

Energieschwamm Bruck

L. Kriechbaum, B. Böckl,
T. Kienberger, N. Wohltran,
R. Hermann, M. Fritz,
R. Rauter, R. Baumgartner

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

15/2019

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Auszugsweise Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet. Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung der Republik Österreich und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist. Nutzungsbestimmungen: <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/impressum/>

Energieschwamm Bruck

Lukas Kriechbaum, Benjamin Böckl, Thomas Kienberger,
Nicole Wohltran, Robert Hermann
Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Energieverbundtechnik

Morgane Fritz, Romana Rauter, Rupert Baumgartner
Karl-Franzens-Universität Graz, Institut für Systemwissenschaften,
Innovations- und Nachhaltigkeitsforschung

Leoben, Jänner 2017

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm Stadt der Zukunft des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT). Dieses Programm baut auf dem langjährigen Programm Haus der Zukunft auf und hat die Intention Konzepte, Technologien und Lösungen für zukünftige Städte und Stadtquartiere zu entwickeln und bei der Umsetzung zu unterstützen. Damit soll eine Entwicklung in Richtung energieeffiziente und klimaverträgliche Stadt unterstützt werden, die auch dazu beiträgt, die Lebensqualität und die wirtschaftliche Standortattraktivität zu erhöhen. Eine integrierte Planung wie auch die Berücksichtigung von allen betroffenen Bereichen wie Energieerzeugung und -verteilung, gebaute Infrastruktur, Mobilität und Kommunikation sind dabei Voraussetzung.

Um die Wirkung des Programms zu erhöhen sind die Sichtbarkeit und leichte Verfügbarkeit der innovativen Ergebnisse ein wichtiges Anliegen. Daher werden nach dem Open Access Prinzip möglichst alle Projektergebnisse des Programms in der Schriftenreihe des BMVIT publiziert und elektronisch über die Plattform www.NachhaltigWirtschaften.at zugänglich gemacht. In diesem Sinne wünschen wir allen Interessierten und AnwenderInnen eine interessante Lektüre.

DI Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	9
Abstract.....	12
1 Einleitung.....	15
1.1 Aufgabenstellung	15
1.2 Stand der Technik.....	15
1.3 Verwendete Methoden.....	16
1.3.1 Energiesystemtechnische Analyse	16
1.3.2 Sozioökonomische Analyse.....	19
2 Ergebnisse	21
2.1 Die energetische Analyse	21
2.1.1 Der Status Quo.....	21
2.1.2 Erneuerbare energetische Potentiale	23
2.1.3 Szenarien	24
2.2 Die sozio-ökonomische Analyse	30
2.2.1 Der Status Quo.....	30
2.2.2 Weiterentwicklung der Geschäftsmodelle	32
2.2.3 Analyse des Nachhaltigkeitsbeitrags des Energiesystems aus ökologischer, sozialer und ökonomischer Perspektive.....	32
2.3 Umsetzung und Verallgemeinerung	34
3 Schlussfolgerungen	38
4 Ausblick und Empfehlungen	39
Verzeichnisse	40
Abbildungsverzeichnis	40
Tabellenverzeichnis	40
Literaturverzeichnis	41
5 Anhang.....	42

Kurzfassung

Ausgangssituation/Motivation

Für kleine bis mittlere Städte mit 10.000-25.000 Einwohnern gilt, dass die Entwicklung im Bereich der netzgebundenen Energieversorgung der Stadt nicht im selben Ausmaß betrieben wurde, wie die Stadtentwicklung an sich. Während auf Stadt- bzw. Stadtquartierebene in der Regel klare Strategien hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung bestehen, ist diese strategisch wichtige Grundlagenarbeit im Bereich der kommunalen Energieversorgung noch nicht erfolgt.

Inhalte und Zielsetzungen

Das primäre Ziel des Sondierungsprojekts "Energieschwamm Bruck" für die Stadtregion Bruck an der Mur und Oberaich war die Schaffung von klaren Grundlagen zur Entwicklung und Flexibilisierung des zukünftigen kommunalen Energiesystems. Die Stadt Bruck/Mur mit über 15.000 Einwohnern eignet sich, als Industriestandort und Verkehrsknotenpunkt mit ihren vielen unterschiedlichen Energieträgern, besonders gut als Testfeld zur Entwicklung einer integrativen, smarten Energieversorgung.

In diesem Sondierungsprojekt werden neben der technologischen Ebene auch organisatorische und marktbezogene Fragestellungen, wie zum Beispiel strategische Entwicklungsmöglichkeiten von kommunalen Energieversorgern oder die Akzeptanz von neuen Technologien, transdisziplinär untersucht. Begleitend dazu wurde auch eine allgemeingültige Lösungsmethode für Städte mit 10.000-25.000 Einwohnern erstellt.

Methodische Vorgehensweise

Das Projekt ist in drei sequenziell abzuarbeitende Teile gegliedert. Zunächst wird der Status Quo des heutigen Energiesystems in Bruck an der Mur aufgenommen sowie mögliche Potentiale hinsichtlich zu integrierender erneuerbarer Energieströme bzw. die Notwendigkeit eines Netzausbaus erhoben. Die Abbildung von Energieverbrauch, -erzeugung und der erneuerbaren energetischen Potentiale erfolgte mittels eines eigens dafür entwickelten zellularen Ansatzes zeitlich und örtlich aufgelöst. Auf dem Status Quo aufbauend werden drei Entwicklungsszenarien für das Energiesystem in Bruck an der Mur erarbeitet, die Möglichkeiten für die zukünftige Entwicklung des kommunalen Energiesystems darstellen. Diese werden sowohl energetisch als auch wirtschaftlich und aus Nachhaltigkeitsperspektive bewertet. Im dritten Teil wird, basierend auf den bereits ermittelten Ergebnissen, ein Kataster möglicher Umsetzungsprojekte in Bruck an der Mur definiert. Zusätzlich werden die im Projekt verwendeten Methoden zusammengefasst und verallgemeinert. Unter deren Anwendung sollen für andere Stadtregionen jeweilig stimmige, energiesystemische Entwicklungsstrategien erarbeitet werden können.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Energieversorgung (Strom, Gas, Wärme) der Stadt Bruck an der Mur erfolgt durch unterschiedliche Marktteilnehmer (Stadtwerke Bruck, Brucker Biofernwärme, Energie Steiermark, private Kleinwasserkraftwerke und private PV Anlagen), die sich kommunalen aber auch privatwirtschaftlichen Marktmechanismen unterwerfen müssen und daher mit unterschiedlichen Erfolgsfaktoren und Umsetzungshemmnissen konfrontiert sind. Die Ergebnisse der drei untersuchten Szenarien zeigen mögliche zukünftige Entwicklungsrichtungen des Energiesystems in Bruck/Mur.

Im ersten Szenario, dem Net-System, wurde die erhöhte Einbindung von PV-Strom ins Stromnetz und die dabei erreichbaren Eigendeckungsgrade untersucht. In Bruck/Mur stehen eine Vielzahl an geeigneten Dachflächen zu PV-Stromerzeugung zur Verfügung, nur ein sehr geringer Anteil davon wird derzeit genutzt. Je nach Nutzung der zur Verfügung stehenden Flächen kann der Eigendeckungsgrad der Stromversorgung von derzeit 27% auf 55% erhöht werden, bei der Nutzung von Flexibilitätsoptionen sogar auf bis zu 68%. Obgleich für Bruck ein großes Potenzial für die Einspeisung von Photovoltaik ermittelt wurde, ist auf Grund von aktuellen Gegebenheiten (Preis, Förderungen, etc.) auf Haushaltsebene eine Volleinspeisung der erzeugten Energie tendenziell aus ökonomischer Perspektive nicht vorteilhaft. Somit ist der Einsatz von entsprechenden Speichern, nicht nur auf der Haushaltsebene sondern im System gesamt, ein wichtiges Thema. Mit dem Einsatz eines Speichers auf Haushaltsebene kann die Eigenverbrauchsdeckung maßgeblich erhöht werden, was die Nutzung von solarer Energie auch aus ökonomischer Perspektive attraktiver macht. Da derzeit die Investitionskosten für solche Speichertechnologien noch relativ hoch sind, bietet dies einen Anknüpfungspunkt für Unternehmen, solche Speicher eventuell zentral zur Verfügung zu stellen und Haushalte miteinzubinden.

Im zweiten Szenario wurde die Substitution von Erdgaskesseln zur Wärmebereitung in Mehrfamilienwohnhäusern durch Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen untersucht. Der Wärmebedarf dieser Objekte beträgt 1,7 GWh, neben der Wärme können zusätzlich noch 706 MWh Strom erzeugt werden. Die Primärenergieeffizienz der KWK-Anlagen beträgt 95%. Wird dieselbe Strom- bzw. Wärmemenge aus dem Netz bzw. durch einen Gaskessel zur Verfügung gestellt, beträgt die Primärenergieeffizienz 77%. Werden diese Heizkessel durch KWK-Anlagen ersetzt, so würden diese einen effizienteren Energieeinsatz ermöglichen, da neben Wärme auch Strom produziert werden könnte (sowohl für Eigenverbrauch als auch für Einspeisung ins Netz). Zu diskutieren gilt es aber auch bei KWK-Anlagen, welcher Primärenergieträger verwendet wird. Werden die bis dato genutzten Heizkessel durch KWK-Anlagen ersetzt, so ergibt sich, basierend auf einer Lebenszyklusanalyse mit der Sustainable Process Index (SPI) Methode, für den Betrieb mit Erdgas bzw. Hackschnitzel eine geringere Flächennutzung bzw. ein geringerer Beitrag zum Treibhausgasemissionsfaktor gegenüber dem Status Quo (Status Quo vs. Erdgas: rund 8% weniger Fläche; Status Quo vs. Hackschnitzel: rund 99% weniger Fläche).

Das dritte Szenario beschäftigt sich mit der Einbindung eines Wärmespeichers in das Wärmenetz. Derzeit wird die Wärme durch Abwärme aus einer Papierfabrik sowie zwei Biomassekessel, die nur von November bis März in Betrieb sind, bereitgestellt. Im Modelljahr 2014 betrug der Wärmebedarf 19,7 GWh. Bereits mit einem 150 m³ Speicher, der die Morgen- und Abendspitze abdeckt, ist eine Versorgung basierend rein auf Abwärme möglich. Ab einer Verbrauchssteigerung von 30% steigt die benötigte Speichergröße signifikant an, es müssen dann schon Über- bzw. Unterdeckungen von längeren Zeiträumen ausgeglichen werden. Das Speicherszenario fokussiert primär auf zwei Akteure des Systems, Biofernwärme und Norske Skog und kommt insbesondere dann zum Tragen, wenn der Wärmebedarf in Bruck steigen sollte.

Abschließend wurde ein Umsetzungskataster mit Vorschlägen für unterschiedliche Technologien und deren technologische Marktreife erstellt. Für jedes der untersuchten Szenarien stehen schon marktreife Technologien zur Verfügung. Zusätzlich wurden Vorschläge für Geschäftsmodelle erarbeitet. Die im Projekt angewendeten Methoden wurden verallgemeinert und stehen zur Anwendung auf andere Städte vergleichbarer Größenordnung zur Verfügung.

Ausblick

Im Projekt „Energieschwamm Bruck/Mur“ wurden drei unterschiedliche Entwicklungsszenarien für eine zukünftige Energieversorgung aus regionalen Quellen aufgezeigt. Alle Szenarien erhöhen die energetische Unabhängigkeit der Stadt Bruck an der Mur. Ebenso erhöhen sie die Ressourceneffizienz und senken die CO₂-Emissionen. Durch eine bedarfsgerechte Nutzung der vorhandenen lokalen Ressourcen können unerwartet hohe Eigendeckungsgrade erreicht werden. Da die angewendeten Werkzeuge und Methoden universell anwendbar sind, können aus den erzielten Ergebnissen Richtwerte für vergleichbar geprägte Mittelzentren abgeleitet werden.

Dieses Projekt bildet somit eine solide Basis für eine ganzheitliche und transdisziplinäre Betrachtung von kommunalen Energiesystemen, in der sowohl technische als auch sozio-ökonomische Einflussfaktoren berücksichtigt und bewertet werden können. Zudem wurden Werkzeuge und Methoden wie zum Beispiel der zellulare Ansatz entwickelt, die in weiteren Projekten Anwendung finden.

Abstract

Starting point/Motivation

Developments in the area of grid-connected energy supply for small to medium sized cities with 10,000-25,000 inhabitants were not carried out to the same extent as the urban development itself. In contrast to cities and quarters, where there are clear strategies concerning future developments, this important fundamental work has not yet been performed in the municipal sector.

Contents and Objectives

The key objective of the exploratory study “Energieschwamm Bruck” of the urban region Bruck an der Mur and Oberaich was the establishment of a clear basis for the development and flexibilisation of the future communal energy system. The City Bruck/Mur has over 15,000 inhabitants and is suitable as a testing area for the development of an integrative and smart energy supply. It is an industrial site and transport hub where many different energy sources are utilized. This study evaluates technological as well as organizational and market-based issues. Examples of the performed investigations are the analysis of strategic possibilities to support local energy suppliers, or the importance of the acceptance of new technologies. Besides, a general evaluation method for cities with 10,000-25,000 inhabitants was established.

Methods

The project is divided into three sequential parts. First, the status quo of the current energy system of Bruck an der Mur, the potentials for integrated renewable energy flows and the necessity for a grid extension are detected. The energy consumption, the energy generation as well as the potentials of renewable energies are analyzed with a cellular approach, which was especially designed for this case, and provides temporal and spatial information. Second, on the basis of the status quo, three scenarios that show possibilities for future developments in the communal energy system of Bruck an der Mur, are developed. The scenarios are evaluated energetically and economically. Third, with the results from the first two parts, a list of possible implementation projects for Bruck/Mur is defined. In addition to that, all used methods get summarized and generalized. This guidance can then be used to set up development strategies for energy systems of other urban regions.

Results

The energy supply (electricity, gas, thermal energy) of the city Bruck/Mur is provided by different market operators, which are Stadtwerke Bruck, Brucker Biofernwärme, Energie Steiermark, private small hydropower plants and private photovoltaic systems. They have to adapt to communal as well as commercial market forces, and have to face with various success factors and obstacles. The results of the three investigated scenarios show possible future development opportunities of the energy system for Bruck/Mur.

In the first scenario, the net-system, high shares of electricity from photovoltaic systems are fed into the grid. Additionally the achievable rates of energy and power autonomy are evaluated. In Bruck/Mur there are many suitable roof top areas that can be used for photovoltaic plants. At the moment only a small proportion of it is used. Depending on the share of used area, the rate of power autonomy can be increased from currently 27% to 55%, and with using of options in flexibility even 68% can be reached. Although Bruck/Mur has a high potential for feeding electricity from photovoltaic systems into the grid, the full feeding-in of the produced energy is economically not favourable, because of actual circumstances for private households (price, funding, etc.). Consequently, an important issue is the use of appropriate storage facilities, not only for private homes, but also for the overall system. The rate of energy and power autonomy can be increased significantly by a storage in the area of private households. This makes the usage of solar energy economically more attractive. Due to the fact that, at present the investment costs for such storage technologies are relatively high, companies have the opportunity to provide storage capacity centrally and integrate households.

The second scenario analyses the substitution of natural gas boilers, which provide thermal energy for multi-family dwellings, by combined heat and power plants. The annual heat demand of these objects is 1.7 GWh. Besides heat, additional 706 MWh of electricity can be produced. The primary energy efficiency of the combined heat and power plants is 95%. Compared to that, the same amount of electricity and heat supplied by the grid or from a gas boiler has a primary energy efficiency of 77%. Replacing boilers with CHP units results in a more efficient use of energy, since domestic heat and also electricity is produced (for self-consumption as well as for feeding into the grid). A point of discussion of CHP units is the used primary energy source. Based on the Sustainable Process Index (SPI) method, the substitution of currently operating boilers with CHP units leads to two effects. Taking into consideration the whole life cycle, the operation with natural gas or wood chips leads to a smaller land utilisation and the contribution to the greenhouse effect decreases (status Quo vs. Natural gas: about 8% less land area, Status Quo vs. Wood chips: about 99% less land area).

The third scenario involves the inclusion of a thermal energy storage into the heating network. At present, heat is provided by a paper mill as waste heat and by two biomass boilers, which operate from November to March. In the model year 2014, the heat demand was 19.7 GWh. Already with the inclusion of a 150 m³ hot water storage the heat demand can be solely covered by waste heat, including consumption peaks in the morning and in the evening. However, if there is a rise in the heat demand of more than 30%, the needed storage size will increase significantly. In this case surplus covers and undersupplies have to be compensated for longer time periods. The storage scenario focuses on two parties, the biological district heat and Norske Skog. These are especially relevant, if the heat demand in Bruck/Mur will increase.

At the end, the study provides a list of suggestions for different technologies and their market maturity. There are market-ready technologies available for every investigated scenario.

Furthermore, the study serves proposals for business models. The generalized methods used in the project can be applied to other cities of comparable size.

Prospects / Suggestions for future research

The study “Energieschwamm Bruck” investigates three scenarios of possible future energy supplies from local sources. All scenarios lead to a greater energy independence of the city Bruck/Mur. In addition to that, the resource efficiency rises and the CO₂-Emissions decline. An appropriate usage of the available local resources results in an unexpected high rate of energy and power autonomy. Since the applied instruments and methods are generally valid, guideline values for similar locations can be derived from the results.

This project is a solid basis for holistic and transdisciplinary considerations of municipal energy systems, which include technical as well as socio-economic factors. Furthermore, other methods like the cellular concept were developed, which is applied in other projects.

1 Einleitung

Für eine positive, zukünftige Entwicklung von kommunalen Energiesystemen ist ein ganzheitlicher Ansatz notwendig. Neben technologischen Fragestellungen sind auch sozio-ökonomische Einflüsse, wie zum Beispiel die Wahl der richtigen Geschäftsmodelle oder die Akzeptanz der Veränderungen in der Bevölkerung, wichtig.

1.1 Aufgabenstellung

Im Sondierungsprojekt „Energieschwamm Bruck/Mur“ sollen klare Grundlagen zur zukünftigen Entwicklung und Flexibilisierung des kommunalen Energiesystems geschaffen werden. Ziel ist es, für die österreichische Mittelstadt Bruck/Mur, ein Energieentwicklungskonzept zu erstellen und den kommunalen und privatwirtschaftlichen Stakeholdern einen Kataster mit möglichen Umsetzungsprojekten zur Verfügung zu stellen. Dabei sollen neben den energietechnischen Fragestellungen auch zukünftig einsetzbare Geschäftsmodelle und Nachhaltigkeitsaspekte berücksichtigt werden.

1.2 Stand der Technik

Die derzeitige Energieversorgung von Städten beruht überwiegend auf nicht regenerativen fossilen Brennstoffen. In Österreich kommt im OSZE-Vergleich ein im Verhältnis großer Anteil von über 30 % an erneuerbarer Primärenergie zum Einsatz.

Städte an sich haben aufgrund ihrer hohen Bevölkerungsdichte ein großes Potential für eine energieeffiziente Gestaltung ihrer Infrastruktur (Haas et al. 2013). Um dieses Potential, vor dem Hintergrund der Erfüllung der Klimaziele zur Abschwächung der Auswirkungen des Klimawandels, ausnutzen zu können, ist eine radikale Umgestaltung der urbanen Energieversorgung von Nöten. Da die einzusetzenden erneuerbaren Energien nicht vollständig planbar und teilweise fluktuierend zur Verfügung stehen, stellen diese andere Anforderungen an die Transportnetze und die Versorgungsinfrastruktur als die Energieträger des derzeitigen Energieversorgungssystems. Das geringe Platzangebot im urbanen Umfeld beschränkt zudem die Möglichkeiten der erneuerbaren Energieerzeugung innerhalb des Stadtgebietes. Derzeit bieten sich meist nur große Dachflächen zur Produktion von Strom (Photovoltaik) und Wärme (Solarthermie) an. Sofern es die geografische Situation zulässt, ist außerdem die Nutzung von Windenergie, Wasserkraft bzw. Geothermie möglich (Haas et al. 2013). Im Umland der Stadt wird es durch den Ausbau der erneuerbaren Energien (Wind, Sonne, Biomasse) zeitlich immer wieder zu Stromüberschüssen kommen, die lokal nicht integriert werden können und in die überregionalen Netze abtransportiert werden müssen, was aber auch nur begrenzt möglich ist. Aus diesem Grund wird die Energiespeicherung in Zukunft eine wichtige Rolle spielen. Durch effiziente Umwandlungssysteme zwischen den einzelnen Energieträgern sowie einer intelligenten Verknüpfung der verschiedenen Energienetze miteinander, lassen sich nicht nur die kurzfristigen Fluktuationen, sondern auch die saisonalen Schwankungen in der erneuerbaren

Energieerzeugung ausgleichen. Für alle Stakeholder der kommunalen Energieversorger (Stadtgemeinde, Stadtwerksunternehmen, private Versorgungs-unternehmen) stellt sich die Frage, wie sie die Energieversorgungssysteme der Stadt in Zukunft gestalten werden, damit die Stadt das Energiedargebot der Stadt und des Umlands wie ein „Energieschwamm“ optimal verwerten kann (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie 2014).

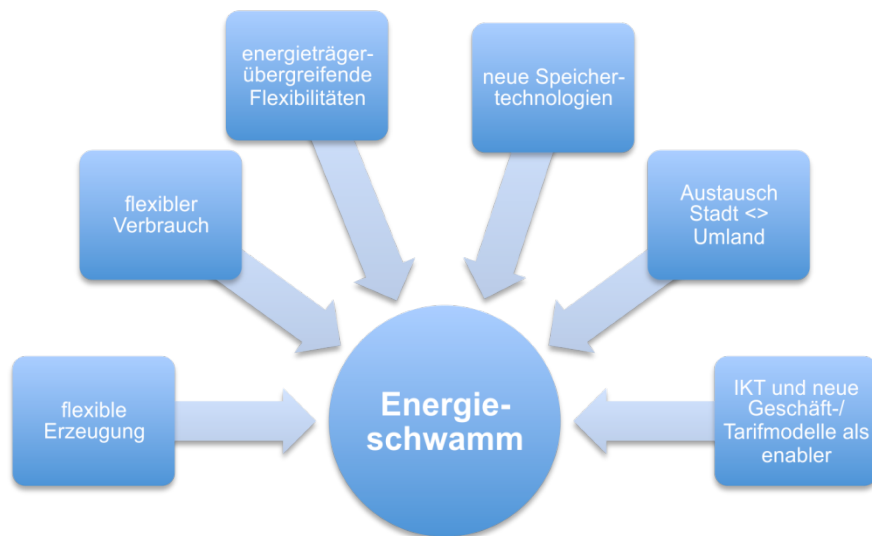


Abbildung 1-1: Unterschiedliche Aspekte und Herausforderungen im Forschungsfeld „Die Stadt als Energieschwamm“ (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie 2014)

Während Strategiebetrachtungen für die zukünftige Energieversorgung von größeren Städten, wie zum Beispiel Wien (Haas et al. 2013), bereits durchgeführt wurden, existieren diese für Städte wie Bruck an der Mur in der Größenordnung von 10.000 bis 25.000 Einwohner noch nicht. Die zur Verfügung stehenden Technologien sind jedoch sowohl für große als auch kleine und mittlere Städte die gleichen. Die Aufgabe des „Energieschwamms Bruck“ ist es, die Abstimmung zwischen (dezentraler) Energieerzeugung, Speicherung, Transportinfrastruktur und des Verbrauchs zu koordinieren, und dies bei gleichzeitig hoher Versorgungsqualität.

1.3 Verwendete Methoden

1.3.1 Energiesystemtechnische Analyse

Die energiesystemtechnische Analyse dient der Abbildung, Beschreibung und Bewertung von Energiesystemen. Für die zeitlich und örtlich aufgelöste Abbildung von Energieumwandlung, Verbrauch und den Lastflüssen in den Hauptsträngen wurde ein zellulärer Ansatz entwickelt. Zur Bewertung der Szenarien wurden Kennzahlen wie Primärenergieeffizienz, Energie- und Leistungsautonomie so wie der Abwärmenutzungsgrad verwendet.

1.3.1.1 Der zelluläre Ansatz

Zur besseren örtlichen und zeitlichen Abbildung von Erzeugung, Verbrauch und Energieflüssen wurde ein zellulärer Ansatz entwickelt (Böckl et al. 2016). Er ist eine flexible

Methode, die es dem Anwender ermöglicht, einen Kompromiss zwischen Abbildungsgenauigkeit und Rechenaufwand nach individuellen Bedürfnissen zu erzielen. Dazu werden alle wesentlichen Gebäudeeinheiten typisiert, in Zellen von zumindest 150 Verbrauchern eingeteilt und als Netzknoten zusammengefasst (Abbildung 1-2). Dies ermöglicht auch bei unvollständiger Datenlage eine Modellierung von Energieverbrauchern in guter Näherung und wird mittels einer Kombination aus Messwerten und Standardlastprofilen realisiert. Die Beschreibung der einzelnen Prozessschritte zur Durchführung einer Energiesystemtechnischen Analyse nach dem entwickelten Ansatz findet sich in Sektion **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** im Anhang „Leitfaden für regionsbezogene Energieprojekte“ dieses Dokuments.

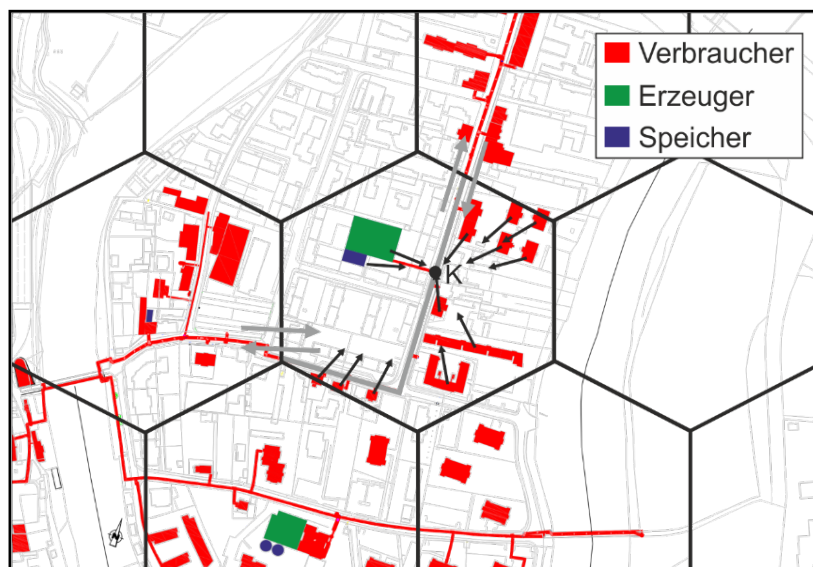


Abbildung 1-2: Schematische Funktionsweise des zellularen Ansatzes

1.3.1.2 Kennzahlen

Energiekennzahlen bieten die Möglichkeit, qualitative Aussagen über den Einsatz von Energie zu machen und einer Vergleichbarkeit und Bewertung unterschiedlicher Versorgungsszenarien. Die folgenden beschriebenen Kennzahlen wurden im Projekt „Energieschwamm Bruck“ eingesetzt.

Als energetische Kennzahlen zur Bewertung des Net-Szenarios wurden die Energie- und Leistungsautonomie gewählt. Zur Beschreibung der energetischen Eigenversorgung bzw. Unabhängigkeit werden unterschiedliche Autonomiegrade definiert (Abbildung 1-3). Die Energieautonomie ε_{EA} beschreibt das Verhältnis von lokaler Energieerzeugung zu lokalem Verbrauch. Sie kann 100% übersteigen.

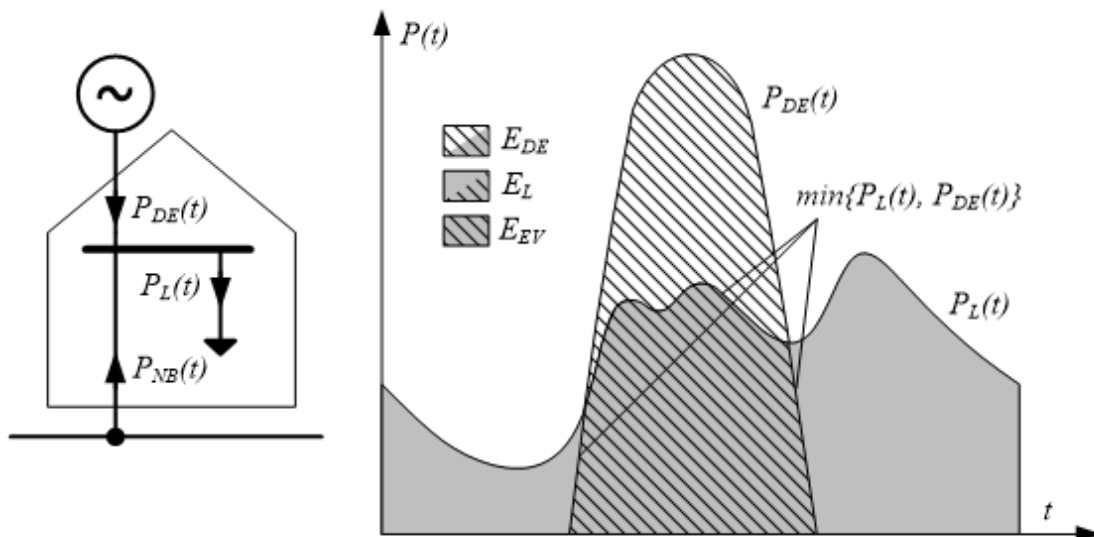


Abbildung 1-3: Energie- und Leistungsautonomie (mit freundlicher Genehmigung Prof. Gawlik TU Wien). Zeichenerklärung: Leistung P , Energie E ; Indices: Last L , erneuerbare Einspeisung DE , erneuerbarer Verbrauch EV .

$$\varepsilon_{EA} = \frac{E_{EV}}{E_L} = \frac{\int P_{DE}(t) dt}{\int P_L(t) dt}$$

Es wird nicht berücksichtigt, ob die Energie zum Produktionszeitpunkt auch lokal verwertet werden kann. Dies beschreibt die Leistungsautonomie ε_{LA} . Durch diese Kennzahl wird die lokal produzierte Energie, die auch lokal genutzt werden kann, mit dem Energieverbrauch verglichen. Überschüssige Energie muss exportiert werden. Die Leistungsautonomie kann maximal 100% annehmen.

$$\varepsilon_{LA} = \frac{E_{EV}}{E_L} = \frac{\int \min\{P_L(t), P_{DE}(t)\} dt}{\int P_L(t) dt}$$

Primärenergie bezeichnet die Energie, welche durch natürlich vorkommende Energiequellen zur Verfügung steht. Ein Maß für die effiziente Nutzung dieser Energiequellen ist die Primärenergieeffizienz η_{PE} , das Verhältnis von Nutzenergie E_{NE} zu aufgewendeter Primärenergie E_{PE} .

$$\eta_{PE} = \frac{E_{NE}}{E_{PE}}$$

Die Primärenergie setzt sich aus dem Umwandlungseinsatz und der zu dessen Bereitstellung benötigten Endenergie in der Vorkette zusammen. Die Berechnung der eingesetzten Primärenergie je Endenergie erfolgt über Primärenergiefaktoren. Diese Faktoren beinhalten den gesamten Energieaufwand von der Quelle bis zum Nutzer unter Berücksichtigung anfallender Verluste während der Gewinnung, des Transportes, der Umwandlung und Erzeugung von Endenergie aus Primärenergie.

Der Abwärmenutzungsgrad ε_{AW} beschreibt den genutzten Anteil der zur Verfügung stehenden Abwärme, der nicht genutzte Rest muss in die Umgebung abgeführt werden. Er ist das Verhältnis von Nutzwärme Q_N zu Abwärmepotential Q_{AWP} .

$$\varepsilon_{AW} = \frac{Q_N}{Q_{AWP}}$$

Mit dem Abwärmenutzungsgrad kann bewertet werden, wie gut der Lastgang der Abwärme mit dem Lastgang des Bedarfs übereinstimmt. Zusätzlich lässt sich beurteilen, inwieweit das Hinzufügen eines thermischen Speichers die Abwärmenutzung steigern kann.

1.3.2 Sozioökonomische Analyse

1.3.2.1 Literaturanalyse

Um Geschäftsmodelle zu definieren, aber auch um generell anwendungsorientierte Konzepte für alle Partner vorzulegen, ist es wesentlich, möglichst alle direkt und indirekt beteiligten Akteure zu identifizieren und ihre Rollen zu definieren. Für die Durchführung dieses Prozesses, der Stakeholder-Identifikation (Reed et al., 2009), wurde wie folgt vorgegangen: Erstens wurde dafür die wissenschaftliche Literatur sowie bereits existierende Dokumente und Berichte (z.B. Tragner et al., 2007) im Bereich Geschäftsmodelle im Energiebereich analysiert und Best-Practice-Beispiele, vor allem aus Österreich und Deutschland, miteinander verglichen. Die systematische Literatursuche und -analyse führte – basierend auf der Verwendung von Key Words wie Erneuerbare Energien, Energieregionen, Stadtwerke, Geschäftsmodelle, Strategien und Handlungsoptionen, Szenarien, Nachhaltigkeit, Finanzierung – zu einer Datenbasis bestehend aus Forschungsartikeln (n=24), Konferenzbeiträgen/Präsentationen (n=16), Berichten/Studien (n=27), Diplomarbeiten/Masterarbeiten/Dissertationen (n=8), Büchern (n=3) und etwaigen anderen Dokumenten (n=4).

1.3.2.2 Stakeholderanalyse und Stakeholderworkshop

Dies diente insbesondere auch als Basis für den Stakeholderworkshop, welcher im September 2015 stattfand. Ziel dieses Workshops zum Thema „Stakeholderanalyse“ war die Validierung der für das Energiesystem Bruck an der Mur zuvor identifizierten Stakeholder. Als Akteure (Stakeholder) wurden jene Personen oder Organisationen bezeichnet bzw. identifiziert, welche derzeit oder zukünftig eine Rolle bei der Änderung des Energiesystems Bruck an der Mur spielen bzw. spielen könnten (z. B. Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien, infrastrukturelle Maßnahmen, neue Geschäftsmodelle). Dabei wird zwischen lokalen Stakeholdern und regionalen/nationalen/internationalen Stakeholdern unterschieden. Während lokale Stakeholder das Energiesystem direkt beeinflussen können bzw. direkt davon beeinflusst werden, sind regionale/nationale/internationale Stakeholder nur indirekt betroffen und nehmen daher auch schwächer Einfluss auf das System.

1.3.2.3 Business Model Canvas

Der Business Model Canvas (BMC) ist eine mögliche Darstellungsform von Geschäftsmodellen und umfasst folgende Grundelemente: Schlüsselpartner (Key Partners), Schlüsselaktivitäten (Key Activities), Schlüsselressourcen (Key Resources), Wertangebot (Value Proposition), Kundenbeziehungen (Customer Relationships), Kanäle (Channels), Kundensegmente (Customer Segments), Kostenstruktur (Cost Structure) und Einnahmequellen (Revenue Streams) (siehe u.a. Osterwalder, Pigneur, 2010; Osterwalder et al., 2015). Dieser Business Model Canvas wurde im Rahmen des Projektes für die Analyse der Geschäftsmodelle mit den jeweiligen Partnern eingesetzt.

2 Ergebnisse

2.1 Die energetische Analyse

In einem ersten Schritt wurde der Status Quo des Energieverbrauchs und der -erzeugung sowie der energetischen Potentiale erhoben. Darauf aufbauend wurden drei unterschiedliche mögliche Entwicklungsszenarien für das Energiesystem der Stadt Bruck/Mur erstellt und diese anhand von geeigneten Kennzahlen bewertet.

2.1.1 Der Status Quo

Der zellulare Ansatz wurde auf das Gemeindegebiet von Bruck/Mur angewandt. Die Zelleneinteilung orientiert sich an der Topografie und den Besiedelungs- und Netzstrukturen, Während man die relativ dünn besiedelten Zellen an den Außengrenzen des Gemeindegebiets auf Grund ihrer Größe noch gut erkennen kann, wurde der gekennzeichnete rote Bereich im rechten Bild vergrößert dargestellt (Abbildung 2-1).



Abbildung 2-1: Zelleneinteilung im Gemeindegebiet Bruck an der Mur (links) - Zelleneinteilung des Zentrums Bruck an der Mur (rechts) (Quellen: Luftbild: Basemap Orthofoto, Rest: eigene Darstellung)

Die Netztopologien für die einzelnen Energieträger Strom, Gas und Fernwärme wurden seitens der Projektpartner Stadtwerke Bruck/Mur und Biofernwärme sowie den LOI-Partnern E-Netze Steiermark zur Verfügung gestellt. Aus den einzelnen Netztopologien wurden die wichtigsten Energieknoten und Einspeiser ermittelt. In einem weiteren Schritt wurden diese mit dem oben beschriebenen zellularen Ansatz zu einer Gesamtsystem-Netztopologie zusammengefasst. Abgebildet wurden rein jene Energieströme, die über die Zellengrenzen transportiert werden.

Die Energieerzeugung und -verbräuche wurden für jede Zelle für Strom, Gas und Fernwärme in einer 15-Minuten Auflösung dargestellt:

Fernwärme: Für die größten Verbraucher wurden seitens der Biofernwärme 15-Minuten Messdaten zur Verfügung gestellt, für alle anderen der Jahresenergieverbrauch. Die Jahresenergieverbrauchsdaten wurden mit synthetischen Lastprofilen und Temperaturmessdaten der ZAMG zeitlich aufgeteilt.

Gas: Beim Gasverbrauch wurden die Jahresenergieverbräuche, aufgeteilt nach Heizgas, Gewerbe und Industrie, je Zelle seitens der E-Netze Steiermark zur Verfügung gestellt. Diese wurden mittels synthetischen Lastprofilen und Temperaturmessdaten der ZAMG zeitlich aufgeteilt.

Strom: Die Abbildung des zeitlich aufgelösten Stromverbrauchs erfolgte über die Standardlastprofile der e-control. Zur Abschätzung des gesamten Jahresenergieverbrauchs der Stadt Bruck an der Mur wurde die Verbrauchsstruktur, sowie die Einwohnerzahlen der Steiermark bzw. der Stadt Bruck an der Mur herangezogen. Unter Verwendung des Gebäudekatasters werden die Einwohner je Zelle bestimmt. Durch Multiplikation mit dem durchschnittlichen Stromverbrauch pro Person konnte der Energiebedarf des Haushaltssektors je Zelle ermittelt werden. Die weitere Aufteilung des Gesamtenergieverbrauchs auf die Zellenstruktur, sowie auf die Standardlastprofile erfolgt über den Gebäudekataster und der darin enthaltenen Information zum Gebäudetyp.

In Bruck/Mur gibt es vier Wasserkraftwerke sowie zwei PV-Bürgerkraftwerke, die in das Netz der Brucker Stadtwerke einspeisen. Mehrere Haushalte haben Aufdach-PV-Anlagen installiert. Die Erträge der Wasserkraftwerke wurden als Bandlast gemäß den Einspeiseprofilen der e-control und die der PV durch ein Einstrahlungsmodell und gemessene Einstrahlungsdaten der ZAMG modelliert. Der gesamte Gasbedarf wird aus dem übergeordneten Netz bezogen, 95% des gesamten Erdgasverbrauchs werden für industrielle Anwendungen benötigt.

Die Fernwärme wird lokal durch die Abwärme der Papierfabrik der Fa. Norske Skog sowie ein Biomasseheizwerk, das mit Hackgut aus der Region betrieben wird, bereitgestellt. Die maximale Abwärme-Einspeisung aus der Norske Skog beträgt 6 MW. Im Heizwerk stehen zwei Biomassekessel mit je 4 MW zur Verfügung. 2014 betrug der Fernwärmeverbrauch 17 GWh, 4 GWh davon wurden aus dem Heizwerk bereitgestellt, der Rest stammt aus industrieller Abwärme von der Fa. Norske Skog. Die eingespeisten und verbrauchten Energiemengen finden sich in Tabelle 1. Die verantwortlichen Stakeholder in Bruck/Mur erwarten keine signifikanten Änderungen in der Bewohnerzahl und -zusammensetzung bzw. der Unternehmensstruktur. Dadurch ist von keiner großen Veränderung des Energiebedarfs auszugehen, auch wenn Verschiebungen zwischen den Energieträgern möglich sind.

	Verbrauch in GWh	Erzeugung in GWh
Strom	110,2	30,0
Gas	1.330	0
Fernwärme	17	17

Tabelle 1: Energieerzeugung und -verbrauch in Bruck/Mur 2014

2.1.2 Erneuerbare energetische Potentiale

Die solaren Potentiale wurden mittels Daten aus dem Solardachkataster des Landes Steiermark und Einstrahlungs- und Temperaturdaten der ZAMG für Bruck/Mur erhoben. Im Solardachkataster sind alle für eine solare Nutzung geeigneten Dachflächen ausgewiesen, die nutzbare Fläche beträgt 306.850 m², wovon derzeit nur ein vernachlässigbar geringer Anteil genutzt wird. Für die Potentialerhebung wurden rein die Dachflächen berücksichtigt, mögliche Freiflächen wurden unberücksichtigt gelassen. Es wurde ein auf physikalischen Prinzipien basierendes Modell für die Berechnung der zeitlich aufgelösten Erträge für Photovoltaik und Solarthermie erstellt. Mit den Wetterdaten aus 2014 wurde unter der Annahme des Ausbaues aller Dachflächen ein PV-Potential von 46,5 GWh bei einer Spitzenleistung von 45 MW für das gesamte Gemeindegebiet berechnet. Die nach Zellen aufgelösten Ergebnisse sind in Abbildung 2-2 dargestellt. Für die Solarthermie wurde ein Potential von 118,7 GWh berechnet.

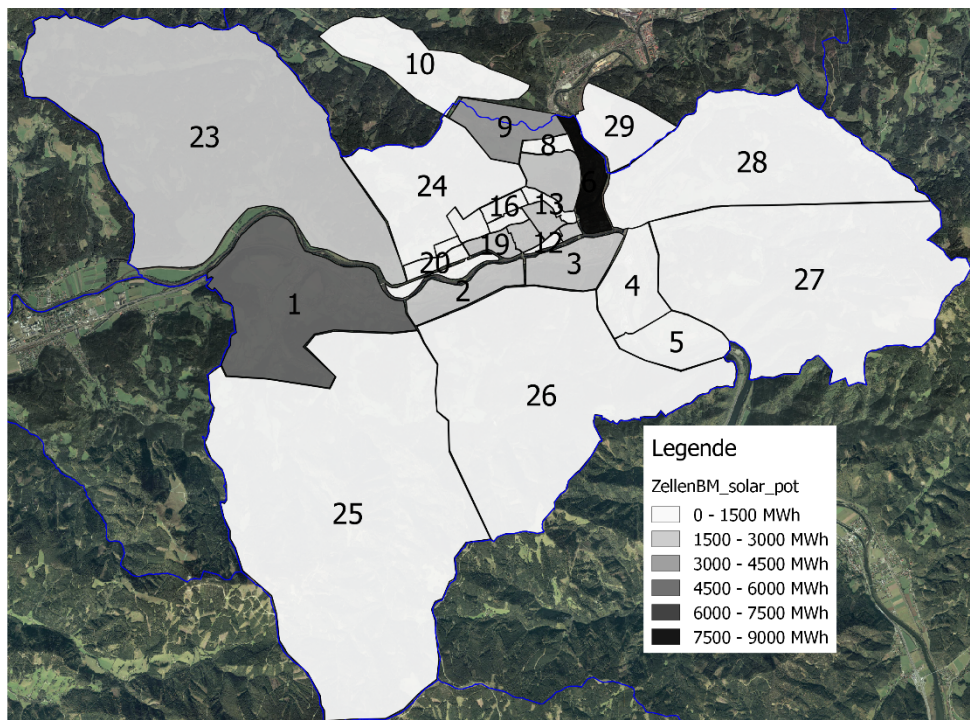


Abbildung 2-2: PV-Potentiale Bruck/Mur nach Zellen aufgelöst (Quellen: Luftbild: Basemap Orthofoto, Rest: eigene Darstellung)

Neben der bereits genutzten Abwärme wurden bei der Fa. Norske Skog weitere ungenutzte Abwärmeströme erhoben. Aufgrund von in Kürze stattfindenden Änderungen im Produktionsprozess werden sich diese ändern und deswegen von einer energetischen Bewertung abgesehen. Es wird angeraten, diese nach den durchgeführten Anpassungen mit den aktuellen Abwärmeströmen nachzuholen. Zusätzlich zur industriellen Abwärme wurde auch das Wärmepotential des kommunalen Kanals erhoben. Vor der Einspeisung in die Kläranlage können 120 kW mittels Wärmepumpe genutzt werden. Aufgrund der Ablegenheit der Kläranlage und der zeitlichen Nichtübereinstimmung von Angebot und Bedarf wurde von einer weiteren Einbindung abgesehen. In der Kläranlage fallen jedes Jahr 920 t Klärschlamm an. Wird dieser auf 90% Trockengehalt getrocknet, fällt ein Brennstoff mit insgesamt 907 MWh an. Dies entspricht 5% des Fernwärmebedarfs. Das Windkraftpotential

wurde bereits in einem vorangegangenen Projekt (Hermann 2015) erhoben, die Erschließung wurde jedoch als nicht wirtschaftlich beurteilt.

Der Stadtforst der Gemeinde Bruck/Mur hat eine Gesamtfläche von 1.709 Hektar, wovon 1.100 ha Wirtschaftswald sind. Der Hiebsatz, das ist jene Menge an Holz, die dem Wald bei einer nachhaltigen Bewirtschaftung jährlich entnommen werden kann, beträgt 8.000 Erntefestmeter. Der jährliche Einschlag, die tatsächliche dem Wald entnommene Holzmenge, betrug zwischen 2005 und 2014 10.463 Erntefestmeter. Durchschnittlich knapp 98% des jährlichen Einschlages sind Nadelholz, davon werden lediglich unter 4% energetisch genutzt. Der restliche Einschlag ist Laubholz, das überwiegend als Brennholz genutzt wird. Insgesamt werden derzeit 5,5% des Einschlags energetisch genutzt, österreichweit werden 26% des Holzeinschlages energetisch genutzt. Die Ergebnisse der energetischen Betrachtung dieser beiden Szenarien sowie einer Vollnutzung sind in Tabelle 2 angeführt. Bei einer Vollnutzung können 80%, bei einer 26%-Nutzung 20% und beim Status Quo 5% des Fernwärmebedarfs aus dem Stadtforst gedeckt werden.

Tabelle 2: Biomassepotentiale Brucker Stadtforst bei energetischer Vollnutzung (100% Nutzung), österreichweit durchschnittlicher Nutzung (26% Nutzung) und derzeitiger energetischer Nutzung (5,5% Nutzung)

	100% Nutzung	26% Nutzung	5,5% Nutzung
Durchschnitt 2005-2014 in MWh/Jahr	21.299	5.538	1.284
Hiebsatz in MWh/Jahr	16.285	4.234	1.098

2.1.3 Szenarien

Aus Gesprächen mit den verantwortlichen Stakeholdern der Stadt Bruck ergab sich, dass in Zukunft keine Änderungen in der Bewohnerzahl und -zusammensetzung bzw. der Unternehmensstruktur zu erwarten sind und dadurch nicht mit einem signifikanten Anstieg des Gesamtenergieverbrauchs gerechnet wird. Verschiebungen zwischen den einzelnen Energieträgern sind allerdings möglich.

Aus den Potentialen, die im Zuge des AP 3 erhoben wurden, konnten die drei Szenarien „Net-System“, „Smart-System“ und „Mixed-System“ entwickelt werden. Zusätzlich flossen die Ergebnisse des Stakeholderprozesses in die Szenarienbildung ein.

1. Das „Net-System“-Szenario behandelt die Photovoltaik-Integration und die Auswirkungen auf das Stromnetz.
2. Das „Mixed-System“ Szenario behandelt den Einsatz von KWK-Anlagen in Mikrowärmenetzen zur Anhebung der Primärenergieeffizienz.
3. Das „Smart-System“-Szenario behandelt die Integration eines Wärmespeichers zur besseren Nutzung von Abwärme und Substitution von Biomasse und Erdgas.

2.1.3.1 Net-System: PV Integration

Das Szenario der Photovoltaik-Integration bezieht sich auf die Nutzung der identifizierten, geeigneten Dachflächen außerhalb der Ortsbildschutzzone zur Stromerzeugung. Ziel ist es, den Anteil an Energie aus Photovoltaik-Anlagen kontinuierlich auszubauen und so den Strombedarf vermehrt aus lokalen Quellen zu decken und den Stromimport zu minimieren.

27% des in Bruck/Mur verbrauchten Stroms werden derzeit lokal erzeugt. Rückspeisungen finden keine statt. Zusätzlich zur derzeitigen Erzeugung können 25% der geeigneten Dachflächen zur PV-Stromerzeugung genutzt werden, ohne dass Rückspeisungen in eine übergeordnete Netzebene auftreten. Wird die solare Einspeisung weiter erhöht, übersteigt vor allem im Sommer und bei hoher direkter Sonneneinstrahlung die lokale Produktion den lokalen Vorverbrauch und das Versorgungsgebiet ist überdeckt. Dagegen muss während der Stunden vor Sonnenaufgang und nach Sonnenuntergang in der das Versorgungsgebiet unterdeckt ist Strom importiert werden. Aus diesem Grund steigt die Leistungsautonomie mit erhöhter PV-Einspeisung nur progressiv an, während die Energieautonomie linear ansteigt (Abbildung 2-3). Die Differenz ist nur durch die Integration von Speichern lokal nutzbar. Mit rein solarer Versorgung ist es ohne Speicher unmöglich, eine Leistungsautonomie von 100% zu erreichen. Die Ergebnisse des Stromaufkommens und der Autonomiegrade für Bruck/Mur für das Beispieljahr 2014 sind in Tabelle 3 zu finden.

Tabelle 3: Stromflüsse und Autonomiegrade in Bruck/Mur

	Status Quo	25% PV	50% PV	75% PV	100% PV
Verbrauch in GWh	112	112	112	112	112
Produktion in GWh	30	42	53	65	77
Import in GWh	82	70	60	54	50
Export in GWh	0	0	2	7	15
Energieautonomie in %	27	37	46	52	55
Leistungsautonomie in %	27	37	48	58	68
Differenz in %-Pkt.	0	0	2	6	13

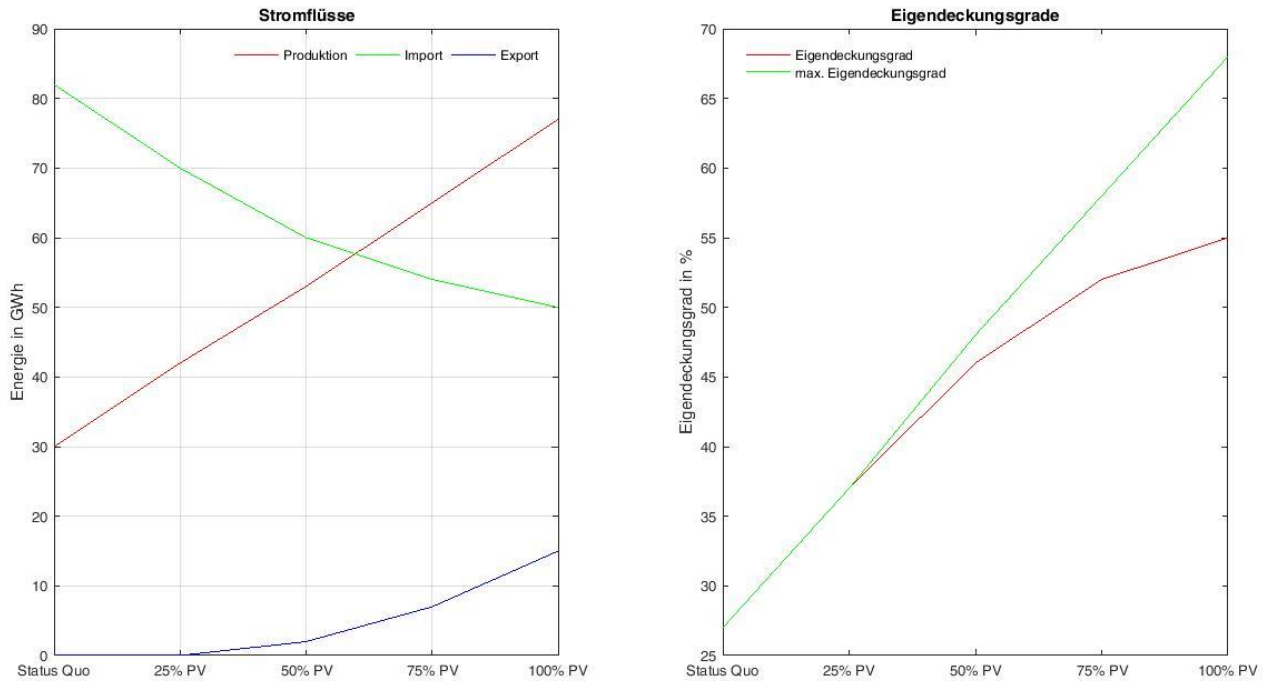


Abbildung 2-3: Stromflüsse und Autonomiegrade der verschiedenen PV Ausbauszenarien in Bruck/Mur

2.1.3.2 Mixed System: Kraft-Wärme-Kopplung

Derzeit gibt es in Bruck acht durch Gas- bzw. Ölkessel versorgte Mikrowärmenetze. Die gesamte jährliche Wärmeabgabe beträgt 1,7 GWh bei Kesselleistungen zwischen 45 und 730 kW. Es wird untersucht, inwiefern sich die Primärenergieeffizienz verbessert, wenn man diese Gas- und Öl-Kessel durch KWK-Anlagen ersetzt. Diese bestehen aus einer Kolbenmaschinen-KWK, einem Warmwasserspeicher und einem Zusatzbrenner, der zugeschaltet wird, wenn der Energiebedarf höher ist, als die mögliche Energiebereitstellung aus Speicher und KWK. Kolbenmaschinen sind die derzeit am weitest verbreiteten KWK-Anlagen in dem geforderten Leistungsbereich und eignen sich hervorragend für einen Betrieb mit Erdgas. Es ist auch möglich, diese Anlagen mit zertifiziertem Naturgas zu betreiben, um Ökostrom zu erzeugen.

Tabelle 4: Ergebnisse der KWK-, Zusatzbrenner- und Speicherauslegung

	Wärme- bedarf	Th. KWK Leistung	El. KWK Leistung	Zusatz- brenner Leist.	Speicher- volumen	Elektr. Erz. KWK	Brennstoff- bedarf
	MWh	kW	kW	kW	l	MWh	MWh
1	45	9.0	3.0	15.7	1 793	11	59
2	51	10.2	3.6	17.9	2 043	14	68
3	63	12.5	4.7	21.9	2 502	18	84
4	63	12.5	4.7	21.9	2 502	18	84

	Wärme- bedarf	Th. KWK Leistung	El. KWK Leistung	Zusatz- brenner Leist.	Speicher- volumen	Elektr. Erz. KWK	Brennstoff -bedarf
5	229	45.9	25.0	80.3	9 172	94	340
6	260	51.9	27.0	90.8	10 381	101	380
7	261	52.1	27.1	91.2	10 423	101	381
8	730	145.9	93.1	255.4	29 185	349	1 135

Die Ergebnisse der Auslegung sind in Tabelle 4 zu finden. Die aufsummierte elektrische Nennleistung aller KWK-Anlagen beträgt 188,3 kW. Bei 3.750 Volllaststunden produzieren sie neben 1,3 GWh Wärme auch 706 MWh Strom im Jahr. Der Rest der Wärme wird über den Zusatzbrenner aufgebracht. Zur Erzeugung dieser Energiemengen sind 2,5 GWh Erdgas notwendig. Als Bewertungskriterium im Mixed-System wurde die Primärenergieeffizienz gewählt. Der Status Quo, die Erzeugung dieser Wärmemenge mittels Öl-/Gasbrenner und Bezug dieser Strommenge aus dem Netz, hat eine durchschnittliche Primärenergieeffizienz von 77%. Zur Bewertung wurde der Primärenergiefaktor des Strommixes in Österreich herangezogen. Bei kombinierter Erzeugung mit KWK kann die Primärenergieeffizienz auf 95% erhöht werden.

2.1.3.3 Smart-System: Integration eines Fernwärmespeichers

Die Integration eines sensiblen Fernwärmespeichers soll durch erhöhte Abwärme-Einbindung den Einsatz von Biomasse verringern. Zusätzlich zur Reduktion der Biomasse können mehr Verbraucher angeschlossen werden, ohne die maximale Einspeiseleistung zu erhöhen und so z.B. Erdgas zu substituieren. Es wurden vier Unterszenarien betrachtet, die den Fernwärmeverbrauch vom Status Quo bis hin zu 150% des Status Quo analysieren. Im untersuchten Modelljahr 2014 lag der Tagesmittelwert des Wärmebedarfs immer unterhalb der maximalen Einspeiseleistung industrieller Abwärme aus der Norske Skog. Lediglich die Morgen- sowie Abendspitze überschritten diese (Abbildung 2-4). Derzeit wird zur Abdeckung dieser Spitzen das Biomasseheizwerk von November bis März betrieben. Die verkaufte Wärmemenge betrug im Modelljahr 17,1 GWh. Die notwendige Wärmebereitstellung inklusive der Netzverluste betrug 19,7 GWh.

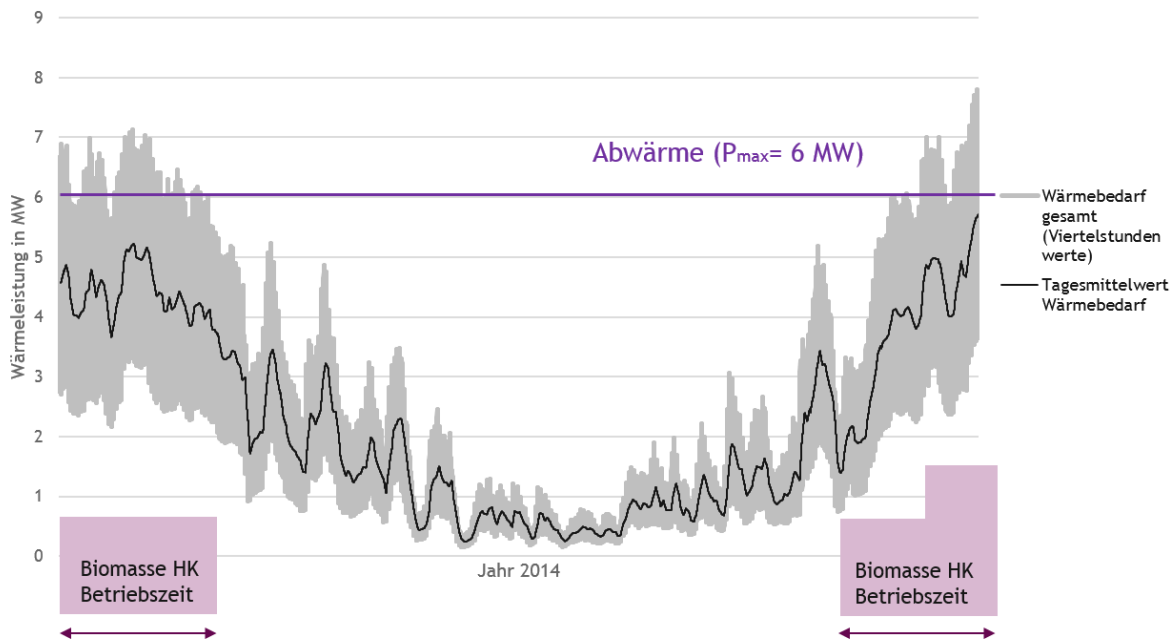


Abbildung 2-4 Leistungsbedarf im Netz der Biofernwärme

Wird ein sogenannter Morgen- und Abendspitzenspeicher mit einer Speicherkapazität von 7 MWh bzw. 150 m³ in die Wärmeversorgung integriert, ist eine Wärmeversorgung rein auf Abwärme basierend möglich. Bis zu einer Verbrauchssteigerung von ca. 30% steigt die benötigte Speicherkapazität nur moderat an (Abbildung 2-5). Es müssen Über- bzw. Unterdeckungen im Zeitraum von Stunden oder wenigen Tagen ausgeglichen werden. Diese Speicher werden sehr oft be- und entladen. Steigt der Verbrauch weiter an und soll dieser rein aus Abwärme gedeckt werden, steigt die benötigte Speichergöße signifikant an. Es müssen Über- bzw. Unterdeckungen in Zeiträumen von mehreren Tagen bzw. Wochen ausgeglichen werden. Große Teile dieser Speicher werden nur noch sehr selten im Jahr be- bzw. entladen.

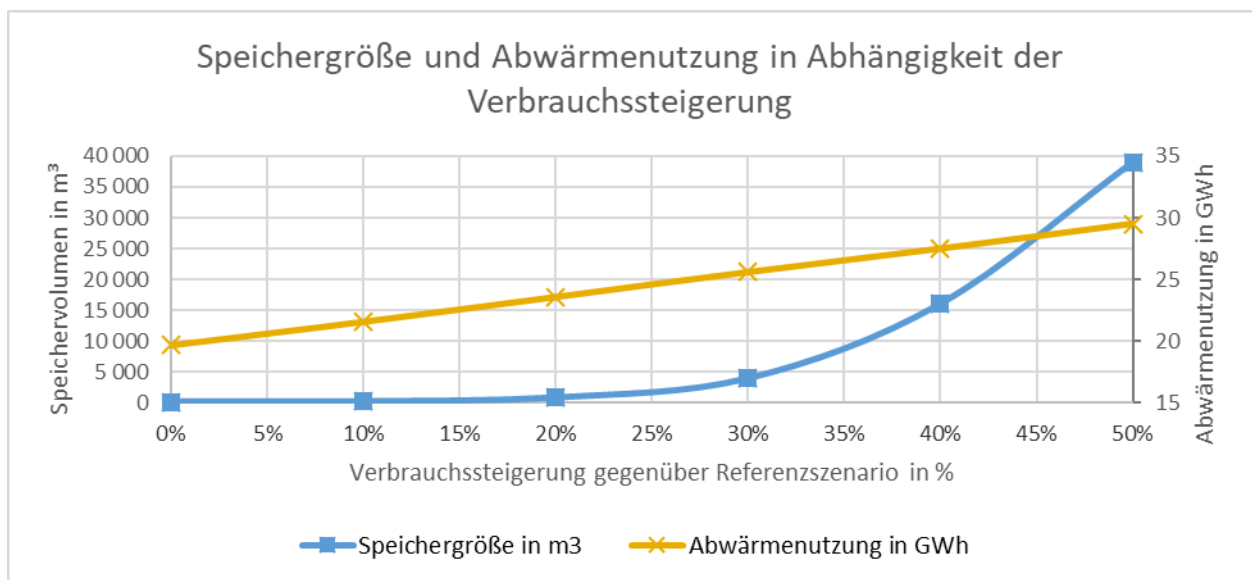


Abbildung 2-5 Speichergöße und Abwärmenutzung in Abhängigkeit der Verbrauchssteigerung; keine Nutzung des Biomasseheizwerks

In weiterer Folge wurden vier unterschiedliche Szenarien untersucht, die eine Verbrauchssteigerung beinhalten (Tabelle 5). Ziel war es, den Wärmeverbrauch für die meisten Teile des Jahres mittels Abwärme und Speicher zu decken. Um die notwendige Speichergröße zu reduzieren, soll das Biomasseheizwerk nur eingeschaltet werden, um absolute Spitzenverbrauchszeiten abzudecken. Für die berechneten Szenarien waren drei Zuheizperioden erlaubt.

Zur Bewertung wurde der Abwärmenutzungsgrad ε_{AW} verwendet. Er beschreibt den genutzten Anteil der zur Verfügung stehenden Abwärme, der nicht genutzte Rest muss in die Umgebung abgeführt werden. Er ist das Verhältnis von Nutzwärme Q_N zu Abwärmepotential Q_{AWP} .

$$\varepsilon_{AW} = \frac{Q_N}{Q_{AWP}}$$

Mit dem Abwärmenutzungsgrad kann bewertet werden, wie gut der Lastgang der Abwärme mit dem Lastgang des Bedarfs übereinstimmt. Zusätzlich lässt sich beurteilen, inwieweit das Hinzufügen eines thermischen Speichers die Abwärmenutzung steigern kann.

Die Abwärme von 6 MW fällt das gesamte Jahr über konstant an. Dies entspricht einer Wärmemenge von 52,6 GWh. Im Jahr 2014 lieferte das Biomasseheizwerk 4 GWh, die restlichen 15,7 GWh wurden über Abwärme aus der Norske Skog gedeckt. Der Anteil der Abwärme in der Wärmeversorgung sind 80% und es wurde ein Abwärmenutzungsgrad von 30% erreicht.

Tabelle 5: Fernwärmeverbrauch und Bereitstellung der einzelnen Szenarien

	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Szenario 4
Steigerung Verbrauch bezogen auf 2014	0 %	10 %	30 %	50 %
Verbrauch in GWh	17,1	18,8	22,2	25,6
Wärmebereitstellung (+ Verluste) in GWh	19,7	21,6	25,6	29,5

Werden im Ausgangsszenario drei Nachheizperioden erlaubt, reduziert sich im Vergleich zum Betrieb rein mit Abwärme und Speicher die notwendige Speichergröße auf 40 m³. Zusätzlich muss jedoch an 11 Tagen der Biomassekessel eingeschaltet werden. Mit einem Anstieg des Fernwärmeverbrauchs steigt auch die benötigte Speichergröße an. Bei einer Steigerung von 10% ist die Anzahl der Nachheiztage am höchsten, bei einer weiteren Steigerung sinkt sie wieder ab.

Tabelle 6: Ergebnisse der Speicherszenarien

	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Szenario 4
Nachheiztage	11	23	18	13
Benötigte Nachheizleistung in MW	1,5	2	2	4
Benötigtes Speichervolumen in m ³	40	95	1.000	10.000
Wärme aus Biomasse in GWh	0,4	1,1	0,9	1,3
Wärme aus Abwärme in GWh	19,3	20,5	24,7	28,2
Anteil Abwärme in %	98	95	96	96
Abwärmenutzungsgrad in %	37	39	47	56

In allen betrachteten Szenarien steigt der Anteil der Abwärme auf über 95%. In Szenario 1 kann bereits mit einem Speicher von 40 m³ der Anteil der Abwärme im Fernwärmesystem auf 98% erhöht und der Abwärmenutzungsgrad um 7%-Punkte gesteigert werden. Mit steigendem Verbrauch steigen die benötigten Speichervolumina, zugleich steigen auch die Abwärmenutzungsgrade auf bis zu 56% in Szenario 4.

2.2 Die sozio-ökonomische Analyse

2.2.1 Der Status Quo

2.2.1.1 Stakeholderanalyse

Auf Basis einer Literaturrecherche und im Zuge des Stakeholderworkshops, wurden die Stakeholdergruppen und ihre Rollen für das Energiesystem in Bruck an der Mur identifiziert. Das Ergebnis wird in Abbildung 2-6 dargestellt.

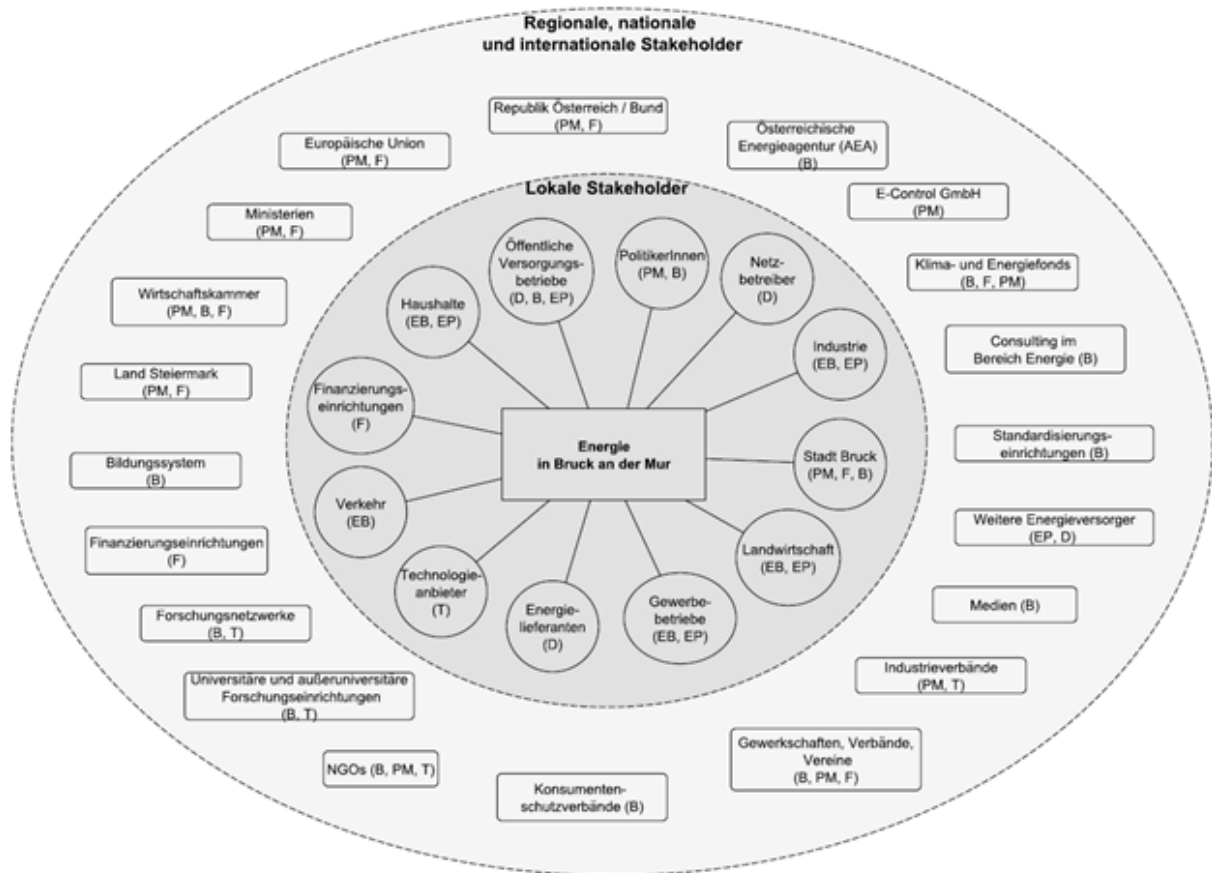


Abbildung 2-6: Lokale, regionale, nationale und internationale Stakeholder des Energiesystem Bruck an der Mur. [Quellen: Freeman et al. (2010), Bielitz-Mimjähner (2007, pp.365), Berlo und Wagner (2011a, 2011b), Gsodam (2014) und Workshop Energieschwamm Bruck (2015)]

Die identifizierten Rollen dabei sind:

- Energiebedarf (EB) (Verbraucher)
- Energieerzeugung (EP) (Erzeuger)
- Distribution (D)
- Bewusstseinsbildung (B)
- Policy Making (PM)
- Finanzierung/Förderungen (F)
- Technologieentwicklung (T)

Diese Rollenbeschreibungen wurden als Basis für die nächsten Arbeitspakete, insbesondere für die Identifizierung von Geschäftsmodellen, verwendet.

2.2.1.2 Existierende Geschäftsmodelle

Die Geschäftsmodelle der wichtigsten Akteure im Energiesystem Bruck/Oberaich wurden mithilfe des Business Model Canvas beschrieben und visualisiert (Osterwalder, Pigneur, 2010; Osterwalder et al., 2015). Diese Akteure sind auch die im Projekt vertretenen Partner Stadt Bruck, Stadtwerke Bruck und Brucker Biofernwärme. Die dargestellten Geschäftsmodelle entsprechen den derzeit von den Akteuren im Energiesystem Bruck/Oberaich angewandten und umgesetzten Geschäftsmodellen. Während das gemeinsame Ziel aller direkt und indirekt beteiligten Stakeholder die Energieversorgung von Bruck/Oberaich ist, verfügt aktuell jeder Akteur im Energiesystem Bruck/Oberaich

(sinnvollerweise) über sein eigenes Geschäftsmodell, entsprechend der primären Aufgaben und Aktivitäten und auch der jeweiligen Logik des Geschäftsmodells.

2.2.2 Weiterentwicklung der Geschäftsmodelle

Geschäftsmodellinnovation bedeutet, dass bestehende Geschäftsmodelle verändert oder gänzlich neue Geschäftsmodelle kreiert werden (Chesbrough, 2010; Gsodam, 2014; Gsodam et al., 2015; Berlo and Wagner, 2011a). Geschäftsmodelle im Bereich Energie und Städte (z.B. Smart City) beginnen oft mit energetischer Optimierung im Zuge von Gebäudesanierung, betreffen dann aber auch Verkehr/Elektromobilität, Energieversorgung und CO₂-Reduktion (Servatius et al., 2012). Im Rahmen des Projekts wurde primär der Fokus auf die Energieversorgung gelegt. Gerade dieser Bereich verfügt über strategisches Potential, im Sinne der Entwicklung von innovativen, regionalen Geschäftsmodellen, an welchen die unterschiedlichen Stakeholder in Bruck, aber auch darüber hinaus, partizipieren könnten (z.B. als Lieferanten, Berater, Kapitalgeber) und welche es zum Ziel haben, die Stadt Bruck nachhaltig und mit einem großen Anteil von Energien aus erneuerbaren Quellen zu versorgen. Beispiel aus anderen Ländern zeigen bereits auf, wie relevant und effektiv eine solche Innovation sein kann (z. B. die Entwicklung eines regionalen Geschäftsmodells zur Erzeugung und Nutzung von Biogas in Finnland) (Tsvetkova, 2014). Grundsätzlich wurde als Basis für die Diskussion der Geschäftsmodelle der Business Model Canvas verwendet (Osterwalder, Pigneur, 2013). Dabei wurden singuläre, interorganisationale wie auch regionale Geschäftsmodelle mit den Partnern diskutiert und sondiert, wobei derzeit die technischen Szenarien und Umsetzungsmöglichkeiten im Vordergrund stehen.

2.2.3 Analyse des Nachhaltigkeitsbeitrags des Energiesystems aus ökologischer, sozialer und ökonomischer Perspektive

Die Analyse des Nachhaltigkeitsbeitrags des Energiesystems wurde auf Basis der entwickelten technischen Szenarien vorgenommen. Nach der Diskussion möglicher wirtschaftlicher Implikationen, basierend auf den zuvor dargestellten technischen Szenarien, werden bei der Nachhaltigkeitsbewertung quantitative wie auch qualitative Kriterien herangezogen, um die jeweiligen Szenarien aus dieser Perspektive zu analysieren und zu bewerten. Quantitative Indikatoren (Ergebnis der Lebenszyklusanalyse) wie auch qualitative Indikatoren (z.B. Arbeitsplätze) ermöglichen somit eine Berücksichtigung von ökologischen und sozialen Aspekten.

2.2.3.1 Net-System: PV Integration

Ogleich für Bruck ein großes Potenzial für die Einspeisung von Photovoltaik ermittelt wurde, ist auf Grund von aktuellen Gegebenheiten (Preis, Förderungen, etc.) auf Haushaltsebene eine Volleinspeisung der erzeugten Energie tendenziell aus ökonomischer Perspektive nicht vorteilhaft. Somit ist der Einsatz von entsprechenden Speichern, nicht nur auf der Haushaltsebene sondern im System gesamt, ein wichtiges Thema. Mit dem Einsatz eines Speichers auf Haushaltsebene kann die Eigenverbrauchsdeckung maßgeblich erhöht werden, was die Nutzung von solarer Energie auch aus ökonomischer Perspektive attraktiver macht. Da derzeit die Investitionskosten für solche Speichertechnologien relativ hoch sind,

bietet dies einen Anknüpfungspunkt für Unternehmen, solche Speicher zentral zur Verfügung zu stellen und Haushalte miteinzubinden. Während der Einsatz und die Nutzung von Photovoltaik aus ökologischer Perspektive als vorteilhaft einzuschätzen ist, gibt es aus ökonomischer Sicht einige Risiken zu bedenken. Aus einer sozialen Nachhaltigkeitsperspektive gibt es für erneuerbare Energie große Chancen (Beispiel: Bürgerbeteiligungen) wenn mit den Nachteilen (Stichwort Kritische Rohstoffe) bzw. Risiken (Beispiel: unsichere Preisentwicklung) entsprechend umgegangen wird.

2.2.3.2 Mixed System: Kraft-Wärme-Kopplung

In Bruck an der Mur wurden bei der technischen Szenarioanalyse bestehende Heizkessel identifiziert, die bis dato mit Öl und Gas als Energieträger betrieben werden. Werden diese Heizkessel durch KWK-Anlagen ersetzt, so würden diese einen effizienteren Energieeinsatz ermöglichen, da neben Wärme auch Strom produziert werden könnte (sowohl für Eigenverbrauch als auch für Einspeisung ins Netz). Zu diskutieren gilt es aber auch bei KWK-Anlagen, welcher Primärenergieträger verwendet wird. Werden die bis dato genutzten Heizkessel durch KWK-Anlagen ersetzt, so ergibt sich, basierend auf einer Lebenszyklusanalyse mit der Sustainable Process Index (SPI) Methode, für den Betrieb mit Erdgas bzw. Hackschnitzel eine geringere Flächennutzung bzw. ein geringerer Beitrag zum Treibhausgasemissionsfaktor gegenüber dem Status Quo (Status Quo vs. Erdgas: rund 8% weniger Fläche; Status Quo vs. Hackschnitzel: rund 99% weniger Fläche). Aus ökologischer Perspektive besonders vorteilhaft wäre somit der Einsatz von Hackschnitzel als Primärenergie. Dies wäre auf Grund der bestehenden Forste in Bruck an der Mur eine Option, da ein weiterer Nachhaltigkeitsaspekt, den es zu berücksichtigen gibt, auch die Frage ist, woher die eingesetzten Rohstoffe kommen und wie weit sie transportiert werden müssen. Wenn man Hackschnitzel lokal produzieren würde, könnte die Wertschöpfung (zu großen Teilen) in der Region bleiben (ökonomische Nachhaltigkeitsperspektive). Damit verbunden ist die Frage von Arbeitsplätzen (sozio-ökonomische Perspektive) aber auch die Möglichkeit, dass es bei der Bevölkerung auf Grund von möglichen Partizipationsprozessen (durch Geschäftsmodelle) zu einer höheren Bewusstseinsbildung und zu einer stärkeren Identifikation mit der Region Bruck kommt; ähnlich wie in anderen Klima- und Energiemodellregionen (siehe Berichtlegung der KEM¹).

2.2.3.3 Smart-System: Integration eines Fernwärmespeichers

Das Speicherszenario fokussiert primär auf zwei Akteure des Systems, Biofernwärme und Norske Skog und kommt insbesondere dann zum Tragen, wenn der Wärmebedarf in Bruck steigen sollte. Aus ökologischer Perspektive ist dieses Szenario deswegen interessant, weil es eine Möglichkeit bietet, die bei der Norske Skog durch Produktionsprozesse entstandene Abwärme zu nutzen. Somit würde der Einsatz von Erdgas substituiert werden, was aus ökologischer Perspektive sinnvoll wäre und –mit dem SPI berechnet und in Fläche ausgedrückt – eine Einsparung ergeben würde. Dies führt in Folge dazu, dass die

¹ <http://www.klimaundenergiemodellregionen.at/start.asp?ID=254972&b=5978>

Abhängigkeit vom Unternehmen Norske Skog steigen würde, umgekehrt allerdings auf Energieimporte verzichtet werden könnte. Aus sozialer Perspektive hätte dieses Szenario auf die EinwohnerInnen von Bruck keine direkten Auswirkungen, da sie nur indirekt davon betroffen wären. Unmittelbaren Einfluss hätte dieses Szenario auf die MitarbeiterInnen der beiden Unternehmen; möglicherweise würden auch neue Arbeitsplätze geschaffen werden.

Grundsätzlich unterstützen alle Szenarien das Ziel einer effizienten sowie regionalen Energiebereitstellung und sorgen somit auch für ein „grünes Image“ der Region Bruck, da die vorgestellten Szenarien auch im Sinne einer langfristigen nachhaltigen Entwicklung (zumindest teilweise) den übergeordneten Strategien „Substitution“ bzw.

„Dematerialisierung“ entsprechen (siehe dazu u.a. auch Framework for Strategic Sustainable Development, Broman, Robèrt, 2015). Das Framework for Strategic Sustainable Development ermöglicht strategisches, nachhaltiges Handeln dadurch, dass Prinzipien definiert und vorgegeben werden, die für eine solche nachhaltige Entwicklung förderlich sind. Zusammenfassend lauten die Prinzipien wie folgt: (1) Der systematische anthropogene Beitrag zur Zunahme der Konzentration von Stoffen sowie deren Umwandlungsprodukte in der Natur ist zu vermeiden bzw. zu vermindern. (2) Der systematische Beitrag zu steigenden Konzentrationen von anthropogen produzierten Stoffen ist zu vermeiden bzw. zu vermindern. (3) Die Ökosysteme sind insbesondere insofern zu schützen, als dass systematische Überlastung von natürlichen Systemen vermieden wird. (4) Die sozialen Bedürfnisse, unter Berücksichtigung der ersten drei Prinzipien, sind für die derzeit lebende Generation unter Beachtung zukünftiger Bedürfnisse zu befriedigen.

2.3 Umsetzung und Verallgemeinerung

Die technische wie wirtschaftliche Analyse der zuvor beschriebenen Szenarien zeigt, dass es technische Potenziale in Bruck an der Mur gibt, welche in Zukunft genützt werden und zu einer nachhaltigen Energieversorgung der Kommune beitragen können. Dies bezieht sich insbesondere auf die Nutzung von Photovoltaik, den Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung und von Speichertechnologien. Werden hierbei nicht nur technische Aspekte berücksichtigt, sondern beispielsweise auch soziale Aspekte miteinbezogen (Bürgerbeteiligung, Imagepflege) so ergäbe sich daraus auch die Möglichkeit Bruck als „Vorzeigeregion“ zu etablieren.

Im ersten Umsetzungsfeld, der vermehrten PV-Integration durch Ausnutzung der Dachflächen wurde im Umsetzungskataster der Fokus auf die Netzintegration und der Bewertung der Energie- und Leistungsautonomie bei unterschiedlichen Ausbaugraden gelegt. Die Technologie für die Nutzung der Sonnenenergie zur Stromerzeugung ist vorhanden und erprobt.

Auch das zweite Projekt im Umsetzungskataster, die Substitution der bestehenden Öl- und Gaskessel als Einspeiser in die acht Mikrowärmenetze ist technologisch ausgereift. Die KWK-Anlagen bestehen derzeit aus einer Kolbenmaschine, einem Warmwasserspeicher und einem Zusatzbrenner, der zuschaltbar ist, sobald der Energiebedarf die mögliche

Energiebereitstellung übersteigt. Diese Aggregate wurden für jede zukünftige KWK-Anlage ausgelegt. Außerdem sind die beschriebenen KWK-Anlagen im Leistungsbereich zwischen 45 und 730 kW und einer jährlichen Wärmeabgabe von rund 1,7 GWh (entspricht 10% der Fernwärme in Bruck an der Mur) sowohl mit konventionellen Erdgas, als auch mit zertifizierten „Naturgas“ zu betreiben. Die verbesserten Kennzahlen sind in diesem Fall die gesteigerte Primärenergieeffizienz, die CO₂-Einsparung und die zusätzliche lokale Stromproduktion (bei Einsatz von Naturgas, sogar Ökostromproduktion).

Das dritte geeignete Projekt stellt der Einsatz eines sensiblen Wärmespeichers zur vermehrten Abwärmenutzung dar. Die Technologie für Heißwasserspeicher ist ebenfalls erprobt und kommt in Österreich bereits in größeren Fernwärmenetzen zum Einsatz (z.B. Fernwärmespeicher Theiß, Salzburg). Hierfür wurde ursprünglich der Einsatz alter bestehender Öltanks auf dem Industriegelände vorgesehen, was aufgrund von diversen Überlegungen der Eigentümerfirma nicht möglich war. Daher müsste der sensible Wärmespeicher neu gebaut werden, da auch kein adäquater Ersatz an anderen Standorten verfügbar ist. Bei der Auslegung des Speichers wurden aufgrund des steigenden Wärmebedarfs im Fernwärmenetz auch unterschiedliche Speichergrößen bei verschiedenen Verbrauchsannahmen berechnet. Die entscheidenden Kennzahlen zur Bewertung des Umsetzungsprojektes sind der Abwärmenutzungsgrad und die Einsparung des Brennstoffes für die Biofernwärme Merl.

Durch die Einbindung der Stakeholder in die Phase der Szenarienerstellung wurde bereits zu einem frühen Zeitpunkt auf die kurz- bzw. mittelfristige Umsetzbarkeit der ausgewählten Technologien und Geschäftsmodelle geachtet. Diese wurden im Rahmen der Szenarienanalyse evaluiert und die technischen und wirtschaftlichen Ergebnisse im Rahmen einer Präsentation den Stakeholdern vorgestellt. Nun liegt es an den Stakeholdern und wirtschaftlichen Projektpartnern diese Projekte, zum Beispiel mit Hilfe von Förderungen, zur Umsetzung zu bringen.

Die in diesem Projekt angewendete Methodik wurde so verallgemeinert, dass für Kommunen, welche eine vergleichbare Größe wie Bruck/Mur haben, sowohl auf technischer, als auch auf Geschäftsmodellebene, schlüssige und an den jeweiligen Kontext angepasste Energieentwicklungskonzepte erarbeitet werden können. Diese entwickelte Lösungsmethode ist eine allgemein gehaltene Vorgehensweise für die Entwicklung und Umsetzung von regionsbezogenen Energieprojekten und ist in der **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** dargestellt. In den beschriebenen Schritten 1 (Problemidentifikation und Ideensammlung) bis 11 (Kommunikation & Beteiligung) geht es darum, basierend auf eben dieser Problemidentifikation Ideen für Lösungen zu finden und auch umzusetzen.

Der Ablauf der Schritte kann und soll auch variieren, da:

1. Rückkoppelungs- und Feedbackschleifen möglich und notwendig sind,
2. manche dieser Schritte nicht einmal durchgeführt werden, sondern während des gesamten Prozesses zu beachten sind (Beispiel Schritt 4b) Aufbau und Nutzung eines internen und externen Netzwerks), und
3. im jeweils spezifischen Kontext bzw. Projekt auch möglicherweise einige Schritte ausgelassen oder abgekürzt werden können.

Eine detailliertere Beschreibung der Vorgehensweise bei solchen Projekten ist im Projektleitfaden im Anhang zu finden.

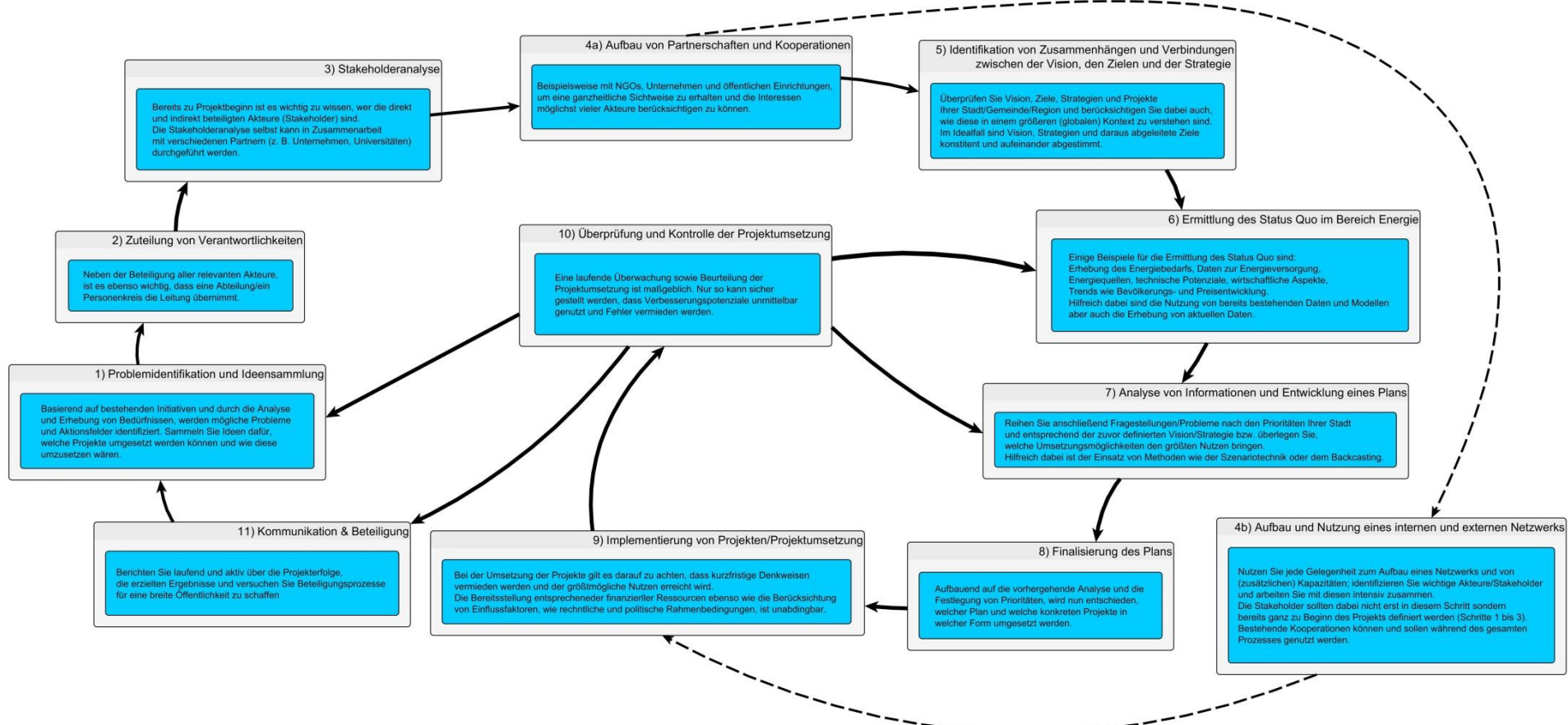


Abbildung 2-7: Allgemeine Vorgehensweise zur Entwicklung und Umsetzung von regionsbezogenen Energieprojekten (Eigene Darstellung basierend auf UN Habitat und UNEP 2009)

3 Schlussfolgerungen

Im Projekt „Energieschwamm Bruck/Mur“ wurde eine gesamtheitliche Analyse des Energiesystems durchgeführt und darauf aufbauend mögliche Entwicklungsrichtungen für die Zukunft skizziert. Die technischen Erkenntnisse aus dem Projekt sind vielseitig. Es wurde eine umfassende Potentialanalyse durchgeführt und Daten von unterschiedlichen Stakeholdern zusammengetragen und kombiniert. Dadurch konnten genaue Modelle erstellt werden, die auch in zukünftigen Projekten von großer Hilfe sein werden. Die Vorgehensweise und die angewandte Methodik des zellularen Ansatzes, gepaart mit dem Know-how der lokalen Stakeholder erwiesen sich als effiziente Maßnahmen.

Die Methodik, sowie der Umsetzungsleitfaden lassen sich auf alle Klein- und Mittelstädte in Österreich anwenden und die gewonnenen Erkenntnisse sind daher für Energieversorger, Städte und Gemeinden, Netzbetreiber und Stadtwerke relevant.

Auch das Projektteam selbst wird die entwickelte Methodik, sowie auch die Ergebnisse weiter verwenden können. So können beispielsweise auch durchgeführte Analysen, die aufgrund vorhandener Hürden (z.B. Nutzung der Kanalabwärme oder die Mitverbrennung von Klärschlamm) hilfreich für zukünftige Projekte sein.

Die Methodik, sowie die Ergebnisse dieses Projektes wurden bereits durch Vorträge in Konferenzen und Publikationen in Tagungsbänden verbreitet und veröffentlicht. Die entwickelte Methode des zellularen Ansatzes wird kontinuierlich weiterentwickelt und kommt weiterhin zum Einsatz. Die in diesem Projekt erfolgreich angewandte Methode zur Stakeholderidentifikation wird auch in weiteren Projekten für Forschung und Praxis eingesetzt. Zudem wird die Methodik selbst als wissenschaftlicher Beitrag publiziert.

Neben den bereits dargestellten Methoden, welche die wissenschaftlichen Partner auch in anderen Projekten einsetzen können/werden, sind die Projektergebnisse zum einen für die beteiligten Projektpartner von Relevanz. Zum anderen können die Ergebnisse sowie die Erfahrungen dieses Projektes auch für weitere Projekte – insbesondere für Kommunen und Energiethemen – eingesetzt werden. Der entwickelte „Leitfaden für regionsbezogene Energieprojekte“ soll dafür eine Hilfestellung sein.

Zusammenfassend können folgende Punkte als Implikationen für weitere Projekte hervorgehoben werden:

1. Definition (gemeinsamer) Zielvorstellungen:

Primär zu Projektbeginn aber auch im Verlauf des gesamten Projektes ist es wichtig, die Ziele für das Projekt und die Zielvorstellungen der Partner abzugleichen. Dies betrifft nicht nur die am Projekt direkt beteiligten Personen und Organisationen, sondern insbesondere auch indirekt am Projekt beteiligte Projektpartner. Einerseits wird dadurch gewährleistet, dass effektiv und effizient gearbeitet wird und andererseits kann so auch überprüft werden, ob es im Zeitverlauf Abweichungen gibt und wie man mit diesen umgehen möchte. Gelingt es, möglichst viele Ziele von unterschiedlichen

Partnern zu berücksichtigen, so erhöht sich die Erfolgswahrscheinlichkeit des Projektes.

2. Laufende und aktive Einbindung aller Stakeholder:

In engem Zusammenhang mit Punkt 1 ist die laufende und aktive Einbindung aller Stakeholder zu sehen. Dabei reicht der Grad der Involviertheit von „einfacher“ Information der jeweiligen Gruppen und Personen bis hin zur aktiven Einbindung in das Projekt selbst. Die Komplexität aber auch der Aufwand eines solchen Stakeholderprozesses darf dabei nicht unterschätzt werden.

3. Kommunikation und laufende Abstimmung über bereits erreichte Ziele und noch ausstehende Aktivitäten:

Je umfangreicher das Projekt, je länger der Projektzeitraum und je größer die Anzahl an Partnern, desto wichtiger sind aktive Kommunikation und laufende Abstimmung über bereits erreichte Ziele und noch ausstehende Aktivitäten. Operative Entscheidungen, wie die Wahl geeigneter Kommunikationskanäle oder das Festlegen von Regeln und Terminen für Projekttreffen, zählen ebenso dazu.

4 Ausblick und Empfehlungen

Empfehlungen für weiterführende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten:

Die Forschungsarbeiten im Rahmen dieses Projektes hatten einen starken Fokus auf die Gegenwart und die zeitnahe Zukunft. Insbesondere Trends, wie z.B. Elektromobilität, könnten eine große Auswirkung auf alle Teile der Energieversorgung haben und große Veränderungen bewirken. Bei den derzeit erarbeiteten Umsetzungsvorhaben handelt es sich um Projekte mit großem Verbesserungspotential in vielerlei Hinsicht, die allerdings alle auf Technologien mit bereits hohem TRL setzen, um rasch zählbare Erfolge in der Ökologisierung der Energieversorgung erzielen zu können. Daher ist mit einem geringen Risiko bei der Umsetzung zu rechnen. Ein Demonstrationsprojekt ist aus den erläuterten Gründen daher derzeit nicht vorgesehen.

Verzeichnisse

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Unterschiedliche Aspekte und Herausforderungen im Forschungsfeld „Die Stadt als Energieschwamm“ (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie 2014).....	16
Abbildung 1-2: Schematische Funktionsweise des zellularen Ansatzes	17
Abbildung 1-3: Energie- und Leistungsautonomie (mit freundlicher Genehmigung Prof. Gawlik TU Wien). Zeichenerklärung: Leistung P , Energie E ; Indices: Last L , erneuerbare Einspeisung DE , erneuerbarer Verbrauch EV	18
Abbildung 2-1: Zelleneinteilung im Gemeindegebiet Bruck an der Mur (links) - Zelleneinteilung des Zentrums Bruck an der Mur (rechts) (Quellen: Luftbild: Basemap Orthofoto, Rest: eigene Darstellung)	21
Abbildung 2-2: PV-Potentiale Bruck/Mur nach Zellen aufgelöst (Quellen: Luftbild: Basemap Orthofoto, Rest: eigene Darstellung)	23
Abbildung 2-3: Stromflüsse und Autonomiegrade der verschiedenen PV Ausbauszenarien in Bruck/Mur.....	26
Abbildung 2-4 Leistungsbedarf im Netz der Biofernwärme	28
Abbildung 2-5 Speichergröße und Abwärmenutzung in Abhängigkeit der Verbrauchssteigerung. Keine Nutzung des Biomasseheizwerks.	28
Abbildung 2-6: Lokale, regionale, nationale und internationale Stakeholder des Energiesystem Bruck an der Mur. [Quellen: Freeman et al. (2010), Bielitz-Mimjähner (2007, pp.365), Berlo und Wagner (2011a, 2011b), Gsodam (2014) und Workshop Energieschwamm Bruck (2015)].....	31
Abbildung 2-7: Allgemeine Vorgehensweise zur Entwicklung und Umsetzung von regionsbezogenen Energieprojekten (Eigene Darstellung basierend auf UN Habitat und UNEP 2009).....	37

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Energieerzeugung und -verbrauch in Bruck/Mur 2014	22
Tabelle 2: Biomassepotentiale Brucker Stadtforst bei energetischer Vollnutzung (100% Nutzung), österreichweit durchschnittlicher Nutzung (26% Nutzung) und derzeitiger energetischer Nutzung (5,5% Nutzung).....	24
Tabelle 3: Stromflüsse und Autonomiegrade in Bruck/Mur	25
Tabelle 4: Ergebnisse der KWK-, Zusatzbrenner- und Speicherauslegung.....	26
Tabelle 5: Fernwärmeverbrauch und Bereitstellung der einzelnen Szenarien.....	29
Tabelle 6: Ergebnisse der Speicherszenarien	30

Literaturverzeichnis

Berlo Kurt, Wagner Oliver: Zukunftsperspektiven kommunaler Energiewirtschaft. In: RaumPlanung, 158, 2011a.

Berlo Kurt, Wagner Oliver: Stadtwerke sind wichtige Energiewende-Akteure. In: Neue Gesellschaft, Frankfurter Hefte 2011b.

Bielitza-Mimjähner Ralf: Kommunalen Klimaschutz unter Globalisierungs- und Liberalisierungsbedingungen. Ein Instrument einer nachhaltigen Energieversorgung? Eine empirische Untersuchung unter besonderer Berücksichtigung der Akteure Kommune und Stadtwerke. Doktorarbeit, Universität Osnabrück 2007.

Böckl Benjamin, Kriechbaum Lukas, Kienberger Thomas: Analysemethode für kommunale Energiesysteme unter Anwendung des zellularen Ansatzes. In: Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation (Hrsg.): 14. Symposium Energieinnovation. Energie für unser Europa, TU Graz, 2016.

Broman Göran Ingvar, Robèrt Karl-Henrik: A framework for strategic sustainable development. In: Journal of Cleaner Production, 140, Part 1, 2015.

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (Hrsg.): Forschungsbedarfe: Hybridnetze und Synergiepotentiale mit kommunalen Infrastrukturen. 2014.

Chesbrough Henry: Business Model Innovation: Opportunities and Barriers. In: Long Range Planning, 43, 2010.

Fechner, H., Mayr, C., Schneider, A., Rennhofer, M., Peharz, G., 2016. Technologie-Roadmap für Photovoltaik in Österreich - Besondere Berücksichtigung der Auswirkung auf die Bereiche Gebäude/Städte, Industrie, Energieinfrastrukturen. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 15/2016, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.

Freeman R. Edward, Harrison Jeffrey S., Wicks Andrew C., Parmar Bidhan L., de Colle Simone: Stakeholder Theory – The State of The Art. Cambridge University Press, Cambridge 2010.

Gsodam Petra: Business Models for Renewable Energies in the Electricity Sector in Austria. Masterarbeit, Karl-Franzens-Universität Graz 2014.

Gsodam Petra, Rauter Romana, Baumgartner Rupert J.: The renewable energy debate: how Austrian electric utilities are changing their business models. In: Energy, Sustainability and Society, 5:28, 2015.

Haas Reinhard, Suna Demet, Loew Thomas, Zeschmar-Lahl Barbara: Optionen für die Gestaltung des Wiener Energiesystems der Zukunft. Endbericht. Hesg. v. Energy Economics Group. Technische Universität Wien. Wien 2013.

Hermann, Robert (2015): M-SWITCH Bruck. Mobility and Smart Working Technology Bruck an der Mur. Edited by Klima- und Energiefonds. Wien.

Knöttner Alexander: Maximierung des Autarkiegrades bei sog. stromerzeugenden Heizungen. Masterarbeit, Montanuniversitaet Leoben 2015

Osterwalder Alexander, Pigneur Yves, Bernarda Greg, Smith Alan: Entwickeln Sie Produkte und Services, die Ihre Kunden wirklich wollen, mit Value Proposition Design. Campus Verlag, Frankfurt/New York 2015.

Osterwalder Alexander, Pigneur Yves: Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey 2010.

Reed Mark S., Graves Anil, Dandy Norman, Posthumus Helena, Hubacek Klaus, Morris Joe, Prell Christina, Quinn Claire H., Stringer Lindsay C.: Who's in and why? A typology of stakeholder analysis methods for natural resource management. In: Journal of Environmental Management, 90, 2009.

Servatius Hans-Gerd, Schneidewind Uwe, Rohlfing Dirk: Smart Energy - Wandel zu einem nachhaltigen Energiesystem. Springer, Heidelberg 2012.

Tragner Manfred, Theißing Matthias, Kraußler Alois, Schloffer Martin, Schuster Daniel, Theißing-Brauhart Ingrid: Regenerative Energieversorgung einer Industrieregion: Chancen - Potenziale - Grenzen. In: Berichte aus Energie- und Umweltforschung 52/2007, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Kapfenberg 2007.

Tsvetkova Anastasia: Designing sustainable industrial ecosystems: the case of a biogas-for-traffic solution. Doktorarbeit, Abo Akademi University, Turku, Finland 2014.

UN Habitat und UNEP: Sustainable Urban Energy Planning – A handbook for cities and towns in developing countries,

http://www.unep.org/urban_environment/PDFs/Sustainable_Energy_Handbook.pdf

(abgerufen am 26. April 2016; 10:23)

Wagner Hermann-Josef, Borsch, Peter: Energie und Umweltbelastung. Zweite, neubearbeitete und erweiterte Auflage. Springer Berlin Heidelberg 1998.

5 Anhang

Leitfaden für regionsbezogene Energieprojekte

1/1/2017

Projektleitfaden

für regionsbezogene Energieprojekte

Lehrstuhl für Energieverbundtechnik

Montanuniversität Leoben

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Thomas Kienberger

Dipl.-Ing. Lukas Kriechbaum

Dipl.-Ing. Benjamin Böckl

Ausseninstitut

Montanuniversität Leoben

Ing. Mag. Dr. Robert Hermann

Nicole Wohltran, M.A.

Institut für Systemwissenschaften, Innovations- und Nachhaltigkeitsforschung

Karl-Franzens-Universität Graz

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Rupert Baumgartner

Ass.-Prof. Mag. Dr.rer.soc.oec. Romana Rauter

Morgane Fritz, MIM

Leitfaden für regionsbezogene Energieprojekte

1. Einleitung

Ziel dieses Sondierungsprojektes war die Entwicklung eines (nachhaltigen) Energiesystems für die Stadt Bruck an der Mur. Dabei wurden sowohl technische als auch wirtschaftliche Rahmenbedingungen analysiert und entsprechende Szenarien entwickelt, auf deren Basis konkrete Umsetzungsmaßnahmen abgeleitet werden können (Umsetzungskataster).

Der vorliegende Leitfaden für regionsbezogene Energieprojekte dient als Vorlage und Handlungsorientierung bei der Umsetzung von regionsbezogenen Energieprojekten. Der Leitfaden basiert auf den Ergebnissen des FFG Sondierungsprojektes „Energieschwamm Bruck an der Mur“ und zeigt auf, wie man bei einer solchen oder ähnlichen Fragestellung innerhalb von Kommunen mit 10.000-25.000 Einwohner/innen vorgehen kann.²

Der Leitfaden beinhaltet folgende Teile:

- a) allgemeines Prozessmodell für die Planung und Umsetzung von Energieprojekten (Abschnitt 1 und Abbildung 1);
- b) verallgemeinerte Vorgehensweise und Methoden basierend auf den Projektergebnissen (Abschnitt 2 und Abbildung 2);
- c) Zusammenfassung und Implikationen (Abschnitt 3).

² „In Österreich existieren rund 60 Städte (Wikipedia 2015) die wie Bruck/Oberaich rund 10.000-25.000 Einwohner aufweisen. Die Energieversorgung dieser urbanen Räume erfolgt in der Regel, analog zu Bruck an der Mur, durch eine Struktur die sich aus dem historischen Prozess, kommend vom kommunalen Stadtwerkebetrieben, hinzu einem System vielfach verstrickter, marktwirtschaftlich geführter Unternehmen, entwickelt hat.“ (Quelle: Antrag).

Die folgende Abbildung 1 zeigt konkrete Prozessschritte für die Entwicklung und Umsetzung von regionsbezogenen Energieprojekten auf und besteht aus den folgenden 11 Schritten:

- 1. Problemidentifikation und Ideensammlung:**
Basierend auf bestehenden Initiativen und durch die Analyse und Erhebung von Bedürfnissen werden mögliche Probleme und Aktionsfelder identifiziert. In dieser Phase werden auch neue Ideen für Projekte und deren Umsetzung gesammelt.
- 2. Zuteilung von Verantwortlichkeiten:**
Wenn es in Richtung Projektstart geht, ist es unerlässlich, dass neben der Beteiligung aller relevanten Akteure, auch eine Abteilung/ein Personenkreis die Verantwortung für das Projekt übernimmt.
- 3. Stakeholderanalyse:**
Bereits zu Beginn des Projektes ist es wichtig zu wissen, wer die direkt und indirekt beteiligten Akteure (Stakeholder) sind. Die Stakeholderanalyse selbst kann in Zusammenarbeit mit verschiedenen Partnern (z.B. Unternehmen, Universitäten) durchgeführt werden.
- 4. Aufbau von Partnerschaften (4a) & Aufbau und Nutzung eines internen und externen Netzwerks:**
Diese beiden Schritte, die während des gesamten Projektes immer wieder relevant sind und beachtet werden sollten, umfassen den Aufbau von Partnerschaften und Kooperationen aber auch die Nutzung eines bestehenden internen Netzwerks. Zur Verfügung stehende Ressourcen und Kapazitäten, die dem Projekt und dessen Zielen nützlich sind, sollten genutzt werden. (Da diese Schritte inhaltlich ähnlich sind und projektbegleitend verstanden werden, sind sie in 4a und 4b gegliedert.)
- 5. Identifikation von Zusammenhängen und Verbindungen zwischen der Vision, den Zielen und der Strategie:**
Der größte Nutzen aus Projekten aber auch die höchsten Erfolgchancen für Projekte ergeben sich dann, wenn diese eingebettet sind in eine „größere Vision“. Es ist dazu immer wieder wichtig auch zu überprüfen, ob die Zusammenhänge und Verbindungen zwischen Vision, Strategien und Zielen gegeben sind. Hierzu ist jeweils zu überlegen, in wessen Auftrag das Projekt durchgeführt wird und in demnach auch mit welchen Visionen und Strategien es übereinstimmen sollte. Beispiel: Projekte im Energiebereich in Abstimmung mit der langfristigen Zielsetzung und Vision einer Gemeinde.
- 6. Ermittlung des Status Quo:**
Wird das Projekt konkret gestartet, so geht es nach der bereits stattgefundenen Problemidentifikation um die Ermittlung des Status Quo. Hilfreich dabei ist die Nutzung von bereits bestehenden Daten und Modellen aber auch die Erhebung von aktuellen Daten.
- 7. Analyse von Informationen und Entwicklung eines (Projekt-) Plans:**
Die in Schritt 6 erhobenen und ermittelten Informationen sollten im Kontext des Projektes entsprechend weiter bearbeitet werden. Falls es zu viele Fragestellungen und Aktivitäten gibt, gilt es im Sinne einer ressourcenschonenden Vorgehensweise zu entscheiden, welche Umsetzungsmöglichkeiten – entsprechend der definierten Vision und Strategie – den größten Nutzen bringen. Hilfreich dabei ist der Einsatz von Methoden wie der Szenariotechnik oder dem Backcasting.
- 8. Finalisierung des Plans:**
Aufbauend auf die vorhergehende Analyse und die Festlegung von Prioritäten, wird in diesem Schritt entschieden, welcher Plan und welche konkreten Projekte in welcher Form umgesetzt werden.
- 9. Implementierung von Projekten & Projektumsetzung:**
Bei der Umsetzung der Projekte gilt es darauf zu achten, dass kurzfristige Denkweisen vermieden werden und der größtmögliche Nutzen erreicht wird. Die Bereitstellung entsprechender finanzieller Ressourcen ebenso wie die Berücksichtigung von Einflussfaktoren, wie rechtliche und politische Rahmenbedingungen, ist unabdingbar.

10. Überprüfung und Kontrolle der Projektumsetzung:

Eine laufende Überwachung sowie Beurteilung der Projektumsetzung ist maßgeblich und wichtig, einerseits um Verbesserungspotenziale unmittelbar zu nutzen und andererseits um Fehler zu vermeiden bzw. möglicherweise entstehende Konflikte schnell und unkompliziert lösen zu können.

11. Kommunikation & Beteiligung:

Laufend und aktiv über Projektfortschritt und Projekterfolg sowie über erzielte Ergebnisse zu berichten ist ebenso wichtig. Wenn Beteiligungsprozesse für eine breite Öffentlichkeit geschaffen werden, kann sich die Erfolgswahrscheinlichkeit des Projektes ebenso erhöhen.

Der folgend grafisch dargestellte Ablauf der Schritte kann und soll auch variieren, da:

- a) Rückkoppelungs- und Feedbackschleifen möglich und notwendig sind,
- b) manche dieser Schritte nicht einmal durchgeführt werden, sondern während des gesamten Prozesses zu beachten sind (Beispiel Schritt 4b, Aufbau und Nutzung eines internen und externen Netzwerks), und
- c) im jeweils spezifischen Kontext bzw. Projekt auch möglicherweise einige Schritte ausgelassen oder abgekürzt werden können.

Ebenso ist für ein konkretes Projekt eine entsprechende Zeitdauer sowie weitere Verantwortlichkeiten und die entsprechende Zuteilung von Ressourcen festzulegen.

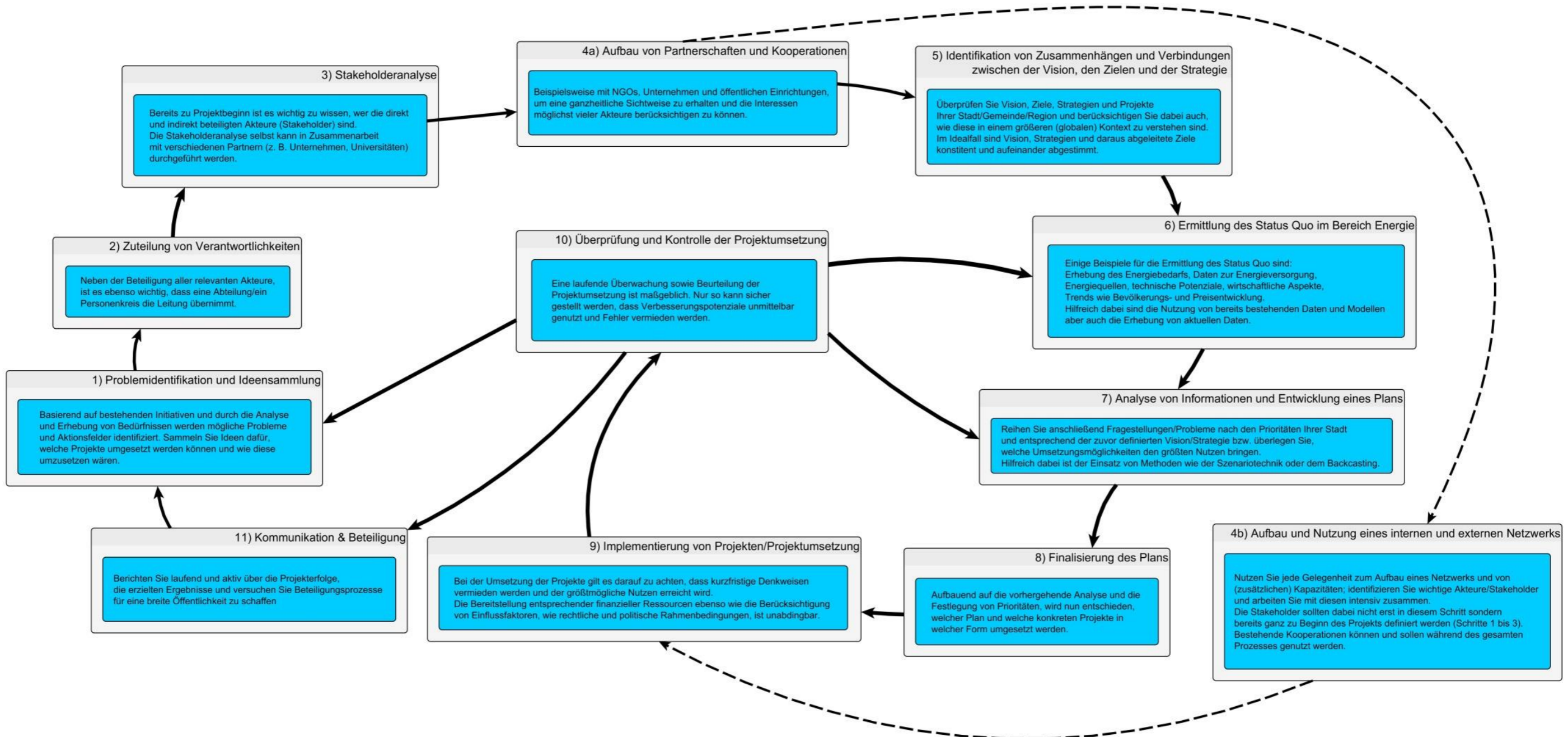


Abbildung 1-1: Prozessmodell und Schritte zur Umsetzung von Projekten im Bereich Energie auf kommunaler Ebene (Quelle: Eigene Darstellung basierend auf UN Habitat und UNEP, 2009)

2. Vorgehensweise und angewandte Methoden im Projekt

Während Abbildung 1 eine allgemeine Vorgehensweise zur Durchführung solcher Projekte darstellt, zeigt die nächste Abbildung 2 die jeweiligen Schritte und angewandte Methoden im durchgeführten Sondierungsprojekt auf.

Schritte	Methoden	Ergebnisse
Ermittlung des Status Quo	Zellularer Ansatz, Stakeholderanalyse	Zeitlich und örtlich aufgelöste Energiedaten, Stakeholder und ihre Rolle
Potentialermittlung hinsichtlich Ausbaumöglichkeiten	Potentialanalyse	Quantifiziert und lokalisierte Potentiale
Energiesystemtechnische Szenarienanalyse	Szenarienanalyse	Abgestimmte effiziente Integration der Potentiale
Sozio-ökonomische Szenarienanalyse	Szenarienanalyse	Geschäftsmodelle und Betrachtung des Nachhaltigkeitsbeitrags
Grundlagen zur Umsetzung	Umsetzungskataster, Prozessmodell	Leitfaden

Abbildung 1: Vorgehensweise, Methoden und Ergebnisse im Sondierungsprojekt (Eigene Darstellung)

3. Analyse der technischen Potentiale

Die Analyse der technischen Potentiale ist der Grundstock in diesem Projekt, auf den alle weiteren Aspekte, wie Geschäftsmodelle aufbauen. Sie lässt sich in drei Hauptschritte unterteilen. Zuerst ist es notwendig die aktuelle energetische Situation zu erfassen, danach werden regionale Potentiale identifiziert und quantifiziert. Im dritten und finalen Schritt werden verschiedene Szenarien erstellt, mit dem Ziel, die zuvor identifizierten Potentiale möglichst sinnvoll und effizient in die aktuelle Energieversorgung einzubinden. In diesem Abschnitt

werden diese drei Schritte genauer erläutert, die angewandten Methoden beschrieben und die gemachten Erfahrungen wiedergegeben.

1. Ermittlung des Status Quo

Für die Erfassung der aktuellen energetischen Situation wurde seitens des Lehrstuhls für Energieverbundtechnik der Montanuniversität Leoben eine Methodik namens „Zellularer Ansatz“ entwickelt. Diese Methode wird hier zur Nachvollziehbarkeit nun Schritt für Schritt erklärt.

a. Schritt 1

Im ersten Schritt wird die Infrastruktur des betrachteten Gebietes analysiert und in drei Kategorien klassifiziert: Verbraucher, Erzeuger und falls vorhanden Speicher. Erfahrungsgemäß machen die Verbraucher den größten Teil der identifizierten Objekte aus, daher ist es hier erforderlich, weiter zu unterteilen und Großverbraucher wie Industrie- und Gewerbebetriebe sowie öffentliche Gebäude extra auszuweisen. Dies hat den Grund, dass Kleinverbraucher wie Einfamilienhäuser bei entsprechender Aggregation sehr gut durch Standardlastprofile abgebildet werden können, Großverbraucher jedoch zumeist sehr individuelle Verbrauchslastgänge haben und für eine genaue Bewertung Messdaten der einzelnen Objekte erforderlich sind. Durch eine Datenanfrage können diese Daten beschafft werden. Außerdem sind auch von den lokalen Erzeugungsanlagen die Einspeisedaten zeitlich aufgelöst zu erfassen. Die zeitliche Auflösung kann dabei je nach Projektumfang variieren, im Rahmen des Projektes Energieschwamm Bruck an der Mur wurden sämtliche Daten in einer 15-Minuten Auflösung gesammelt.

b. Schritt 2

Der zweite Schritt umfasst die Zelleinteilung. Dies ist ein kritischer Schritt und es ist darauf zu achten, dass zu große Zellen die Aussagekraft der Berechnung verringern und zu kleine Zellen (v.a. bei Zellen, die von Kleinverbrauchern dominiert werden und von denen keine gemessenen Daten verfügbar sind) bei der Anwendung aufgrund fehlender Gleichzeitigkeiten das Ergebnis verfälschen können und zusätzlich den Rechenaufwand erhöhen. Als Anhaltspunkt wurde das Gemeindegebiet in Bruck an der Mur in 43 Zellen unterteilt, wobei die Zellengröße je nach Dichte der Objekte, der Homogenität der Zelle und der leitungsgebundenen Versorgung variiert. In **Abbildung** ist die Zelleinteilung von Bruck an der Mur beispielhaft dargestellt.



Abbildung 3: Zelleinteilung des Gemeindegebietes Bruck an der Mur (links – Gesamtansicht, rechts – Zentrum) (Quellen: Luftbild: Basemap Orthofoto, Rest: eigene Darstellung)

In den definierten Zellen werden die zuvor identifizierten Erzeuger, Verbraucher und Speicher für jeden betrachteten Energieträger (Strom, Gas, Fernwärme) zu einem Knotenpunkt zusammengefasst. Dadurch reduziert sich der notwendige Modellierungs- und Berechnungsaufwand, da der Knotenpunkt die Summe der Lastgänge aller Verbraucher der jeweiligen Zelle repräsentiert. Die schematische Darstellung des Prinzips ist in **Abbildung** dargestellt.

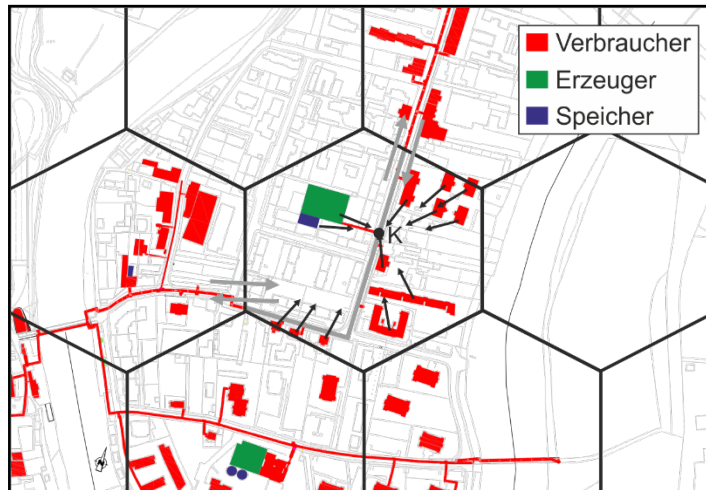


Abbildung 4: Schematische Zelleneinteilung und Zusammenfassung zu Knoten

c. *Schritt 3*

Im dritten Schritt werden die notwendigen Energieströme der einzelnen leitungsgebundenen Energieträger mit der vorhandenen Verteilinfrastruktur abgeglichen. In **Abbildung** kann man die Energieströme zwischen den einzelnen zuvor spezifizierten Knotenpunkten erkennen. Es ist darauf zu achten, dass Ströme nur zwischen den einzelnen Knotenpunkten modelliert werden, wenn zwischen den beiden Zellen auch eine reale Leitung vorhanden ist.

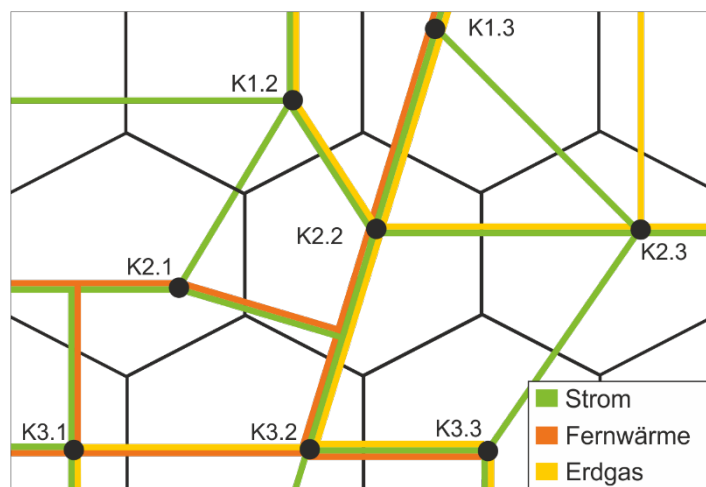


Abbildung 5: Leistungsmäßige Darstellung der Energieströme zwischen den Knotenpunkten

Dies ist notwendig, um bei der nachfolgenden Potentialanalyse die Transportkapazitäten zwischen den einzelnen Zellen zu jedem Zeitpunkt (Sommer,

Winter, Tag, Nacht) quantifizieren zu können, um bei der Nutzung diverser Potentiale nicht in einen Versorgungsengpass zu kommen. Eine detailliertere Beschreibung findet sich in (Böckl et al. 2016)

2. Potentialerfassung

Die Potentialerfassung der analysierten Region soll möglichst umfassend sein und verschiedenste energetisch nutzbare Potentiale beinhalten und kann analog zur Ermittlung des Status Quo ablaufen. Außerdem können einzelne Potentiale unterschiedlich genutzt werden (z.B. Solarenergie als Photovoltaik oder Solarthermie). Daher lässt sich auch die Potentialerfassung in zwei Phasen einteilen: Zum einen die tatsächliche Erfassung der vorhandenen Potentiale und zum anderen in eine Technologieauswahl zur Nutzung der identifizierten Potentiale. Eine Auswahl an Beispielen für die Potentialanalyse ist hier dargestellt:

Abwärme	(Industrielle Abwärme, Rauchgas, Abwasser, Kanalabwärme – Nutzung in Fernwärme, Niedertemperatur Anwendung, ORC Prozess)
Solarenergie	(Photovoltaik oder Solarthermie)
Windenergie	(Windturbine)
Biomasse	(Heizkraftwerk, Kraft-Wärme-Kopplung, Biogas)
Wasserkraft	(Revitalisierung, Kleinwasserkraft)

Nach der Identifikation der Potentiale sind Messdaten notwendig, um diese Potentiale quantifizieren und bewerten zu können. Danach wird die technisch nutzbare Energie bei verschiedenen gewählten Technologien berechnet und das Potential lokalisiert, zeitlich aufgelöst und in der entsprechenden Zelle im Knotenpunkt verortet. Zur zeitlichen Auflösung von fluktuierenden Einspeisern wie Solarenergie kann auf diverse verfügbare Daten wie Solardachkataster oder gemessene Einstrahlungsdaten der ZAMG zurückgegriffen werden.

3. Energiesystemische Szenarienanalyse

Die Energiesystemische Szenarienanalyse soll die erfassten Potentiale in ökologisch und ökonomisch sinnvoller Weise zusammenführen. Da eventuell viele Potentiale identifiziert wurden, ist es wichtig, auf die technische Nutzbarkeit und die ökonomische Durchführbarkeit zurückgreifen zu können. Die empfohlene Vorgehensweise ist die Erarbeitung von verschiedenen Szenarienvorschlägen des technischen oder wissenschaftlichen Partners im Projekt. Dafür soll auf die Charakteristik der Erzeugungs-, Verbrauchs- und Potentialsituation eingegangen und die vorhandene Infrastruktur berücksichtigt werden. Diese Vorschläge sollen im Rahmen eines „Stakeholdertreffens“ den politischen und wirtschaftlichen Entscheidungsträgern präsentiert werden. Es hat sich herausgestellt, dass eine bereits vorbereitete grobe Abschätzung zum ökologischen Nutzen sowie der Wirtschaftlichkeit vorteilhaft ist, um die Entscheidungsträger zu einer detaillierten Analyse vor einer Umsetzung zu motivieren. Die Stakeholder sollen profunde Kenntnisse zur Machbarkeit einzelner Projekte

haben und plausibel einschätzen können, welche Projekte „politisch durchsetzbar“ sind und welche der Szenarien aufgrund diverser Widerstände oder Gegebenheiten als „nicht durchführbar“ gelten. Die ausgewählten Projekte werden detaillierter ausgearbeitet und dabei wird bereits auf die notwendigen Daten für die Entwicklung von geeigneten Geschäftsmodellen eingegangen.

4. Analyse der wirtschaftlichen Potentiale und Betrachtung der Nachhaltigkeitsaspekte

Entsprechend der identifizierten und in Szenarien abgebildeten technischen Potentiale ist die Frage offen, wie solche Lösungen erreicht und umgesetzt werden können. Für Geschäftsmodelle im Energiebereich ist dabei nicht nur von Interesse, wie diese aus ökonomischer Perspektive funktionieren können, sondern auch, inwiefern sie nachhaltig gestaltet sind. Im Folgenden wird daher das Konzept „Framework for Strategic Sustainable Development“ vorgestellt, welches Prinzipien definiert, die eine nachhaltige Entwicklung gewährleisten. Anschließend wird der Business Model Canvas vorgestellt, ein Tool mit dessen Hilfe Geschäftsmodelle beschrieben werden können. Und zuletzt wird ein Beispiel für ein regionales Geschäftsmodell aus dem Bereich Biogasnutzung vorgestellt.

1. Framework for Strategic Sustainable Development

Um eine nachhaltige Entwicklung auf einer Gesamtebene zu gewährleisten und Nachhaltigkeit als Ziel zu erreichen, bedarf es an Prinzipien und Vorgaben, wie ein solches Ziel zu erreichen wäre. Demnach könnte dann in einem zweiten Schritt auch überprüft werden, ob und inwiefern beispielsweise die Umsetzung eines Energieprojekts zu einer solchen nachhaltigen Entwicklung beitragen würde.

Hierzu wurde ein Konzept veröffentlicht, welches sich „Framework for Strategic Sustainable Development“ nennt und eben solche Prinzipien einer nachhaltigen Entwicklung festlegt (Siehe hierzu und im Folgenden Robèrt et al. 2002, Broman und Robèrt, 2015, Baumgartner 2010). Der grundlegende Gedanke dabei ist es, dass nachhaltige Entwicklung als ein Prozess verstanden wird, in dem grundlegende Prinzipien zu befolgen sind, um Fortschritte zu erreichen. Diese Prinzipien sind in ein Gesamtmodell eingebettet, welches zusätzlich Strategien zur Umsetzung sowie den Aspekt der Bewertung gesetzter Handlungen im Hinblick auf deren tatsächlichen Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung beinhaltet (siehe Abbildung 6).

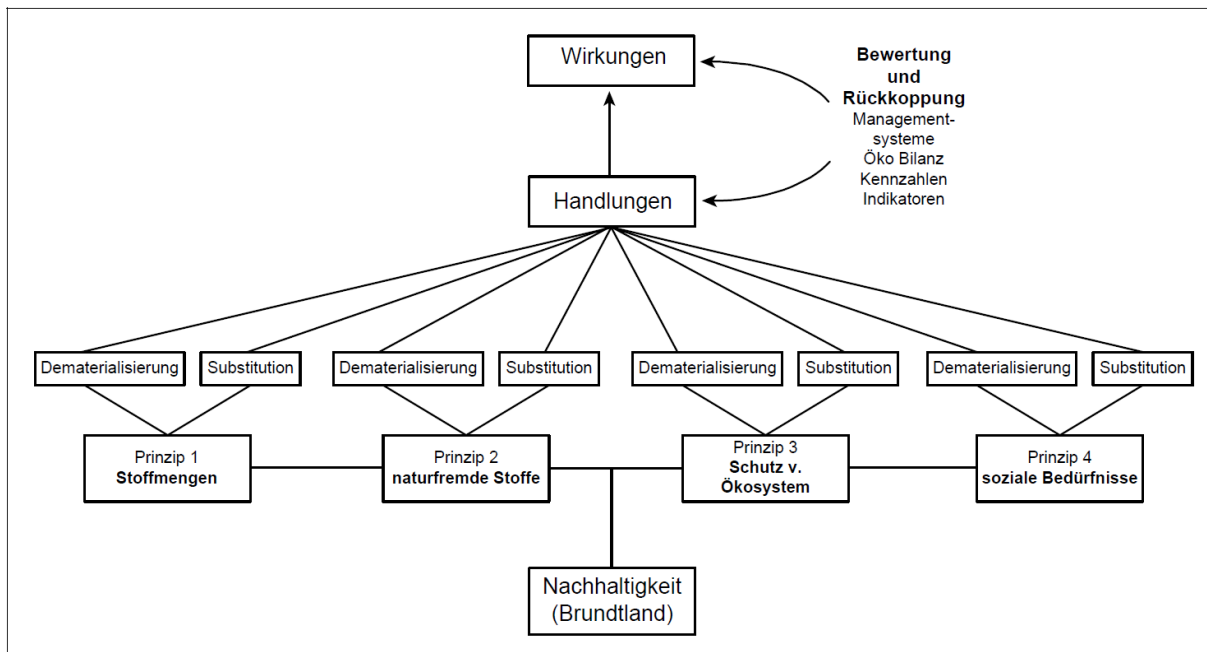


Abbildung 6: Modell des Strategic Sustainable Development (Quelle: Robèrt et al., 2002, S. 199; Broman und Robèrt, 2015, Baumgartner, 2010)

Zusammengefasst lauten die Prinzipien wie folgt (siehe Baumgartner 2010 und dort genannte weiterführende Literatur):

1. Der systematische anthropogene Beitrag zur Zunahme der Konzentration von Stoffen sowie deren Umwandlungsprodukten in der Natur ist zu vermeiden bzw. zu vermindern. Dies bedeutet, selten vorkommende Ressourcen bzw. Rohstoffe durch häufiger vorkommende zu substituieren, die genutzten Ressourcen effektiv und effizient zu nützen und die Abhängigkeit von fossilen Rohstoffen zu reduzieren.
2. Der systematische Beitrag zu steigenden Konzentrationen von anthropogen produzierten Stoffen ist zu vermeiden bzw. zu vermindern.
3. Die systematische Überlastung natürlicher Systeme durch Entnahmeraten, die höher als die Reproduktionsfähigkeit dieser Systeme sind (z.B. Landwirtschaft, Überfischung), durch die Veränderung dieser Systeme und Einführung systemfremder Spezies oder sonstiger Veränderungen ist zu vermeiden.
4. Alle Anstrengungen sind zu unternehmen, um die sozialen und wirtschaftlichen Bedürfnisse regional, national und global unter Beachtung der ersten drei Prinzipien für die derzeit lebende Generation - unter Beachtung zukünftiger Bedürfnisse - zu befriedigen.

Diese Prinzipien wiederum können mit den dargestellten Strategien „Dematerialisierung“ und „Substitution“ erreicht werden, wobei „Substitution“ bedeutet, dass Ressourcen, Stoffe, Komponenten, Verfahrensweisen oder Technologien durch „nachhaltigere“ ersetzt werden. „Dematerialisierung“ hingegen bedeutet, den Stoff- und Energieeinsatz einerseits durch

Erhöhung der Ressourcenproduktivität und andererseits durch Reduzierung von Abfällen und Emissionen zu optimieren.

Im Rahmen von regionalen Projekten, bei der Umsetzung von Geschäftsmodellen oder aber auch unternehmerischen Entscheidungsprozessen können diese Prinzipien als Orientierung dienen und so eine (erste) Einschätzung des Nachhaltigkeitsbeitrags ermöglichen. Eine darauffolgende detaillierte Analyse unter Verwendung von geeigneten Daten und Methoden ist unerlässlich.

2. Geschäftsmodelle und Business Model Canvas

Es gibt verschiedene Definitionen von Geschäftsmodellen. Eines der häufigsten ist die Definition von Osterwalder und Pigneur (2010, S. 14), in der dargelegt wird, dass ein "Geschäftsmodell (auf-)zeigt, wie ein Unternehmen funktioniert". Um ein Geschäftsmodell zu erarbeiten, zu beschreiben bzw. mögliche Innovationen zu identifizieren, wird häufig der „Business Model Canvas“ (BMC) verwendet. Die folgende Abbildung zeigt den Aufbau des Business Model Canvas und somit auch die Grundelemente eines Geschäftsmodells.

Diese Grundelemente nach Osterwalder et al. (2005), um ein Geschäftsmodell zu definieren, sind: Schlüsselpartner (Key Partners), Schlüsselaktivitäten (Key Activities), Schlüsselressourcen (Key Resources), Wertangebote (Value Proposition), Kundenbeziehungen (Customer Relationships), Kanäle (Channels), Kundensegmente (Customer Segments), Kostenstruktur (Cost Structure) und Einnahmequellen (Revenue Streams).

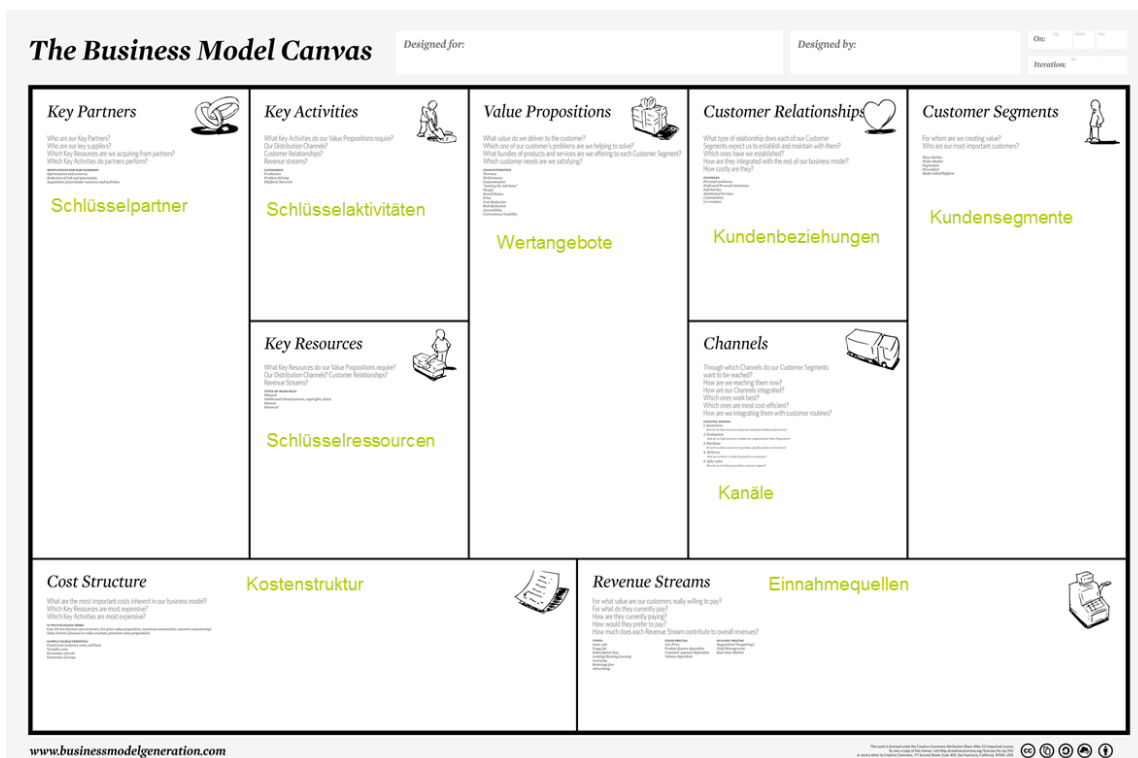


Abbildung 7: Business Model Canvas (Quelle: adaptiert nach Osterwalder et al., 2015 und Strategyzer, 2016)

Ziel ist es, für den jeweiligen Teilbereich die wichtigsten Themen bzw. Partner zu identifizieren und basierend auf diesem Status Quo auch über mögliche Veränderungen/Innovationen nachzudenken. Der Business Model Canvas unterstützt dabei dieses systematische Vorgehen, indem beispielsweise die folgenden Fragen/Themen vorgegeben werden (basierend auf Osterwalder et al., 2005, 2015):

Schlüsselpartner (Key Partners): Schlüsselpartner sind jene Personen und Unternehmen, die für den Leistungserstellungsprozess wesentlich sind. Mögliche Fragen: „Wer sind die wichtigsten (bestehenden) Partner, die in die Erbringung der Wertschöpfung involviert sind?“; „Welche neuen, zukünftigen Partner (abgesehen von Lieferanten) könnten relevant werden?“; „Wer sind meine Lieferanten?“, „An wen kann ich was outsourcen?“

Schlüsselaktivitäten (Key Activities): Schlüsselaktivitäten umfassen jene Aufgaben und Aktivitäten, die für den Leistungserstellungsprozess wesentlich sind. Mögliche Fragen: "Was sind die wichtigsten Schlüsselaktivitäten, um das Produkt/die Dienstleistung zu erstellen und zu liefern?", „In welchen Bereichen muss ich als Unternehmen gut sein?“

Schlüsselressourcen (Key Resources): Hierbei geht es darum, sich zu überlegen, mit welchen Ressourcen für die Erstellung des Wertangebots benötigt werden. Mögliche Fragen: "Welche Ressourcen sind erforderlich, um das Produkt zu erstellen und zu liefern?", „Auf welchen Ressourcen (materiell und immateriell) beruht das Wertangebot?“

Wertangebote (Value Proposition): Das Wertangebot ist das zentrale Element des Business Model Canvas bzw. der betrieblichen Leistungserstellung. Hier geht es darum festzulegen, mit welchem Wert- und Leistungsangebot ein Unternehmen Wert für den Kunden generiert. Damit wird auch festgelegt, wie das Unternehmen Einnahmen generiert. Es geht aber auch um die Beschreibung der Vorteile, welche Kunden von Produkten und Dienstleistungen erwarten können. Mögliche Fragen: "Warum verwenden Kunden dieses Produkt/diese Dienstleistung?", „Welche Kundenbedürfnisse sprechen wir mit unseren Produkten und Dienstleistungen an?“, „Wie kreieren wir Nutzen für unsere Kunden (und auch für andere Partner?“, „Wie kann sichergestellt werden, dass das Wertangebot auch zukünftig noch für den Markt relevant ist?“

Kundenbeziehungen (Customer Relationships): Hier wird beschrieben und festgelegt, wie die Beziehung zum Kunden/zur Kundin bzw. zu einzelnen Kundensegment aussieht. Wie auch in anderen Bereichen des Geschäftsmodells gibt es dabei nicht eine, sondern mehrere Formen von Kundenbeziehungen, auch in Abhängigkeit vom Markt, der bedient wird (z. B. Business-to-business, Business-to-customer). Mögliche Fragen: „Wie werden Kundenbeziehungen aufgebaut?“, „Worauf basieren Kundenbeziehungen?“, „Wie werden sich diese zukünftig verändern?“, „Wie werden Kundenbeziehungen gepflegt?“

Kanäle (Channels): Die Kanäle eines Unternehmens sind jene Wege, mit bzw. über welche das Unternehmen mit seinen Kunden in Kontakt tritt. Mögliche Fragen: "Wie wird das Produkt an den Kunden geliefert?", „Auf welchem Wege möchte jeder einzelne Kunde bzw. jedes

einzelne Kundensegment angesprochen werden?“, „Welche physischen/digitalen Kanäle werden benutzt?“

Kundensegmente (Customer Segments): Beschreibt die Kundensegmente, die ein Unternehmen ansprechen bzw. die Märkte, die ein Unternehmen bedienen möchte. Mögliche Fragen: „Wer sind die Kundensegmente, die das Unternehmen bedient?“, „Wer verwendet das Produkt/die Dienstleistung?“

Kostenstruktur (Cost Structure): In diesem Teil des Business Model Canvas wird – basierend auf den anderen Teilen des Geschäftsmodells – erhoben, welche Kosten für den Leistungserstellungsprozess anfallen. „Welche Kosten entstehen durch/für den Leistungserstellungsprozess?“, „Wodurch entstehen diese Kosten?“, „Wie setzen sich diese Kosten zusammen?“

Einnahmequellen (Revenue Streams): Hier wird festgelegt, welche Einnahmen ein Unternehmen erzielt und wie sie erzielt werden. Mögliche Fragen: „Wie werden Einnahmen aus dem Kundensegment erzeugt?“, aber auch „Wieviel sind die Kunden für die Leistung zu zahlen bereit?“, „Über welchen Weg bzw. in welcher Form würden sie gerne dafür zahlen?“, „Welche Preismechanismen gibt es?“.

Obgleich in der Darstellung die einzelnen Teile (Building Blocks) eher separat zu sein scheinen, sind sie miteinander verbunden und auch in der Form zu betrachten. Gesamt bildet der Business Model Canvas somit ab, wie ein Unternehmen/eine Organisation ein Wertangebot erstellen, übermitteln und auch entsprechende Einnahmen damit erzielen kann.

Der Business Model Canvas kann als Tool auch dazu genutzt werden, um mit den einzelnen Teilen des Geschäftsmodells theoretisch zu variieren und experimentieren, um so neue Ideen und Innovationen für das eigene Geschäftsmodell zu schaffen.

3. Best-Practice-Beispiel für ein regionales Geschäftsmodell

Ein Best-Practice-Beispiel für ein regionales Geschäftsmodell im Bereich Biomasse ist eine finnische Gemeinde mit 200.000 EinwohnerInnen (siehe dazu Tsvetkova, 2014). Die Idee hinter dem Geschäftsmodell war es, Biogas im Bereich des Transports und Verkehrs in einer nachhaltigen ökologischen und wirtschaftlichen Art und Weise einzusetzen. Bei der Analyse des Status Quo konnte beobachtet werden, dass bestehende, alte Industriestrukturen (z.B. in puncto Ressourcennutzung, Produktherstellung und Entsorgung von Abfällen) sich hinderlich in Richtung Umsetzung eines neuen Geschäftsmodells ausgewirkt haben. Für das neue regionale Geschäftsmodell waren beispielsweise viel mehr Kooperationen und Zusammenarbeit notwendig, wenn es um die Nutzung von Abfällen als Ressource für die Erzeugung von Biogas ging. Aber auch die Finanzierung war ein Thema, so wurden Umsätze zunächst über die Gebühr für Klärschlammbehandlung lukriert und zu Beginn noch weniger über den Verkauf und Einsatz von Biogas selbst. Um das Ziel eines möglichst nachhaltigen und umfassenden Einsatzes von Biogas zu ermöglichen, mussten Investitionen in unterschiedlichen Bereichen (z.B. Aufbereitungsanlagen und andere infrastrukturelle Maßnahmen, gasbetriebene Fahrzeuge) getätigt werden. Zudem mussten Nutzungsmöglichkeiten für Nebenprodukte der Biogasproduktion (z.B. Gärreste) gefunden werden. Erreicht wurde damit nicht nur eine umfassende Beteiligung einer großen Anzahl an Stakeholdern (beispielsweise auch Leasingunternehmen, KFZ-Händler, landwirtschaftliche Betriebe) sondern auch der von Beginn an erwünschte, umweltschonende Einsatz von Biogas für den privaten wie auch öffentlichen Transport, was u.a. zu einer Reduktion von Treibhausgasen führt. Sogenannter „Abfall“ wurde einer weiteren Verwendung zugeführt und zudem konnten weitere Arbeitsplätze vor Ort geschaffen werden.

Die folgende Abbildung stellt dieses regionale Geschäftsmodell dar.

5. Biomasse aus der Landwirtschaft für Biogas

4. Biogas für PKWs

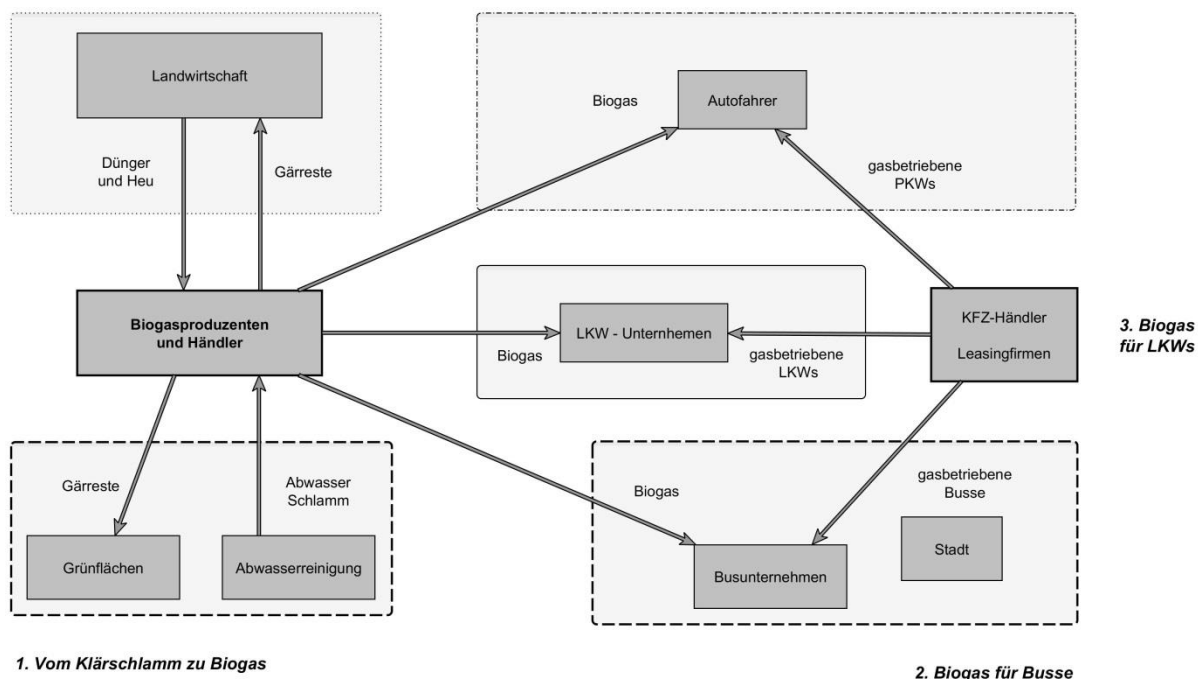


Abbildung 8: Regionales Geschäftsmodell "Biogasnutzung im Verkehrsbereich"/Ökosystem und die wichtigsten Akteure (Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Tsvetkova, 2014, S. 229-230)

4. Zusammenfassung und Implikationen

Die gezeigten möglichen Prozessschritte (Abbildung 1) für die Vorgehensweise bei der Umsetzung von regionalen Energieprojekten sowie die beschriebenen Methoden, welche im Projekt selbst angewandt wurden, sollen als Leitfaden und Unterstützung dienen.

Obgleich die Inhalte relativ generell dargestellt werden, ist ihre „Verallgemeinerbarkeit“ auch gewissermaßen begrenzt. Zudem soll darauf hingewiesen werden, dass insbesondere die angewandten und eingesetzten Methoden exemplarisch und nicht als ausschließlich zu sehen sind. Insbesondere bei der Erarbeitung von Geschäftsmodellen wie auch bei der Betrachtung der verschiedenen Perspektiven der Nachhaltigkeit gibt es nicht den einen, allgemeingültigen Ansatz. Somit ist hier eine Auswahl basierend auf wissenschaftlichen Erkenntnissen und auf Basis der Erfahrungen der Projektpartner getroffen worden.

Zusammenfassend können folgende Punkte als Implikationen für weitere Projekte hervorgehoben werden:

1. Definition (gemeinsamer) Zielvorstellungen:

Primär zu Projektbeginn aber auch im Verlauf des gesamten Projektes ist es wichtig, die Ziele für das Projekt und die Zielvorstellungen der Partner abzugleichen. Dies betrifft nicht nur die am Projekt direkt beteiligten Personen und Organisationen, sondern insbesondere auch indirekt am Projekt beteiligte Projektpartner. Einerseits wird dadurch gewährleistet, dass effektiv und effizient gearbeitet wird und andererseits

kann so auch überprüft werden, ob es im Zeitverlauf Abweichungen gibt und wie man mit diesen umgehen möchte. Gelingt es möglichst viele Ziele von unterschiedlichen Partnern zu berücksichtigen, so erhöht sich die Erfolgswahrscheinlichkeit des Projektes.

2. Laufende und aktive Einbindung aller Stakeholder:

In engem Zusammenhang mit Punkt 1 ist die laufende und aktive Einbindung aller Stakeholder zu sehen. Dabei reicht der Grad der Involviertheit von „einfacher“ Information der jeweiligen Gruppen und Personen bis hin zur aktiven Einbindung in das Projekt selbst. Die Komplexität aber auch der Aufwand eines solchen Stakeholderprozesses darf dabei nicht unterschätzt werden.

3. Kommunikation und laufende Abstimmung über bereits erreichte Ziele und noch ausstehende Aktivitäten:


Je umfangreicher das Projekt, je länger der Projektzeitraum und je größer die Anzahl an Partnern, desto wichtiger sind aktive Kommunikation und laufende Abstimmung über bereits erreichte Ziele und noch ausstehende Aktivitäten. Operative Entscheidungen wie die Wahl geeigneter Kommunikationskanäle oder das Festlegen von Regeln und Terminen für Projekttreffen zählen ebenso dazu.

Literaturverzeichnis

- Baumgartner, R.J. (2010). Nachhaltigkeitsorientierte Unternehmensführung: Modell, Strategien und Managementinstrumente. Rainer Hampp Verlag: München.
- Broman, G.I., Robèrt, K.-H. (2015). A Framework for Strategic Sustainable Development. J. Clean. Prod. 1–15. doi:10.1016/j.jclepro.2015.10.121
- Böckl, Benjamin; Kriechbaum, Lukas; Kienberger, Thomas (2016): Analysemethode für kommunale Energiesysteme unter Anwendung des zellularen Ansatzes. In Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation (Ed.): 14. Symposium Energieinnovation. Energie für unser Europa. 14. Symposium Energieinnovation. Graz. TU Graz. Graz: TU Graz.
- Osterwalder, A., Pigneur, Y. (2010). Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey.
- Osterwalder, A., Pigneur, Y., Tucci, C.L. (2005). Clarifying business models: origins, present, and future of the concept. Commun. Assoc. Inf. Syst. 15, 1–43. doi:10.1.1.83.7452
- Robèrt, K.-H., Schmidt-Bleck, B., Aloisi de Laderel, J., Basile, G., Jansen, J.L., Kuehr, R., Price Thomas, P., Suzuki, M., Hawken, P., Wackernagel, M. (2002). Strategic sustainable development - selection, design and synergies of applied tools. In: Journal of Cleaner Production, Vol. 10, Nr. 3, S. 197-214.
- Strategyzer (2016). Business Model Generation. Von: <http://www.businessmodelgeneration.com> (zuletzt aufgerufen am 18. Juni 2016)
- Tsvetkova, A. (2014). Designing sustainable industrial ecosystems: the case of a biogas-for-traffic solution. Abo Akademi University.
- UN Habitat/UNEP (2009). Sustainable Urban Energy Planning – A handbook for cities and towns in developing countries. Von: http://www.unep.org/urban_environment/PDFs/Sustainable_Energy_Handbook.pdf (gesehen 26. April 2016)

Publication bibliography

- Böckl, Benjamin; Kriechbaum, Lukas; Kienberger, Thomas (2016): Analysemethode für kommunale Energiesysteme unter Anwendung des zellularen Ansatzes. In Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation (Ed.): 14. Symposium Energieinnovation. Energie für unser Europa. 14. Symposium Energieinnovation. Graz. TU Graz. Graz: TU Graz.
- Hermann, Robert (2015): M-SWITCH Bruck. Mobility and Smart Working Technology Bruck an der Mur. Edited by Klima- und Energiefonds. Wien.



Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien
[bmvit.gv.at](https://www.bmvit.gv.at)