14,4
Dezember	11,7	11,7
Jahresmittelwert	14,6	15,2

Tabelle 44 Abflusswerte Kläranlage Temperatur 08-09, (Pyrek 2011)

7.5.2 Anlagenwirkungsgradtabelle

Umwandlungsfaktoren					
Erdgas Hi	kWh/Nm³	10	Wirkungsgrad	BHKW _{el} FaulNeu	0,31
Faulgas Hi	kWh/Nm³	6	Wirkungsgrad	BHKW _{th} FaulNeu	0,6
Wirkungsgrad	Kessel Faulg	0,75	Wirkungsgrad	Heizwerk	0,8
Wirkungsgrad	Kessel Erd	0,8			
Wirkungsgrad*	BHKW _{el} Faul	0,3184			
Wirkungsgrad*	BHKW _{th} Faul	0,5414			
Wirkungsgrad*	BHKW _{el} Erd	0,3184			
Wirkungsgrad*	BHKW _{th} Erd	0,5414			
Wirkungsgrad	Heizkraftwerk el	0,2			
Wirkungsgrad	Heizkraftwerk th	0,6			

Tabelle 45 Anlagenwirkungsgradtabelle, (Köhler; Ziegler 2011)

*Werte vom Hersteller Köhler & Ziegler Klärgas /Biogas BHKW SY 050-GSM

7.5.3 Beleuchtung Faktoren

Faktoren	Einheit	Wert	Quelle
red. Leuchtkörper durch Straßenlänge A		1	eigene Berechnung
red. Leuchtkörper durch Straßenlänge B		0,3	eigene Berechnung
red. Leuchtkörper durch Straßenlänge C		0,15	eigene Berechnung
Volllaststunden Alt	[h]	4000	Annahme
Volllaststunden Neu	[h]	3000	Annahme
Abminderungsfaktor A		0,75	Annahme
Abminderungsfaktor B		0,9	Annahme
Abminderungsfaktor C		1	Annahme

Tabelle 46 Annahmen für Berechnung Bedarf Straßenbeleuchtung

Leuchtmittel	Leistung	Lumen	Ra	Quelle
Typ	[W]	[lm/W]		
Nichia Chip on Board Modul NSBWL110		91	83	eigene Wahl
LED Luxeon K2		65	80	Bestand
Philips TL 20 W	20	57	63	Bestand
Philips SON Plus 70W	70	91	25	Bestand
Philips SON-T 100 W	100	90	25	Bestand
Philips SON-T 150 W	150	98	25	Bestand
Philips CPO-TW 45W	45	100	66	Bestand
Philips QL 55W	55	67	80	Bestand

Tabelle 47 Bestand Leuchtmittel Schütttau (Pöll; Schuster 2011)

7.5.4 Beleuchtung Berechnung Bestand

Straße	Anzahl	Bestand							
		Lampe	Leuchtmittel	Leistung	Lumen	Ra	Gesamtleistung Alt	Gesamt Lumen Alt	bereinigt auf Ra 80
Ort	[Stk.]	Typ	Technologie	[W]	[lm/W]		[W]	[lm]	[lm]
Aufeldgasse	32	Philips City Wing	LED	70	65	80	2.240	145.600	145.600
	22	AEГ Ansatzleuchte	2x TL 20W	40	57	63	880	50.160	45.144
	7	Philips Stradasole 530	SON-T 100W	100	90	25	700	63.000	47.250
	6	Philips Stradasole 530	SON-T 150W	150	90	25	900	81.000	60.750
Neue Str. Magdebu	6	AEГ Ansatzleuchte	2x TL 20W	40	57	63	240	13.680	12.312
Donaustraße	46	AEГ Ansatzleuchte	2x TL 20W	40	57	63	1.840	104.880	94.392
	5	City Spirit 460	CPO-TW 45W	45	100	66	225	22.500	20.250
	5	Philips VISTA-A	SON Plus 70W	70	91	25	350	31.850	23.888
	1	Philips Stradasole 530	SON-T 150W	150	98	25	150	14.700	11.025
Garnisonstraße	7	Philips Stradasole 530	SON-T 150W	150	98	25	1.050	102.900	77.175
Inkustraße	24	AEГ Ansatzleuchte	2x TL 20W	40	57	63	960	54.720	49.248
Magdeburggasse	2	AEГ Ansatzleuchte	2x TL 20W	40	57	63	80	4.560	4.104
	10	Philips Stradasole 530	SON-T 150W	150	98	25	1.500	147.000	110.250
Normannengasse	8	Philips Stradasole 400	QL 55W	55	67	80	440	29.480	29.480
Schüttaustraße	11	Philips Stradasole 530	SON-T 150W	173	98	25	1.903	186.494	139.871
SUMME	192						13.458	1.052.524	870.738

Tabelle 48 Berechnung Bedarf Bestand, eigene Berechnung (Pöll; Schuster 2011)

7.5.5 Beleuchtung LED

Straße	Anzahl	neue Technologie						
		Leuchtmittel	Lumen	Ra	Gesamtleistung Neu	red. Straßenlänge	Bedarf Alt	Bedarf Neu
Ort	[Stk.]	Technologie	[lm/W]		[W]		[kWh/a]	[kWh/a]
Aufeldgasse	32	LED Neu	91	83	1.600	1	8.960	4.800
	22	LED Neu	91	83	496	1	3.520	1.488
	7	LED Neu	91	83	519	1	2.800	1.558
	6	LED Neu	91	83	668	1	3.600	2.003
Neue Str. Magdebu	6	LED Neu	91	83	135	1	960	406
Donaustraße	46	LED Neu	91	83	1.037	0,3	2.208	934
	5	LED Neu	91	83	223	0,3	270	200
	5	LED Neu	91	83	263	0,3	420	236
	1	LED Neu	91	83	121	0,3	180	109
Garnisonstraße	7	LED Neu	91	83	848	1	4.200	2.544
Inkustraße	24	LED Neu	91	83	541	0,15	576	244
Magdeburggasse	2	LED Neu	91	83	45	1	320	135
	10	LED Neu	91	83	1.212	1	6.000	3.635
Normannengasse	8	LED Neu	91	83	324	1	1.760	972
Schütttaustraße	11	LED Neu	91	83	1.537	1	7.612	4.611
SUMME	192				9.569		43.386	23.874

Tabelle 49 Beleuchtung Berechnung LED, eigene Berechnung

7.5.6 Wohngebäude Neubau

Typ	Ort	Wohneinheiten	BGF	Energiebezugs- fläche	Geschoße	Bez. Volumen	Heizlast	HWB spez. (EBF)	HWB ges.	WWWB	HTEB	HHSB	Grundfläche	Bewohner	Quelle
		[WE]	[m²]	[m²]	[Anzahl]	[m³]	[W/m²]	[kWh/(m².a)]	[kWh/a] (EBF)	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[m²]	[P]	[Daten]
MFH	PH GIWOG	24	2.476	1.769	4	8.605		4	7.782	32.976	10.176	79.506	619	55	(Neururer 2009, S. 75)
MFH	PH GIWOG	24	2.476	1.769	4	8.605		4	7.782	32.976	10.176	79.506	619	55	“-“
MFH	PH GIWOG	24	2.476	1.769	4	8.605		4	7.782	32.976	10.176	79.506	619	55	“-“
MFH	PH GIWOG	24	2.476	1.769	4	8.605		4	7.782	32.976	10.176	79.506	619	55	“-“
MFH	PH GIWOG	24	2.476	1.769	4	8.605		4	7.782	32.976	10.176	79.506	619	55	“-“
MFH	PH EBS	5	717	512	2	2.473		10	5.121	6.870	2.925	16.564	359	11	(Neururer 2009, S. 76)
MFH	PH EBS	5	717	512	2	2.473		10	5.121	6.870	2.925	16.564	359	11	“-“
MFH	PH EBS	5	717	512	2	2.473		10	5.121	6.870	2.925	16.564	359	11	“-“
MFH	PH EBS	5	717	512	2	2.473		10	5.121	6.870	2.925	16.564	359	11	“-“
MFH	WHA Lerchenpark, Lauterach, 6923 A 1	20	1.766	1.649	3	4.452	10	15	24.735	27.480	5.265	66.255	589	46	(IG; Passivhaus 2012j)
MFH	WHA Lerchenpark, Lauterach, 6923 A 2	20	1.766	1.649	3	4.452	10	15	24.735	27.480	5.265	66.255	589	46	“-“
MFH	WHA Lerchenpark, Lauterach, 6923 A 3	20	1.766	1.649	3	4.452	10	15	24.735	27.480	5.265	66.255	589	46	“-“
MFH	WHA Lerchenpark, Lauterach, 6923 A 4	20	1.766	1.649	3	4.452	10	15	24.735	27.480	5.265	66.255	589	46	“-“
MFH	WHA Lerchenpark, Lauterach, 6923 B 1	20	1.766	1.649	3	4.452	10	15	24.735	27.480	5.265	66.255	589	46	“-“
MFH	WHA Lerchenpark, Lauterach, 6923 B 2	20	1.766	1.649	3	4.452	10	15	24.735	27.480	5.265	66.255	589	46	“-“
MFH	WHA Lerchenpark, Lauterach, 6923 B 3	20	1.766	1.649	3	4.452	10	15	24.735	27.480	5.265	66.255	589	46	“-“
MFH	WHA Lerchenpark, Lauterach, 6923 B 4	20	1.766	1.649	3	4.452	10	15	24.735	27.480	5.265	66.255	589	46	“-“
MFH	MFH Anton Heger-Platz, Wien, 1230	15	2.387	1.251	4	3.378	8	10	12.135	20.610	3.994	49.691	597	34	(IG; Passivhaus 2012e)

Typ	Ort	Wohneinheiten	BGF	Energiebezugs- fläche	Geschoße	Bez. Volumen	Heizlast	HWB spez. (EBF)	HWB ges.	WWWB	HTEB	HHSB	Grundfläche	Bewohner	Quelle
		[WE]	[m²]	[m²]	[Anzahl]	[m³]	[W/m²]	[kWh/(m².a)]	[kWh/a] (EBF)	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[m²]	[P]	[Daten]
MFH	MFH Anton Heger-Platz, Wien, 1230	15	2.387	1.251	4	3.378	8	10	12.135	20.610	3.994	49.691	597	34	-"
MFH	MFH Quellenstraße, Wien, 1100	78	9.002	6.430	4	17.361	6	4	25.720	107.172	20.531	258.395	1.608	179	(IG; Passivhaus 2012g)
MFH	MFH Quellenstraße, Wien, 1100	78	9.002	6.430	4	17.361	6	4	25.720	107.172	20.531	258.395	1.608	179	-"
MFH	Kammelmweg Bauplatz E	80	8.543	7.104	4	19.181	9	11	78.144	109.920	22.683	265.020	2.136	183	(IG; Passivhaus 2012c)
MFH	Kammelmweg Bauplatz E	80	8.543	7.104	4	19.181	9	11	78.144	109.920	22.683	265.020	2.136	183	-"
MFH	MFH Mühlweg, Wien, 1210 A 1	18	3.338	2.263	4	6.109	11	13	29.639	24.732	7.224	59.630	834	41	(IG; Passivhaus 2012f)
MFH	MFH Mühlweg, Wien, 1210 A 2	18	3.338	2.263	4	6.109	11	13	29.639	24.732	7.224	59.630	834	41	-"
MFH	MFH Mühlweg, Wien, 1210 A 3	18	3.338	2.263	4	6.109	11	13	29.639	24.732	7.224	59.630	834	41	-"
MFH	MFH Mühlweg, Wien, 1210 A 4	16	3.338	2.263	4	6.109	11	13	29.639	21.984	7.224	53.004	834	37	-"
MFH	MFH Mühlweg, Wien, 1210 B 1	18	3.338	2.263	4	6.109	11	13	29.639	24.732	7.224	59.630	834	41	-"
MFH	MFH Mühlweg, Wien, 1210 B 2	18	3.338	2.263	4	6.109	11	13	29.639	24.732	7.224	59.630	834	41	-"
MFH	MFH Mühlweg, Wien, 1210 B 3	18	3.338	2.263	4	6.109	11	13	29.639	24.732	7.224	59.630	834	41	-"
MFH	MFH Mühlweg, Wien, 1210 B 4	16	3.338	2.263	4	6.109	11	13	29.639	21.984	7.224	53.004	834	37	-"
SUMME Wohnhaus		SUMME	-		MW			MW	SUMME	SUMME	SUMME	SUMME	SUMME	SUMME	
		786	95.940	71.753	3		216	11	726.382	1.079.964	256.913	2.603.822	24.593	1.800	

Tabelle 50 Wohngebäude Neubau – Übersichtstabelle, eigene Berechnung

7.5.7 Öffentliche Gebäude Neubau

Typ	Ort	Wohneinheiten	BGF	Energiebezugs- fläche	Geschoße	Bez. Volumen	Heizlast	HWB spez. (EBF)	HWB ges.	WWWB	HTEB	HHSB	Grundfläche	Bewohner	Quelle
		[WE]	[m²]	[m²]	[Anzahl]	[m³]	[W/m²]	[kWh/(m².a)]	[kWh/a] (EBF)	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[m²]	[P]	[Daten]
KG	Kindergarten Baden Vöslauerstrasse, Baden, 2500	1	1993	1551	1	4187,7	12	15	23.265	12.408	4.952	12.408	1.993		(IG; Passivhaus 2012d)
VS	Volksschule Sörg, Liebenfels, 9556	1	968,8	692	1	1868,4	11	9	6.228	8.304	2.210	5.536	969		(IG; Passivhaus 2012i)
Versammlungsgebäude	Verwaltungsgebäude Bayern, Deutschland	1	1146,6	819	3	2211,3	14	15	12.285	6.552	2.615	24.570	382		(IG; Passivhaus 2012h)
SUMME öffentliche Gebäude		SUMME	-		MW			MW	SUMME	SUMME	SUMME	SUMME	SUMME	SUMME	
		3	4108,4		1,7			13,0	41.778	27.264	9.777	42.514	3.344		

Tabelle 51 Öffentliche Gebäude Neubau – Übersichtstabelle, eigene Berechnung

7.5.8 Gewerbe Neubau

Typ	Ort	Wohneinheiten	BGF	Energiebezugs- fläche	Geschoße	Bez. Volumen	Heizlast	HWB spez. (EBF)	HWB ges.	WWWB	HTEB	HHSB	Grundfläche	Bewohner	Quelle
		[WE]	[m²]	[m²]	[Anzahl]	[m³]	[W/m²]	[kWh/(m².a)]	[kWh/a] (EBF)	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[m²]	[P]	[Daten]
Büro/Verwaltungsgebäude	Betriebsgebäude TIWAG	1	1936	1637	4	4419,9	17	6	9.822	13.096	5.227	49.110	484	109	(IG; Passivhaus 2012a)
Büro/Verwaltungsgebäude	Betriebsgebäude TIWAG	1	1936	1637	4	4419,9	17	6	9.822	13.096	5.227	49.110	484	109	“-“
Büro/Verwaltungsgebäude	Gebietsbauamt Korneuburg	1	1160	866	3	2338,2	12	11	9.526	6.928	2.765	25.980	387	58	(IG; Passivhaus 2012b)
Büro/Verwaltungsgebäude	Gebietsbauamt Korneuburg	1	1160	866	3	2338,2	12	11	9.526	6.928	2.765	25.980	387	58	“-“
SUMME Gewerbe		SUMME	-		MW			MW	SUMME	SUMME	SUMME	SUMME	SUMME	SUMME	
		4	6192		3,5			8,5	38.696	40.048	15.984	150.180	1.741	334	

Tabelle 52 Gewerbe Neubau – Übersichtstabelle, eigene Berechnung