



Leitfaden zur Umsetzung der Potenziale Erneuerbarer Energien und der dezentralen Kraft-Wärme-Kopp- lung am Beispiel der Gespanschaft Vukovar-Srijem in Kroatien

Zuwendungsgeber:
Umweltministerium Baden-
Württemberg

Verfasser:
Helmut Böhnisch (KEA)
Martin Miksche (KEA)

Karlsruhe, 05. Februar 2014

Mit finanzieller Unterstützung des Ministeriums für Umwelt, Klima und
Energiewirtschaft Baden-Württemberg“



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

Der Herausgeber, die Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg, ist für den Inhalt allein verantwortlich.

Inhalt

1	Aufgabenstellung und Ausgangssituation.....	1
2	Kurzdokumentation der Potenzialstudien.....	3
2.1	Posavina-Studie	3
2.2	REPAM-Studie.....	4
3	Strategische Bedeutung von Nahwärmenetzen.....	5
3.1	Übersicht.....	5
3.2	Beispiel 1: Energieversorgung eines Dorfes mit Biogasanlage	6
3.3	Beispiel 2: Solare Nahwärme mit Langzeitwärmespeicher.....	8
3.4	Beispiel 3: Nahwärme und Erdgas-Blockheizkraftwerke	10
4	Kraft-Wärme-Kopplung für bestehende Wärmenetze	12
5	Ausarbeitung von Nahwärmekonzepten für Landgemeinden.....	13
5.1	Gebäudedaten und Wärmebedarf.....	13
5.2	Netzauslegung.....	14
5.3	Wärmenetzkarten.....	14
5.4	Anlagenauslegung und Wirtschaftlichkeitsrechnung.....	18
6	Umwelttechniknetzwerk Donauraum.....	19

1 Aufgabenstellung und Ausgangssituation

Im Rahmen der Donaunraumstrategie der Europäischen Union besteht eine Zusammenarbeit zwischen Baden-Württemberg und Kroatien, das am 1. Juli 2013 als 28. Land in die Europäische Union aufgenommen wurde. Die Themenfelder des memorandum of understanding erstrecken sich u. a. auf die Bereiche Energieversorgung und Abfallwirtschaft.

Die KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH besteht seit 1994 und liefert als Landes-Energieagentur Energie-Impulse für Baden-Württemberg und darüber hinaus. Ihre Aufgabe besteht darin, Kommunen, Landkreise, kleine und mittlere Unternehmen sowie kirchliche Einrichtungen bei den Themen Energieeinsparung, rationelle Energieverwendung und Nutzung erneuerbarer Energien zu unterstützen.

Auch in Kroatien soll in Zukunft die Energieversorgung mit erneuerbaren Energien eine größere Rolle spielen, was vom Land Baden-Württemberg im Rahmen der vereinbarten Kooperation unterstützt wird. In diesem Zusammenhang wurde die KEA zunächst vom Staatsministerium Baden-Württemberg mit dem Projekt „Potenzialanalyse Erneuerbare Energien“ für das Gebiet der Gespanschaft Vukovar-Srijem beauftragt (vgl. Abbildung 1-1).

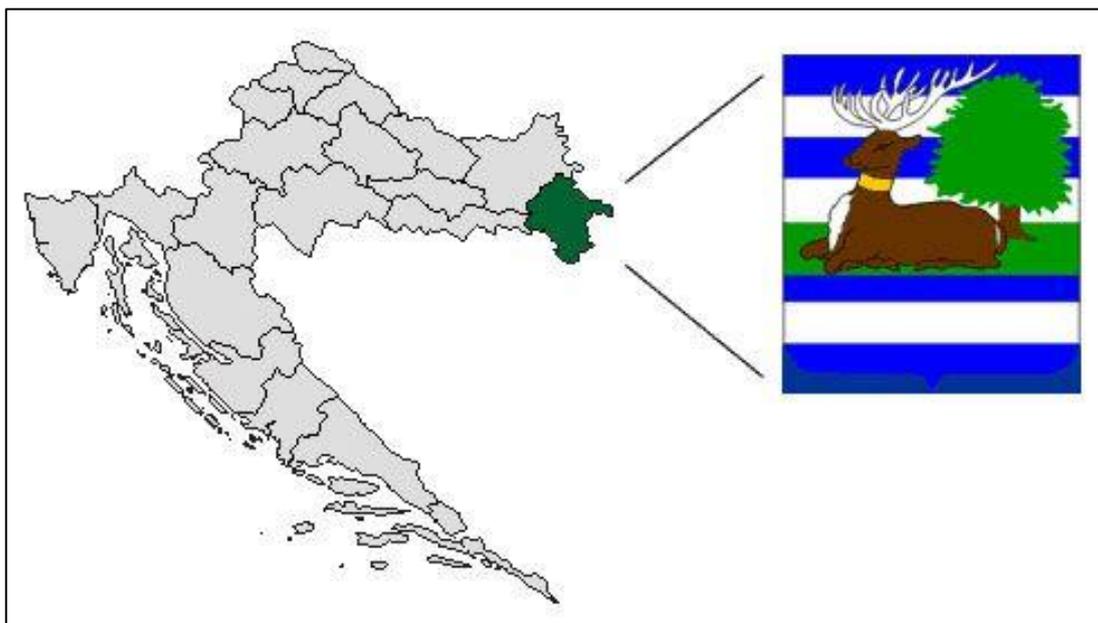


Abbildung 1-1: Übersichtskarte von Kroatien mit den Grenzen der Gespanschaften und Lage der Gespanschaft Vukovar-Srijem im Osten

Das Ergebnis der im Rahmen des Projekts durchgeführten Gespräche und Analysen sowie des Besuchs Ende September 2013 in Vukovar war einerseits, dass eine Potenzialanalyse im angestrebten Umfang mit dem zur Verfügung stehenden Budget aus verschiedenen Gründen nicht möglich ist. Andererseits liegen bereits zwei von kroatischen Instituten durchgeführte Studien vor, in denen ausführliche Potenzialberechnungen durchgeführt wurden. Die sog. Posavina-Studie befasst sich dabei mit landwirtschaftlicher Biomasse, während in der Studie mit dem Namen REPAM die Potenziale für alle Formen der erneuerbaren Energien in sämtlichen Gespanschaften Kroatiens berechnet wurden.

Vor diesem Hintergrund wurde von der KEA, alternativ zu den Potenzialberechnungen vorgeschlagen, einen Leitfaden auszuarbeiten, in dem in übersichtlicher Form Hinweise dafür gegeben werden, wie die reichhaltigen Potenziale der erneuerbaren Energien in Vu-

kovar-Srijem und die Möglichkeiten zur dezentralen Kraft-Wärme-Kopplung Schritt für Schritt genutzt werden können.

Die Ausarbeitung des Leitfadens stützt sich dabei auf die während des Besuchs in Vukovar vom 24.-27. September 2013 gesammelten Informationen und die von Eco-Sustav bzw. der Gespanschaft zur Verfügung gestellten Daten.

2 Kurzdokumentation der Potenzialstudien

2.1 Posavina¹-Studie

Das Energieinstitut Hrvoje Pozar (EIHP) in Zagreb sowie die Universität Banja Luka (Institut für Genetische Ressourcen) haben mit finanzieller Unterstützung der Europäischen Union eine Studie ausgearbeitet, die den Titel ABCDE Posavina – Agrarmarktstudie trägt (Dezember 2011).

Der erste Teil des Titels ist eine Abkürzung der englischen Bezeichnung „Agricultural Biomass Cross Border Development of Energy in Posavina“ und deutet auf das Untersuchungsgebiet hin, das zum einen die Gespanschaft Vukovar-Srijem umfasst und andererseits benachbarte Gebiete in Bosnien-Herzegowina, die entlang des Save-Tals liegen. Es handelt sich dabei um fünf Gemeinden oder Distrikte.

In der Studie wurde das Potenzial zur Energiegewinnung aus landwirtschaftlicher Biomasse ermittelt. Die Untersuchung bezieht sich u. a. auf die Erzeugung von Biogas aus dem Anbau von Energiepflanzen (Mais und Getreide) und auf die Verwertung von Reststoffen aus der Viehhaltung (Mist, Gülle, Schlachtabfälle) zur anaeroben Vergärung. Darüber hinaus enthält die Studie auch Potenzialberechnungen zur Gewinnung von Biodiesel und Bioethanol, die hier jedoch nicht näher betrachtet werden.

Potenziale zur energetischen Nutzung von Holz wurden in der Posavina-Studie nicht untersucht. Das bezieht sich gleichermaßen auf Wald- und Landschaftspflegeholz.

Insgesamt wurden von den Autoren vier verschiedene Szenarien definiert und die möglichen Energiemengen berechnet. Die Szenarien unterscheiden sich wie folgt:

1. Referenzszenario (Die Erträge aus Ackerbau und Viehzucht bleiben im Vergleich zu heute unverändert)
2. Szenario 2: Förderung des Ackerbaus
3. Szenario 3: Steigerung der Viehproduktion
4. Szenario 4: Förderung des Ackerbaus und Steigerung der Viehproduktion

Am Beispiel der Strom- und Wärmeerzeugung aus Biogas werden die Ergebnisse hier kurz dokumentiert.

Tabelle 2-1: Technische Potenziale zur Erzeugung von Strom- und Wärme aus Biogas in der Gespanschaft Vukovar-Srijem

	Strom [GWh/a]	Wärme [GWh/a]
Szenario 1	139	116
Szenario 2	139	116
Szenario 3	180	149
Szenario 4	180	149

¹ „Posavina“ ist die kroatische Bezeichnung für die Region entlang der Save in Kroatien, Bosnien-Herzegowina und Serbien, die Teil der Pannonischen Tiefebene ist.

Den Werten in Tabelle 2-1 liegt die Annahme zugrunde, dass die landwirtschaftlichen Reststoffe gemeinsam mit einem Masseanteil von 30 % Maissilage vergärt werden. Beim Potenzial für die Wärmeerzeugung ist der Wärmebedarf zur Beheizung des Fermenters bereits abgezogen.

Der Strombedarf in der Gespanschaft beträgt derzeit rund 675 GWh/a. Gemessen an diesem Bedarf können mit Biogas gut 20 % (Szenarien 1 und 2) oder fast 27 % (Szenarien 3 und 4) des Bedarfs regenerativ erzeugt werden (Abbildung 2-1).

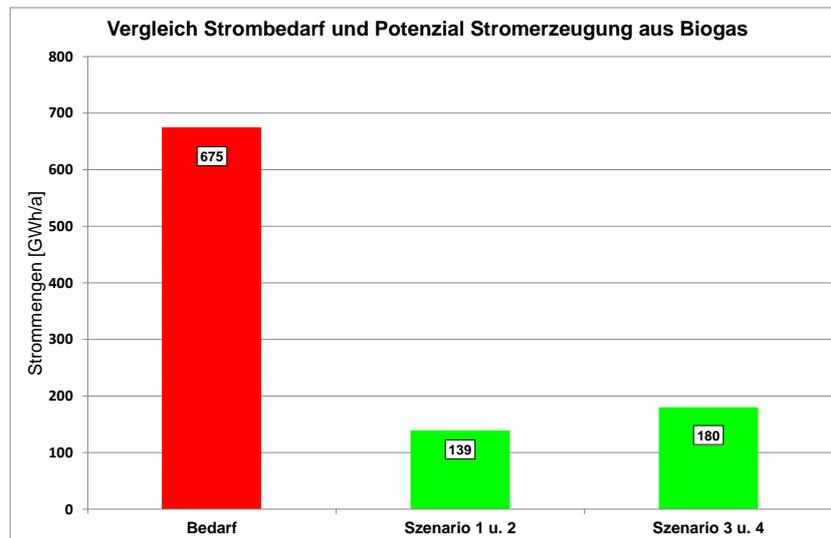


Abbildung 2-1: Vergleich des Strombedarfs in der Gespanschaft Vukovar-Srijem mit dem technischen Potenzial bei der Nutzung von Biogas

Ein Vergleich zwischen dem Energiebedarf für die Gebäudeheizung und den Potenzialen zur Wärmegewinnung aus Biogas ist an dieser Stelle nicht möglich, da die Bedarfszahlen für den Sektor Gebäudeheizung nicht vorliegen.

Im Zusammenhang mit dem Projekt Potenzialanalyse Vukovar-Srijem ist die Information interessant, dass bei der Posavina-Studie Geobasisdaten mit Hilfe von Geographischen Informationssystemen verarbeitet wurden. Die Autoren der Studie arbeiteten somit bereits mit räumlich aufgelösten Daten.

Allerdings ist die räumliche Auflösung der ermittelten Biomassepotenziale auf kroatischer Seite auf die gesamte Gespanschaft Vukovar-Srijem bezogen. Das heißt, die Potenziale wurden nicht auf die Ebene einzelner Gemeinden heruntergebrochen.

2.2 REPAM-Studie

Unter Leitung des EIHP wurde eine weitere Studie mit dem Namen REPAM erstellt. Diese Studie umfasst die Ermittlung der Potenziale nicht nur zur Biomasse, sondern für alle Formen erneuerbarer Energien und zwar in ganz Kroatien. Als kleinste Einheit bei der räumlichen Auflösung wurde das Gebiet der jeweiligen Gespanschaften gewählt. Die Erarbeitung der Potenziale erfolgte jedoch, nach Angaben einer beteiligten Mitarbeiterin von EIHP, ohne die Nutzung von GIS und Geodaten.

In der REPAM-Studie ist auch die Nutzung von Holz für energetische Zwecke enthalten, so dass diese Potenzialzahlen mittlerweile auch für die Gespanschaft Vukovar-Srijem vorliegen.

3 Strategische Bedeutung von Nahwärmenetzen

3.1 Übersicht

Zur Wärmeversorgung von Gebäuden und zur Bereitstellung von Prozesswärme für eine ganze Reihe von industriellen oder gewerblichen Prozessen ist Niedertemperaturwärme bis maximal 100°C erforderlich. Soll diese Wärme mit erneuerbaren Energien gewonnen werden, stehen dafür verschiedene Techniken zur Verfügung:

- Biomassekessel zur Verbrennung fester Biomasse in Form von Hackschnitzel oder Pellets,
- Biogasanlagen zur anaeroben Vergärung von Energiepflanzen und/oder organischen Reststoffen,
- Aufbereitungsanlagen zur Herstellung von Biomethan aus Rohbiogas, das in das Erdgasnetz eingespeist wird,
- Vergasungsanlagen zur thermochemischen Vergasung verschiedener Formen von Biomasse,
- Solarthermische Kollektoren zur direkten Umwandlung der Solarstrahlung in Niedertemperaturwärme,
- Nutzung der Erdwärme in tiefen hydrothermalen Schichten und festen Gesteinsformationen mit Hilfe von Geothermiebohrungen, die einige Kilometer tief sind.

Biomassekessel werden in einem sehr großen Leistungsbereich gebaut, der sich ungefähr von 10 kW bis 10 MW erstreckt. Die kleinsten Kessel, in denen hauptsächlich Holz in Form von Pellets verbrannt wird, sind von ihrer Größe her auch als Einzelheizungen für kleine Wohnhäuser geeignet. Sobald die Leistung der Kessel deutlich zunimmt, benötigt man jedoch bei der Wärmeversorgung entsprechend große Wärmesenken, die die Größe bzw. den Bedarf eines einzelnen Wohnhauses übersteigen. Große Biomassekessel haben zudem den Vorteil, dass z. B. auch Hackschnitzel mit geringerer Qualität oder höherem Wassergehalt verbrannt werden können und für die Abgasreinigung effiziente Filter zur Verfügung stehen.

Die Erzeugung von Biogas ist immer mit der Strom- und Wärmeerzeugung in Blockheizkraftwerken verknüpft. Beim Strom ist die Frage nach dem sinnvollen Nutzen immer schnell beantwortet, er wird im Allgemeinen in das Stromnetz des lokalen Netzbetreibers eingespeist. Bei der gleichzeitig entstehenden Wärme ist das nicht immer der Fall. Häufig wird nur ein kleiner Teil der Wärme zur Beheizung der Fermenter eingesetzt und der große Rest ungenutzt an die Umgebungsluft abgegeben. Diese Wärme könnte jedoch sinnvoll zur Gebäudeheizung genutzt werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Biogasanlagen häufig so groß sind, dass trotz Beheizung der Fermenter erhebliche Wärmemengen frei zur Verfügung stehen.

Wird aus rohem Biogas mit Hilfe von Aufbereitungsanlagen Biomethan in Erdgasqualität hergestellt, kann dieses in das Erdgasnetz eingespeist werden. Auf diese Weise steht es nach der Entnahme an anderer Stelle für die Energienutzung zur Verfügung. Eine effiziente Nutzung des Biomethans ist dann gewährleistet, wenn in Blockheizkraftwerken Strom und Wärme erzeugt und die Wärme sinnvoll genutzt wird, z. B. zur Wärmeversorgung von Wohngebäuden und Gewerbebetrieben.

Die thermochemische Vergasung von Biomasse ist eine Technik, mit der Synthesegas aus Biomasse hergestellt werden kann. Auch in Deutschland ist diese Technik noch nicht weit verbreitet. Es zeichnet sich jedoch ab, dass in vielen Fällen größere Anlagen gebaut werden, deren Gas ebenfalls für die Kraft-Wärme-Kopplung zur Verfügung steht. Auch bei Einsatz dieser Technik sind bei der Realisierung effizienter und umfassender Wärmenutzungskonzepte ausreichend große Wärmesenken, z. B. in Form einer großen Anzahl von Gebäuden erforderlich.

Sollen nicht nur der Warmwasserbedarf im Sommer, sondern auch große Anteile des Heizwärmebedarfs im Winter mit Hilfe der Sonne gedeckt werden, müssen große Kollektorfelder und saisonale Wärmespeicher gebaut werden. Saisonale Speicher, in denen die Speicherung der Wärme mit Wasser erfolgt, funktionieren nur dann, wenn sie ein großes Volumen und damit ein kleines Oberflächen-Volumen-Verhältnis aufweisen. Die Aufgabe dieser großen Wärmespeicher besteht darin, die Verfügbarkeit der solaren Wärme vom Sommer in den Winter zu verschieben. Bei der Kombination von großen solarthermischen Kollektorfeldern und Langzeitwärmespeichern ist es deshalb zwingend notwendig, viele Gebäude gleichzeitig mit Wärme zu versorgen.

Dasselbe gilt auch für die Nutzung der tiefen Geothermie, da in diesen Fällen mit einer einzigen erfolgreichen Bohrung so große Wärmemengen und Wärmeleistungen zur Verfügung stehen, dass damit ganze Orte und Stadtteile versorgt werden können.

Die Realisierung von großen Wärmesenken ist immer dann möglich, wenn mit Hilfe eines Nah- oder Fernwärmenetzes viele Einzelverbraucher (Wohngebäude, öffentliche Gebäude, gewerblich genutzte Gebäude) zusammengefasst werden. Wärmenetze spielen deshalb beim Umbau der Wärmeversorgung auf erneuerbare Energien eine wichtige strategische Rolle. Der zunehmende Einsatz von erneuerbaren Energien geht deshalb in vielen Fällen einher mit dem Ausbau von Nahwärmenetzen.

Stehen ergänzend zu den erneuerbaren Energien auch noch große Mengen von Abwärme aus Industrie- und Gewerbebetrieben zur Verfügung, können diese ebenfalls über Nahwärmenetze verteilt und an die Verbraucher geliefert werden. Auch die Wärme aus Erdgas-Blockheizkraftwerken, die bei größeren Leistungen von 500 kW oder 1.000 kW hohe Stromwirkungsgrade und niedrige spezifische Investitionskosten aufweisen, kann sinnvoll in Wärmenetze eingespeist werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Wärmenetze eine hohe Flexibilität gewährleisten und eine große Wärmeerzeugungsvielfalt zulassen.

3.2 Beispiel 1: Energieversorgung eines Dorfes mit Biogasanlage

Da Biogasanlagen, vor allem wenn zur Vergärung Energiepflanzen zum Einsatz kommen, vorwiegend in ländlichen Regionen gebaut werden, bietet es sich an, die im Biogas-Blockheizkraftwerk erzeugte Wärme bei der Gebäudeheizung der benachbarten Ortschaften zu verwenden. Gut ausgearbeitete Wärmenutzungskonzepte zeichnen sich im Wesentlichen dadurch aus, dass möglichst wenig der im Verlauf eines Jahres erzeugten Wärme aus Biogas verloren geht.

Der prinzipielle Aufbau einer Dorfversorgung mit Biogasanlage² ist in Abbildung 3-1 dokumentiert. Zentraler Bestandteil der Energieerzeugung ist die Biogasanlage, die mit Ener-

² Im Deutschen wird dafür üblicherweise der Begriff Bioenergiedorf verwendet.

giepflanzen, Gülle oder anderen organischen Reststoffen gefüttert werden kann. Das bei der Vergärung entstehende Biogas wird im Blockheizkraftwerk in Strom und Wärme umgewandelt.

Da die Biogasanlage bei optimaler Auslegung der thermischen Seite die Wärmegrundlast liefert, sind weitere Wärmeerzeuger für eine Vollversorgung erforderlich. Häufig wird parallel zum Biogas-BHKW ein Holzhackschnitzelkessel installiert. Unter Umständen ist auch noch ein Spitzenlastkessel (Öl oder Erdgas) erforderlich. Sehr wichtig ist auch ein großzügig dimensionierter Pufferspeicher, mit dem kurzfristige Schwankungen des Bedarfs ausgeglichen und der Ausnutzungsgrad des Biogas-BHKW und des Holzkessels erhöht werden können.

Um die Verluste im Nahwärmenetz möglichst gering zu halten, müssen Wärmeleitungsrohre mit sehr guter Dämmqualität eingebaut werden. In ländlichen Gemeinden, die durch relativ geringe Wärmedichten gekennzeichnet sind, ist dafür die Verwendung von Doppelrohren empfehlenswert. Bei Doppelrohren verlaufen die Leitungen für den Vorlauf und für den Rücklauf in einem Isolationskörper.

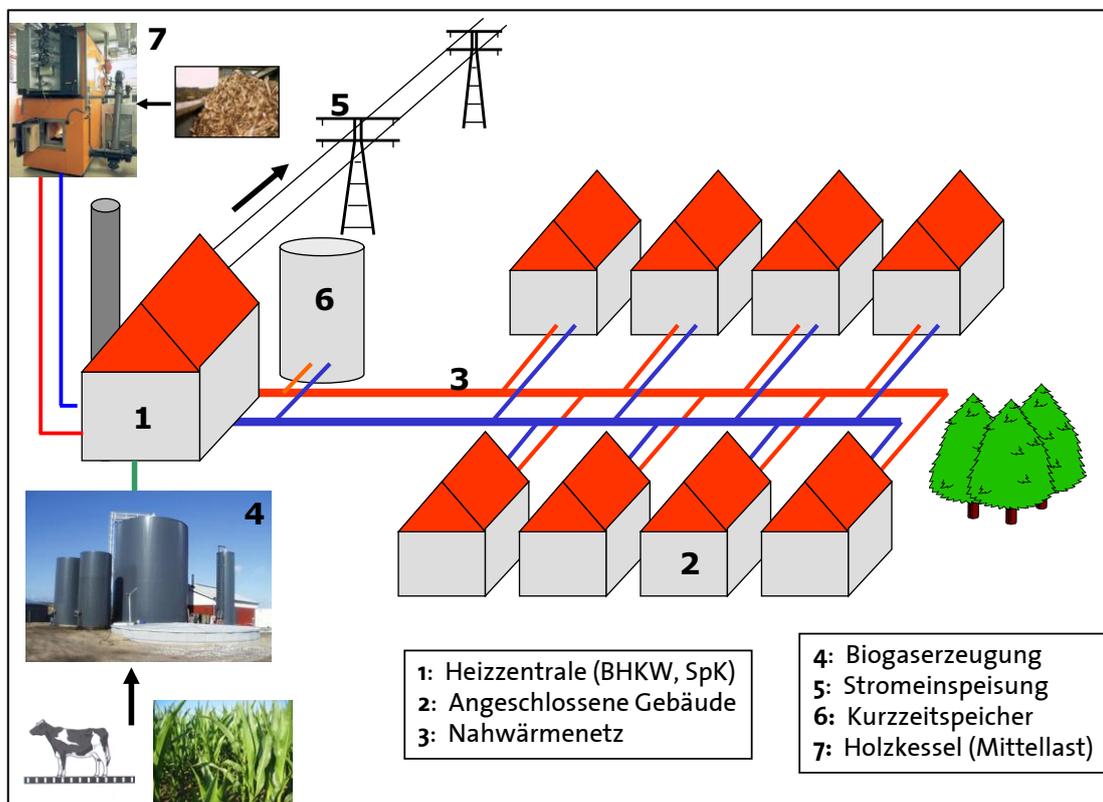


Abbildung 3-1: Prinzipschema eines Bioenergiedorfes mit Energieerzeugung und Verteilung der Wärme an die Verbraucher über ein Nahwärmenetz

Der technische und vor allem der wirtschaftliche Erfolg einer solchen Anlage hängen in hohem Maße davon ab, ob möglichst viele Gebäude an das Wärmenetz angeschlossen werden. Die Erfahrungen in Deutschland zeigen, dass deshalb bei den Hausbesitzern viel Überzeugungsarbeit geleistet werden muss. Ein wichtiges und hilfreiches Argument dafür sind konkurrenzfähige und günstige Wärmepreise der Nahwärme im Vergleich zur konventionellen Beheizung mit Öl- oder Gaskessel als Einzelheizung.

3.3 Beispiel 2: Solare Nahwärme mit Langzeitwärmespeicher

Ein großer Vorteil beim Einsatz der Solarenergie zur Gebäudeheizung ist, dass die Investitionskosten für den Bau der Anlage nahezu die gesamten Kosten über die Lebensdauer abdecken. Da bei der Sonne keine Kosten für den Brennstoff anfallen, sind mit der Investition schon fast alle über die Lebensdauer einer solarthermischen Anlage entstehenden Kosten bezahlt. Lediglich die Kosten für Wartung und Instandhaltung sowie für den Pumpenstrom sind zu begleichen. Wie die Erfahrungen in Dänemark zeigen, sind diese jedoch, vor allem bei Großanlagen, sehr gering.

Zur Installation von solarthermischen Anlagen stehen einerseits alle nach Süden ausgerichteten Dachflächen zur Verfügung und andererseits dafür geeignete Freiflächen, auf denen die Kollektorfelder als große Einheiten auf Streifen- oder Punktfundamenten montiert werden können (vgl. Abbildung 3-2).

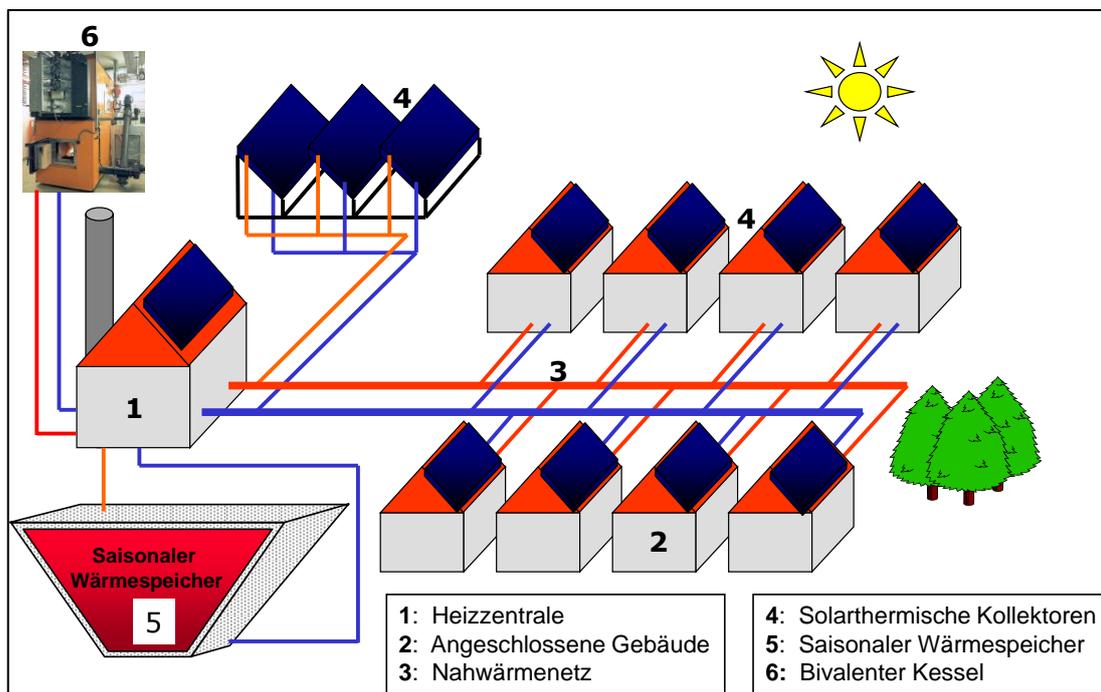


Abbildung 3-2: Prinzipschema der solaren Nahwärmeversorgung mit Langzeitwärmespeicher und zusätzlichem Holzkessel

Die Montage auf Dachflächen hat den Vorteil, dass diese schon vorhanden sind und kein Land zusätzlich dafür reserviert werden muss. Andererseits zeigt die Erfahrung, dass die spezifischen Kosten einer Anlage mit abnehmender Größe steigen.

Der Vorteil der großen Freiflächenanlagen ist, dass bei der Realisierung sehr großer Kollektorfelder mit einigen Tausend Quadratmetern Kollektorfläche, sehr niedrige Installationskosten realisiert werden können. Voraussetzung dafür ist, dass über die gesamte Kette von der Produktion, über die Planung der Anlage bis zur Montage und Inbetriebnahme möglichst alle Optimierungspotenziale ausgenutzt werden. Die dänischen Hersteller, die derzeit in Europa führend sind beim Bau großer solarthermischer Freiflächenanlagen, produzieren und errichten anschließend die Anlagen für den Auftraggeber ohne Einschaltung von Zwischenhändlern. Auf diese Weise werden Installationskosten von 200 €/m² und weniger erzielt. Unter den dänischen Einstrahlungsverhältnissen können unter diesen

Voraussetzungen Wärmekosten von weniger als 4 ct/kWh, gerechnet ohne Wärmespeicherung, erzielt werden. Auch bei der Anlage in Brødstrup in Dänemark wurden Wärmekosten in dieser Höhe im Betrieb nachgewiesen (vgl. Abbildung 3-3).

Voraussetzung für derart niedrige Wärmekosten sind allerdings hohe solare Erträge, die pro Jahr erzielt werden müssen. Diese sind nur dann möglich, wenn das Nahwärmenetz, in das die solarthermische Anlage eingebunden ist mit einer hohen Temperaturspreizung zwischen Vor- und Rücklauf und niedrigen Rücklaufemperaturen betrieben wird. Bei der Anlage in Brødstrup sind eine Temperaturspreizung von 40 K und eine Rücklauftemperatur von 35°C übliche Praxis.



Abbildung 3-3: Ausschnitt aus dem Kollektorfeld mit 8.000 m² Kollektorfläche der Nahwärmeverorgung in Brødstrup, Dänemark. Foto: H. Böhnisch.

Die Langzeitwärmespeicher können auf verschiedene Arten ausgeführt werden. Am häufigsten wurden bisher Erdbeckenspeicher mit Wasser als Speichermedium und Erdsondenspeicher, bei denen der Erdboden die solare Wärme aufnimmt, gebaut. Der größte bislang realisierte Erdbeckenspeicher mit Wasser hat ein Volumen von 75.000 m³. Er befindet sich in der Gemeinde Marstal im Süden von Dänemark und wurde 2012 fertiggestellt. Das solare Kollektorfeld, das ebenfalls zu dieser Anlage gehört, weist bislang eine Fläche von mehr als 15.000 m² auf und soll weiter ausgebaut werden. Angestrebt wird, mit den solaren Systemen 50 % des Wärmebedarfs einer Gemeinde zu decken. Die weiteren 50 % müssen dann andere Wärmeerzeuger liefern.

Solarthermische Systeme bieten auch den Vorteil, dass sie schrittweise vergrößert und ihr Deckungsgrad am gesamten, über Nahwärme bereitgestellten Wärmebedarf, erhöht werden kann. Der Einstieg in die solare Nahwärme ist deshalb auch mit einem kleineren Kollektorfeld möglich, das auf einen Deckungsgrad von rund 10 % des Gesamtbedarfs ausgelegt ist. In diesem Fall ist kein saisonaler Wärmespeicher erforderlich, sondern lediglich ein Tagesspeicher, der je nach Größe des Netzes einige Hundert oder wenige Tausend Kubikmeter aufweist (vgl. Abbildung 3-4).

In diesem Fall liefert die Solaranlage 100 % des Wärmebedarfs während des Sommers und teilweise auch während der Übergangszeiten im Frühling und Herbst. Um auch den großen Rest der Wärme regenerativ bereitzustellen, kann z. B. ein entsprechend dimensionierter Holzkessel, in dem Hackschnitzel aus der Region zum Einsatz kommen, installiert werden.



Abbildung 3-4: Pufferspeicher eines Nahwärmesystems mit 2.000 m³ Volumen. Brædstrup, Dänemark. Foto: H. Böhnisch

3.4 Beispiel 3: Nahwärme und Erdgas-Blockheizkraftwerke

Ein anderer Weg, Nahwärmenetze ohne den Einsatz erneuerbarer Energien aufzubauen, besteht darin, in der Heizzentrale Erdgas-Blockheizkraftwerke zu installieren und damit Strom und Wärme zu erzeugen (vgl. Abbildung 3-5).

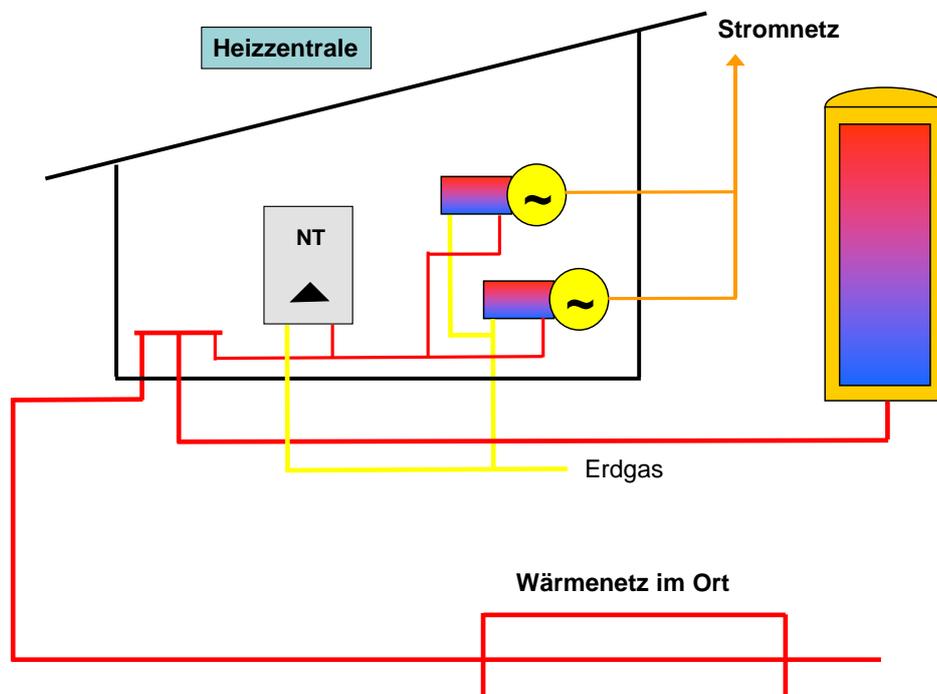


Abbildung 3-5: Prinzipschema einer Nahwärmeversorgung mit Erdgas-Blockheizkraftwerk

Die Auslegung der verschiedenen Aggregate in der Heizzentrale erfolgt bislang üblicherweise so, dass die Blockheizkraftwerke wärmegeführt betrieben werden und die Wärmegrundlast mit einem Anteil am Gesamtenergiebedarf von 70 % bis 85 % bereitstellen. Die thermische Leistung der Blockheizkraftwerke beträgt in diesem Fall rund 30 % bis 35 % der Wärmehöchstlast. Bei dieser Betriebsweise sind 4.500 bis 5.500 Volllaststunden pro Jahr für das Blockheizkraftwerk ein üblicher Wert.

Auf wie viele Module die gesamte KWK-Leistung verteilt wird, hängt dabei von den örtlichen Randbedingungen ab. Üblicherweise kommen nicht mehr als zwei Module oder höchstens drei parallel zum Einsatz. Oftmals ist es auch sinnvoll, nur ein BHKW-Aggregat einzubauen.

Ergänzend zu den BHKW-Modulen muss ein Spitzenlastkessel installiert werden, wobei üblicherweise auch Erdgaskessel zum Einsatz kommen. Der Spitzenkessel hat die Aufgabe, die hohen Wärmelasten abzudecken und den Restwärmebedarf zu liefern. Außerdem sollte er so ausgelegt werden, dass er bei störungsbedingtem Ausfall des Blockheizkraftwerks als Reserve dienen kann.

Die Kombination von Blockheizkraftwerken und Nahwärmenetzen hat den Vorteil, dass in der Heizzentrale Module mit größerer Leistung eingebaut werden können, die einen sehr hohen Stromwirkungsgrad (zum Teil über 40 %) aufweisen bei gleichzeitig sehr niedrigen spezifischen Investitionskosten (weniger als 500 €/kW_{el}).

Wenn der Anteil der fluktuierenden Stromerzeugung durch Sonne und Wind in den Stromnetzen ansteigt, können Nahwärmesysteme mit Erdgas-Blockheizkraftwerken eine weitere wichtige Funktion übernehmen: Sie dienen dann zunehmend als Flexibilitätsreserve für den Strommarkt. Durch Anpassung der Betriebsweise der BHKW an die schwankende Stromerzeugung von Wind- und Solarkraftwerken, können sie dazu beitragen, die Stromversorgung zu stabilisieren. Die Konsequenz daraus ist, dass die jährlichen Volllaststunden der Blockheizkraftwerke abnehmen und die Wärmeerzeugung nicht mehr automatisch dem Wärmebedarf folgt. Deshalb muss in den Nahwärmenetzen ausreichend Speichervolumen für die Wärme aufgebaut werden, um die fluktuierende Wärmeerzeugung des BHKW immer nutzen zu können.

Umgekehrt bieten Nahwärmesysteme mit genügend großer Wärmespeicherkapazität die Möglichkeit, überschüssigen regenerativen Strom bei hohem Windangebot und/oder starker Solarstrahlung aufzunehmen und diesen mit Hilfe hocheffizienter, großer Wärmepumpen und leistungsstarken Elektro-Direktheizern in Wärme umzuwandeln (Power to Heat). Dadurch kann das Abregeln der Wind- und Solarstromanlagen vermieden werden.

Nahwärmesysteme mit flexibel betriebenen Erdgas-Blockheizkraftwerken bieten zudem die mittel- bis langfristige Perspektive, erneuerbare Energien zur Wärmeerzeugung, wie zum Beispiel solarthermische Kollektorfelder einzubinden.

4 Kraft-Wärme-Kopplung für bestehende Wärmenetze

In der Gespanschaft Vukovar-Srijem gibt es, teilweise bereits seit mehreren Jahrzehnten, einige bestehende Wärmenetze. Sie konzentrieren sich auf die beiden größten Städte Vinkovci und Vukovar.

Aufgrund des Besuchs in Vukovar Ende September 2013 durch Mitarbeiter der KEA, liegen über die Fernwärmenetze in Vukovar einige Informationen vor. In der Stadt gibt es insgesamt sechs verschiedene Heizzentralen, in denen eine thermische Leistung von insgesamt 45 MW bereitgestellt wird. Die beiden größten Heizzentralen in Vukovar weisen eine Leistung von 22,7 MW und 15,6 MW auf.

Wie Erdgas-Blockheizkraftwerke in die bestehende Nah- oder Fernwärmeversorgung integriert werden können, soll anhand der Heizzentrale Kotlovnica Olajnica mit rund 15 MW Leistung dargestellt werden.



Abbildung 4-1: Außenansicht des Gebäudes der Kotlovnica Olajnica (links) und Blick in den Pumpenraum mit den Umwälzpumpen zur Einspeisung des heißen Wassers in das Wärmenetz (rechts). Fotos: H. Böhnisch.

Die Heizzentrale, die im Jahr 2008 in Betrieb ging, ist mit drei gleich großen Erdgaskesseln ausgestattet, von denen jeder eine thermische Leistung von 5,2 MW aufweist. Andere Wärmeerzeuger sind momentan nicht vorhanden.

Der Einsatz von Erdgas legt die Erweiterung der technischen Ausstattung in der Heizzentrale durch den Einsatz eines Blockheizkraftwerks zur Strom- und Wärmeerzeugung nahe. Dadurch wäre es möglich nicht nur Wärme für das Fernwärmenetz zu erzeugen, sondern gleichzeitig auch in erheblichem Umfang Strom. Beides zusammen ermöglicht eine effizientere Nutzung des Energieträgers Erdgas.

Das technische Prinzip dieser Lösung wurde in Abschnitt 3.4 und in Abbildung 3-5 bereits beschrieben. Unter der Annahme, dass die Wärmehöchstlast in dem versorgten Wärmenetz rund 15 MW beträgt, könnte das Blockheizkraftwerk eine thermische Leistung von 4,0 oder 4,5 MW aufweisen. Legt man den niedrigeren Wert zugrunde, beträgt die elektrische Leistung eines Blockheizkraftwerks dieser Größe rund 3,5 MW.

Bei wärmegeführtem Betrieb des Blockheizkraftwerks und daraus resultierend 5.000 Volllaststunden pro Jahr, könnten mit diesem Aggregat 17.500 MWh Strom und 20.000 MWh Wärme pro Jahr erzeugt werden. Die Gaskessel in der Heizzentrale wären in diesem Fall nur noch für die Lieferung der Spitzenlast erforderlich.

5 Ausarbeitung von Nahwärmekonzepten für Landgemeinden

Um der Zielsetzung einer effizienten Nutzung der Biomasse gerecht zu werden, sollte die bei der Stromerzeugung (z.B. in einer Biogasanlage) entstehende Prozesswärme möglichst vollständig genutzt werden. Hier steht die Wärmeversorgung von Gebäuden in unmittelbarer Nähe des Anlagenstandortes im Vordergrund. Über ein Nahwärmenetz kann die erzeugte Wärme direkt eingespeist, effizient verteilt und genutzt werden. Die Grundlage für die Errichtung eines Nahwärmenetzes ist eine detaillierte Untersuchung und Konzeption aller notwendigen Elemente. Dieses Kapitel gibt einen Einblick in die grundlegende Vorgehensweise einer solchen Konzeption. Die KEA kann hierbei aus Ihrer langjährigen Erfahrung in der projektorientierten Erstellung von Studien und Konzepten im Bereich der Nahwärme schöpfen. Welche Arbeitsschritte hierfür im Einzelnen notwendig sind wird im Folgenden näher erläutert.

5.1 Gebäudedaten und Wärmebedarf

Als Grundlage für die Gebäudedatenerfassung dienen die Geobasisdaten, welche unter Einsatz eines Geoinformationssystems (GIS) verarbeitet werden. Für diese Studie wurden der KEA beispielhaft die Geobasisdaten von Opatovac und Lovas von der Gespanschaft Vukovar-Srijem im dwg-Format zur Verfügung gestellt. Für die Beispielabbildung einer Netzauslegung in Kapitel 5.3 (Abbildung 5-4) wurden die Geodaten des Ortes Opatovac (Abbildung 5-1) verwendet.

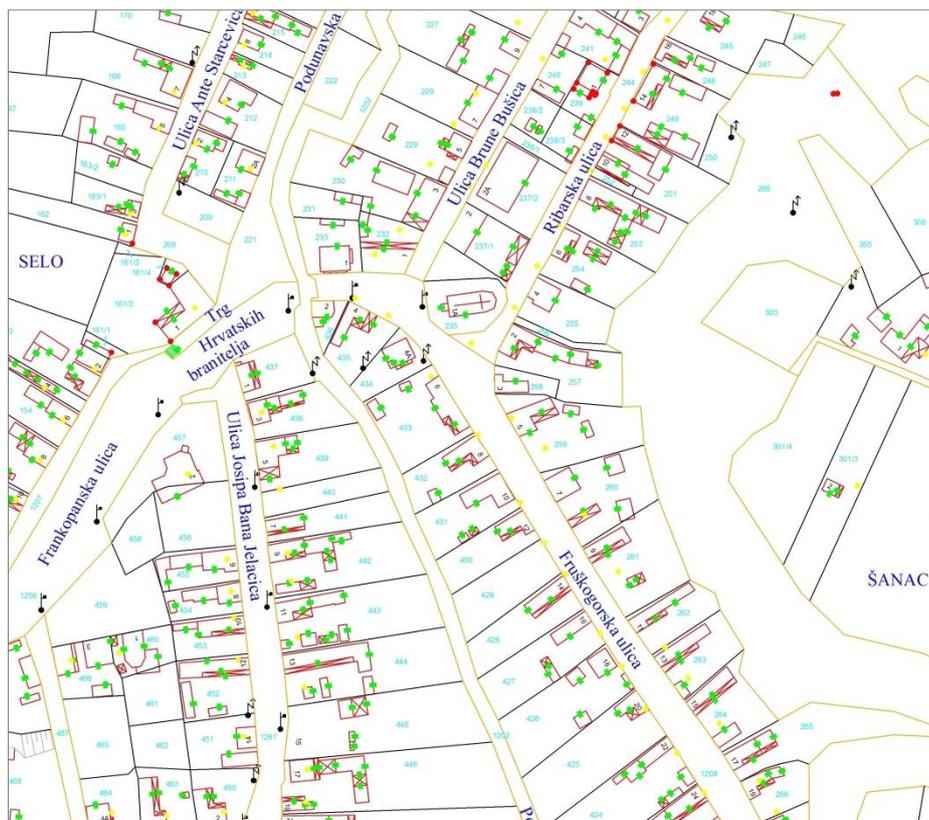


Abbildung 5-1: Geobasisdaten Opatovac

Die Verarbeitung der Geodaten im GIS erlaubt die digitale Erfassung aller für die Ermittlung des Wärmebedarfs notwendigen Gebäudeattribute. Hierzu zählen neben der Geometrie, wie die Grundfläche beziehungsweise die daraus (anhand der Anzahl der Stockwerke) ermittelte Wohnfläche, auch die Sachdaten eines Gebäudes. Hierzu gehören beispielsweise Straße, Hausnummer, Baualter, Gebäudeart, Nutzungsart, Wohneinheiten, Geschosshöhe und gegebenenfalls der Sanierungsgrad. Diese Attribute werden in der Regel in einer Vor-Ort-Begehung erhoben und ermöglichen eine gebäudescharfe Wärmebedarfsermittlung.

Die Wärmebedarfsermittlung basiert allerdings nicht nur auf den Gebäudedaten. Ebenso werden vorhandene Verbrauchsdaten ermittelt und in der Wärmebedarfsberechnung berücksichtigt. Die von der Gespanschaft zur Verfügung gestellten Daten beinhalten allerdings keine Verbrauchswerte, so dass die Werte in Abbildung 5-4 fiktiver Art sind.

5.2 Netzauslegung

Die gebäudescharf ermittelten Wärmebedarfswerte ermöglichen eine Grobauslegung des Nahwärmnetzes mithilfe von GIS. Hierfür werden zunächst die Wärmebedarfswerte ins GIS übertragen und den Gebäudedaten als zusätzliches Attribut hinzugefügt. Im nächsten Schritt wird mithilfe des GIS der Netzverlauf grafisch erstellt. Der Netzverlauf richtet sich hierbei weitestgehend nach dem Straßenverlauf im Versorgungsgebiet. Anschließend können die einzelnen Hauptleitungsabschnitte anhand der angeschlossenen Gebäude (und deren Leistungswerte) dimensioniert werden. Hierbei wird die erforderliche Übertragungsleistung immer ausgehend von den Netzen hin zur Heizzentrale akkumuliert. Die akkumulierten Werte geben somit den notwendigen Leitungsquerschnitt vor. Es handelt sich hierbei um eine erste Grobdimensionierung.

In Kapitel 5.3 ist neben der Abbildung eines Projektes der KEA (Abbildung 5-2) auch die Abbildung eines fiktiven Netzes für das Beispielgebiet Opatovac (Abbildung 5-4) zu finden.

5.3 Wärmenetzkarten

Ein weiterer entscheidender Vorteil der Konzeptionierung mithilfe von GIS ist die Möglichkeit der visuellen Analyse und die Erstellung aussagekräftiger Kartengrafiken. Hierbei ist es möglich verschiedene Themen kartographisch aufzubereiten. Hierzu gehören unter anderem die Netzauslegung und die Wärmedichte, welche in den folgenden beiden Abbildungen (Abbildung 5-2 und Abbildung 5-3) exemplarisch dargestellt sind.

Die mithilfe von GIS erstellten thematischen Karten ermöglichen die Visualisierung komplexer Sachverhalte und Zusammenhänge in leicht verständlicher Form und bieten damit eine wichtige Planungs- und Entscheidungsgrundlage.

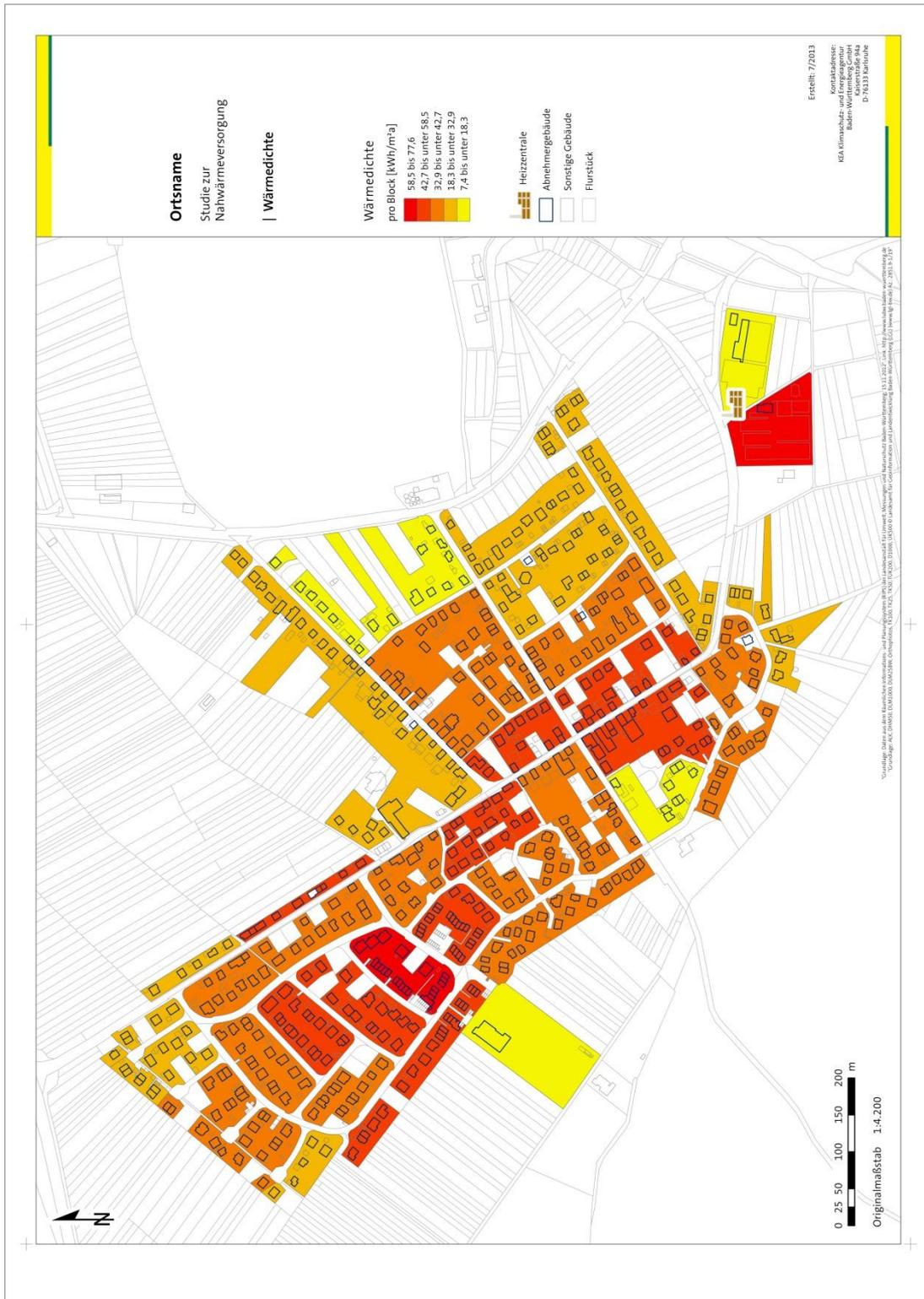


Abbildung 5-3: Projektbeispiel Wärmedichte

5.4 Anlagenauslegung und Wirtschaftlichkeitsrechnung

Ein weiterer wesentlicher Bestandteil der Gesamtkonzeption ist die Auslegung der Anlagentechnik und eine umfassende Wirtschaftlichkeitsrechnung. Die Inhalte dieser Arbeitsschritte sollen an dieser Stelle lediglich anhand einiger Stichworte skizziert werden.

Bei der Anlagenauslegung muss ein Konzept für die Technik in der Heizzentrale, die zur Wärme- und ggf. Stromerzeugung dient, gefunden werden. Dazu gehört:

- die Dimensionierung des Grundlastwärmeerzeugers (Holzkessel, Biogas-BHKW, etc.),
- die Dimensionierung der Spitzenlastkessel,
- die Auslegung der eventuell ergänzenden thermischen Solaranlage,
- die Dimensionierung der Pufferspeicher.

Ein weiterer Arbeitsschritt besteht darin, mit Hilfe von Simulationsrechnungen zu ermitteln, welche Energiemengen von welchem Aggregat erzeugt werden.

Die Wirtschaftlichkeitsrechnung verfolgt das Ziel, die verschiedenen Konstellationen, die sich aus der Kombination der zugrunde gelegten Wärmebedarfsszenarien und den untersuchten technischen Varianten ergeben, untereinander zu vergleichen sowie eine Aussage darüber zu liefern, unter welchen Voraussetzungen die Nahwärmeversorgung wirtschaftlich betrieben werden kann. Sie setzt sich zusammen aus:

- der Ermittlung der Investitionskosten von Nahwärmenetz und Anlagentechnik für alle technischen Varianten,
- der Festlegung der Randbedingungen der Wirtschaftlichkeitsrechnung, wobei mögliche Fördermittel und die Art des Betreibers berücksichtigt werden,
- der Ermittlung der Betriebskosten und der Kosten für alle Arten von benötigten Brennstoffen,
- der Berechnung der Stromerlöse für den Betrieb von Blockheizkraftwerken,
- der Berechnung der minimalen Wärmepreise, die zum Erreichen der Gewinnschwelle des Nahwärmeprojekts notwendig sind,
- einem Vollkostenvergleich für die Wärmeversorgung eines Referenzhauses zwischen Erneuerung einer konventionellen fossilen Heizungsanlage und dem Anschluss an das Nahwärmenetz,
- einer Sensitivitätsrechnung, um den Einfluss der Änderung wesentlicher Parameter wie Investitionskosten, Betriebskosten, Brennstoffkosten auf das Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsrechnung zu bestimmen.

6 Umwelttechniknetzwerk Donaoraum

Baden-Württemberg bietet mit dem Umwelttechniknetzwerk Donaoraum eine Plattform an, durch die die Kommunikationsbildung sowie die Projektinitiierung und -durchführung zwischen den Partnern in den Donauländern verbessert und unterstützt wird. Ziel ist die Umweltbedingungen in den Donaoraumländern nachhaltig zu verbessern sowie Marktchancen von Umwelttechnologien zu erhöhen. Nähere Informationen finden Sie unter www.um.baden-wuerttemberg.de – Europa, Internationale Zusammenarbeit – EU-Donaoraumstrategie sowie per E-Mail rumjana.hilpert@umwelttechnik-bw.de oder stefanie.doerre@umwelttechnik-bw.de.

Karlsruhe, Februar 2014

Helmut Böhnisch,

Martin Miksche

KEA, Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH, Karlsruhe