

Endbericht

10. Dezember 2021

Masterplan WÄRME *für Rheintal und Walgau*

AUFTRAGGEBER

Amt der Vorarlberger Landesregierung
Abteilung Allgemeine Wirtschaftsangelegenheiten,
Fachbereich Umwelt- und Klimaschutz
Dr. Adi Gross
Landhaus, 6901 Bregenz

AUFTRAGNEHMER

ARGE „Spatial Energy Planning“
SIR – e7 energy innovation & engineering – RSA FG, iSPACE



***SIR - Salzburger Institut für
Raumordnung und Wohnen***
Schillerstraße 25
5020 Salzburg

Geschäftsführung
DI Helmut Strasser



***e7 energy innovation &
engineering***
Walcherstr. 11
1020 Wien

Geschäftsführung
DI Christof Amann



RSA FG, iSPACE
Leopoldskronstr. 30
5020 Salzburg

Geschäftsführung
Dr. Thomas Prinz, Dr.
Markus Tauber, Mag.
Michael Tockner, MSc

Projektteam

Mag. Alexander Rehbogen
SIR - Salzburger Institut für Raumordnung und Wohnen
Schillerstraße 25
5020 Salzburg

Dr. Ingrid Schardinger, iSpace
RSA FG, iSPACE
Leopoldskronstr. 30
5020 Salzburg

DI Christof Amann
e7 energy innovation & engineering
Walcherstr. 11
1020 Wien

Salzburg und Wien, 10. Dezember 2021

INHALTSVERZEICHNIS

Inhaltsverzeichnis.....	3
Zusammenfassung – Executive Summary.....	7
1. Grundlagen.....	10
1.1. Auftrag.....	10
1.2. Ziele.....	11
1.3. Vorgehensweise und umgesetzte Tätigkeiten	12
1.3.1. Transitionspfade und Wärmeversorgungsszenarien	12
1.3.2. Demo Gemeinden	14
1.3.3. Workshops Energie in der Planung.....	15
2. Bestandsaufnahme Energiebedarf.....	15
2.1. Status Quo des Energiebedarfs	15
2.2. Wärmenachfrage 2050.....	16
2.3. Exkurs: Abschätzung Strombedarf in einem dekarbonisierten Energiesystem (2050)..	17
2.3.1. Mobilität (Treibstoffe).....	17
2.3.2. Gebäude	17
2.3.3. Industrie	18
2.3.4. Strombedarf im Jahr 2050.....	18
3. Wärmeversorgung und Versorgungsoptionen (CA).....	20
3.1. Energiequellen - Potenziale für eine dekarbonisierte Wärmeversorgung.....	20
3.1.1. Elektrischer Strom	20
3.1.2. Biomasse.....	21
3.1.3. Industrielle und gewerbliche Abwärme	21
3.1.4. Umgebungswärme	22
3.1.5. Tiefengeothermie	23
3.1.6. Bodenseewasser.....	27
3.1.7. Abwasser	29
3.1.8. Zusammenfassung der Potenziale	29
3.2. Wärmeversorgung über Wärmenetze	30
3.2.1. Hochtemperatur (HT)-Fernwärmesysteme.....	32

3.2.2.	NT-Fernwärmesysteme	32
3.2.3.	Anergienetze	33
3.3.	Dezentrale Wärmeversorgungssysteme	33
3.3.1.	Erd- und Grundwasserwärmepumpen.....	33
3.3.2.	Luftwärmepumpen.....	34
3.3.3.	Biomasseheizungen.....	34
3.3.4.	Solarwärme	35
3.3.5.	Direktelektrische Wärmeerzeugung	35
3.4.	Warmwassererzeugung.....	35
3.5.	Prioritäten für die Wärmeversorgung mit erneuerbaren Energieträgern	(Prioritätenliste)..... 36
3.6.	Szenarien für eine dekarbonisierte Wärmeversorgung	38
3.6.1.	Wärmeversorgungsszenarien	38
3.6.2.	Szenarien mit Fernwärmeausbau	39
3.7.	Darstellung der Szenarien als Sankey-Diagramm.....	41
3.8.	Vergleich der Szenarien	45
3.9.	Erkenntnisse aus den Demo-Gemeinden	48
3.10.	Fazit aus den Wärmeversorgungsszenarien für Vorarlberg	53
4.	Energie in der Planung (AR).....	54
4.1.	Allgemeine Einführung und Status aus SEP.....	54
4.1.1.	FAZIT: Vorteile und Nachteile internationaler Ansätze	56
4.2.	Erfolgsbeispiele und -kriterien für die Implementierung Räumlicher Energieplanung .	56
4.3.	Verfügbare Steuerungsinstrumente und deren Zusammenwirken	59
4.4.	Rechtliche Grundlagen	61
4.4.1.	Raumplanungsziele	61
4.4.2.	Datenverfügbarkeit	62
4.4.3.	Planungsprozesse	63
4.4.4.	Flächenbereitstellung und Räumliche Festlegungen	64
4.4.5.	Nutzung öffentlichen Grund und Bodens	65
4.5.	Verankerung wärmebezogener Fragestellungen in den Planungsprozessen	65
4.5.1.	Zonierung	66
4.5.2.	Räumlicher Entwicklungsplan	67
5.	Räumliche Informationsgrundlagen (IS)	68

5.1.	Methodenreflexion.....	68
5.1.1.	Einordnung des GEL S/E/P Ansatz in bestehende Ansätze	68
5.1.2.	Breite Verknüpfung bestehender Daten auf Gebäudeebene.....	69
5.1.3.	Wärmebedarf und Wärmebedarfsdichten	70
5.1.4.	Abgrenzung potenzieller Wärmenetzgebiete	71
5.1.5.	Gas- und Öldichtekarten zur partiellen Validierung	73
5.1.6.	Abschätzung des Sanierungspotenzials	73
5.1.7.	Bestimmung der Energiekennzahlen (EKZ) der sanierten Gebäude.....	74
5.2.	Räumliche Informationsgrundlagen (Datenlayer im Wärmeatlas)	74
5.3.	Bestehende Datengrundlagen und Aussagemöglichkeiten	75
5.4.	Datenlücken.....	78
5.5.	Anforderungen an das Informationssystem.....	79
5.5.1.	Datenschutz und -sicherheit	79
5.5.2.	Organisatorische Anforderungen an ein Informationssystem.....	79
5.5.3.	Anforderungen betreffend Darstellung	80
5.5.4.	IT-Anforderungen für den Aufbau eines Informationssystems	81
6.	Anwendung des GEL S/E/P-Ansatzes bei den Demogemeinden	82
6.1.	Bregenz	82
6.1.1.	Datengrundlagen.....	82
6.1.2.	Datenaufbereitung.....	82
6.1.3.	Ergebnisse	83
6.2.	Wolfurt.....	85
6.2.1.	Datengrundlagen.....	85
6.2.2.	Datenaufbereitung.....	85
6.2.3.	Ergebnisse	85
6.3.	Fazit.....	88
7.	Empfehlungen	89
7.1.	Pfade zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung im Gebäudesektor.....	89
7.1.1.	Reduktion der Energienachfrage	89
7.1.2.	Dekarbonisierung durch einen Mix an erneuerbaren..... Wärmeversorgungs- optionen.....	90
7.1.3.	Datengrundlagen.....	92
7.1.4.	Offene Konzepte.....	94

7.2.	Informationssystem.....	95
7.2.1.	Räumliche Granularität der Information	95
7.2.2.	Bereitsteller der Information	95
7.2.3.	Erforderliche Informationen	96
7.2.4.	Form der Informationsbereitstellung	96
7.2.5.	Verständnis und Vertiefung der Information.....	97
7.3.	Hoheitliche Steuerungsinstrumente	97
7.3.1.	Nutzung des bestehenden Rechtsrahmens	97
7.3.2.	Stärkung des Rechtsrahmens für die Umsetzung räumlicher Energieplanung	98
7.4.	Planungsprozess	98
7.4.1.	Etablierung neuer Prozesse.....	98
7.4.2.	Räumlicher Entwicklungsplan	99
7.4.3.	Bauverfahren.....	99
7.5.	Begleitmaßnahmen	99
7.5.1.	Personalausstattung bei Gebietskörperschaften und Behörden.....	99
7.5.2.	Vorsorgemaßnahmen zur Sicherstellung der Arbeitskräfte für die Energiewende.....	99
7.5.3.	Ermächtigung der Gemeinden	100
7.5.4.	Unterstützung der Gemeinden	100
8.	Fahrplan.....	101
9.	Literatur und Quellen	102
10.	Tabellenverzeichnis.....	109
11.	Abbildungsverzeichnis.....	110
12.	Anhang (Kartendarstellungen)	111
12.1.	Bregenz	111
12.2.	Wolfurt.....	116

ZUSAMMENFASSUNG – EXECUTIVE SUMMARY

Die vollständige Dekarbonisierung der Wärmeversorgung für den Gebäudesektor stellt eine große politische, technische und wirtschaftliche Herausforderung dar. Ziel des vorliegenden Projektes war die Entwicklung eines Masterplans Wärme, der nicht nur den Weg zur Dekarbonisierung aufzeigt sondern durch die Berücksichtigung von planerischen und rechtlichen Möglichkeiten und Erfordernissen die Grundlage für eine realistische Übersetzung in politische Instrumente und verwaltungstechnische Maßnahmen bildet und einen soliden Rahmen für die Implementierung eines Systems der Energieplanung absteckt.

Aufbauend auf vorhandenen Studien und vorliegenden Daten wurden in einem ersten Schritt Szenarien für eine dekarbonisierte Wärmeversorgung in Vorarlberg entwickelt. Anhand eines Energieflussmodells für den Gebäudesektor in Vorarlberg wurde ermittelt, welche Energiemengen für die einzelnen Szenarien der Wärmeversorgung erforderlich sind. Insgesamt wird die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung durch die stark ansteigende Nutzung von zentralen und dezentralen Wärmepumpen zu einer Elektrifizierung führen. Durch die Reduktion der Wärmenachfrage und bei einem Wegfall der Stromdirektheizungen könnte es in einem Optimalszenario (räumlich optimierter Einsatz aller verfügbaren Erneuerbaren Energiequellen und Maximierung der Energieeffizienz durch Sanierung und Umstellung auf Niedertemperatursysteme) gleichzeitig möglich sein, den Stromeinsatz im Gebäudesektor konstant zu halten. Gleichzeitig wird man gerade im Winter bis auf Weiteres auf den Import von Strom angewiesen bleiben („Winterstromproblematik“), da PV und Wasserkraft im Winter nur sehr geringe Erträge bringen, zu dieser Zeit aber die Nachfrage am größten ist. Bedingung für die langfristige Minimierung des Importbedarfs für Strom (und Biomasse) ist eine umfassende Erschließung zusätzlicher Wärmequellen wie industrielle und gewerbliche Abwärme, Tiefengeothermie, die Nutzung von Abwasserwärme oder Bodenseewasser. Den Schlüssel dafür stellt die Fernwärme dar, da nur dadurch die verschiedenen Wärmequellen für die Wärmeversorgung genutzt werden können. Ersten Analysen zufolge könnten über 50% des gesamten Wärmebedarfs über netzgebundene Wärmeversorgung abgedeckt werden.

Folgende Empfehlungen zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung wurden formuliert:

- **Reduktion der Energienachfrage:** Das Prinzip „Efficiency First!“ steht am Anfang jeder zukunftsfähigen Strategie der Dekarbonisierung. Die Energienachfrage im Gebäudesektor, sowohl im Neubau als auch bei der Sanierung, muss deutlich reduziert werden. Dabei kommt der Reduktion der Systemtemperaturen zentrale Bedeutung zu.
- **Dekarbonisierung durch einen Mix an erneuerbaren Wärmeversorgungsoptionen:** Wärmenetze bieten die Möglichkeit, verschiedene Wärmequellen für die Wärmeversorgung zu nutzen. Daher müssen wärmenetztaugliche Gebiete ausgewiesen werden. Generell sollen nur energieeffiziente Technologien zur Anwendung kommen. So sollten die Direktheizungen durch Alternativen ersetzt werden. Aber auch beim Einsatz von Wärmepumpen ist darauf zu achten, dass möglichst effiziente Systeme zum Einsatz kommen.

- **Potenzialerhebung:** Die Transformation zu einer dekarbonisierten Wärmeversorgung benötigt verlässliche Datengrundlagen zu vorhandenen erneuerbaren Energiequellen. Insbesondere sollten die Potenziale für Abwärme, Abwasserwärme, Bodenseewasser und die Tiefengeothermie erhoben werden.

Die Umsetzung der Strategie zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung und die optimierte Nutzung erneuerbarer Energiequellen ist auf eine steuernde Koordination durch die Gebietskörperschaften angewiesen. Zu diesem Zweck wurden im Masterplan Wärme mögliche hoheitliche Steuerungsinstrumente untersucht. Die Berücksichtigung energie – und klimaschutzbezogener Fragestellungen in allen relevanten Planungsprozessen und Transparenz über die jeweils anzustrebenden Versorgungsoptionen im Zuge der Projektentwicklung bilden das Fundament, um die Dekarbonisierungsstrategie in der Praxis in die Umsetzung bringen zu können. Ziel der Intervention ist die Forcierung der im Gesamtsystem optimalen Versorgungsvariante am jeweiligen Grundstück. Um ordnungsrechtliche Instrumente für diese Zwecke steuernd einsetzen zu können, sind entsprechende Festlegungen auf übergeordneter Ebene teilweise Voraussetzung.

Die Optionen zur Berücksichtigung von wärmebezogenen Fragen in den Räumlichen Entwicklungspläne (REP), in denen in einer langfristigen Perspektive die Entwicklung der Gemeinden festgelegt wird, wurden im Rahmen des Projektes aus diesem Grund näher betrachtet. Die Formulierung von Mindestanforderungen gepaart mit der gleichzeitigen Bereitstellung der entsprechenden Informationsgrundlagen um diese zu erfüllen, bietet die Möglichkeit die Auseinandersetzung von Gemeinden mit der Frage der Wärmeversorgung in etablierten Raumplanungsprozessen zu lancieren. Aufgrund der Tatsache, dass bis zum Jahr 2022 alle Gemeinden Vorarlbergs aufgefordert sind, neue REPs zu verabschieden, ist aktuell diesbezüglich ein Window-of-Opportunity gegeben. Das EIV hat über das e5 Programm bereits wichtige Grundlagen erarbeitet und die Unterstützung der Gemeinden durch eine Servicestelle erscheint als essenzieller Bestandteil für die kurzfristige Implementierung von Wärmeplanung in den Gemeinden. Dies sollte jedoch nur den ersten Schritt darstellen. In weiterer Folge geht es darum, die Anforderungen und angebotenen Inhalte für die Entwicklungsplanung laufend zu erhöhen und gleichzeitig die Instrumente für die Umsetzung auf Areebene bzw. den Aufbau neuer Wärmenetze sowie deren Versorgung mit nachhaltigen Wärmequellen anzubieten.

Eine wichtige Frage betraf in der Diskussion ferner die Rollenteilung zwischen Land und Gemeinden. Basierend auf der Erfahrung aus anderen Bundesländern hat sich gerade vor dem Hintergrund von Datenakquise und –schutz sowie der Nutzung standardisierter und qualitätsgesicherter Informationen der Aufbau eines landesweiten Systems als erfolgsversprechender Weg erwiesen. Auch die Formulierung der Anforderungen und die Vorgaben zur Bearbeitung über Leitfäden wären in diesem Sinne die Aufgabe der Landesregierung. Die Zusammenarbeit zwischen Raumplanung als prozessverantwortlicher Fachdienststelle und Energiewirtschaft als inhaltlich verantwortlicher Fachdienststelle hat sich bereits im Rahmen der Entwicklung dieses Masterplans bewährt und könnte nach dem Beispiel der Schweiz oder Salzburgs auch in der praktischen Umsetzung in Vorarlberg ein Erfolgsrezept darstellen. Gemeinden wären in der Folge für die konkrete Umsetzung und etwaige datenmäßige Ergänzungen in spezifischen Themenfeldern (z.B. Abwärme) zuständig. Auch wenn die rechtlichen Grundlagen für die Bearbeitung von energie- und

klimaschutzbezogenen Fragestellungen im Rahmen des REP oder raumsachliche Festlegungen auf Arealebene grundsätzlich bereits gegeben sind, so sollte für die effektive Umsetzung räumlicher Energieplanung laufend an der Verbesserung relevanter Rechtsgrundlagen gearbeitet werden. Neben der Formulierung von Anforderungen und Ermächtigungen zur energie- und klimaschutzbezogenen Planung und der Stärkung der Instrumente für raumsachliche Festlegungen sollte dabei insbesondere die Datenbereitstellung eine Rolle spielen.

Im dritten Teil der Studie wurden die notwendigen Informationsgrundlagen näher betrachtet. Aktuelle Daten in einer hohen Qualität und Auflösung sind entscheidend für eine erfolgreiche Umsetzung der räumlichen Energieplanung. Dies gilt insbesondere für Informationen über den Gebäudebestand. Eine flächendeckende Darstellung des Wärmebedarfs samt bestehender Wärmeversorgungssysteme auf Basis eines Gebäudemodells sowie Potenziale erneuerbarer Energieträger auf Grundstücksebene wird empfohlen. Die Wahl der Gebäude- und Adressebene als kleinste räumliche Einheit erlaubt eine breite Integration unterschiedlicher Daten über einen Adresscode. Dadurch werden die Stärken der einzelnen Datengrundlagen genutzt, Schwächen kompensiert und eine hohe Vollständigkeit und inhaltliche genauere Attributierung des Gebäudebestandes erzielt. Der ermittelte Wärmebedarf und die Wärmebedarfsdichten liefern die Basis für die räumliche Abgrenzung von potenziellen Wärmenetzgebieten. Ein weiterer Vorteil dieses „Gebäudemodell-Ansatzes“ ist die Möglichkeit zur Nutzung in vielen weiteren Themen der Energieplanung über die Wärme hinaus (Energiegemeinschaften, PV, Monitoring, Planungstools für Installateure, etc.). Weitere wesentliche Grundlagen im Wärmebereich sind räumliche Informationen zu den Gas- und Wärmenetzen sowie Szenarien zu Bedarfsentwicklungen. Eine zentrale Bereitstellung dieser Informationsgrundlagen durch das Land Vorarlberg in Form eines Wärmeatlas kann eine effiziente Umsetzung am besten gewährleisten. Die im gegenständlichen Projekt durchgeführten Recherchen zu den bestehenden Datengrundlagen in Vorarlberg und die in den Demogemeinden durchgeführten Analysen ergaben, dass die Anwendung des bestehenden GEL S/E/P Ansatzes für das Bundesland Vorarlberg sinnvoll und effizient möglich ist.

Mit den anstehenden gesetzlichen Entwicklungen auf Bundesebene wird die Wärmewende an Geschwindigkeit gewinnen. Diese Wende ist eine Chance aber durch die entstehenden Lock-In Effekte der heute getätigten Investitionsentscheidungen auch ein Risiko. Nur in einem Szenario mit maximaler Energieeffizienz und dem optimierten Einsatz Erneuerbarer Energiequellen ist die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung realistisch darstellbar. Die richtige Lösung am falschen Ort oder falsch eingesetzt ist nicht ausreichend – dies trifft gerade für den Bereich der Wärme zu. Für das Gelingen der Wärmewende bedarf es deshalb der Steuerung und Koordination durch die Gebietskörperschaften. Die rasche Etablierung einer strukturierten Wärmeplanung durch Berücksichtigung energie- und klimaschutzbezogener Aspekte in allen relevanten Planungsprozessen und auf Basis räumlich differenzierter Informationsgrundlagen ist dafür maßgeblich.

1. GRUNDLAGEN

1.1. Auftrag

Bereits im Jahr 2009 hat sich Vorarlberg in einem einstimmigen Landtagsbeschluss zur Energieautonomie verpflichtet. Bis 2050 soll die Energieversorgung vollständig auf erneuerbare Energieträger umgestellt werden. Konkretisiert wurde dieses Ziel u.a. im Beschluss des Vorarlberger Landtags zum Klimanotstand im Juli 2019 und im Arbeitsprogramm der Vorarlberger Landesregierung 2019 bis 2024. Dabei sollen die Treibhausgasemissionen bis 2030 gegenüber 2005 um 40% reduziert werden, in den Sektoren Strom, Raumwärme und Warmwasserbereitung soll die Reduktion sogar 50% betragen. Dabei kommen Maßnahmen im Gebäudesektor besondere Bedeutung zu: Ab 2021 sollen alle Neubauten als Niedrigstenergiegebäude errichtet werden und eine nicht-fossile Wärmeversorgung erhalten. Die Sanierungsrate soll auf 3% gesteigert werden und durch den Umstieg auf Wärmeversorgungssysteme auf Basis erneuerbarer Energieträger sowie durch das Verbot von Öl-Heizungen einen maßgeblichen Beitrag zur Dekarbonisierung des Gebäudesektors leisten. Ein weiterer Ausbau des Gasnetzes ist nicht vorgesehen.

Mit der Strategie Energieautonomie + 2030 (Amt der Vorarlberger Landesregierung 2021) wurden die Ziele für 2030 weiter konkretisiert und detaillierte Maßnahmen für den Umstieg auf eine erneuerbare Wärmeversorgung formuliert. Eine hohe Bedeutung wird dabei der Energieraumplanung zugeschrieben.

Aufbauend auf den politisch festgelegten Eckdaten wurden in Vorarlberg mehrere Studien erstellt, die sowohl den Status quo als auch verschiedene Szenarien zur Erreichung der Dekarbonisierungsziele im Detail analysieren (Szenarienbetrachtung 2030; Forschungszentrum Energie et al. 2020). Mit der sogenannten „Dampferstudie“ liegen sogar Szenarien für den Wohngebäudebestand von 2010 bis 2070 vor (Energieinstitut Vorarlberg et al. 2017). Zudem liegen umfangreiche Daten zu Nahwärmanlagen, Heizkesseln, Wärmepumpen, Energieausweisen, nutzbaren Potenzialen für erneuerbare Energieträgern sowie räumliche Daten für die Wärmepumpennutzung vor.

Die Energiewende im Gebäudesektor ist im Wesentlichen eine Wärmewende. Diese braucht Koordination. Zur Erreichung der Klimaziele müssen alle erneuerbaren Energieressourcen optimal genutzt werden. Die richtige Lösung am falschen Ort oder falsch eingesetzt ist nicht ausreichend – dies trifft gerade für den Bereich der Wärme zu. Das Gelingen der Wärmewende ist von einer Steuerung und Koordination auf Basis fundierter Informationen abhängig. Gebietskörperschaften können und müssen mit der strukturierten Berücksichtigung energiebezogener Fragen in allen relevanten Planungsprozessen eine Schlüsselrolle einnehmen.

Nun geht es darum, diese Ziele in die Umsetzung zu bringen. Mit den Aufgaben in der Planung kommt dem Land und den Gemeinden gerade im Bereich der Wärme eine Schlüsselrolle zu. Zur Vorbereitung der Umsetzung dieser Ziele über planerische Maßnahmen wurde der MASTERPLAN Wärme Rheintal/Walgau ausgeschrieben. Die Aufgaben in der Ausschreibung umfassten:

- Die Identifikation von spezifischen Versorgungsoptionen in Abhängigkeit der jeweiligen räumlichen Bedingungen (Nachfragestruktur, vorhandene nachhaltige Energiequellen und Wärmeversorgungsstrukturen) und räumliche Verortung in Form von geeigneten Typologien
- Berücksichtigung und Gegenüberstellung von Bedarfen und nachhaltigen Energiequellen in einer gesamtbilanziellen Betrachtung
- Skizzierung von technisch, ökonomisch, planerischen Erfordernissen mit dem Ziel einer realistischen Umsetzbarkeit unter Berücksichtigung volkswirtschaftlicher, betriebswirtschaftlicher und sozialer Aspekte.
- Vorschläge für flankierende Maßnahmen und Instrumente zur Steuerung und Sicherung der Umstellung
- Entwicklung einer Strategie für die Implementierung einer Wärmeplanung in den Gemeinden unter Berücksichtigung vorhandener Studien und Praxisbeispielen aus der Schweiz und Österreich.
- Anwendung und Reflexion der Lösungsvorschläge an konkreten, repräsentativen Beispielgemeinden aus dem Gebiet Rheintal/Walgau

Die Ausarbeitung sollte so weit wie möglich auf bestehende Daten/Informationen zurückgreifen. Eine detaillierte Erhebung von (Grundlagen)-daten war in diesem Projekt nicht vorgesehen.

1.2. Ziele

Für die Entwicklung des Masterplans WÄRME Rheintal/Walgau wurden auf Basis technischer, wirtschaftlicher und räumlicher Faktoren Transitionspfade für einzelne Technologien und Nachfragetypen entwickelt. In enger Abstimmung mit dem Auftraggeber wurden dazu die einzelnen Optionen diskutiert und Priorisierungen erarbeitet. Die Abgrenzung zwischen fernwärmetauglichen Gebieten und nicht fernwärmetauglichen Gebieten ist dabei die wichtigste Differenzierung. In der Folge wurden die verschiedenen Versorgungsvarianten für die Fernwärme sowie für die dezentralen Gebiete betrachtet und die Möglichkeit zur Deckung des Wärmebedarfs reflektiert.

Parallel zu den technisch-wirtschaftlichen Versorgungsoptionen wurden die Steuerungsmöglichkeiten über hoheitliche Instrumente auf Basis des konkreten Rechtsrahmens in Vorarlberg sondiert. Die Berücksichtigung energie- und klimaschutzbezogener Fragestellungen in REPs und Arealentwicklungen wurden dabei ins Zentrum der Betrachtung gestellt und konkrete Ansätze und Empfehlungen auch auf Basis der Erfahrungen aus anderen Bundesländern entwickelt.

Als letzter Schritt erfolgte eine Übertragung auf die Mustergemeinden Bregenz und Wolfurt, für die spezifische Fragestellungen der Entwicklungsplanung analysiert und das System von S/E/P testweise angewendet wurde.

Als Ergebnis liegt ein Katalog an Empfehlungen für die folgenden Dimensionen vor:

- Informationsgrundlagen
- Transitionspfade

- Berücksichtigung von energie- und klimaschutzbezogenen Fragestellungen in der Planung

Der *Masterplan WÄRME* umreißt einen Weg zur Wärmewende, der unter Berücksichtigung der planerischen und rechtlichen Möglichkeiten und Erfordernissen die Grundlage für eine realistische Übersetzung in politische und verwaltungstechnische Maßnahmen bildet und einen Rahmen für die Implementierung eines Systems der Energieplanung absteckt.

1.3. Vorgehensweise und umgesetzte Tätigkeiten

Die Gesamtbetrachtung basiert weitgehend auf bestehenden Studien bzw. Daten. Für die Entwicklung und Analyse der Transitionspfade wurde auf einige sehr detaillierte Studien (z.B. Dampferstudie, Szenarienbetrachtung 2030, Strategiepapier Energieautonomie+) zurückgegriffen, ergänzt um öffentlich zugängliche Daten (z.B. Energiebilanz Vorarlberg; Statistik Austria 2021) und einige z.T. interne Dokumente der Gebietskörperschaften (Masterpläne, Machbarkeitsstudien, interne Erhebungen). Im Falle von mangelnden Daten (insbesondere zur flächendeckenden Ermittlung von netztauglichen Gebieten) wurden Daten aus Salzburg analysiert und für die näherungsweise Abschätzung für Vorarlberg übertragen.

Für die Anwendung der Analyseinstrumente der räumlichen Energieplanung wurde eine erste Erhebung relevanter Daten im Bundesland durchgeführt. Für die Anwendung in den Demogemeinden wurden bestehende Datengrundlagen von Bregenz und Wolfurt für die Nutzung in der Methodik von GEL S/E/P¹ adaptiert und in den Analysen genutzt.

1.3.1. Transitionspfade und Wärmeversorgungsszenarien

Als Basis für die Entwicklung der Transitionspfade wurden Szenarien für eine vollständig dekarbonisierte Wärmeversorgung im Jahr 2050 erstellt. Diese Szenarien gehen davon aus, dass fossile Energieträger vollständig aus dem Wärmemarkt verschwinden, also weder Gas, Öl noch Kohle für die Beheizung von Gebäuden und der Erzeugung von Warmwasser eingesetzt werden. Für den elektrischen Strom wurde angenommen, dass dieser zu diesem Zeitpunkt vollständig dekarbonisiert ist. Um herauszufinden, welche Auswirkungen diese sehr tiefgreifenden Änderungen auf die gesamte Energieversorgung haben und welche Potenziale dafür in Vorarlberg zur Verfügung stehen, wurde ein detailliertes Energieflussmodell entwickelt, das es erlaubt, die Wärmeversorgung des gesamten Gebäudesektors abzubilden, also den Fokus vom Endenergiebedarf auf die Energieversorgung inkl. des Umwandlungssektors (z.B. Fernwärme, KWK-Anlagen etc.) verlagert. Dieser Zugang erlaubt den Energiebedarf des Gebäudesektors mit den regional verfügbaren Potenzialen an erneuerbaren Energieträgern zu vergleichen bzw. den Bedarf abzuschätzen.

¹ GEL S/E/P steht für „Spatial Energy Planning“ und bezeichnet eine Projektserie der Vorzeigeregion Energie GREEN ENERGY LAB, in der die Bundesländer Wien, Steiermark und Salzburg gemeinsam seit 2017 die Grundlagen für die Implementierung räumlicher Energieplanung entwickeln. Die ProjektmitarbeiterInnen sind sämtliche Projektpartner von GEL S/E/P

Nachdem aber Energieträger wie der elektrische Strom in Zukunft eine deutlich wachsende Rolle einnehmen werden und dieser von allen Sektoren (Mobilität, Industrie und Gewerbe etc.) nachgefragt wird, ist ein direkter Vergleich des Bedarfs nach elektrischem Strom für die Wärmeversorgung mit den lokal verfügbaren Produktionskapazitäten nicht sinnvoll möglich. Es wurde daher eine (sehr grobe) Abschätzung des Gesamtbedarfs nach elektrischem Strom für alle Sektoren vorgenommen, die es erlaubt, den Strombedarfs des Gebäudesektors zumindest einordnen zu können.

Auf einer generellen und qualitativen Ebene wurden die Ergebnisse und Schlussfolgerungen mit umfassenden aktuellen Studien zur Dekarbonisierung in Österreich und Deutschland abgeglichen (Fraunhofer Institut 2020, Fraunhofer Institut 2021, Fraunhofer Institut et al. 2021, Agora Zeitwende 2020, Boston Consulting Group et al. 2018, Ariadne-Report 2021, Wasser-Tirol et al. 2021, Compass Lexecon 2021). Dabei zeigt sich, dass die generelle Stoßrichtung Energieeffizienz verbessern, Elektrifizierung vorantreiben, Wärmenetze ausbauen in allen Studien ident ist.

1.3.1.1. *Energieflussbild als Grundlage für die Szenarienreflexion*

Ausgehend von den Daten des „Strategiepapiers Energieautonomie+ 2030“ (Amt der Vorarlberger Landesregierung 2021) sowie den Ergebnissen der „Dampferstudie“ (Energieinstitut Vorarlberg et al. 2017) und der „Szenarienbetrachtung 2030“ (Forschungszentrum Energie et al. 2020) wird der gesamte Energiefluss des Gebäudesektors in Vorarlberg berechnet und in Form eines Sankey-Diagramms dargestellt. Anhand von dekarbonisierten Energieversorgungsszenarien für das Jahr 2050 soll ermittelt werden, welche Energiemengen für die einzelnen Energieträger dafür erforderlich sind. Der Fokus wird somit von der Endenergie auf die Energieversorgung gelenkt, um einen quantitativen Vergleich mit den verfügbaren Potenzialen anstellen zu können.

Das erwähnte Modell für die Energieflüsse im Gebäudesektor wurde in MS Excel programmiert und anhand von Sankey-Diagrammen (Energieflussdiagramme) visualisiert. Dazu musste auf zahlreiche Annahmen (insbesondere bei Wirkungsgraden, Energieverlusten und Leistungskennzahlen) zurückgegriffen werden. Diese Annahmen wurden auf Basis der Fachliteratur und der Expertise des Projektteams zusammengestellt.

Folgende Schritte waren dafür erforderlich:

- Abgleich der Daten des Strategiepapiers Energieautonomie+ 2030 mit der Energiebilanz Vorarlberg der Statistik Austria (Statistik Austria 2021; zur Validierung der Daten des Strategiepapiers)
- Abschätzung des Energieverbrauchs des Gebäudesektors (Sektoren „öffentliche und private Dienstleistungen“, „private Haushalte“) je Energieträger > Validierung Endenergiebedarf (EEB); Aufteilung elektrischer Strom (Heizung WP, Stromdirektheizung, Haushalts- bzw. Betriebsstrom gemäß Szenarienbetrachtung (Forschungszentrum Energie et al. 2020)
- Umrechnung EEB auf Wärmebedarf (Nutzenergie) unter Berücksichtigung der Umwandlungseffizienz und Verteilverluste

- Disaggregation: Aufteilung des Wärmebedarfs auf die verschiedenen Wärmeversorgungssysteme wie Luftwärmepumpe, Erdwärmepumpe, Hochtemperatur²-Fernwärme, Niedertemperatur-Fernwärme, Anergienetze
- Berücksichtigung Hilfsstrom bei allen Energieträgern
- Modellierung Fernwärme (Netzverluste, Umwandlungsverluste, Hilfsstrom) – Aufteilung in Wärmequelle (prozentuell: Biomasse, Solarenergie, Abwärme, Geothermie, Umgebungswärme)
- Zusammenfassung des gesamten Energiebedarfs je Energieträger
- Szenarien: Reduktion des Wärmebedarfs (Nutzenergie) in Abstimmung mit „Strategiepapier Energieautonomie+ 2030“ (Amt der Vorarlberger Landesregierung 2021), „Dampferstudie“ (Energieinstitut Vorarlberg et al. 2017) und „Szenarienbetrachtung 2030“ (Forschungszentrum Energie et al. 2020)
- Integration in Sankey-Diagramme

Für die Berechnung der Szenarien und der Potenziale sind zahlreiche Annahmen erforderlich, wobei das Ziel verfolgt wird, eine (ausreichend) konsistente Darstellung der einzelnen Energieflüsse zu erreichen:

- Wärmeverteilverluste im Gebäude (6%, außer Stromdirektheizung)
- Umwandlungsverluste der Heizungssysteme (technologiespezifisch, 2018 und 2050)
- JAZ bei Wärmepumpen (2,7 für LWP, 3,9 für EWP; Daten aus GEL S/E/P-Projekt)
- Netzverluste Fernwärme (abhängig vom jeweiligen Temperaturniveau)
- Hilfsstrombedarf (Pumpen, Schnecken, Luftreinhaltung bei Fernwärme)

1.3.2. Demo Gemeinden

Zur Prüfung und Demonstration der Ansätze wurden für die Landeshauptstadt Bregenz (gesamtes Gemeindegebiet) und für die Demo-Gemeinde Wolfurt (Areal im Ortszentrum) räumliche Analysen durchgeführt. Aufbauend auf bestehende Grundlagen in den Demogemeinden wurde der im Projekt GEL S/E/P entwickelte Ansatz übertragen. Auf Gebäudeebene wurden Datengrundlagen und der Wärmebedarf aufbereitet, Wärmebedarfsdichten berechnet und darauf aufbauend ein potenzielles Wärmenetzgebiet abgeleitet. Zudem wurden in beiden Demo-Gemeinden Szenarien berechnet.

² Unter Hochtemperatur-Fernwärme werden in diesem Bericht Fernwärmesystem mit einer Temperatur zwischen 70 und 100° C verstanden. Diese Bezeichnung wird zur Abgrenzung zu Niedertemperatur-Fernwärme mit einem Temperaturniveau von 30 bis 50/70° C verwendet. Industrielle Fernwärme benötigt deutlich höhere Temperaturen, wird hier aber nicht behandelt.

1.3.3. Workshops Energie in der Planung

Für die Reflexion zur Berücksichtigung von energie- und klimaschutzbezogenen Fragestellungen in der Planung wurden zwei Workshops umgesetzt, an denen jeweils die Vertreter:innen der Demo-Gemeinden sowie des Amtes der Landesregierung vertreten waren. Ziel war es, den konkreten Rechtsrahmen in Vorarlberg herauszuarbeiten und gleichzeitig die spezifischen Anforderungen der Städte und Gemeinden zu identifizieren, um in den Empfehlungen größtmöglichen Bezug zur Vorarlberger Planungspraxis gewährleisten zu können. In einem dritten Abschlussworkshop wurde die Ergebnisse im Begleitgremium diskutiert und nochmals geschärft. Die Empfehlungen in diesem Bericht halten das Fazit dieses Prozesses fest.

2. BESTANDSAUFNAHME ENERGIEBEDARF

2.1. Status Quo des Energiebedarfs

Der Abgleich der Daten für den Endenergiebedarf 2018 im Strategiepapier Energieautonomie+ 2030 (Amt der Vorarlberger Landesregierung 2021) mit der Energiebilanz für Vorarlberg (Statistik Austria 2021) ergibt für den Gebäudesektor eine sehr gute Übereinstimmung, für die Kalibrierung wurden die Werte für Heizöl und Gas geringfügig angepasst.

2018	EEB [GWh]	Anteil
Kohle	6,8	0,1%
Treibstoffe	0,0	0,0%
Heizöl*	638,8	14,0%
Gas*	941,5	20,6%
Biogene	729,0	16,0%
Fernwärme	215,0	4,7%
Umgebungswärme	325,0	7,1%
Solarwärme	210,9	4,6%
Elektrische Energie	1.502,1	32,9%
Summe (Energiebilanz)	4.569,0	
Summe (EA+)	4.569,0	

*Tabelle 1: Endenergiebedarf (EEB) Gebäudesektor Vorarlberg 2018
(* Werte geringfügig angepasst)*

Die Aufteilung des elektrischen Stroms auf die Anwendungen Stromdirektheizung, Wärmepumpen, Hilfs-, Haushalts- und Betriebsstrom erfolgte auf Basis der verfügbaren Daten der Szenarienbetrachtung 2030, wobei modellierte Daten für 2020 herangezogen und auf das Jahr 2018 angewandt wurden. Hierzu waren Annahmen für den Anteil des Hilfsstroms bei den Nicht-Wohngebäuden notwendig, da dieser in der Studie nicht ausgewiesen wurde. Für die Nicht-Wohngebäude wurde mangels disaggregierter Daten angenommen, dass der Hilfsstrom einen Anteil von

ca. 5% des gesamten Endenergieverbrauchs benötigt (Wohngebäude: 2,3%). Die Aufteilung im Strategiepapier Energieautonomie+ 2030 (Amt der Vorarlberger Landesregierung 2021) 2030 geht von einem etwas geringeren Anteil für den Haushalts- und Betriebsstrom aus, es liegen aber keine disaggregierten Daten für eine Validierung vor.

	Anteil 2018 [GWh]	
Wärmepumpe	9,1%	137,2
Stromdirektheizung	25,1%	376,6
Hilfsstrom	9,0%	134,9
Haushalts- und Betriebsstrom	56,8%	853,4
Summe		1502,1

Tabelle 2: EEB für Stromanwendungen im Gebäudesektor 2018

Für das Jahr 2018 ergibt sich ein Endenergiebedarf des Gebäudesektors in Höhe von 4.569,0 GWh, der Endenergiebedarf für Wärmeanwendungen (Heizung, Warmwasser, Hilfsstrom) beträgt 3.715,6 GWh.

2.2. Wärmenachfrage 2050

Für die Zukunftsszenarien wird angenommen, dass sich die Wärmenachfrage deutlich reduziert. Laut Szenarienbetrachtung 2030 (Forschungszentrum Energie 2020) verringert sich im Szenario Effizienz bei Wohngebäuden der Endenergiebedarf im Jahr 2050 um 39% gegenüber 2005, wobei sich bei der Raumwärme Einsparungen von 44% ergeben, für Warmwasser, Hilfs- und Haushaltsstrom ergeben sich nur geringe Einsparungen. Bei den Nicht-Wohngebäuden kann der Endenergiebedarf für Wärme von 2017³ bis 2050 um 21% reduziert werden. Insgesamt wird von einer Endenergieeinsparung im Gebäudesektor zwischen 2005 und 2050 von 32% ausgegangen, bei der Wärme beträgt die Einsparung 40%. Auf Basis der sektoralen Endenergieverbräuche im Strategiepapier Energieautonomie+ (Amt der Vorarlberger Landesregierung 2021) 2030 ergibt sich für 2050 ein Endenergieverbrauch für den Gebäudesektor in Höhe von 3.413,6 GWh. Unter der Annahme, dass sich der Haushalts- und Betriebsstrom um 10% reduziert, beträgt der Endenergiebedarf für Wärmeanwendungen im Jahr 2050 2.645,5 GWh, was einer Einsparung gegenüber 2018 um 28,8% entspricht.

Umgerechnet auf Nutzwärme beträgt der Bedarf im Jahr 2050 2.410,0 GWh, was gegenüber 3.056,4 GWh im Jahr 2018 einer Einsparung von 21,1% entspricht. Die Einsparung der Nutzwärme ist deshalb geringer als die des Endenergiebedarfs, da sich durch die Erhöhung des Anteils an Wärmepumpen die Gesamtenergieeffizienz bei der Endenergie erhöht.

³ Disaggregierte Daten liegen in der Szenarienbetrachtung nur für 2005, 2017 und 2030 vor (Forschungszentrum Energie et al. 2020).

	2018 [GWh]	2050 [GWh]	Änderung
Endenergiebedarf gesamt	4.569,0	3.413,6	-25,3%
Endenergiebedarf Wärme	3.715,6	2.645,5	-28,8%
Haushalts- und Betriebsstrom	853,4	768,1	-10,0%
Nutzwärme	3.056,4	2.410,0	-21,1%

Tabelle 3: Vergleich der Daten für 2018 und 2050

2.3. Exkurs: Abschätzung Strombedarf in einem dekarbonisierten Energiesystem (2050)

Für die Abschätzung des zukünftigen Strombedarfs in einem vollständig dekarbonisierten Energiesystem wird eine grobe Überschlagsrechnung angestellt (Belmanns et al. 2021⁴). Dabei werden für die einzelnen Sektoren anhand von Faustzahlen die zukünftig zu erwartende Stromnachfrage grob abgeschätzt. Das ersetzt keine detaillierte Modellierung und Analyse, dient aber dazu, eine Vorstellung bzw. Größenordnung zu den erforderlichen Potenzialen zu erhalten. Das ist insbesondere für den elektrischen Strom von hoher Bedeutung, da jedenfalls davon ausgegangen werden kann, dass in allen Sektoren eine zunehmende Elektrifizierung erwartet werden kann.

2.3.1. Mobilität (Treibstoffe)

Bei einer angenommenen unveränderten Fahrleistung im Jahr 2050 ist der Energieverbrauch bei vollständiger Elektrifizierung 2,5 bis 3mal geringer als bei der Nutzung von fossilen Treibstoffen (Belmanns et al. 2021). Es wird angenommen, dass alle Kraftfahrzeuge, also auch LKWs vollständig elektrifiziert werden. Tanktourismus wird ausgeschlossen.

Bei einem Umrechnungsfaktor von 2,5 werden für den aktuellen Energieverbrauch für fossile Treibstoffe in Höhe von 2.103 GWh elektrische Energie in Höhe von 841 GWh zusätzlich erforderlich.

2.3.2. Gebäude

Für die Dekarbonisierung des Gebäudebestands 2018 wird angenommen, dass die Wärmeerzeugung durch fossile Energie vollständig durch zentrale und dezentrale Wärmepumpen ersetzt wird, das gilt auch für den Ersatz von Stromdirektheizungen. Da das Biomassepotenzial großteils ausgeschöpft ist, wird auch für die Versorgung der Fernwärme eine weitgehende Elektrifizierung angenommen.

Durch den Ersatz der Wärmeerzeugung mit fossilen Energieträgern (Endenergiebedarf 2018: 1.587 GWh) und den Ersatz der Stromdirektheizungen (Endenergiebedarf 2018: 377 GWh) durch

⁴ Die Autoren kommen zum Schluss „On one hand, we show that the principle „Energy efficiencyefficiency and electrification first“ results in an electricity demand which will be very difficult to satisfy domestically with renewable energy. On the other hand, green hydrogen and other sustainable fuels will be needed for a carbon neutral industry, for the replacement of fuel for aviation and navigation, and as strategic green energy reserves.“

Wärmepumpen sowie durch Anpassungen beim Hilfsstrombedarf erhöht sich der Strombedarf für die Wärmeerzeugung nach der Umstellung (ohne Reduktion des Nutzenergiebedarfs) gegenüber dem aktuellen Strombedarf im Jahr 2018 um 73 GWh von 1.502 auf 1.575 GWh. Mit anderen Worten: Würden alle fossil betriebenen Wärmeversorgungsanlagen sowie die Stromdirektheizungen im Jahr 2018 bei unveränderter Wärmenachfrage durch Wärmepumpen ersetzt, so würden dafür in Summe 73 GWh zusätzlich benötigt, also weniger als 5%.

Unter der Annahme, dass die Einsparung der Endenergienachfrage im Gebäudesektor im Jahr 2050 knapp 30% beträgt und beim Haushalts- und Betriebsstrom eine Einsparung in Höhe von 10% möglich sind, dann ergibt sich für 2050 eine geschätzte Nachfrage nach elektrischer Energie in Höhe von 1.267 GWh, was einer Abnahme in Höhe von 236 GWh entspricht.

Vorarlberg						
GWh	2018_IST		2050_EL		DELTA	
	EEB	Anteil	EEB	Anteil		
Kohle	6,8	0,1%	0,0	0,0%	-6,8	
Heizöl	638,8	14,0%	0,0	0,0%	-638,8	
Erdgas	941,5	20,6%	0,0	0,0%	-941,5	
Biomasse	729,0	16,0%	698,7	20,2%	-30,3	
Solarwärme	210,9	4,6%	208,3	6,0%	-2,5	
Umgebungswärme	325,0	7,1%	1.073,9	31,0%	748,9	
Fernwärme	215,0	4,7%	212,6	6,1%	-2,5	
Anergie	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0	
Elektrischer Strom	1.502,3	32,9%	1.266,8	36,6%	-235,5	
	4.569,2		3.460,3		-1.108,9	
					-24,3%	

Tabelle 4: Elektrifizierung des Gebäudesektors in Vorarlberg (Q: eigene Berechnungen e7)

2.3.3. Industrie

Für die Industrie erfolgt hier nur eine sehr grobe Abschätzung. Geht man davon aus, dass vom gesamten Endenergieverbrauch von 2.669 GWh (davon 41% Strom, 41% Gas) 50% des Gases durch elektrische Energie ersetzt wird, so beträgt der zusätzliche Strombedarf 550 GWh. Woher die restliche Energie kommt, bleibt hier offen. Für den Fall, dass grünes Gas aus der Anwendung der Elektrolyse benötigt wird, steigt der Bedarf nach elektrischer Energie durch den geringen Wirkungsgrad der Umwandlung (ca. 50 - 60%) deutlich an, das wird hier aber nicht berücksichtigt.

2.3.4. Strombedarf im Jahr 2050

Ausgehend vom Strombedarf im Jahr 2018 in Höhe von 2.757 GWh ergibt sich unter den oben genannten Annahmen eine grob geschätzte zusätzliche Nachfrage nach elektrischem Strom in Höhe 841 GWh (Verkehr) - 235 GWh (Gebäude) + 550 GWh (Industrie) = 1.156 GWh, insgesamt beträgt die Nachfrage nach elektrischem Strom unter den getroffenen Annahmen 3.913 GWh.

Jahreszeitliche Versorgungsfragen sind hier nicht behandelt. Ebenso wurden bislang die Netzverluste nicht berücksichtigt, diese werden in der Energiebilanz für 2018 mit 125 GWh (Transportverluste) ausgewiesen. Wie sich die Netzverluste in Zukunft, z.B. durch die Zunahme an dezentraler PV-Strom-Produktion entwickeln werden, sollte im Detail untersucht werden. Auf Basis der vorliegenden Abschätzung für das Jahr 2050 ist aber sehr wahrscheinlich von einem jährlichen Bedarf an elektrischem Strom über 4.000 GWh auszugehen.

Für den Gebäudesektor bedeutet dieses Ergebnis, dass trotz der Reduktion der Nachfrage nach elektrischem Strom in Folge von Energieeffizienzverbesserungen bei den Gebäuden und den Heizungssystemen und einer umfassenden Elektrifizierung in Höhe von 235 GWh mit den aktuellen Annahmen der Frage nach der Herkunft des dekarbonisierten Stromes eine zentrale Bedeutung zukommt, die aber nur im Gesamtkontext der Elektrifizierung aller Sektoren analysiert werden kann. Dabei ist auch die Frage zu klären, wie mit der saisonalen Verteilung der Stromproduktion und der Stromnachfrage („Winterlücke“) umgegangen werden kann und welcher Bilanzraum für eine langfristige Lösung angemessen ist (Bilanzraum Vorarlberg vs. Stromaustausch im europäischen Kontext).

3. WÄRMEVERSORGUNG UND VERSORGUNGSOPTIONEN

Im folgenden Kapitel werden die verschiedenen Wärmeversorgungsoptionen kurz charakterisiert. Dabei werden diejenigen Eigenschaften beschrieben, die für die Szenarien bzw. die Transitionspfade von Bedeutung sind.

3.1. Energiequellen - Potenziale für eine dekarbonisierte Wärmeversorgung

Vorarlberg will seinen Energiebedarf bis 2050 vollständig aus erneuerbarer Energie decken. Dazu ist es erforderlich, die verfügbaren Potenziale zu kennen und in den kommenden Jahren auch zu erschließen. für die Produktion des elektrischen Stroms gilt: Dieser soll schon ab 2030 zu 100% aus erneuerbarer Energie stammen (bilanziell).

3.1.1. Elektrischer Strom

Die Nachfrage nach elektrischem Strom wird in den kommenden Jahren und Jahrzehnten steigen. Im Strategiepapier Energieautonomie+ 2030 (Amt der Vorarlberger Landesregierung 2021) wird davon ausgegangen, dass der Verbrauch an elektrischer Energie von 2.757 GWh im Jahr 2018 auf 2.916 im Jahr 2030 steigen wird. Dem steht eine Produktion in Höhe von 2.800 GWh (2030) gegenüber, es gibt also eine Deckungslücke von 116 GWh. Eine vollständige Elektrifizierung, wie sie oben grob skizziert und quantitativ abgeschätzt wurde, erhöht die Nachfrage weiter auf deutlich über 4.000 GWh. Die Deckungslücke steigt damit weiter deutlich an. Es wird also erforderlich sein, die Produktion des elektrischen Stroms in Vorarlberg weiter zu steigern oder auf Importe zu setzen.

Bis 2030 ist die Neuerrichtung von Wasserkraftwerken mit einer zusätzlichen Stromerzeugung von 105 GWh geplant (u.a. Kraftwerk Meng/Nenzing, geplant; Kraftwerk Argenbach/Au, in Bau). Nach 2030 könnten weitere Kraftwerke folgen. Kraftwerke an der unteren Bregenzer Ach und an der unteren Ill haben ein erschließbares Potenzial von 190 GWh. Weitere Potenziale lassen sich durch die hydraulische Optimierung und Modernisierung (42 GWh bis 2030) und durch Reduktion des Eigenstromverbrauchs (3 GWh bis 2030) erschließen.

Gemäß Strategiepapier Energieautonomie+ 2030 (Amt der Vorarlberger Landesregierung 2021) beträgt das technische Potenzial für Photovoltaik auf Gebäuden ca. 1.900 GWh (Wohn- und Nichtwohngebäude). Bis 2030 soll die Stromproduktion aus Photovoltaik auf 330 GWh gesteigert werden. Dabei sollen neben Gebäuden auch Sonderflächen wie Parkplätze, Deponien oder Lärmschutzwände etc. genutzt werden.

Die Stromproduktion aus biogenen Rohstoffen (Biogasanlagen, Biomasse-KWK) beträgt derzeit 35 GWh und soll bis 2030 auf 50 GWh erhöht werden. Bei der Verstromung von Biogas ist auf die

Konkurrenzsituation aus der stark steigenden Nachfrage nach grünem Gas zu achten. Im Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz (EAG) liegt der Hauptfokus beim Ausbau und Umbau von Biogasanlagen bei der Erzeugung von erneuerbarem Gas.

Für die Stromproduktion aus Windkraft liegen Untersuchungen für 3 Windkraftanlagen am Pfänder vor. Diese könnten ca. 24 GWh elektrischen Strom produzieren (siehe Szenarienbetrachtung 2030; Forschungszentrum Energie 2020).

3.1.2. Biomasse

Zur Nutzung der Biomasse liegen zwar umfangreiche Daten vor, die Interpretation dieser Daten ist jedoch nicht ganz einfach bzw. sind diese Daten mit großen Unsicherheiten behaftet. Im Detail analysiert ist das zusätzlich nutzbare technische Potenzial an Energieholz (Stampfl 2009). Das Potenzial wird dabei aus dem Holzvorratsabbau, dem jährlichen Zuwachs und der Erhöhung des nachhaltigen Einschlags auf 263 GWh geschätzt (Szenarienbetrachtung 2030). Gegenüber der bisherigen Nutzung der Biomasse für den Gebäudesektor bedeutet das eine mögliche Ausweitung um rd. ein Viertel. Diese Menge entspricht in etwa der Menge, die aktuell für die Fernwärme benötigt wird. Unter der Annahme, dass dieses Potenzial ausschließlich für Biomassefernwärme zur Verfügung steht, so ließen sich diese Netze in etwa verdoppeln. Dezentrale Pellets- oder Hackschnitzelheizungen wären dann nur noch in Ausnahmefällen möglich und sinnvoll.

Vom Auftraggeber wurde die Abdeckung des Bedarfs aus dem eigenen Forst als Anforderung formuliert. Der Import sollte nach Möglichkeit vermieden werden. In der Praxis wird die Entscheidung zwischen Import von Biomasse oder Import von Strom zu treffen sein. Mit dem Ziel den Import generell auf ein Minimum zu reduzieren, gewinnen andere Wärmequellen für die Bereitstellung von Hochtemperatur-Wärme für die Fernwärme an Bedeutung.

3.1.3. Industrielle und gewerbliche Abwärme

Industrielle und gewerbliche Abwärme stellen interessante Quellen für die Einbindung in Fernwärmenetze dar. In Abhängigkeit des Temperaturniveaus kann die Abwärme direkt in die Netze eingespeist werden oder sie muss mit der Hilfe von Wärmepumpen auf das entsprechende Temperaturniveau gebracht werden. Abwärmequellen mit sehr niedrigem Temperaturniveau (z.B. aus der Kühlung von Rechenzentren oder Einkaufszentren) lassen sich direkt in Anergienetze einbinden. Die Erhöhung des Temperaturniveaus für Beheizung und Warmwassererzeugung erfolgt dabei dezentral mittels Wärmepumpen. Für Vorarlberg liegt keine aktuelle und umfassende Studie vor, sodass hier nur auf punktuelle Studien zurückgegriffen werden kann. Eine österreichweite Erhebung wurde 2012 von der Kommunalkredit durchgeführt (Kommunalkredit Public Consulting GmbH 2012). Dabei hat sich gezeigt, dass in Österreich 6.853 GWh an Abwärme angefallen ist, davon wurden jedoch rund 10% intern genutzt, sodass ein extern nutzbares von 6.175 GWh abgeschätzt wurde. Der weitaus überwiegende Teil bestand allerdings aus Abwärme im Temperaturbereich unter 35° C (5.292 GWh, 86%), im Bereich 35 – 100° C waren es 455 GWh (7%), der Rest hatte eine Temperatur über 100° C. Größere Abwärmepotenziale bestehen in den Branchen Metall, Papier, Steine, Erden und Glas, regional verfügen vor allem die Bundesländer

Oberösterreich (84%), Steiermark, Niederösterreich und Tirol über die größten Potenziale. Aus der Hochrechnung zeigte sich, dass rd. 17% des Endenergieeinsatzes der Industrie als Abwärme zur Verfügung steht. Eine Studie aus Deutschland kommt auf einen Anteil an Abwärme an Endenergie von ca. 12% bei einem Temperaturniveau von über 140° C und 6% bei Temperaturen zwischen 60 und 140°C (Pehnt et al. 2010). Daten aus Schweden (Broberg et al. 2012, zit. in Brückner 2016) kommen auf einen Abwärmefaktor von 14% (bezogen auf die Endenergie).

Nimmt man den im Strategiepapier Energieautonomie+ 2030 genannten Wert für den Energieverbrauch der Industrie von 2.669 GWh (2018), so ergibt sich bei einem Abwärmefaktor von 17% ein Abwärmepotenzial von 454 GWh. Dieser Wert stellt klarerweise nur eine Größenordnung dar und muss jedenfalls einer detaillierten Analyse unterzogen werden.

Bei der Abwärmenutzung ist aber jedenfalls zu berücksichtigen, dass diese in den meisten Fällen zwar ganzjährig, aber nicht an allen Tagen des Jahres zur Verfügung steht. Es ist daher bei der Einbindung von Abwärme in Fernwärmenetzen ein Backup-System vorzusehen. Zudem ist zu erwarten, dass die Industrie in den kommenden Jahren vor einem erheblichen Strukturwandel betroffen sein wird, zumindest was die Energieversorgung betrifft. Energieeffizienzverbesserungen lassen erwarten, dass die zur Verfügung stehenden Abwärmemengen sinken werden. Es hat sich in der Praxis auch immer wieder gezeigt, dass Firmen ihren Standort wechseln, auch dafür ist Vorsorge zu treffen.

Die Identifikation von möglichen Abwärmequellen stellt eine wichtige Voraussetzung für deren Nutzung dar. So verfügen beispielsweise Wien und die Steiermark über Abwärme-Kataster, welche in Kombination mit dem Wärmeatlas für die Planung der netzgebundenen Wärmeversorgung herangezogen werden können.

3.1.4. Umgebungswärme

Umgebungswärme, sei es in Form von Luft, Grundwasser oder Erdwärme ist theoretisch in nahezu beliebiger Menge verfügbar. Dabei sind verschiedene technische und räumliche Restriktionen zu beachten (Tabelle 5):

WÄRMEQUELLE	TECHNISCHE UND RÄUMLICHE RESTRIKTIONEN
UMGEBUNGSLUFT	Beschränkungen der Nutzung liegen bei Luftwärmepumpen bei den auftretenden Schallemissionen und bei den erforderlichen Systemtemperaturen der Gebäude. Hohe Vorlauftemperaturen im Gebäude reduzieren die Energieeffizienz deutlich.
GRUNDWASSER	Grundwasserwärmepumpen erreichen durch die relativ warme Quelltemperatur von allen Wärmepumpensystemen die höchsten Jahresarbeitszahlen. Die Nutzung des Grundwassers ist durch die geologische Struktur (Vorkommen) und die Zusammensetzung des Grundwassers (Korrosion, Schwebstoffe) eingeschränkt. Zu beachten ist eine mögliche negative gegenseitige Beeinflussung.

	Eine exakte Dokumentation der Standorte und Entnahmemengen sowie Koordination der Nutzung (Anschlussmöglichkeit für Anrainer bei Entwicklung einer Anlage) haben sich deshalb in der Praxis als sinnvolle Verwaltungsaufgaben erwiesen.
ERDREICH	Vor allem Erdsonden können im Hinblick auf die Systemeffizienz ähnliche Werte wie Grundwasserwärmepumpen erreichen. Flächenkollektoren benötigen unbebaute Fläche und liegen in der Effizienz zwischen Grundwasser- und Luft-Wärmepumpe. Ähnlich wie bei den Grundwasserwärmepumpen sind auch hier die geologischen Bedingungen entscheidend für die Einsatzmöglichkeit, welche jedoch insgesamt im Dauersiedlungsraum großflächig gegeben ist.

Tabelle 5: Einsatz von Umgebungswärme für Wärmepumpen

Risiko und Transaktionskosten stellen hemmende Kriterien der Nutzung von oberflächennaher Geothermie dar. Die Nutzung von oberflächennaher Geothermie kann durch die Verfügbarkeit von geologischen Erstinformationen deutlich forciert werden. Die Geologische Bundesanstalt (GBA) hat mit den Bundesländern Wien, Steiermark und Salzburg einen standardisierten und skalierbaren Ansatz zur Quantifizierung und räumlichen Darstellung dieses Potenzials entwickelt (Steiner et al. 2022).

3.1.5. Tiefengeothermie⁵

Die Nutzung der Tiefengeothermie ist durch die ganzjährige Verfügbarkeit von großem Interesse für eine Wärmeversorgung, bei entsprechenden Temperaturen und Einspeisetarifen auch für die Stromgewinnung. Tiefengeothermie wird in zahlreichen Klimaschutzstrategien heute als tragende Säule für die künftige Wärmeversorgung erachtet. So soll gemäß bayrischer Klimaschutzoffensive bis 2050 25% des gesamten Wärmebedarfs aus Tiefengeothermie gedeckt werden (Bayrisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz 2019), S. 42) und auch in Wien soll die Tiefengeothermie bis 2040 zu einer der primären Wärmequellen für die Fernwärme werden ([Compass Lexecon 2021](#)), S. 31ff).

3.1.5.1. *Erstanalyse auf Basis vorhandener Studien*

Grundsätzlich sind für die Nutzung von tiefen geothermischen Lagerstätten im konventionellen Sinn (ohne Hot Dry Rock (HDR)) drei Hauptmerkmale von Bedeutung: Erstens einen entsprechenden Temperaturgradienten, zweitens ein vorhandener Tiefenaquifer und drittens eine entsprechende Porosität des Sedimentgesteines bzw. eine entsprechende Matrix- oder Kluftpermeabilität. Die ersten beiden Merkmale sind für den Betrachtungsraum auf jeden Fall vorhanden. Mehrere Autoren weisen Teile von Vorarlberg als Hoffungsgebiet für Geothermie aus (Elster et al

⁵ Dieser Abschnitt wurde basierend auf einer Analyse und in enger Abstimmung mit der Geosaic GmbH umgesetzt.

2016a, b, Könighofer et al. 2014, Pfeleiderer et al. 2016). Wie es mit dem dritten Hauptmerkmal aussieht ist nicht generell feststellbar, sondern variiert lokal stark.

Generell wird das nördliche Vorarlberg, nach den Gesamtstudien (Elster et al. 2016 a,b, Könighofer et al. 2014, Pfeleiderer et al. 2016), als ein Gebiet mit nicht vernachlässigbarem geothermischem Potential ausgewiesen. Könighofer et al. 2014 weist in der Studie darauf hin, dass Vorarlberg trotz einiger Bohrungen aus den 1970er Jahren eine eher schlechte Datenlage zu geothermischen Potenzialen hat und sie weisen auf die hohe Prognoseunsicherheit hin. Der Grund liegt sicher an dem anspruchsvollen geologischen Deckenbau in Kombination mit einem recht gering untersuchten Untergrund. Die meisten Prognosen stammen von den 3 Tiefbohrungen Dornbirn 1, Vorarlberg-Au 1 und Sulzberg 1. Diese haben sowohl Elster et al. 2016 beschrieben, als auch Könighofer et al. 2014 erwähnt. In ihrer Studie schätzen sie für 2020 das Geothermie-Potenzial mit 143 bis 295 GWh/a, aber auf Grund der hohen Prognoseunsicherheit werden diese Zahlen für die österreichweite Hochrechnung nicht weiter berücksichtigt.

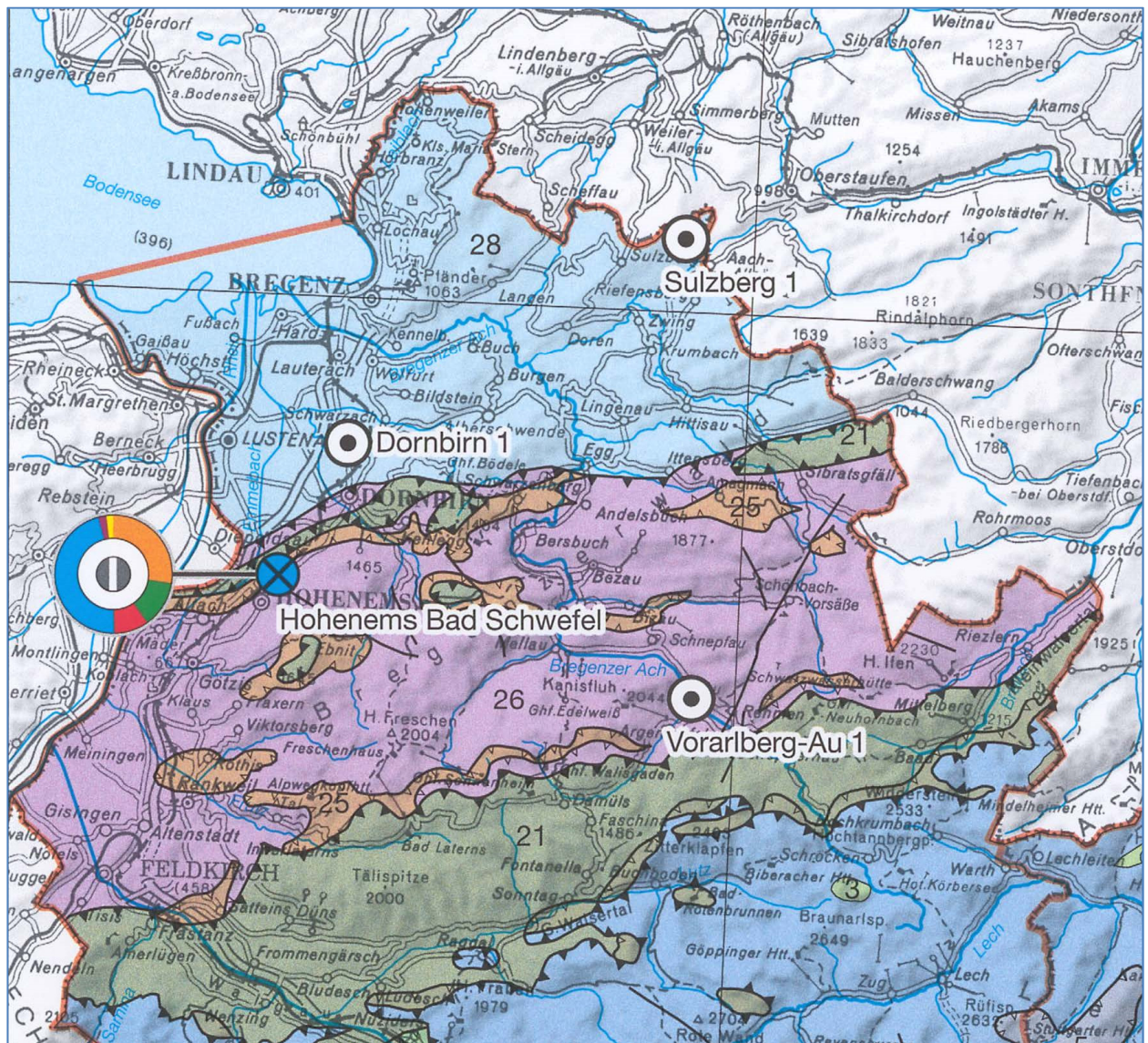


Abbildung 1: Ausschnitt des nördlichen Teiles von Vorarlberg aus der geothermischen Themenkarte von Elster et al. (2016b); Die Position der Tiefbohrungen Dornbirn 1, Vorarlberg-Au 1, Sulzberg 1 bzw. die Bohrung Hohems sind eingezeichnet und werden auch in Elster et al. (2016a) beschrieben. Geologie Code der geologischen Hintergrundkarte nach Elster et al.(2016b): 21: Unter Penninische Decken; 25: Ultrahelvetikum; 26: Südhelvetikum; 28: Jura Sedimente.

Für die Potenzialermittlung für 2050 wurden die Annahmen erweitert: „Es wurde angenommen, dass auch die Gebiete mit hoher Prognoseunsicherheit erkundet und Fortschritte in der Bohrtechnologie erzielt wurden. Dadurch sollte es möglich sein, diese Potenziale in 2050 zu nutzen.“ Die Potenziale für Vorarlberg betragen laut der Studienautoren dann 324 bis 490 GWh/a. Genaue Detailstudien bzw. Prospektionstätigkeiten und Explorationstätigkeiten werden aufgrund der geothermisch noch recht unbekannt Gebiete allerdings empfohlen und sind unausweichlich, um auch das Risiko einer induzierten Seismizität wie es z.B. in St Gallen (Schweiz) der Fall war, zu minimieren.

Diesbezüglich liegt aus dem Jahr 2012 eine von den illwerke vkw beauftragte (interne) Projektstudie (illwerke vkw 2012) zur Abschätzung des Potenzials der Tiefengeothermie vor. Die Studie kommt zu dem Schluss, dass im Bereich Bregenz und Feldkirch ein Potenzial vorhanden ist. Für Bregenz erwartet die Studie in 4.700 m Tiefe in einer Störungszone eine Wassertemperatur von ca. 155° C bei einer Wasserführung von maximal 40 l/s. Im Bereich Feldkirch wird in 4.000 m ein hydrothermisches Potenzial mit einer Temperatur zwischen 100 und 140° C bei einer Schüttung von 30 l/s erwartet. Je nach tatsächlich erreichbarer Temperatur und Schüttung ließen sich je Standort thermische Leistungen in der Größenordnung zwischen 5 und 15 MW erzielen, was einer Wärmemenge von ca. 45 bis 130 GWh entspricht. Diese Wärme steht konstant das ganze Jahr zur Verfügung.

3.1.5.2. *Vorschlag nächste Schritte*

Gerade vor dem Hintergrund der hohen Wärmenachfragedichte (und damit verbundenen Wärmenetztauglichkeit) in den dicht besiedelten Bereichen des Rheintals und den mangelnden Hochtemperaturquellen für die Fernwärme wird eine nähere Sondierung der Erschließung von Tiefengeothermie empfohlen. Die Studie der illwerke belegt die grundsätzliche Tauglichkeit. Die potenziellen Risiken der Tiefengeothermie können durch ein umfassendes Explorationsverfahren stark minimiert werden. Die Exploration mithilfe von 3D-Seismik gilt heute als Stand der Technik und erscheint deshalb nicht nur im Hinblick auf die Fündigkeit und Bohrfadplanung sondern auch und gerade im Hinblick auf die Risiken von induzierter Seismizität trotz der Kosten als dringend empfehlenswert. Zusätzlich würde eine 3D Seismik eine zukünftige Erweiterung der Anlage mit zusätzlichen Bohrungen und eine ratsame hydraulische Simulation möglich machen. Hydraulische Kurzschlüsse können somit verhindert werden und die Nutzungsdauer der Anlage kann verlängert werden.

Die Rahmenbedingungen im Hinblick auf verfügbare Daten, Förderbedingungen, Risikoabsicherung sowie etwaige Einspeisequoten (für Strom) haben einen maßgeblichen Einfluss auf die Realisierbarkeit von Tiefengeothermieprojekten. Zum aktuellen Zeitpunkt sind diese Rahmenbedingungen nicht zuletzt aufgrund der bayrischen Strategie im benachbarten Ausland deutlich günstiger. Dies ist einer der Gründe, warum z.B. auch für die Stadt Salzburg ein Tiefengeothermieprojekt zur Einspeisung in die Fernwärme im benachbarten Kirchanschöring und nicht auf österreichischem Staatsgebiet geplant wird (Geothermie Rupertiwinkel GmbH 2020) [Projektstatus – Geothermie Rupertiwinkel \(georupertiwinkel.de\)](https://www.georupertiwinkel.de)⁶. In der weiteren Sondierung sollte aus diesem Grund auch in Vorarlberg dieser Bereich näher sondiert werden und Teil einer Machbarkeitsstudie sein.

Als nächster und erster Schritt wird vom Konsortium folgender Punkt jedenfalls empfohlen:

⁶ Im Herbst 2021 wurde nach vorläufiger Absage durch die Salzburg AG die Gründung einer neuen Betreibergesellschaft lanciert.

- Sondierung der Rahmenbedingungen (Vergleich D vs. Ö) und Aktualisierung der Machbarkeitsstudie der illwerke vkw der bestehenden Hoffungsgebiete bzw. Erweiterung der Machbarkeitsstudie auf den angrenzenden Raum in Deutschland.

Sollte dieser Schritt positiv abgeschlossen sein, wird aufbauend als zweiter Schritt eine umfassende Exploration der Hoffungsgebiete empfohlen. Diese umfassende Exploration sollte folgende Punkte jedenfalls beinhalten:

- Auswahl eines oder mehrerer Hoffungsgebiete
- Planung und Durchführung von geophysikalischen Messungen (3D-Seismik)
- Processing und Interpretation der 3D Seismik
- Erstellung eines geologischen Modells auf Basis der 3D Seismik Interpretation und allen anderen geophysikalischen und geologischen Daten.
- Bohrfadplanungen
- Begleitende thermisch hydraulisch mechanisch chemische (THMC) – Simulationen

3.1.6. Bodenseewasser

Die Nutzung des Bodenseewassers zur Wärme- und Kälteversorgung war lange Zeit verboten. Das hat sich in den letzten Jahren geändert. Im Jahr 2014 hat die Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB) die Richtlinien für die Nutzung des Bodenseewassers gelockert. Dabei darf der Zustand des Sees weder lokal noch regional nachteilig beeinträchtigt werden (IGKB 2014, S. 20). Die Entnahmetiefe ist zwischen 0 und 40 Meter frei wählbar, die Rückgabe (max. Temperatur: 20° C) muss zwischen 20 und 40 Meter erfolgen. Begrenzt wird die Wärmenutzung dadurch, dass die Temperaturänderung außerhalb der sogenannten Mischungszone (10 x 20 x 20 m) kleiner als 1° C sein muss (Abbildung 2). Dabei muss auch der Summationseffekt von benachbarten Anlagen berücksichtigt werden. Anlagen müssen mindestens 200 kW Leistung aufweisen und es muss ein Mindestabstand von 500 – 1000 Meter (je nach Leistung der Anlage) zu Trinkwasserentnahmestellen eingehalten werden. Von der IGKB wurde ein Bemessungstool zur Dimensionierung von Anlagen zur Verfügung gestellt. Für die Schweizer Kantone St. Gallen und Thurgau liegen Planungshilfen bzw. Leitfäden für die Planung vor (Kanton Thurgau o.J., Kanton St. Gallen 2019).

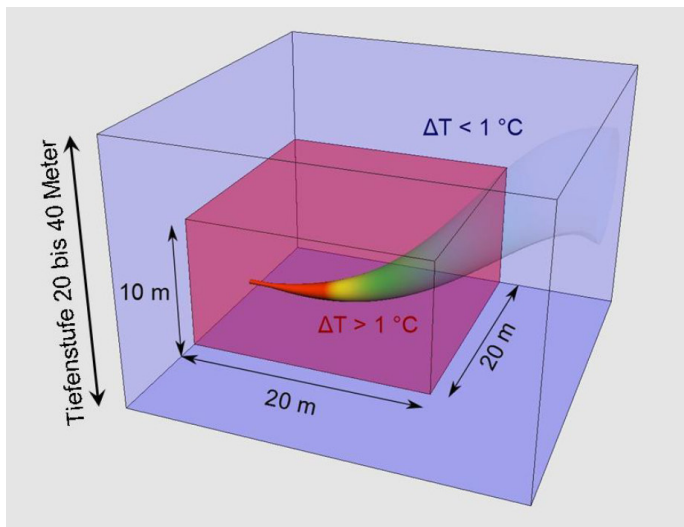


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Mischungszone (IGKB 2014, S. 21)

In der Schweiz wird die Nutzung von Seen und Flüssen schon seit längerer Zeit untersucht und es gibt zahlreiche Beispiele von umgesetzten Projekten (z.B. in Zürich, Lausanne, St. Moritz, Romanshorn, Rorschach). Das Potenzial zur Wärmenutzung übersteigt den Bedarf der seenahen Gemeinden bei Weitem (Zweili 2019), das nutzbare Wärmepotenzial entlang des Schweizer Bodenseeufer beträgt demnach 2.800 GWh (Wärmeleistung 1 GW), das Kühlpotenzial 1.400 GWh (Kälteleistung 0,5 GW). Der Wärmebedarf der Seegemeinden wird mit 1.260 GWh angegeben. Im Jahr 2019 wurden allerdings nur 10 GWh für Wärmeanwendungen und 25 GWh für Kühlzwecke genutzt. Insbesondere die kombinierte Nutzung für Heizung und Kühlung kann zu einem Nettoeffekt führen, der sogar der Erwärmung durch den Klimawandel entgegenwirkt. Die kombinierte Nutzung ist auch für einen wirtschaftlichen Betrieb von Seewassernutzungsanlagen notwendig. Das Potenzial für Wärme und Kühlung übersteigt jedenfalls den lokalen Bedarf bei Weitem (Wüst 2019).

Die Nutzung des Bodenseewassers erfolgt gemäß Leitfaden/Planungshilfe (Kanton Thurgau o.J., Kanton St. Gallen 2019) in verschiedenen Kreisläufen: Die Wasserentnahme im Primärkreislauf erfolgt mit 4 – 8° C, die Rückgabe mit 1 – 4° C (max. 20° C bei Kühlung). Der Sekundärkreislauf erfolgt als Anergienetz mit einer Temperatur von 1 – 20° C. Im Tertiärkreislauf wird dieses, nicht direkt nutzbare Temperaturniveau, mittels zentraler Wärmepumpen auf 30 – 60° C erhöht und in die entsprechenden Wärmenetze eingespeist.

Eine detaillierte Machbarkeitsstudie für eine Abschätzung des Wärmepotenzials und die Nutzung des Bodenseewassers für Heizung, Warmwassererzeugung und Kühlung für die Bodenseeanrainergemeinden wird empfohlen. Voraussetzung dafür ist die Erhebung der netztauglichen Wärme- und Kältenachfrage sowie die Berücksichtigung vorhandener oder geplanter Großabnehmer in Bodenseenähe.

3.1.7. Abwasser

Aus kommunalem Abwasser können erhebliche Mengen an Wärme entnommen werden. Am einfachsten ist die Nutzung der Wärme im Abwasser unterhalb der Kläranlagen. Das hat den Vorteil, dass die Prozesse in den Kläranlagen nicht beeinflusst werden und das Wasser gereinigt ist. Allerdings sind Kläranlagen häufig außerhalb von dicht bebauten Siedlungen angeordnet, was die Nutzung in Wärmenetzen erschweren kann. Die entnommene Wärme kann entweder in ein Anergienetz eingespeist werden oder mit zentralen Großwärmepumpen auf ein höheres Temperaturniveau gehoben werden. Im Arbeitsbehelf zur energetischen Nutzung von Abwasser (ÖWAV 2021) wird von einem wirtschaftlichen Betrieb bei zumindest 5.000 Einwohner(werte)n (entspricht ca. 10 l/s) ausgegangen. Andere Quellen nennen etwas höhere Grenzwerte für einen wirtschaftlichen Betrieb von Anlagen zur Nutzung der Wärme aus Abwasser, so wird beispielsweise ein Grenzwert von 10.000 Einwohner*innen für eine thermische Nutzung genannt (KEA 2020), insbesondere dann, wenn sie in der Nähe von Siedlungen liegen. In Österreich befinden sich rund 2/3 aller Kläranlagen in der Nähe von Siedlungen (max. 1 km Abstand) bzw. innerhalb von Siedlungen (Projektteam „Abwasserenergie“ 2017, S. 3).

Ab 8.000 bis 10.000 l Abwasseranfall pro Tag (entspricht ca. 60 Bewohner*innen) kann die Wärme auch direkt im Gebäude genutzt werden.

Eine Grobabschätzung für Vorarlberg ergibt ein technisches Potenzial für die Wärmemenge von knapp 100 GWh an nutzbarer Wärme. Dabei wurde angenommen, dass alle Gemeinden mit mehr als 5.000 Einwohner*innen (alle diese Gemeinden und Städte liegen im Rheintal und Walgau, in Summe rd. 265.000 Einwohner*innen) ihr Abwasser thermisch nutzen. Weiters wurde von einer Temperaturdifferenz von 4 K und einer JAZ der entsprechenden Wärmepumpen von 4 ausgegangen (ÖWAV 2021, Projektteam „Abwasserenergie“ 2017, ifeu 2018, Energie Schweiz o.J.).

Auch im Bereich des Abwassers kann die Bereitstellung von Erstinformationen einen wichtigen Beitrag zur Forcierung der Nutzung dieser wichtigen Wärmequelle leisten. Der Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaftsverband hat im Jahr 2021 einen Arbeitsbehelf zur Energetischen Nutzung des thermischen Potenzials von Abwasser publiziert ([ÖWAV 2021](#)). Aus den dort beschriebenen Kriterien können in grobem Maßstab Potenzialgebiete abgeleitet werden. Für detaillierte Kataster bedarf es Detailerhebungen, welche sich vor allem für größere Gemeinden und Städte anbieten. Die Stadt Graz hat 2021 den Aufbau eines ersten Katasters abgeschlossen.

3.1.8. Zusammenfassung der Potenziale

	POTENZIAL	ANMERKUNG/QUELLEN
ELEKTRISCHER STROM	2.810 GWh (2030)	Strategiepapier Energieautonomie+ 2030
	PV: technisches Potenzial: 1.942 GWh	Szenarienbetrachtung 2030
	Windkraft: 24 GWh (Pfänder)	

BIOMASSE	Zusätzliches Potenzial: 263 GWh Gesamtpotenzial: ca. 1.250 GWh	Unsichere Datenlage bei Gesamtpotenzial. Szenarienbetrachtung 2030 Strategiepapier Energieautonomie+ 2030
INDUSTRIELLE UND GEWERBLICHE ABWÄRME	Industrie: technisches Potenzial: 454 GWh	Eigene Berechnung auf Basis 14% des Endenergieeinsatzes
UMGEBUNGSWÄRME	Theoretisch beliebig verfügbar	Technische und räumliche Restriktionen
TIEFENGEOTHERMIE	324 – 490 GWh (2050) (1) 45 – 130 GWh (2)	(1) Könighofer et al. 2014 (2) Illwerke vkw 2012
BODENSEEWASSER	noch unbekannt	Lt. Studien aus der Schweiz: ausreichend für die Wärmeversorgung der Bodenseeanrainergemeinden
ABWASSER	ca. 100 GWh	Eigene Berechnung; Gemeinden und Städte ab 5.000 EW

Tabelle 6: Zusammenfassung der Potenziale

3.2. Wärmeversorgung über Wärmenetze

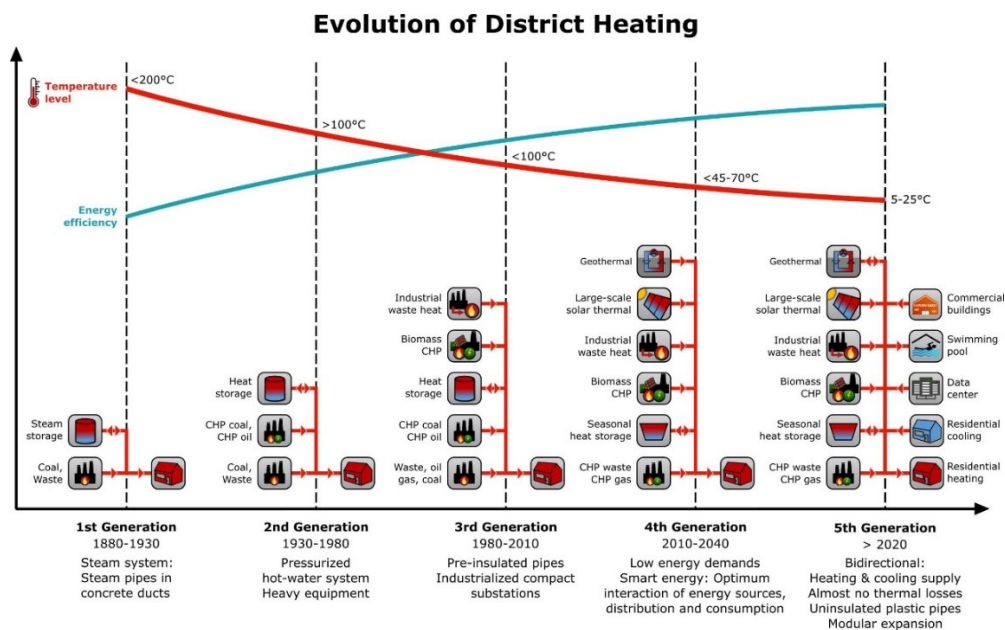
Wärmenetze werden in Zukunft eine wachsende Rolle spielen. Sie stellen eine klimafreundliche, sichere und komfortable Wärmeversorgungsoption dar, die es erlaubt, verschiedene Wärmequellen wie industrielle oder gewerbliche Abwärme, oberflächennahe oder tiefe Geothermie, Solarthermie oder Abwärme von KWK-Anlagen oder Heizwerke zu nutzen. Maßgeblicher Parameter für die Einteilung von Wärmenetzen ist die Systemtemperatur, mit der das Wärmenetz betrieben wird. Je höher die Systemtemperatur, desto einfacher ist die Versorgung von Gebäuden für die Beheizung und die Warmwasserbereitung. Allerdings erhöhen sich mit den Systemtemperaturen auch die Verluste, sowohl bei der Erzeugung als auch bei der Verteilung im Wärmenetz und in den Gebäuden. Wärmequellen mit niedrigem Temperaturniveau (z.B. gewerbliche Abwärme aus Kühlanlagen oder Abwärme aus Abwasser) lassen sich aber nur schwer in Wärmenetze mit hohen Systemtemperaturen einbinden. Wärmenetze mit hohen Systemtemperaturen (HT-Fernwärme, unter 100° C) werden in der Literatur als Fernwärme der 3. Generation bezeichnet (Abbildung 3).

Unter Niedertemperatur-Fernwärmesystemen (NT-Fernwärme, Fernwärme der 4. Generation) werden Fernwärmesysteme verstanden, die mit deutlich geringeren Systemtemperaturen (typ.

30 – 50/70° C) betrieben werden. Sie erfordern jedoch Heizungsabgabesysteme, die mit niedrigeren Temperaturen funktionieren (z.B. Flächenheizungen) und es müssen technische Lösungen für eine hygienische Warmwasserbereitstellung zur Verfügung stehen.

Eine sehr interessante, aber in der Praxis zunehmend umgesetzte Lösung für Wärmenetze stellen sogenannte kalte Fernwärmenetze (Anergienetze, Fernwärme der 5. Generation) dar, die mit Systemtemperaturen zwischen 5 und 20° C betrieben werden. Diese niedrigen Temperaturen erlaubt die direkte Einbindung von Niedertemperatur-Wärmequellen. Durch das geringe Temperaturniveau können kalte Fernwärmenetze mit sehr geringen Verlusten betrieben werden, es entfällt auch die Isolierung der Rohre, was Kosten spart. Als wesentliche Wärmequelle dienen Erdsondenfelder, aber auch die Verteilleitungen stellen Wärmequellen dar, sodass diese Netze durch Erweiterung effizienter werden. Von großer wirtschaftlicher Bedeutung ist bei den Anergienetzen die Möglichkeit, Gebäude zu kühlen und die abgegebene Wärme zur Regenerierung der Erdsondenfelder zu nutzen. In den Gebäuden werden die erforderlichen Temperaturen durch Wärmepumpen, die bei niedrigen Temperaturniveaus für die Heizung sehr effizient betrieben werden können. Auch hier sind Zusatzsysteme für die Warmwasserbereitstellung notwendig.

Zentrale Voraussetzung für einen wirtschaftlichen Betrieb aller Wärmenetze ist eine entsprechende Wärmenachfragedichte. Details zur Berechnung und die Herleitung der entsprechenden Grenzwerte sind in 5.1.3 beschrieben.



EBC | Institute for Energy Efficient Buildings and Indoor Climate | RWTH AACHEN UNIVERSITY | Illustration based on Lund et al.: 4th Generation District Heating (4GDH) Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems, 2014, Energy 68 (2014), 1-11

Abbildung 3: Entwicklung der Fernwärme

3.2.1. Hochtemperatur (HT)-Fernwärmesysteme

Beschreibung	Wärmenetze mit Temperaturen unter 100° C
Energiequellen	<ul style="list-style-type: none"> • Biomasseheizwerke • KWK-Anlagen • industrielle Abwärme • Solarwärme • Tiefengeothermie
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • bewährtes System • geeignet für Bestandsgebäude • Warmwassererzeugung mittels Zirkulationssystem
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • hohe Netzverluste • Nutzung von Wärmequellen mit niedrigen Temperaturen schwierig bzw. unmöglich
Technische Voraussetzungen	keine besonderen Voraussetzungen, Logistik bei Biomasseheizwerken
Wirtschaftliche Bewertung	Mindestwärmedichte (Trassenbelegung) erforderlich
Anwendung	Neubaugebiete, Gebiete mit unsaniertem und saniertem Bestand
Anmerkungen	

3.2.2. NT-Fernwärmesysteme

Beschreibung	Wärmenetze mit Temperaturen zwischen 30 und 50(70)° C
Energiequellen	<ul style="list-style-type: none"> • Biomasseheizwerke • KWK-Anlagen • industrielle und gewerbliche Abwärme • Solarwärme • Tiefengeothermie • oberflächennahe Geothermie (mittels Großwärmepumpen)
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • bewährtes System • Netzverluste geringer als bei HT-Fernwärme • Nutzung von Umgebungswärme und gewerblicher Abwärme
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • Effizienz sinkt mit Temperaturniveau • beschränkte Eignung für unsanierten Bestand • Warmwassererzeugung durch Frischwassermodule oder Wärmepumpen
Technische Voraussetzungen	Niedertemperatursysteme in Gebäuden (Flächenheizungen)
Wirtschaftliche Bewertung	Mindestwärmedichte (Trassenbelegung) erforderlich
Anwendung	Neubaugebiete, Gebiete mit hochwertig saniertem Bestand
Anmerkungen	Sonderlösungen für unsanierte Gebäude möglich

3.2.3. Anergienetze

Beschreibung	Kalte Netze mit Temperaturen zwischen 5 und 20° C, Heizung und Warmwassererzeugung dezentral mittels Wärmepumpen
Energiequellen	<ul style="list-style-type: none"> • industrielle und gewerbliche Abwärme • oberflächennahe Geothermie • Solarwärme • Tiefengeothermie
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • sehr geringe (bis keine) Verluste • Nutzung von Wärmequellen mit niedrigen Temperaturen • Kühlung möglich • Erweiterung erhöht die Effizienz
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • (noch) wenig verbreitet • aufwändige Hydraulikplanung • beschränkte Eignung für unsanierten Bestand • Warmwassererzeugung durch (kaskadische) Wärmepumpen
Technische Voraussetzungen	Niedertemperatursysteme in Gebäuden (Flächenheizungen)
Wirtschaftliche Bewertung	Mindestwärmedichte (Trassenbelegung) erforderlich; Kühlung erhöht Wirtschaftlichkeit
Anwendung	Neubaugebiete, Gebiete mit hochwertig saniertem Bestand
Anmerkungen	Sonderlösungen für unsanierte Gebäude möglich

3.3. Dezentrale Wärmeversorgungssysteme

Neben der Wärmeversorgung durch Wärmenetze stehen eine Vielzahl an dezentralen Wärmeversorgungsoptionen zur Verfügung. In einem dekarbonisierten Wärmeversorgungssystem kommen dabei insbesondere Wärmepumpen, Biomasseheizungen oder die Nutzung der Solarthermie in Frage. Voraussetzung für eine klimaneutrale Nutzung der Wärmepumpen ist das Vorhandensein von elektrischem Strom aus erneuerbaren Energiequellen.

3.3.1. Erd- und Grundwasserwärmepumpen

Beschreibung	Dezentrale Wärmepumpen für Heizung und Warmwasserbereitung mit Erdwärme oder Grundwasser als Wärmequelle
Energiequellen	<ul style="list-style-type: none"> • oberflächennahe Geothermie • Grundwasser • elektrischer Strom
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • hohe Energieeffizienz (COP, JAZ; v.a. bei niedrigen Systemtemperaturen) • Kühlung möglich
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • hohe Investitionskosten (Erdsonden, Erdkollektoren, Brunnenbohrungen) • Platzbedarf für Sonden oder Bohrungen, Wärmepumpe

	<ul style="list-style-type: none"> • beschränkte Eignung für unsanierten Bestand • Warmwassererzeugung durch (kaskadische) Wärmepumpen
Technische Voraussetzungen	<ul style="list-style-type: none"> • Niedertemperatursysteme in Gebäuden (Flächenheizungen) • Eignung des Untergrunds (keine Ausschlusszonen)
Wirtschaftliche Bewertung	hohe Investitionskosten, Wirtschaftlichkeit abhängig von Strompreisentwicklung
Anwendung	Neubaugebiete, Gebiete mit hochwertig saniertem Bestand
Anmerkungen	Sonderlösungen für unsanierte Gebäude möglich

3.3.2. Luftwärmepumpen

Beschreibung	Dezentrale Wärmepumpen für Heizung und Warmwasserbereitung mit Umgebungsluft als Wärmequelle
Energiequellen	<ul style="list-style-type: none"> • Umgebungsluft • elektrischer Strom
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • hohe bis mittlere Energieeffizienz (COP, JAZ) bei niedrigen Systemtemperaturen • einfache Errichtung • Kühlung möglich
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • Verringerung der Effizienz bei niedrigen Temperaturen (z.T. Einsatz von Heizstäben) • Platzbedarf für Wärmepumpe • Geräuschentwicklung • nicht geeignet für unsanierten Bestand • Warmwassererzeugung durch (kaskadische) Wärmepumpen
Technische Voraussetzungen	<ul style="list-style-type: none"> • Niedertemperatursysteme in Gebäuden (Flächenheizungen) • Entfernung zu Nachbarn (Lärm)
Wirtschaftliche Bewertung	Wirtschaftlichkeit abhängig von Strompreisentwicklung
Anwendung	Neubaugebiete, Gebiete mit hochwertig saniertem Bestand
Anmerkungen	Sonderlösungen für Warmwasser

3.3.3. Biomasseheizungen

Beschreibung	Dezentrale Biomasseheizungsanlagen
Energiequellen	<ul style="list-style-type: none"> • Pellets • Hackschnitzel • (Scheitholz)
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • klimaneutraler Brennstoff (per Definition) • bewährte Technologie • Warmwasserbereitung
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • Investitionskosten • Platzbedarf für Heizungskessel und Lager • (Schadstoffemissionen)

Technische Voraussetzungen	<ul style="list-style-type: none"> • keine besonderen technischen Voraussetzungen • Logistik bei größeren Anlagen
Wirtschaftliche Bewertung	Wirtschaftlichkeit abhängig von Brennstoffpreisentwicklung
Anwendung	Gebiete ohne Eignung für Wärmepumpen
Anmerkungen	

3.3.4. Solarwärme

Beschreibung	Anlagen zur Nutzung der Solarwärme mittels Kollektoren
Energiequellen	<ul style="list-style-type: none"> • Sonne
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • Verfügbarkeit der Energiequelle • bewährte Technologie • Warmwasserbereitung
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • Investitionskosten • Flächenkonkurrenz zu Photovoltaik • Wartungsaufwand • üblicherweise nur Ergänzung zu anderen Energiesystemen
Technische Voraussetzungen	<ul style="list-style-type: none"> • keine besonderen technischen Voraussetzungen • Speicher
Wirtschaftliche Bewertung	Wirtschaftlichkeit abhängig von Auslegung und Konkurrenzsystemen
Anwendung	
Anmerkungen	Flächenkonkurrenz zu PV beachten

3.3.5. Direktelektrische Wärmeerzeugung

Direktelektrische Wärmeversorgungssysteme kommen in einer dekarbonisierten Wärmeversorgung nur in Sondersituationen zur Anwendung. Das können etwa Zusatz- oder Backupsystem in hocheffizienten Gebäuden (Passivhäuser) sein. Als Hauptsystem für die Heizung und die Warmwasserbereitung sollten direktelektrische Systeme nicht verwendet werden. Bestehende Systeme sollten weitgehend durch effizientere und klimafreundliche Systeme ersetzt werden.

3.4. Warmwassererzeugung

Durch die Erhöhung der Gebäudestandards bei Neubau und Sanierung steigt zukünftig der Anteil der Energie für die Erzeugung des Warmwassers deutlich an. Im Gegensatz zu modernen Heizungssystemen (Fußboden- oder Wandheizung) kann das Temperaturniveau beim Warmwasser – zumindest in Zirkulationssystemen oder bei Speichern – nicht unter den aus hygienischer Sicht erforderlichen Wert von 60° C reduziert werden. Für eine energieeffiziente Warmwassererzeugung in Wärmeversorgungssystemen mit niedrigen Systemtemperaturen (alle Wärmepumpensysteme) werden daher Sonderlösungen erforderlich. Diese können einerseits aus kaskadischen Wärmepumpensystemen bestehen, die die in Niedertemperatur-Heizungssystemen anfallenden

Temperaturen auf das erforderliche Temperaturniveau anheben oder es werden Frischwassermodule eingesetzt, die über einen Pufferspeicher des Heizungssystems gespeist werden und nach dem Durchlauferhitzerprinzip funktionieren.

Auch wenn die Marktentwicklung der Solarthermie in den letzten Jahren stark rückläufig ist, so stellt diese doch eine wichtige zusätzliche Wärmequelle dar, die bei entsprechender Auslegung die Warmwassererzeugung im Sommer vollständig und im Winter teilweise übernehmen kann. Dadurch kann das Hauptheizungssystem außerhalb der Heizperiode außer Betrieb genommen werden. Das gilt auch für Fernwärmesysteme, die bei einer vollständigen solaren Ausstattung im Sommer nicht betrieben werden müssen, wie das schon in einigen Anlagen der Fall ist.

Sowohl aus Sicht der Energieeffizienz der Wärmeversorgungssysteme als auch zur Vermeidung von Zirkulationsverlusten ist zukünftig verstärktes Augenmerk auf die Warmwasserversorgung zu legen.

3.5. Prioritäten für die Wärmeversorgung mit erneuerbaren Energieträgern (Prioritätenliste)

Die Transformation der Wärmeversorgung sollte sich an der im Folgenden beschriebenen Prioritätenliste orientieren. Diese basiert auf folgenden zentralen Kriterien:

- Energieeffizienz
- Ressourcenverfügbarkeit (lokal vor regional)
- Erweiterbarkeit und Flexibilität bei der Nutzung verschiedener Wärmequellen
- Vermeidung von Lock-in-Effekten (z.B. Einbau von dezentralen Wärmeversorgungssystemen im Umfeld von zukünftigen wärmenetztauglichen Neubaugebieten; thermische Gebäudesanierung ohne Reduktion der Systemtemperaturen; Einbau von weniger effizienten Systemen an Standorten mit dem Potenzial für nachhaltigere Optionen)
- Zukunftstauglichkeit (Antizipation des zukünftigen Zustandes: Temperaturniveau, Entwicklung der Wärmenachfrage im Umfeld; Einsatz neuer Technologien)

Prioritätenliste

**Priorität 1:
Efficiency first!**

1. Reduktion des Wärmebedarfs
2. Senkung der Systemtemperaturen

**Priorität 2 (Neubaugebiete):
Netzgebundene Wärme- und Kälteversorgung mit sehr niedrigen Systemtemperaturen – Anergienetze (Fernwärme der 5. Generation)**

1. gewerbliche Abwärme
2. Wärme aus Abwasser
3. Oberflächennahe Geothermie
4. Oberflächengewässer
5. Solarthermie

**Priorität 3 (Gemischte Gebiete mit vorwiegend Neubau und z.T. Bestand):
Netzgebundene Wärmeversorgung mit niedrigen Systemtemperaturen (Fernwärme der 4. Generation)**

1. Tiefengeothermie
2. industrielle und gewerbliche Abwärme
3. Wärme aus Abwasser
4. Oberflächennahe Geothermie
5. Oberflächengewässer
6. Solarthermie

**Priorität 4 (Gemischte Gebiete mit vorwiegend Bestand und z.T. Neubau):
Netzgebundene Wärmeversorgung mit hohen Systemtemperaturen (Fernwärme der 3. Generation)**

1. Tiefengeothermie
2. industrielle Abwärme
3. Biomasse (KWK und HW)

**Priorität 5:
Dezentrale Wärmeversorgung mit Erd- oder Grundwasserwärmepumpen**

**Priorität 6:
Dezentrale Wärmeversorgung mit Luftwärmepumpen**

**Priorität 7:
Dezentrale Wärmeversorgung mit Biomasseheizungen**

**Priorität 8:
Dezentrale Sonderlösungen (Solare Vollversorgung, Brennstoffzellen etc.)**

3.6. Szenarien für eine dekarbonisierte Wärmeversorgung

3.6.1. Wärmeversorgungsszenarien

Folgende Annahmen gelten für 2050 für alle untersuchten Szenarien:

- Kein Einsatz von fossilen Energieträgern („Raus aus Öl und Gas“)
- Kein Einsatz von grünem Gas oder synthetischen Energieträgern für die Wärmeversorgung
- Kein Einsatz von Stromdirektheizungen
- (Geringe) Effizienzverbesserungen bei allen Technologien
- Verfügbarkeit von vollständig dekarbonisiertem Strom (regional erzeugt und/oder importiert)

Bei sämtlichen Szenarien handelt es sich um Extremszenarien, die zeigen sollen, wie sich – bei einer verringerten Energienachfrage – ein zukünftiger Energieträgermix im Gebäudesektor auf die Energieversorgung auswirkt. Als Referenzwert wird die Nutzenergie herangezogen, die in allen Szenarien unverändert bleibt (Nutzwärme 3.056,40 GWh im Jahr 2018 und 2.410,00 GWh im Jahr 2050, siehe Kapitel 2.1 und 2.2). Durch die unterschiedlichen Effizienzen der verschiedenen Wärmeversorgungsoptionen variieren die Endenergiebedarfe in den einzelnen Szenarien.

1. Status quo „2018 IST“

Energieverbrauch und Energieverbrauchsstruktur 2018

2. Szenario „2050 EL“: Elektrifizierung (Wärmepumpenausbau)

Beim Szenario „2050_EL“ werden sowohl die Stromdirektheizungen als auch die Heizungen mit fossilen Energieträgern durch dezentrale Wärmepumpen (Luft-WP und Erd- bzw. Grundwasser-WP) ersetzt.

3. Szenario „2050 EWP“: Ausbau (dezentrale) Erd- bzw. Grundwasserwärmepumpen

Beim Szenario „2050_EWP“ werden sowohl die Stromdirektheizungen als auch die Heizungen mit fossilen Energieträgern durch dezentrale Erd- bzw. Grundwasser-WP ersetzt.

4. Szenario „2050 LWP“: Ausbau (dezentrale) Luftwärmepumpen

Beim Szenario „2050_LWP“ werden sowohl die Stromdirektheizungen als auch die Heizungen mit fossilen Energieträgern durch dezentrale Luft-WP ersetzt.

3.6.2. Szenarien mit Fernwärmeausbau

Für die Szenarien mit Fernwärmeausbau wird angenommen, dass ca. 70% der fernwärmetauglichen Gebiete durch Fernwärme versorgt werden (Anschlussgrad von 70%, Rest wird durch dezentrale Wärmeversorgungssysteme versorgt). Nachdem dabei verschiedene Versorgungsoptionen möglich sind, werden die Szenarien weiter aufgegliedert. Es wird weiters angenommen, dass 60% der nachgefragten Wärme in netztauglichen Gebieten nachgefragt wird. Dieser Wert entspricht dem Wert aus dem Bundesland Salzburg, wobei die Stadt Salzburg nicht berücksichtigt wurde (mit Salzburg beträgt der Wert 68%). Für das Land Salzburg wurde die unten beschriebene Methode GEL S/E/P entwickelt, flächendeckend angewandt und in zahlreichen Besprechungen mit den zuständigen Experten des Landes Salzburg sowie mit Energieversorgern diskutiert und abgestimmt. Die erforderlichen Daten für Vorarlberg liegen derzeit nicht vor, es kann aber angenommen werden, dass die Energiemenge, die in netztauglichen Gebieten nachgefragt wird, nicht geringer ist. Immerhin ist Vorarlberg – bezogen auf den Dauersiedlungsraum – rund doppelt so dicht besiedelt wie Salzburg und mit dem Rheintal und dem Walgau gibt es zwei sehr dicht besiedelte Zonen. Die Berechnungsergebnisse aus Bregenz deuten klar darauf hin, dass mit einem sehr hohen Anteil an Energiebedarf in netztauglichen Gebieten zu rechnen ist. Unter Anwendung des GEL-S/E/P-Ansatzes wurde für Bregenz ein Anteil für die wärmenetztaugliche Wärmenachfrage von 99% für das Jahr 2018 (Status quo) und 88% nach Sanierung des Gebäudebestands ermittelt (Szenario B, vgl. Kapitel 6.1.3). Für das Zentrum in Wolfurt zeigte sich, dass das gesamte Untersuchungsgebiet wärmenetztauglich ist (vgl. Kapitel 6.2.3). Derzeit liegen solche Karten allerdings nur für die Demogemeinden Bregenz und Wolfurt vor..

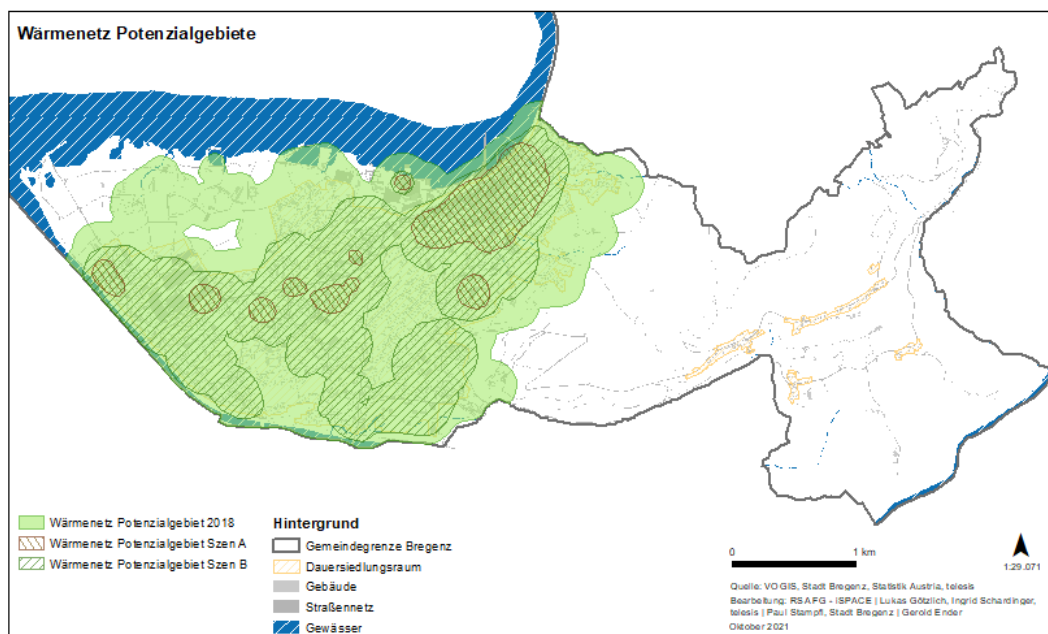


Abbildung 4: Ergebniskarte mit Wärmenetz-Potenzialgebiete in Bregenz

Bei einer Nutzwärmenachfrage von 2.410 GWh im Jahr 2050 wird somit angenommen, dass 1.446 GWh netztauglichen Gebieten zuzurechnen sind (60%, s.o.). Dieser Wert wird für die Szenarien um ca. 30% reduziert (70% Anschlussgrad, s.o.), sodass angenommen wird, dass in Vorarlberg 1.000 GWh durch Fernwärme bereitgestellt wird. Gegenüber dem Status quo bedeutet das eine Verfünfachung der Wärmemenge, die im Jahr 2018 über Fernwärme geliefert wurde! Die darüber hinaus „fehlende“ Energiemenge wird durch dezentrale Wärmepumpen bereitgestellt.

5. Szenario „2050 FW BM“: Fernwärmeausbau Biomasse

Im Szenario „Fernwärmeausbau Biomasse“ wird angenommen, dass sämtliche zusätzlichen wärmenetztauglichen Gebiete im Rahmen der regional verfügbaren Biomasseressourcen durch Biomasse-Fernwärme versorgt werden. Für die nicht durch Biomasse versorgbaren Fernwärmenetze wird eine Versorgung durch Großwärmepumpen angenommen.

6. Szenario „2050 FW BMP“: Fernwärmeausbau Biomassenutzung +

Im Szenario „2050_FW_BMP“ wird die Biomassenutzung weiter forciert. Es wird weiters angenommen, dass ein Teil der zusätzlich erforderlichen Biomasse importiert wird.

7. Szenario „2050 FW WP“: Fernwärmeausbau Wärmepumpen

Im Szenario „2050_FW_WP“ erfolgt die Versorgung der zusätzlichen Netzgebiete durch Großwärmepumpen, die durch elektrischen Strom betrieben werden. Als Wärmequelle wird die Umgebungswärme herangezogen. Voraussetzung für dieses Szenario ist die Reduktion des Temperaturniveaus der Heizungssysteme in den Gebäuden (VL/RL). Die bestehende Biomassefernwärme wird nicht weiter ausgebaut, allerdings werden zusätzlich dezentrale Biomasseheizungen installiert (bis zur Ausschöpfung des regionalen Potenzials).

8. Szenario „2050 FW AN“: Fernwärmeausbau Anergienetze

Im Szenario „Fernwärmeausbau Anergienetze“ erfolgt die Energieversorgung des Anergienetzes durch Abwärme (Industrie, Gewerbe, Bodenseewasser, Geothermie), die Anhebung auf das entsprechende Temperaturniveau erfolgt dezentral in den Gebäuden mittels Wärmepumpen. Voraussetzung für dieses Szenario ist die Reduktion des Temperaturniveaus der Heizungssysteme in den Gebäuden (VL/RL). Im dargestellten Szenario wird angenommen, dass 35% der Wärme („Anergie“) aus Geothermie und 65%⁷ aus Abwärme stammt. Würde das Anergienetz über oberflächennahe Wärmesonden betrieben, dann würden diese Wärmequellen als „Umgebungswärme“ ausgewiesen. Die Annahmen dienen nur zur Illustration der erforderlichen Energiemengen. Die Biomassefernwärme wird nicht ausgebaut, allerdings werden zusätzlich dezentrale Biomasseheizungen installiert (bis zur Ausschöpfung des regionalen Potenzials).

⁷ Dieser Wert entspricht in etwa dem abgeschätzten (technischen) Abwärmepotenzial (Kapitel 3.1.3), er soll aber vor allem dazu dienen, die erforderlichen Größenordnungen einordnen zu können.

3.7. Darstellung der Szenarien als Sankey-Diagramm

Im Folgenden werden exemplarisch einige Szenarien als Sankey-Diagramm dargestellt.

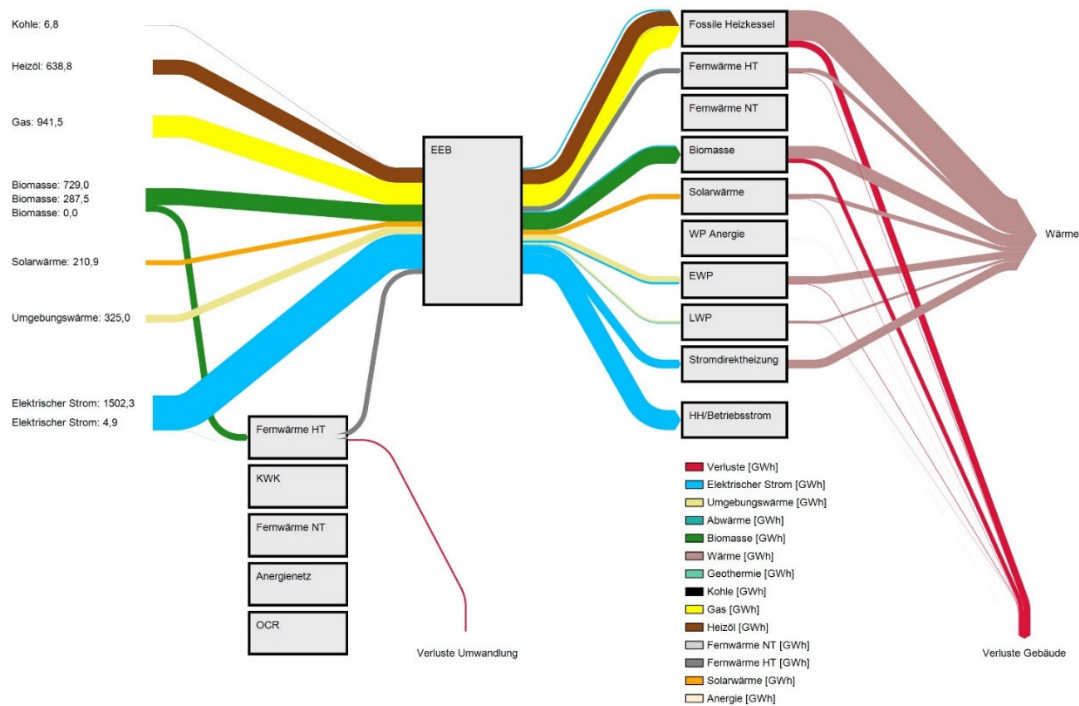


Abbildung 5: Energieflüsse 2018 im Gebäudesektor in Vorarlberg (Q: eigene Darstellung e7)

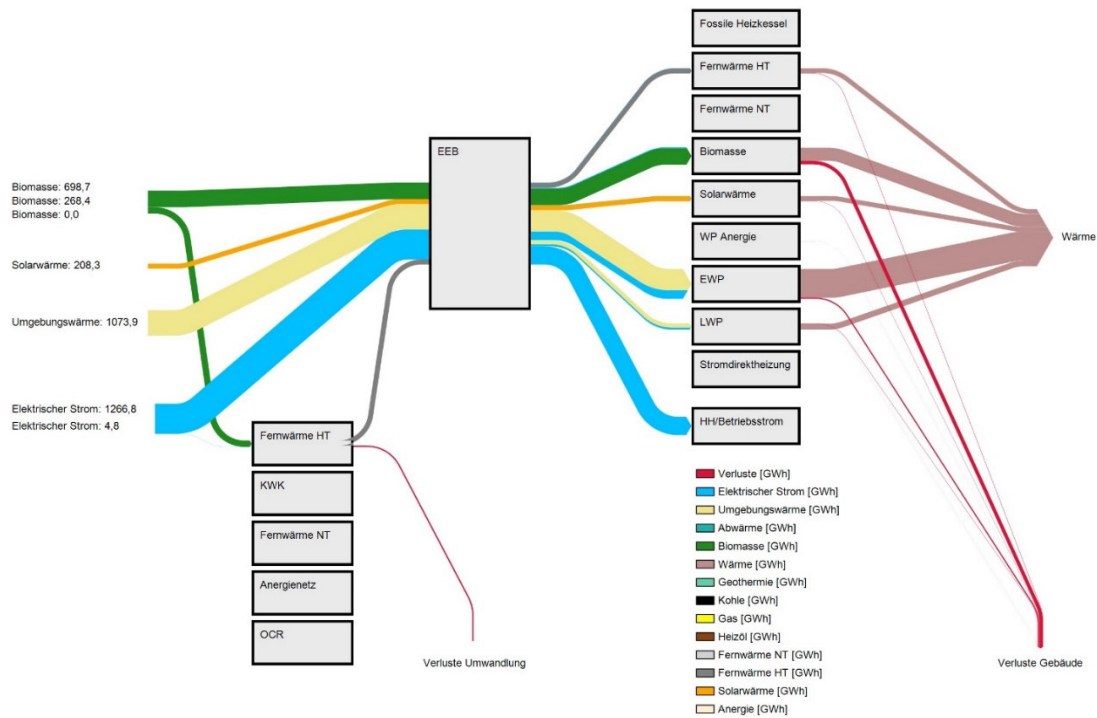


Abbildung 6: Energieflüsse im Szenario „2050_EL“ (Q: eigene Darstellung e7)

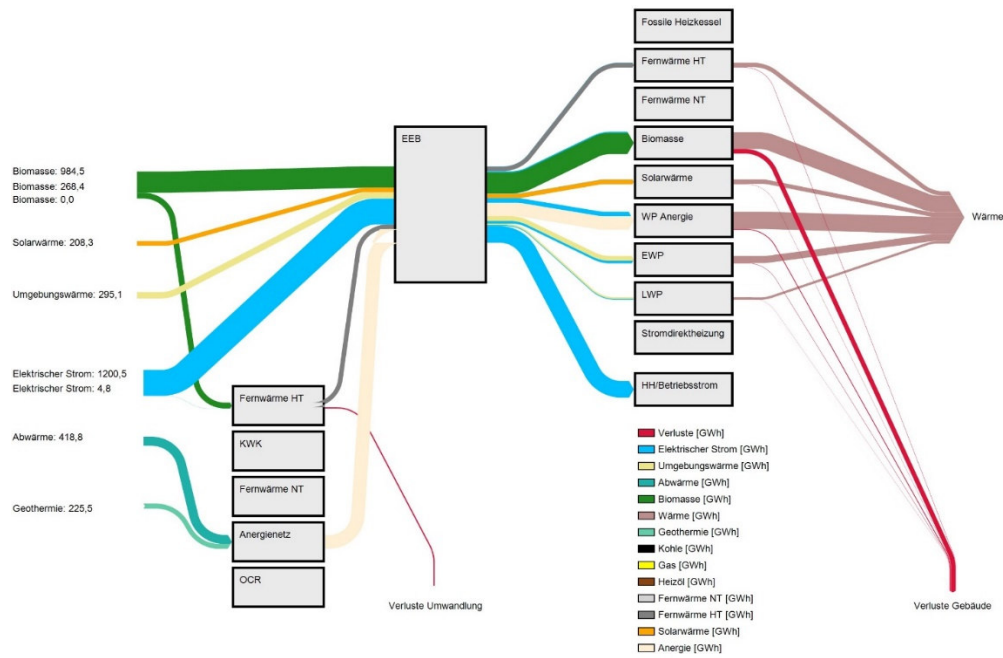


Abbildung 7: Energieflüsse im Szenario „2050_FW_AN“ (Q: eigene Darstellung e7)

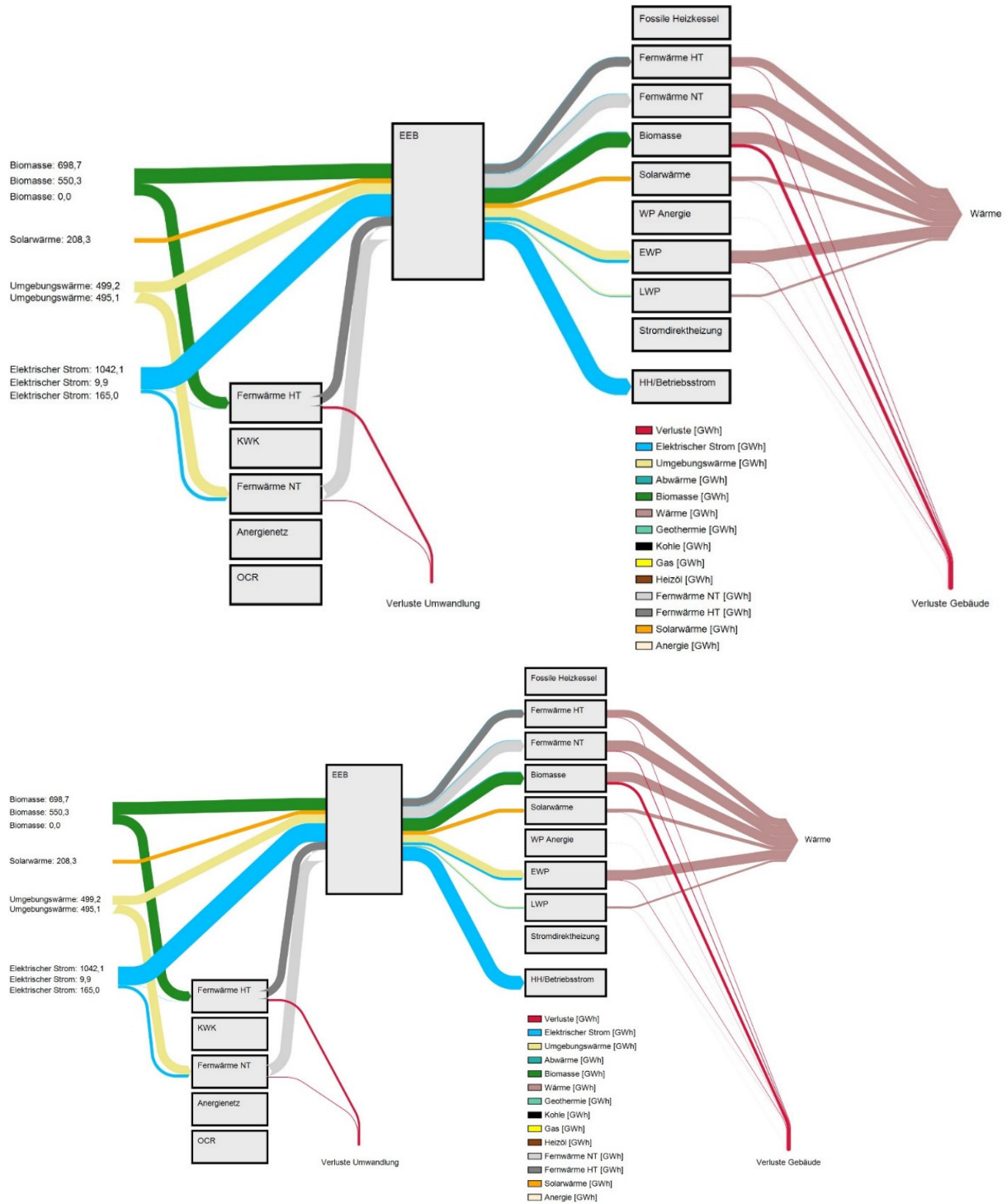


Abbildung 8: Energieflüsse im Szenario „2050_FW_BM“ (Q: eigene Darstellung e7)

3.8. Vergleich der Szenarien

Ein Vergleich der Einzelnen Szenarien erfolgt einerseits für die Endenergie (Tabelle 7), andererseits für den Energieverbrauch der einzelnen Energieträger für den gesamten Gebäudesektor in Vorarlberg (Tabelle 8).

Vorarlberg								
GWh	2018_IJT	2050_EL	2050_EWP	2050_LWP	2050_FW_BM	2050_FW_BMP	2050_FW_WP	2050_FW_AN
Kohle	7	0	0	0	0	0	0	0
Heizöl	639	0	0	0	0	0	0	0
Erdgas	941	0	0	0	0	0	0	0
Biomasse	729	699	699	699	699	699	985	985
Solarwärme	211	208	208	208	208	208	208	208
Umgebungswärme	325	1.074	1.120	1.000	499	499	295	295
Anergie	0	0	0	0	0	0	0	625
El. Strom (Wärme)	272	499	453	573	274	274	258	432
El. Strom Direktheizung	377	0	0	0	0	0	0	0
El. Strom (Betrieb und T	853	768	768	768	768	768	768	768
Fernwärme HT	215	213	213	213	436	638	213	213
Fernwärme NT	0	0	0	0	627	425	850	0
Endenergiebedarf	4.569	3.460	3.460	3.460	3.511	3.511	3.577	3.526
Einsparung gegenüber 2018		-24,3%	-24,3%	-24,3%	-23,2%	-23,2%	-21,7%	-22,8%

Tabelle 7: Endenergiebedarf bei den verschiedenen Szenarien (Q: eigene Berechnungen e7)

Für einen Vergleich mit den verfügbaren Potenzialen für die einzelnen Energieträger ist es erforderlich, den Endenergiebedarf des Gebäudesektors auf den Energieverbrauch umzurechnen (Abbildung 9). Dabei wird die Hilfsenergie ebenso berücksichtigt wie die Energieträger, die im Umwandlungssektor, also bei der Erzeugung der Fernwärme benötigt werden. Das wirkt sich insbesondere bei der Biomasse, beim elektrischen Strom und bei der Umgebungswärme (inkl. Abwärme und Geothermie) aus.

Vorarlberg								
GWh	2018_IJT	2050_EL	2050_EWP	2050_LWP	2050_FW_BM	2050_FW_BMP	2050_FW_WP	2050_FW_AN
Kohle	7	0	0	0	0	0	0	0
Heizöl	639	0	0	0	0	0	0	0
Erdgas	941	0	0	0	0	0	0	0
Biomasse	1.016	967	967	967	1.249	1.504	1.253	1.253
Solarwärme	211	208	208	208	208	208	208	208
Umgebungswärme	325	1.074	1.120	1.000	994	835	966	295
Abwärme	0	0	0	0	0	0	0	419
Geothermie	0	0	0	0	0	0	0	226
El. Strom (Wärme)	277	504	457	578	449	400	487	450
El. Strom Direktheizungen	377	0	0	0	0	0	0	0
El. Strom (Betrieb und HH)	853	768	768	768	768	768	768	768
Gesamtenergieverbrauch	4.647	3.521	3.521	3.521	3.669	3.716	3.682	3.619
Einsparung gegenüber 2018		-24,2%	-24,2%	-24,2%	-21,0%	-20,0%	-20,7%	-22,1%

Tabelle 8: Energieverbrauch bei den verschiedenen Szenarien

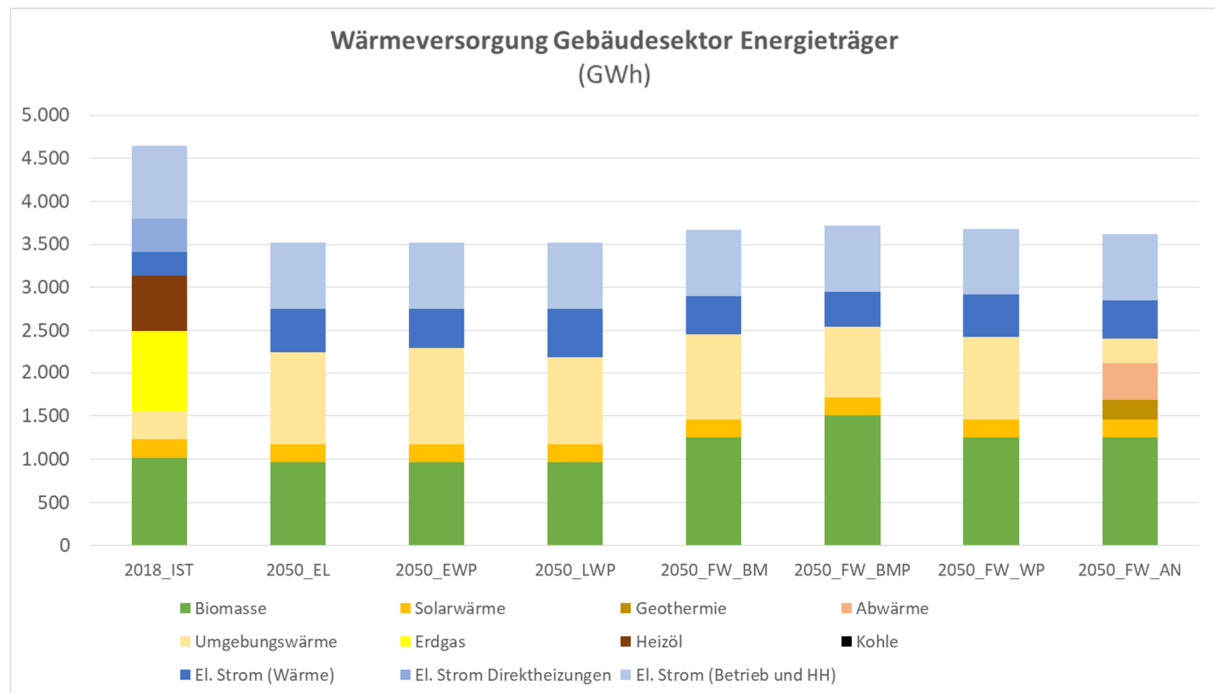


Abbildung 9: Vergleich der Szenarien der Wärmeversorgung des Gebäudesektors
(Q: eigene Berechnung e7)

Der Energieverbrauch des Gebäudesektors sinkt

Der Vergleich der Wärmeversorgungsszenarien zeigt, dass durch die Reduktion der Wärmenachfrage (Szenarienbetrachtung 2030) und die Erhöhung der Effizienz der Wärmeversorgung (insbesondere durch den Einsatz von Wärmepumpen) der Energieverbrauch des Gebäudesektors bei einer dekarbonisierten Energieversorgung deutlich sinkt. Durch eine Elektrifizierung des Gebäudesektors steigt die Menge der erforderlichen Umgebungswärme deutlich an, was dazu führt, dass die Menge an erforderlicher Energie, die über den Energiemarkt gehandelt wird (v.a. elektrischer Strom, Biomasse) im Vergleich zu fossilen Energieträgern deutlich abnimmt.

Stromdirektheizungen sollten aus dem Wärmemarkt verschwinden

Ein maßgeblicher Faktor, insbesondere bei der Nachfrage nach elektrischem Strom, ist der Ersatz der direktelektrischen Wärmeerzeugungssysteme, die im Jahr 2018 immerhin 377 GWh⁸ benötigten. Damit stellen Stromdirektheizungen eine (negative) Schlüsseltechnologie für die Wärmewende dar und sollten vollständig aus dem Wärmemarkt verschwinden. Der Einsatz von Heizstäben zur Erhöhung der Direktnutzung von PV-Anlagen, wie er immer wieder beworben wird, ist

⁸ Dieser Wert erscheint sehr hoch und sollte jedenfalls überprüft werden.

insofern kontraproduktiv, da er im Gegensatz zum Einsatz von Wärmepumpen deutlich ineffizienter ist und damit gerade im Winter die „Winterstromlücke“ vergrößert.

Die Auswahl der Wärmeversorgungssysteme sollte auf Basis der Energieeffizienz erfolgen

Der Vergleich der beiden Wärmepumpenszenarien zeigt, dass der Einsatz der deutlich effizienteren Erd- oder Grundwasserpumpe gegenüber der – weit verbreiteten und stark nachgefragten – Luftwärmepumpe zu einer um 120 GWh verringerten Nachfrage nach elektrischem Strom führt. Es sollte daher bei der Auswahl der verwendeten Technologie für die Wärmeversorgung auf die Energieeffizienz Wert gelegt werden.

Biomasse kann nur sehr beschränkt ausgebaut werden

Die weitgehende Ausschöpfung der Biomasse-Potenziale führt – unter der Annahme einer gemischten Anwendung von Erd- bzw. Grundwasserwärmepumpen und Luftwärmepumpen zu einem ähnlichen Stromverbrauch wie der (fast) ausschließliche Einsatz der Erd- bzw. Grundwasserwärmepumpen.

Die Verfügbarkeit von erneuerbarem Strom ist limitierend

Limitierend wirkt letztlich die Verfügbarkeit von elektrischem Strom aus erneuerbaren Energieträgern. Unter der Annahme, dass die direktelektrischen Wärmeerzeugungssysteme aus dem Wärmemarkt verschwinden, sinkt bei allen dargestellten Szenarien die Nachfrage nach elektrischem Strom, nachdem aber zu erwarten ist, dass die Gesamtnachfrage durch die Elektrifizierung der Mobilität und der anderen Sektoren in den kommenden Jahrzehnten steigen wird, werden für diesen Energieträger Engpässe erwartet, zumindest unter der Prämisse, dass der Strom aus heimischer Erzeugung stammen soll.

Alle Wärmequellen müssen ausgeschöpft werden

Eine weitere Limitierung könnte sich aus der Verfügbarkeit der Wärmequellen für die Wärmenetze ergeben. Hier bestehen im Moment große Unsicherheiten. Die Umgebungswärme steht zwar potenziell in beliebiger Menge zur Verfügung, für die praktische Nutzung sind aber Einschränkungen zu erwarten. Bei der Umgebungsluft sind das neben der – im Vergleich zu Erdwärme oder Grundwasser – deutlich geringeren Wirkungsgrade die Belästigung durch Lärm, die die Anwendung in dicht bebauten Gebieten beschränkt. Dazu kommen Ausschlussgebiete für Grundwassernutzung oder technische Restriktion bei der Nutzung der oberflächennahen Geothermie.

Ausbau der Niedertemperaturwärmesystem ist erforderlich

Die Notwendigkeit des weiteren Ausbaus von Niedertemperaturwärmesystemen ist zwar nicht direkt aus der Analyse ableitbar, er stellt aber eine zentrale Voraussetzung für eine effiziente Nutzung von Wärmepumpen dar, sowohl bei zentralen wie dezentralen Systemen.

Die „Winterstromlücke“ wird sich vergrößern

Nicht berücksichtigt wurde bei der Analyse die saisonale Verteilung der Wärmenachfrage. Mit einer zunehmenden Elektrifizierung der Wärmeversorgung verstärkt sich die sogenannte „Winterstromlücke“, da die Nachfrage verstärkt im Winter anfällt und die Produktion aus PV und Wasserkraft zu dieser Zeit eingeschränkt ist. Lösungsansätze wie die Nutzung von saisonalen Speichern oder die Gewinnung von Strom aus Power-to-Gas-Anlagen sollten weiter analysiert und für konkrete Anwendungen geprüft werden.

3.9. Erkenntnisse aus den Demo-Gemeinden

Für Bregenz wurden – Analog zu den Szenarien für das gesamte Bundesland Vorarlberg – verschiedene Wärmeversorgungsszenarien erstellt und als Sankey-Diagramm dargestellt. Die Besonderheit von Bregenz besteht darin, dass knapp 80% der Wärmenachfrage durch Erdgas gedeckt wird (87% aus fossilen Energieträgern) und dass Bregenz sehr dicht besiedelt ist, was die Stadt für Wärmenetze interessant macht.

Bregenz					
GWh	2018		2050_EL		DELTA
	EEB	Anteil	EEB	Anteil	
Kohle	0,5	0,1%	0,0	0,0%	-0,5
Heizöl	30,8	5,7%	0,0	0,0%	-30,8
Erdgas	281,0	51,9%	0,0	0,0%	-281,0
Biomasse	18,6	3,4%	48,7	12,6%	30,1
Solarwärme	3,1	0,6%	18,8	4,9%	15,7
Umgebungswärme	4,0	0,7%	105,0	27,2%	101,0
Fernwärme	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0
Anergie	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0
Elektrischer Strom	203,5	37,6%	213,5	55,3%	10,0
	541,4		385,9		-155,5
ohne HH/Betriebsstrom	357,8		220,7		-137,1
ohne Umgebungswärme	353,8		115,7		-238,1

Tabelle 9: Endenergiebedarf Bregenz 2018 und im Szenario 2050_EL

Für alle Szenarien wurde angenommen, dass die im Energiemasterplan Bregenz (Stampfl et al. 2020) genannten „optimierten“ Potenziale für Solarwärme und Biomasse (bei den WP-Szenarien) verfügbar sind. Für 2050 wurde eine Reduktion der Nutzenergie von ca. 30% und für den Betriebs/HH-Strom von ca. 10% angenommen. Folgende Szenarien wurden neben dem Status quo (2018_IST) untersucht:

Szenario 2018_oF (ohne fossile Energieträger)

- Unveränderte Wärmenachfrage (Nutzenergie)
- Potenziale „Optimiert“ für dezentrale Biomasse und Solarwärme ausgeschöpft, Rest FW

- wärmenetztaugliche Gebiete: rd. 90% (siehe Kapitel 6.1), 70% davon werden tatsächlich fernwärmeversorgt, Fernwärme durch Biomasse-HW

Szenario 2050_EL (Elektrifizierung)

- Potenziale „Optimiert“ für Biomasse und Solarwärme ausgeschöpft
- Ausbau WP

Szenario 2050_FW

- Potenziale „Optimiert“ für dezentrale Biomasse und Solarwärme ausgeschöpft, Rest FW
- wärmenetztaugliche Gebiete: rd. 90%, 70% davon werden tatsächlich fernwärmeversorgt, Fernwärme durch Biomasse-HW

Szenario 2050 FW1

- Potenziale „Optimiert“ für dezentrale Biomasse und Solarwärme ausgeschöpft
- HT-FW: Biomasse
- NT-FW: Großwärmepumpen (Umweltwärme, elektr. Strom)

Szenario 2050 FW2

- Potenziale „Optimiert“ für dezentrale Biomasse und Solarwärme ausgeschöpft
- HT-FW: Biomasse
- Anergienetz: Abwärme (ohne Differenzierung der Wärmequelle: Industrie und Gewerbe, Bodenseewasser, Abwasser, ...)

Szenario 2050 FW3

- Potenziale „Optimiert“ für dezentrale Biomasse und Solarwärme ausgeschöpft
- NT-FW: Großwärmepumpen (Umweltwärme, elektr. Strom)
- Anergienetz: Abwärme (ohne Differenzierung der Wärmequelle: Industrie und Gewerbe, Bodenseewasser, Abwasser, ...)

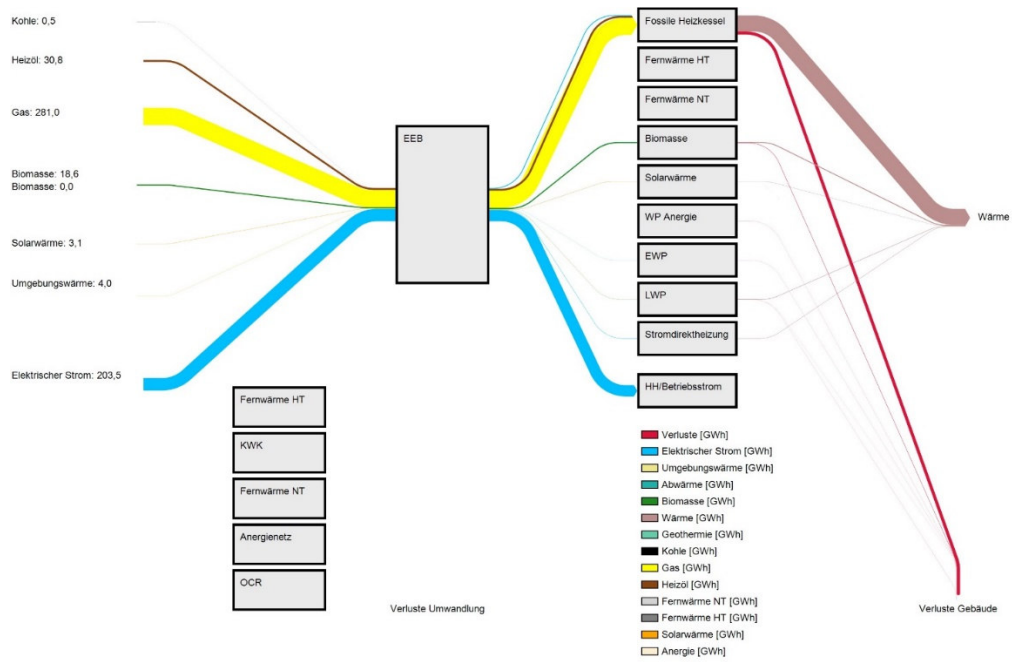


Abbildung 10: Energieflüsse im Gebäudesektor in Bregenz 2018 (Q: eigene Darstellung e7)

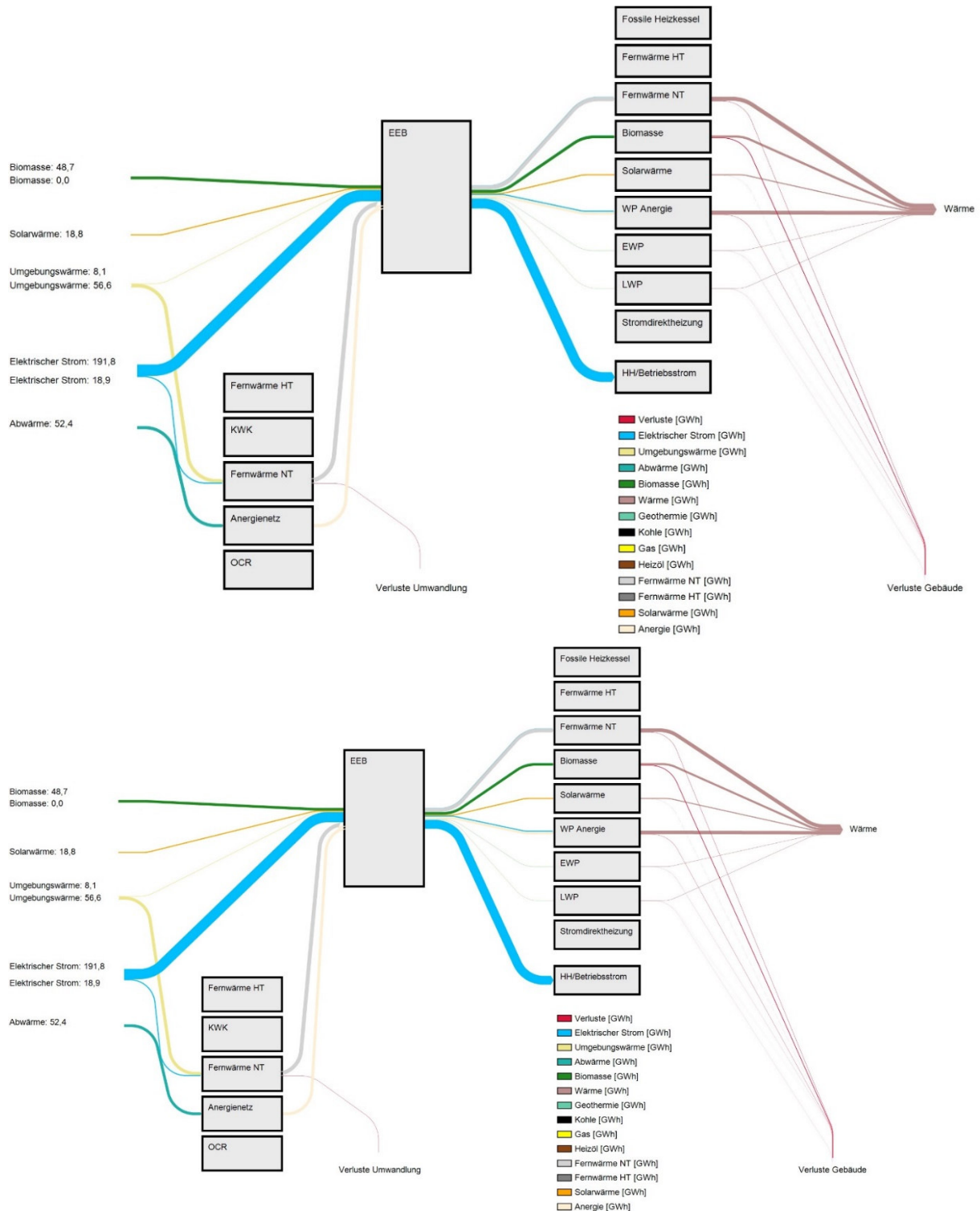


Abbildung 11: Energieflüsse im Szenario „2050_FW3“ (Q: eigene Darstellung e7)

Bregenz							
[GWh]	2018_IST	2018_oF	2050_EL	2050_FW	2050_FW1	2050_FW2	2050_FW3
Kohle	1	0	0	0	0	0	0
Heizöl	31	0	0	0	0	0	0
Erdgas	281	0	0	0	0	0	0
Biomasse	19	370	49	226	139	139	49
Solarwärme	3	19	19	19	19	19	19
Umgebungswärme/WP	4	8	105	8	63	8	65
Abwärme	0	0	0	0	0	52	52
Geothermie	0	0	0	0	0	0	0
Elektrischer Strom (Wärme)	16	23	48	16	32	29	46
Elektrischer Strom Direktheizung	4	0	0	0	0	0	0
Elektrischer Strom (Betrieb und H	184	184	165	165	165	165	165
Summe	541	604	386	434	418	413	396
EV (ohne Betriebsstrom)	358	421	221	269	253	248	231
EV (ohne Betriebsstrom und Umg	354	413	116	261	190	240	166
Elektrischer Strom	203	207	213	181	197	195	212

Tabelle 10: Energieverbrauch bei den verschiedenen Szenarien

(Q: Eigene Berechnungen e7)

Folgende Schlussfolgerungen lassen sich aus der Analyse in Bregenz ableiten:

- Der vollständige Ersatz der fossilen Energieträger durch Biomasse würde bei aktueller Wärmenachfrage mehr als das zusätzlich zur Verfügung stehende Biomassepotenzial (ca. 263 GWh, vgl. Kapitel 3.1.2) für Vorarlberg benötigen (Szenario 2018_oF).
- Selbst unter der Annahme einer reduzierten Wärmenachfrage würde für den Ausbau der Fernwärme mit Biomasse fast das gesamte zusätzlich zur Verfügung stehende Biomassepotenzial für Vorarlberg benötigt (vgl. Szenario 2050_FW).
- Eine vollständige Elektrifizierung führt trotz vollständigem Ausstieg aus fossilen Energieträgern nur zu geringfügig höherem Stromverbrauch (+ 5%, 213 statt 203 GWh: Szenario 250_EL).
- Durch die hohe Besiedlungsdichte stellen einzelne Wärmequellen für die Fernwärme oder dezentrale Wärmepumpen einen limitierenden Faktor dar, da z.B. Luftwärmepumpen aus Effizienzgründen und durch die auftretenden Schallemission nur in Sonderfällen zur Anwendung kommen sollten. Die Nutzung des Bodenseewassers sollte daher jedenfalls geprüft werden.
- Ein Vergleich der Wärmenachfrage mit den Potenzialen für Wärmeversorgungsquellen lassen sich in einzelnen Gemeinden nur bei den ausschließlich lokal verfügbaren Wärmequellen sinnvoll diskutieren (z.B. Abwärme, Bodenseewasser, Erdwärme).

3.10. Fazit aus den Wärmeversorgungsszenarien für Vorarlberg

Efficiency First!

Das vordringliche Ziel muss es jedenfalls sein, die gesamte Energienachfrage möglichst stark zu reduzieren! Das gilt für den Gebäudebereich ebenso wie für die Mobilität und die Industrie.

Integration in das gesamte Energiesystem

Die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung kann nur gemeinsam mit den anderen Sektoren (Verkehr, Industrie und Gewerbe) geplant und umgesetzt werden (Sektorkopplung, Energieversorgungspotenziale).

Nutzung aller Energieversorgungsoptionen

Trotz der Erhöhung der Energieeffizienz durch Gebäudesanierung und Elektrifizierung (WP, E-Mobilität) müssen alle erneuerbaren Energieversorgungsoptionen erschlossen und integriert werden.

Technologieauswahl auf Basis der Energieeffizienz

Bei allen Wärmeversorgungsoptionen ist die Auswahl der Technologie auf Basis der Energieeffizienz vorzunehmen (z.B. EWP statt LWP; NT statt HT), um die erforderlichen Energiemengen so weit als möglich zu reduzieren.

Nur netzgebundene Wärmeversorgung erlaubt die umfassende Integration verschiedener Wärmequellen

Eine netzgebundene Wärmeversorgung erlaubt die Integration verschiedener Energiequellen. Dazu muss jedoch eine Vielzahl an technischen Voraussetzungen gewährleistet sein (Temperaturniveau, ...).

4. ENERGIE IN DER PLANUNG

4.1. Allgemeine Einführung und Status aus SEP

Klimaschutz und Energiewende sind in den letzten Jahren zu wichtigen Zielen auf allen politischen Ebenen geworden. Ende 2019 wurde Klimaschutz EU-weit von den Bürger:innen der Mitgliedsstaaten erstmals als wichtigstes politisches Thema erachtet (vgl. Zechmeister et al 2019, S 130). Diese Bewertung war seither konstant und hat sich jüngst im Juli 2021 bestätigt (European Union <https://europa.eu/eurobarometer/surveys/browse/all/theme/000006>). Von Richtlinien und Zielvorgaben auf EU Ebene über nationale Zielsetzungen wie Regierungsprogramm, Mission2030 oder Nationaler Energie- und Klimaplan bis hin zur Landes- (Energieautonomie Vorarlberg o.J.) und Stadtebene mit den jeweiligen Masterplänen sind Klimaschutzziele auch politisch beschlossen.

In den letzten Jahren hat die Ambition dieser Zielsetzungen deutlich angezogen und wird schrittweise mit konkreten und teilweise weitreichenden Maßnahmen hinterlegt (Europäisches Parlament 2019, 2, Als Beispiel sei der Beschluss des Phase-Out-Öl genannt)

Um die Klimaschutzziele zu erreichen, sind Maßnahmen in allen Sektoren notwendig, und diese müssen weit über die aktuell gesetzten Schritte hinausgehen (Zechmeister et al 2019, Bundeskanzleramt 2018, BMNT/BMVIT 2018 S51-53, BMNT 2019 S 12, 23, 119, 133, 144-145)

In der Umsetzung sind die jeweiligen Kompetenzen der unterschiedlichen Verwaltungsebenen zu beachten. Während einige Sektoren (z.B. Energie und Industrie) fast ausschließlich Bundeskompetenz darstellen, sind andere Sektoren mehr oder weniger exklusive Kompetenzen der Länder oder Gemeinden. In vielen Fällen ist es ein Zusammenspiel mehrerer Ebenen. Damit verbunden wird in der Umsetzung ein Multi-Governance Ansatz erforderlich. Wenn Klimaschutz als politische Priorität aktiv umgesetzt werden soll ist es notwendig, energie- und klimaschutzbezogene Fragen auf eine Ebene mit anderen zentralen gesellschaftlichen Zielen (wie Gesundheit, sozialer Frieden, geringe Arbeitslosigkeit) zu ziehen und in konkreten Steuerungsinstrumenten und den Prozessen der Verwaltung zu verankern.


Aktuell ist die Berücksichtigung der Themen Energie und Klimaschutz in den hoheitlichen Steuerungsinstrumenten und Verwaltungsprozessen stark von Freiwilligkeit geprägt. Ökonomische Maßnahmen in Form von Förderungen sind das primäre Instrument, welches zum Einsatz kommt. Ordnungspolitische Maßnahmen beschränkten sich bisher mit Vorgaben zur Gebäudehüllqualität fast ausschließlich auf den Gebäudebereich. Die positive Tendenz der letzten Jahre im Gebäudesektor demonstriert, wie mit den entsprechenden Vorgaben maßgeblich zur Reduktion von Treibhausgasemissionen beigetragen werden kann (vgl. Zechmeister et al 2019, S131). Interessant ist das Beispiel der Gebäude auch, weil es sich auf einen der politischen Sachbereiche bezieht, der sich legislativ in Landes- und exekutiv in kommunaler Kompetenz befindet. So bilden Raumordnung und Baurecht die wichtigsten klimaschutzbezogenen Materien im Kompetenzbereich von Ländern und Kommunen. Mit einem Blick auf die kommunalen Zuständigkeiten können damit verbunden die Prozesse der Stadtplanung als die zentralen Hebel identifiziert werden. Im

Rahmen der Entwicklungsplanung erfolgen wichtige Rahmensetzungen für die Sektoren Wärme (betrifft primär Gebäude indirekt jedoch auch „Energie und Industrie“) und Mobilität und damit jenen Bereichen, welche in der Erreichung der Klima- und Energieziele eine Schlüsselrolle spielen. Die Rahmensetzungen bieten das Potenzial in der Folge im Bewilligungsverfahren umgesetzt zu werden und damit eine direkte Wirkung auf die einzelnen Bauprojekte zu entfalten. Energie-raumplanung bietet sich als effektives Steuerungsinstrument an und ist inzwischen in diversen Strategien auf allen Ebenen von der nationalen bis zur Gemeindeebene von Vorreitergebietskörperschaften vorgesehen.

Diesbezüglich lohnt ein Blick in die Schweiz. Die sogenannte Energierichtplanung ist dort in den Kantonen als Instrument seit vielen Jahren etabliert (Amt für Raumentwicklung Graubünden 2009,). Über das Energiestadt-Programm gibt es einen konkreten Leitfaden zur Umsetzung der räumlichen Energieplanung (vgl. ONLINEQUELLE EnergieSchweiz). Städte ab einer gewissen Einwohnerzahl (Arbeitshilfe Kanton Bern) sind meist zur Erstellung von Energierichtplänen verpflichtet, alle kleineren Städten und Gemeinden werden aufgefordert, diese auf freiwilliger Basis umzusetzen. Die Energierichtpläne werden Teil der langfristigen Entwicklungsplanung von Städten und Gemeinden. Die ausgewiesenen Zonierungen geben die Art der Wärmeversorgung für definierte Gebiete verpflichtend vor, wobei es den Entwicklern von Bauprojekten offensteht, ökologisch bessere Lösungen umzusetzen. Durch diese Vorgehensweise wird v.a. der Auf- und Ausbau von netzgebundener Wärmeversorgung (sowohl im Niedertemperatur- als auch im Hochtemperaturbereich) forciert.

Einen ähnlichen Weg haben in den letzten Jahren einige Bundesländer Deutschlands eingeschlagen. In Schleswig-Holstein (Schleswig-Holstein Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung 2021) und Baden-Württemberg (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg o.J.) sind Städte ab einer in den jeweiligen gesetzlichen Grundlagen verankerten EinwohnerInnenzahl ebenfalls verpflichtet, kommunale Wärmepläne zu erstellen. Bayern hat 2019 ebenfalls ein umfassendes Programm zur Forcierung der sogenannten Energienutzungsplanung gestartet, welches jedoch nicht auf Verpflichtungen, sondern auf Förderungen fußt (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie 2019). In allen drei Bundesländern werden umfassende Fördermittel für die Erstellung der Energienutzungspläne bereitgestellt. So werden in Bayern Energienutzungspläne mit 50-70% gefördert, bei einer Förderhöchstsumme von € 50.000,- für die Erstellung sowie nochmals € 40.000,- für die Umsetzungsbegleitung (vgl. ebd.). Die Fördervolumina verdeutlichen den nicht unerheblichen Aufwand für die Erstellung eines Energienutzungsplans. Energienutzungspläne sollen gemäß Förderrichtlinie in der Planung der Kommune Anwendung finden und dienen dem Zweck, konkrete Investitionen anzustoßen. Eine mit der Schweiz vergleichbare Verbindlichkeit ist zumindest in Bayern nicht abzuleiten.

4.1.1. FAZIT: Vorteile und Nachteile internationaler Ansätze



<ul style="list-style-type: none">• Teils gesetzliche Verpflichtung• Verfügbare Förderungen• Supportsysteme (Leitfäden, Veranstaltungen/Schulungen, GIS-Tools, etc.)• Verbindlichkeit der Zonen (CH)	<ul style="list-style-type: none">• Keine Einheitlichkeit der Pläne• Hoher Aufwand der Datenakquise• Hohe Kosten der Fördersysteme• Teil mangelnde Verzahnung mit bestehenden Planungsprozessen (v.a. D)
---	---

4.2. Erfolgsbeispiele und -kriterien für die Implementierung Räumlicher Energieplanung

Die Bundesländer Wien, Steiermark und Salzburg haben in den letzten 10 Jahren an ersten Schritten zur Implementierung räumlicher Energieplanung bzw. Energieraumplanung gearbeitet. Insbesondere die Schweiz wurde dabei immer wieder als Vorbild herangezogen und einzelne Elemente versucht in Pilotprojekten anzuwenden (Stadt Salzburg 2017, Kloss., R./Cervený, M. 2015, Madner/Parapatics 2016). So wurden in den Bundesländern unterschiedliche Ansätze entwickelt und haben in den letzten Jahren Einzug in die Praxis gefunden. In Wien ist seit der Novellierung der Wiener Bauordnung im Jahr 2020 die Verordnungsermächtigung für Energieraumplanzonen beschlossen (vgl. BO für Wien §2b). Verordnete Energieraumplanzonen definieren in der aktuellen Vollzugspraxis Zonen, in denen ausschließlich Fernwärme oder ein hocheffizientes alternatives System als Wärmeversorgungsoptionen zulässig sind. In einer erweiterten Form könnten auch Beschränkungen der zulässigen Treibhausgasemissionen verordnet werden (vgl. ebd. Abs. 3). In der Steiermark wurde in Zusammenarbeit mit der BOKU (vgl. [Stöglehner 2020](#)) die freiwillige Erstellung von "Sachbereichskonzepten Energie" als Bestandteil der örtlichen Entwicklungskonzepte der Gemeinden angestoßen und durch eine Förderung unterstützt (vgl. Ökofonds Steiermark 2021). Als Informationsgrundlage fungiert die auf statistischen Daten beruhende Web-Applikation der BOKU (www.energiemosaik.at). An die 20 Gemeinden haben sich dadurch bisher strukturiert mit der Berücksichtigung energiebezogener Fragestellungen in der langfristigen Entwicklungsplanung auseinandergesetzt. In Salzburg ist seit 1.1.2018 über das Raumordnungsgesetz die Berücksichtigung von energiebezogenen Fragen in der Entwicklungsplanung für Gemein-

den verpflichtend vorgeschrieben. Seit 2019 wurden die Anforderungen schrittweise erhöht, sodass im Jahr 2021 alle Gemeinden, die eine Neuauflage oder auch nur eine Teilabänderung des Räumlichen Entwicklungskonzeptes vollzogen haben, energiebezogene Aspekte umfassende eingearbeitet haben. Jede Gemeinde erhält die notwendigen Informationen kostenfrei in Form der "Bestandsanalyse Energie" und hat zudem Anspruch auf Unterstützungsleistungen (Beratungstermin, dauernde Ansprechstelle) (vgl. ONLINEQUELLE Amt der Salzburger Landesregierung). In jedem Verfahrensschritt erfolgt von Seiten des Fachreferats im Rahmen der Amtshilfe eine Stellungnahme zu den energie- und klimaschutzbezogenen Inhalten, sodass im Laufe der letzten Jahre ein einheitlicher Standard in der Bearbeitung durch die Gemeinden und Ortsplaner:innen etabliert werden konnte.

Seit 2017 arbeiten die drei Bundesländer auch gemeinsam an der Implementierung räumlicher Energieplanung. Mit dem Projekt GEL S/E/P (Räumliche Energieplanung für die Wärmewende) wurden umfassende Informationsgrundlagen entwickelt, um die jeweiligen Prozesse in den Bundesländern zu unterstützen und weiterzuentwickeln.

Aus Sicht der Autoren sollte ein System der räumlichen Energieplanung die folgenden Ansprüche erfüllen (vgl. dazu auch Rehbogen, A./Strasser, H. 2021):

1. Überforderung vermeiden

Öffentliche Verwaltungen operieren meist bereits an der Auslastungsgrenze und sind darüber hinaus mit einem Druck zum Personalabbau konfrontiert. Dies gilt insbesondere auch für alle planungsbezogenen Aufgaben. Die Raumordnung als Querschnittsmaterie steht bereits jetzt vor der Herausforderung, eine große Palette unterschiedlichster Interessen integrieren zu müssen. Gerade in kleineren Gemeinden müssen die zuständigen Sachbearbeiter sämtliche Themenbereiche alleine bedienen. Die Einbeziehung eines weiteren, hochkomplexen Materienkomplexes kann nur gelingen, wenn die zusätzlichen Anforderungen an Kompetenzen und Ressourcen auf ein Minimum reduziert werden. Eine Überforderung sollte kurz- aber auch mittelfristig vermieden werden.

EMPFEHLUNGEN

1a) Schrittweise Einführung und Erhöhung von Anforderungen. Die Anforderungen von Seiten der Landesregierung sollten jeweils so gewählt werden, dass es keinen Grund zu einer Abwehrhaltung gibt. Auf diese Weise kann die Gefahr bestehen, den Prozess gleich zu Beginn durch Widerstand von Seiten der Gemeinden abzuwürgen, minimiert werden.

1b) Parallel zu erhobenen Anforderungen, sollten Grundlagen und Unterstützung bereitgestellt werden. Wenn gleichzeitig zur Anforderung "Abbildung Wärmenetz-Potenzialgebiete" eine landesweite Karte mit möglichen Wärmenetzpotenzialgebieten bereitgestellt wird, dann können Gemeinden die Anforderung auch realistisch erfüllen. Die Anforderungen können so Stück für Stück mit verfügbaren Grundlagen und Kompetenzstand der Gemeinden und Ortsplaner:innen erhöht werden.

2. Rechtliche Deckung/Sicherheit gewährleisten:

In der Anwendung von räumlicher Energieplanung und insbesondere in der Nutzung ordnungspolitischer Instrumente für die Steuerung wird im Bereich Energie Neuland betreten. Dies beginnt bei der Nutzung von Daten, wo nicht nur die Verfügbarkeit, sondern auch die Nutzbarkeit personenbezogener Daten rechtlich teilweise noch nicht geklärt sind. Hier gilt es von Seiten der Landesregierung schrittweise die notwendigen rechtlichen Grundlagen zu schaffen. Einen Schritt weiter geht es bei der Anwendung ordnungsrechtlicher Instrumente. Raumsachliche Festlegungen, die Verbindlichkeit betreffend einer Energielösung auf einem spezifischen Grundstück – zB Vorgaben im Hinblick auf die Art der Wärmeversorgung - schaffen, waren bisher kein Teil der Verwaltungspraxis und unterliegen mitunter einer Rechtsunsicherheit.

EMPFEHLUNGEN

2a) Feststellung offener rechtlicher Fragestellungen und Bearbeitung durch rechtliche Gutachten sowie schrittweise Anpassung von Rechtsgrundlagen zur Ermöglichung einer effektiven räumlichen Energieplanung.

2b) Unterstützung und (rechtliche) Begleitung von Gemeinden, die Pilotumsetzungen wagen.

3. Effiziente Bereitstellung von Grundlagen:

Im Sinne der Vermeidung einer ressourcenmäßigen Überlastung (vgl. Pkt. 1) sollten alle notwendigen Inhalte in einer direkt verarbeitbaren Form bereitgestellt werden. Die Praxis zeigt, dass die Akquise der für die Analysen benötigten Daten den größten Teil des Gesamtaufwandes ausmachen und trotzdem oft wenig zufriedenstellende Ergebnisse mit sich bringen. Die „Reichweite“ des Weges bleibt somit beschränkt. Optimalerweise sind Analysen erhältlich, die direkt und ohne größere Fachwissen als Entscheidungsgrundlage herangezogen werden können. Dies bedeutet, dass all Fragestellungen im jeweiligen Planungsprozess ex ante formuliert werden und beantwortet werden müssen.

EMPFEHLUNG

3a) Identifikation relevanter Planungsprozesse, Reflexion der energiebezogenen Entscheidungen im jeweiligen Planungsprozess und Feststellung der für diese Entscheidungen notwendigen Informationsgrundlagen und einheitlicher, regelmäßig aktualisierter Datengrundlagen.

4. Einheitliche Methoden:

Gemeinden in Deutschland und der Schweiz entwickeln ihre individuellen Energienutzungspläne. Methodisch geben Leitfäden oft einen Rahmen vor; welche Themen (z.B.. Modellierung Wärmebedarf, Quantifizierung Potenziale, etc.) zu behandeln sind und wie sie gelöst werden können (vgl. Peters/Steidle/Böhnisch 2020). Trotzdem werden von den jeweiligen Planungsbüros unterschiedliche Methoden angewendet. Dies hat einerseits zur Folge, dass

jedes Planungsbüro selbst mit dem Aufwand der Methodenentwicklung und -umsetzung konfrontiert ist. Gleichzeitig geschieht diese Umsetzung im engen Rahmen der Kompetenz des Planungsbüros. Andererseits werden die Ansätze auch unter Nutzung von Leitfäden nie identisch sein. Daraus entsteht der Nachteil, dass gleiche Aussagen zwischen Gemeinden nicht vergleichbar sind.

EMPFEHLUNG

4a) Methoden für alle notwendigen Analysen sollten von ExpertInneninstitutionen entwickelt und dann für alle Gemeinden bereitgestellt werden, um maximale Qualität und Vergleichbarkeit sicherzustellen.

5. Kontinuität:

Energienutzungspläne in der Art der Umsetzung in Deutschland und der Schweiz basieren auf den jeweils verfügbaren Daten und bilden eine Momentaufnahme. Im Sinne eines effektiven Einsatzes von hoheitlichen Steuerungsinstrumenten sollten regelmäßige Monitorings und Evaluierungen die Effekte der Maßnahmen belegen und Nachjustierungen ermöglichen. Ohne automatisierten Zugriff auf aktuelle Daten entsteht in der Datenakquise für jedes Monitoring ein beträchtlicher Aufwand. Auch methodische Anpassungen sind mit Schwierigkeiten behaftet, da Analyseergebnisse in den Zeitreihen ihre Vergleichbarkeit verlieren.

EMPFEHLUNG

5a) Analysen sollten mit jeweils aktuellen Daten replizierbar sein

5b) Methodische Änderungen sollten auf Zeitreihen übertragbar sein

Aus Sicht der Autoren werden die formulierten Anforderungen von den in Deutschland und der Schweiz im Einsatz befindlichen Systeme nicht oder nur teilweise erfüllt. Mit dem Projekt GEL S/E/P wurde in Kooperation zwischen Wien, der Steiermark und Salzburg ein eigener Ansatz entwickelt. Der Wärmeatlas stellt über einheitliche Methodiken die wichtigsten Informationen zu a) Wärmebedarfe, b) Wärmeversorgungsinfrastruktur und c) Erneuerbare Wärmeenergiepotenziale bereit und ermöglicht automatisierte Analysen für definierte Anwendungsfälle in der Planung.

4.3. **Verfügbare Steuerungsinstrumente und deren Zusammenwirken**

Zur Steuerung der Wärmewende stehen zahlreiche Steuerungsinstrumente zur Verfügung. Grundsätzlich kann in die folgenden Dimensionen unterschieden werden:

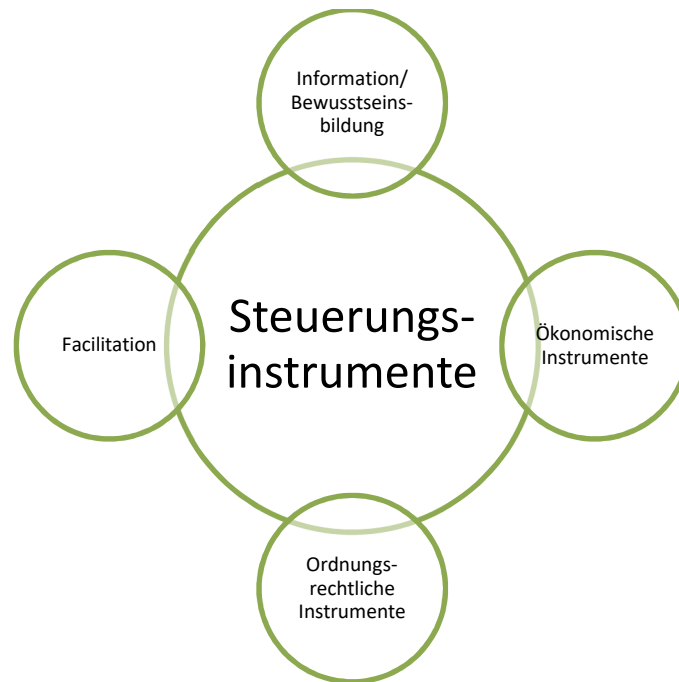


Abbildung 12: Hoheitliche Steuerungsinstrumente für die Wärmeplanung. Eigene Darstellung

1. Information/Bewusstseinsbildung

Rein durch die Aufbereitung und Weitergabe von Information können Projekte angestoßen werden. So kann beispielsweise die Information über Versorgungsoptionen am Grundstück sowie die Empfehlung für die eine oder andere Versorgungsoption einen Impuls für den Heizungswechsel darstellen, ohne dass dafür ordnungsrechtliche Instrumente oder ökonomische Anreize notwendig werden.

2. Ökonomische Instrumente

Förderungen werden seit Jahren erfolgreich aktiv zur Steuerung der Energiewende genutzt. Durch räumliche Information kann die Nutzung der Mittel noch zielgerichteter erfolgen und bessere Effekte erzielen. Die in Vorarlberg 2021 realisierte Ausweisung des 50 Meter Buffers rund um bestehende Fernwärmenetze sowie die Einschränkung der Heizungswechselförderung auf den Fernwärmeanschluss innerhalb dieses Gebietes verdeutlicht das diesbezügliche Potenzial einer räumlichen Steuerung.

3. Ordnungsrechtliche Instrumente

Baurecht und Raumordnung bieten verschiedene Möglichkeiten zu konkreten Vorgaben und stellen das verbindlichste Steuerungsinstrumente im Kontext der Wärmewende dar. Gerade im Gebäudebereich finden diese seit Jahren erfolgreiche Anwendung. Gleichzeitig sind konkrete Vorgaben aufgrund des Eingriffs ins Eigentumsrecht heikel. Im Kontext der Raumwärme hat sich eine grundsätzliche Technologieoffenheit bewährt. Für den Bereich der Energieraumplanung wird auf

die entsprechenden Möglichkeiten in diesem Abschnitt detaillierter eingegangen. Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass die Raumordnung als Querschnittsmaterie wichtige öffentliche Interesse miteinander verbindet. „Der Begriff "Raumordnung" bezeichnet die planmäßige Gestaltung eines Gebietes zur Gewährleistung der bestmöglichen Nutzung und Sicherung des Lebensraumes. Raumordnung ist ein komplexer Begriff, der alle Maßnahmen umfasst, die der vorsorgenden Planung einer zweckentsprechenden räumlichen Verteilung von Anlagen und Einrichtungen dienen; sie zielt auf eine im Sinn der öffentlichen Interessen liegende Ordnung des Raumes ab.“ (vgl. Mair 2012, S9). Klimaschutz wird im Eurobarometer seit 2020 wiederholt als das wichtigste öffentliche Interesse ausgewiesen (vgl. ONLINEQUELLE Europäische Kommission).

4. Facilitation

Energieversorgung im Allgemeinen und auch die Wärmeversorgung im Spezifischen ist mit hohen Infrastrukturkosten verbunden. Kraftwerke und Wärmenetze verlangen hohe Investitionen, die mit gewissen Risiken (Anschlussquote, Fündigkeit, etc.) verbunden sind. Zudem entstehen für Projekte oftmals hohe Transaktionskosten. Sondierungen (geologische Untersuchungen, Messungen, Machbarkeitsstudien, etc.) sind bereits vor einer Investitionsentscheidung notwendig, kostspielig und bedürfen langer Vorlaufzeiten. Die Reduktion von Unsicherheiten bzw. die Übernahme von Risiken kann maßgeblich dazu beitragen, dass Projekte überhaupt begonnen werden. Konkrete Relevanz für die Umsetzung der Transitionspfade in Vorarlberg erhält der Punkt der Facilitation beispielsweise für den Aufbau neuer Wärmenetze, die Erschließung tiefer Geothermie oder die Identifikation von Abwärmepotenzialen.

Durch den integrierten Einsatz der Steuerungsinstrumente kann der Effekt verstärkt werden. Auch die räumliche Koordination der Wärmewende beschränkt sich insofern nicht nur auf den Bereich der Instrumente der Raumordnung. Gleichzeitig stellen diese im Kontext der räumlichen Energieplanung die wichtigsten Hebel dar und wurden im Rahmen der Studie näher betrachtet:

4.4. **Rechtliche Grundlagen**

Im Rahmen der Studie wurde das Vorarlberger RPG analysiert. Die folgenden Inhalte erscheinen aus Sicht der Autoren als für die räumliche Energieplanung von direkter Relevanz:

4.4.1. Raumplanungsziele

Gemäß § 2 Raumplanungsziele werden in Abs. 3 die folgenden Ziele für die Planung ausgewiesen, welche für den effizienten Umgang mit Energie sowie für die Produktion von Energie eine Rolle spielen:

- Lit a) Mit Grund und Boden ist haushälterisch umzugehen, insbesondere sind Bauflächen bodensparend zu nutzen.
- Lit h) Die Siedlungsentwicklung hat nach innen zu erfolgen; die äußeren Siedlungsränder sollen nicht weiter ausgedehnt werden.

- Lit k) Räumliche Strukturen, die eine umweltverträgliche Mobilität begünstigen, besonders für öffentlichen Verkehr, Fußgänger und Radfahrer, sind zu bevorzugen; Strukturen, die zu unnötigem motorisierten Individualverkehr führen, ist entgegenzuwirken.
- Lit l) Für Einrichtungen des Gemeinbedarfs sind geeignete Standorte festzulegen; die erforderlichen Flächen für notwendige Infrastruktureinrichtungen sind freizuhalten.

Ableiten lässt sich aus diesen Zielen einerseits eine Abwägung in der Auswahl geeigneter Standorte. Eine entsprechende energie- und klimaschutzbezogene Bewertung von Standorten wäre zu diesem Zweck herzustellen. Zweitens wird die Art der Bebauung und der bodensparende Umgang adressierte, welche gerade im Hinblick auf die Energieeffizienz einen direkt positiven Effekt entfalten. Unter Lit. l könnten auch Energieerzeugungsanlagen und –netze subsummiert werden.

Im Kontext der Ziele lassen sich übergeordnet auch in der Landesverfassung wichtige Aufgaben ableiten, die ihre Wirkung auf die Raumordnung entfalten. In Artikel 7 Abs. 7 wird festgehalten:

(7) Das Land bekennt sich zum Klimaschutz. Zu diesem Zweck fördert das Land Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz sowie die nachhaltige Nutzung erneuerbarer Energien, den Betrieb von Atomanlagen hingegen lehnt es ab.

Mit einem Blick auf Regelungen in anderen Raumplanungs- bzw. Raumordnungsgesetzen lässt sich festhalten, dass die Festlegung von Klimaschutz als Ziel der Raumordnung in anderen Bundesländern heute bereits verankert ist (vgl. zB ROG Oberösterreich § 2 Abs. 1 lit. 1, Raumordnungsgesetz Niederösterreich §1 Abs. 2b, ROG Steiermark § 3 Abs. 2 lit. 2h und i, ROG Salzburg §2 Abs. 1 lit. 8 sowie Abs. 2 lit. 4). Eine direkte Formulierung als Ziel könnte sich somit auch für Vorarlberg anbieten.

4.4.2. Datenverfügbarkeit

Um räumliche Energieplanung effektiv betreiben zu können ist die Verfügbarkeit der notwendigen Informationen Voraussetzung. Eng damit verbunden ist die Verfügbarkeit von Daten. Eine Ermächtigung zur Datennutzung ist in den dargestellten deutschen Klimaschutzgesetzen (vgl. obenstehend) wichtiger Bestandteil. Herausforderung ist vor allem die Nutzbarkeit personenbezogener Daten. Die Ermächtigung zu deren Nutzung im Kontext von Planungsprozessen kann im Raumplanungsgesetz explizit adressiert werden. Anzustreben wäre im Sinne der integrierten Nutzung verschiedener Steuerungsinstrumente und einer umfassenden Anwendung räumlicher Energieplanung eine übergeordnete Regelung, beispielsweise in einem Klimaschutzgesetz. Unter Reflexion der politischen Umsetzbarkeit sollten hier individuelle Vorgehensweisen entwickelt werden. Ein möglicher Formulierungsvorschlag wurde auch im Kontext dieses Projektes besprochen und dem Auftraggeber zugänglich gemacht.

Aktuell wird zur Information im Raumordnungsgesetz in § 5 "Grundlagenerhebung, geographisches Informationssystem, Bericht" in Abs. 1 die folgende Regelung getroffen:

(1) Das Land hat die Grundlagen für die überörtliche Raumplanung zu erheben sowie alle für die Raumplanung bedeutsamen Unterlagen zu sammeln und auf dem neuesten Stand zu halten. Die Gemeinden sind über das Vorliegen von wichtigen Unterlagen in Kenntnis zu setzen.

Mit dem Klimaschutz als wichtiges öffentliches Interesse und als Ziel der Landesverfassung könnte sich daraus die Aufgabe zum Aufbau entsprechender Informationen für die Energieplanung begründen lassen.

4.4.3. Planungsprozesse

Im Selbstverständnis der räumlichen Energieplanung liegt es, energie- und klimaschutzbezogene Fragestellungen in konkreten Planungsprozessen künftig zu berücksichtigen. Die örtliche Raumplanung ist unter anderem für die Räumlichen Entwicklungspläne (REP) zuständig. In diesen wird die langfristige räumliche Entwicklung und Raumnutzung von den Gemeinden geplant. Gemäß § 11 Abs. 1 haben räumliche Entwicklungspläne unter anderem die beiden folgenden, für die räumliche Energieplanung relevanten Aussagen zu enthalten:

- die angestrebte Siedlungsentwicklung; dabei sind insbesondere Siedlungsschwerpunkte, Verdichtungszone, Freiräume für die Naherholung sowie die Gliederung der Bauflächen einschließlich der zeitlichen Abfolge der Bebauung unter Bedachtnahme auf die Erfordernisse der Infrastruktur, des Schutzes vor Naturgefahren, des Klimawandels und der Energieeffizienz zu berücksichtigen,
- die Energieversorgung unter besonderer Berücksichtigung der nachhaltigen Nutzung erneuerbarer Energien,

Diese Regelungen schaffen die Möglichkeit, sich mit dem Thema im REP zu befassen, ohne jedoch konkretere Anforderungen zu stellen. Darüber hinaus sehen die Förderungsrichtlinien des Landes für raumplanerische Konzepte und sonstiger Gemeinde- und Regionalentwicklungsplanungen (Amt der Vorarlberger Landesregierung 2021) vor, dass vertiefende Planungen insbesondere resultierend aus dem e5-Landesprogramm eine adäquate Unterstützung erhalten.

Aus der Erfahrung Salzburgs lässt sich ableiten, dass Letztere entweder über die Erläuterungen, einen Leitfaden oder im Rahmen des Amtshilfeverfahren umgesetzt werden können. Von Salzburg wurde aufgrund der hohen Flexibilität der letztere Weg gewählt. Dieser hat ermöglicht, die Anforderungen schrittweise mit den verfügbaren Informationsgrundlagen zu erhöhen. Eine entsprechende Regelung zur Amtshilfe findet sich auch im Vorarlberger Raumplanungsgesetz in § 21 Verfahren, Allgemeines, in dem in Abs. 1 festgeschrieben wird:

*(2) Die Veröffentlichung des Entwurfs ist unter Angabe der Internet-Fundstelle durch Anschlag an der Amtstafel während der Dauer der Veröffentlichung und, sofern ein solches besteht, im Amtsblatt der Gemeinde (Gemeindeblatt) kundzumachen. Weiters sind die Landesregierung, die Sektion Vorarlberg des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinerverbauung, alle angrenzenden Gemeinden **und jene sonstigen öffentlichen Dienststellen, deren Belange durch den Flächenwidmungsplan wesentlich berührt werden**, von der Veröffentlichung zu verständigen. In der Kundmachung und der Verständigung ist auf die Möglichkeit zur Stellungnahme nach Abs. 3 hinzuweisen. Die Unterlassung der Kundmachung im Amtsblatt der Gemeinde und der Verständigung hat auf die Wirksamkeit der Verordnung keinen Einfluss.*

Die Formulierung von Anforderungen (vgl. 4.5.2.1) wurde auch im Rahmen des Projektes diskutiert und als Möglichkeit festgehalten.

4.4.4. Flächenbereitstellung und Räumliche Festlegungen

Aus der Festlegung zur konkreten Nutzung von Flächen erwächst die höchste Verbindlichkeit im Kontext der räumlichen Energieplanung. Für die Bereitstellung von Flächen für die Erzeugung erneuerbarer Energie könnte der §6 Landesraumpläne relevant sein.

Auf der Gemeindeebene spielen die konkreten Raumordnungsinstrumente die wichtigste Rolle. Diesbezüglich ist zunächst § 13 Bauflächen zu erwähnen, welcher vorsieht, dass Bauflächen nicht gewidmet werden dürfen, wenn deren Erschließung unwirtschaftliche Aufwendungen, insbesondere für die Wasserversorgung, Abwasserbeseitigung, Energieversorgung oder Verkehrsverbindungen, erforderlich machen würde.

Konkrete Möglichkeiten zur Festlegung ergeben sich im Bebauungsplan (Madner/Parapatics 2016, S55ff). § 28 des Gesetzes über die Raumplanung Vorarlberg sieht vor, dass der Bebauungsplan insbesondere “die Steigerung der Energieeffizienz und die nachhaltige Nutzung erneuerbarer Energien” (vgl. § 28 Abs. 2 lit. i) zu berücksichtigen hat. MMag. Josef Lercher hat in seinem Seminar “Vertragsraumordnung” die Ansicht zur Möglichkeit von energiebezogenen Festlegungen - bis hin zu einem Anschlusszwang an das Fernwärmenetz - über die Bebauungsplanung ausgedrückt (vgl. Lercher, Folie 39). Eine ähnliche Auffassung liegt aus einem Rechtsgutachten von RA Reinhard Schanda aus Wien im Salzburger Kontext vor. Gleichzeitig muss darauf hingewiesen werden, dass diesbezügliche Festlegungen noch Neuland sind und Pilotcharakter aufweisen. Eine verbleibende Rechtsunsicherheit kann damit verbunden nicht völlig ausgeräumt werden.

Konkrete Möglichkeiten für Festlegungen bietet zudem die Vertragsraumordnung (Madner/Parapatics 2016, Lercher 2017). § 38A des Gesetzes über die Raumplanung Vorarlberg ermächtigt die Gemeinden zur Umsetzung privatwirtschaftlicher Maßnahmen.

(1) Die Gemeinde kann, wenn dies nach den für die Raumplanung maßgeblichen Verhältnissen zur Erreichung der Raumplanungsziele nach § 2 erforderlich ist, auch geeignete privatwirtschaftliche Maßnahmen setzen; solche Maßnahmen bedürfen eines Beschlusses der Gemeindevertretung. Die Regelungen über hoheitliche Maßnahmen der Raumplanung nach diesem Hauptstück bleiben unberührt.

(2) Als privatwirtschaftliche Maßnahmen nach Abs. 1 kommen insbesondere in Betracht:

- a) *Vereinbarungen mit den Grundeigentümern über eine widmungsgemäße Verwendung von Bauflächen;*
- b) *Vereinbarungen mit den Grundeigentümern über den Erwerb von Grundstücken durch die Gemeinde oder einen Dritten, um für die Deckung des örtlichen Bedarfs an Bauflächen und Flächen, die Zwecken des Gemeinbedarfs, einschließlich jenem des gemeinnützigen Wohnbaus, dienen, vorzusorgen;*
- c) *Vereinbarungen mit den Grundeigentümern über Infrastrukturmaßnahmen im Zusammenhang mit der Erschließung und Verwendung von Bauflächen.*

Sowohl über die Vertragsraumordnung als auch privatwirtschaftliche Verträge (für den Fall, dass die Gemeinde Eigentümerin des Grundstückes ist) eröffnen die Möglichkeit zu konkreten Vorgaben im Kontext der Energieversorgung.

4.4.5. Nutzung öffentlichen Grund und Bodens

Über Grunddienstbarkeiten verfügen Gemeinden über die Möglichkeit, die Nutzung öffentlichen Grund und Bodens einzuschränken oder mit Gebühren zu versehen. Vor allem im Kontext netzgebundener Energieversorgung könnte dieses Instrument zur Steuerung eine Wirkung entfalten. Über exklusive Dienstbarkeiten für Betreiber von Wärmenetzen in definierten Gebieten oder die Verweigerung von Dienstbarkeit oder Verpflichtung zu Gebühren für den Ausbau des Gasnetzes können Investitionen forciert oder gedämpft und wichtige Signale gesetzt werden.

4.5. Verankerung wärmebezogener Fragestellungen in den Planungsprozessen

Im Umbau des Wärmesystems, welcher mit dem vorliegenden Masterplan adressiert wird, ist es wichtig, die anstehenden Investitionen in die richtigen Bahnen zu lenken und umgekehrt negative Lock-In Effekte zu vermeiden. Die Transitionspfade schaffen diesbezüglich einen Vorschlag für eine Priorisierung. Diese Priorisierung gilt es in den entsprechenden Planungsinstrumenten umzusetzen. Im letzten Abschnitt wurden die rechtlichen Grundlagen dafür umrissen.

Inhaltlich stellt im Kontext der Wärmewende die Identifikation von Gebieten mit einem Vorrang für eine netzgebundene Wärmeversorgung die erste Priorität dar. In weiterer Folge ist die räumliche Ausweisung der verschiedenen Erneuerbaren Energiepotenziale relevant, um in Gebieten dezentraler Wärmeversorgung die jeweils beste Option zu forcieren.

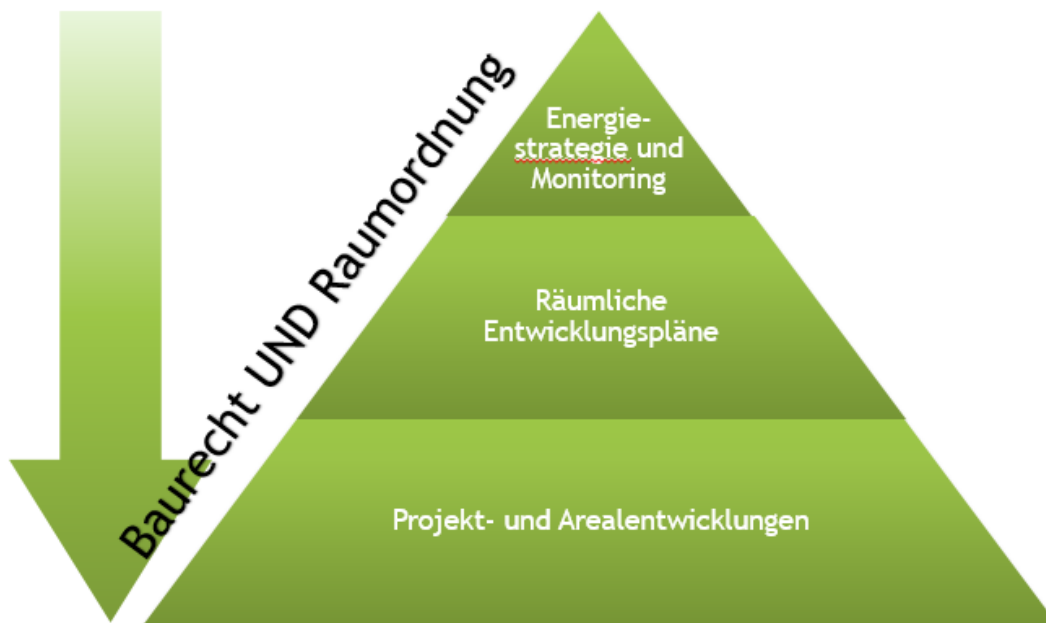


Abbildung 13: Planungsebenen der räumlichen Energieplanung. Eigene Darstellung

Ziel der Intervention über Steuerungsinstrumente ist immer die Forcierung der nachhaltigen Versorgungsoptionen im konkreten Bauprojekt. D.h. im Fokus des Interesses steht die unterste Planungsebene - das konkrete Bauverfahren. Die Nutzung entsprechender Steuerungsinstrumente zur Forcierung dieser Lösungen macht jedoch meist Regelungen auf übergeordneter Ebene notwendig. Neben den Zielsetzungen auf strategischer Ebene, welche durch die Regelung in der Landesverfassung abgedeckt erscheinen, erhält die Ebene der Räumlichen Entwicklungsplanung damit einen besonderen Stellenwert.

4.5.1. Zonierung

Um dem Gleichbehandlungsgrundsatz gerecht zu werden, ist eine für das gesamte Gemeindegebiet flächendeckende Zonierung notwendig. Diese kann im REP umgesetzt werden. Im Sinne der Umsetzung der Priorisierung wird eine Zonierung angeregt, welche sich zunächst auf die Differenzierung in zentral und dezentral versorgte Gebiete konzentriert. Ein vergleichbarer Ansatz wird aktuell in Salzburg gewählt. Im LandesGIS werden Potenzialgebiete für a) die Verdichtung bestehender Wärmenetze, b) den Ausbau bestehender Wärmenetze und c) die Neuerrichtung von Wärmenetzen ausgewiesen.

Innerhalb der Zonen wäre eine beliebige weitere Differenzierung möglich. Im Kontext des Projektes wurde vor allem aufgrund mangelnder Hochtemperaturquellen eine weitere Differenzierung der zentral zu versorgenden Gebiete in Hoch- und Niedertemperaturgebiete diskutiert. Ob eine solche weitere Differenzierung sinnvoll und möglich ist, hängt einerseits von der Datenver-

füßbarkeit und andererseits von der Durchsetzbarkeit von niedertemperaturfähigen Wärmeverteilsystemen ab. Vor allem für Neubaugebiete könnte sich ein solcher Ansatz insofern als zielführend erweisen. Gleiches gilt für den Bereich dezentraler Versorgung. Konkrete Vorgaben, welche ökologisch bessere Optionen forcieren jedoch gleichzeitig deutlich höhere Investitionen nötig machen- (zB Wasser/Wasser-WP vs. Luft/Wasser-WP) sind hier vor allem vor dem Gesichtspunkt der wirtschaftlichen Zumutbarkeit zu betrachten und ggf. auf eine entsprechende Kompensation durch Förderungen angewiesen. Zudem bedarf es jedenfalls der notwendigen grundstücksscharfen Information zu verfügbaren Erneuerbaren Energiequellen .

4.5.2. Räumlicher Entwicklungsplan

Wie in Abschnitt 4.4.3 beschrieben sieht das aktuelle Raumplanungsgesetz die Behandlung energiebezogener Fragen im räumlichen Entwicklungsplan grundsätzlich vor. Aktuell basiert eine Umsetzung jedoch auf Freiwilligkeit. Spezifizierte Mindestanforderungen existieren nicht. Räumliche Entwicklungspläne könnten die folgenden Elemente umfassen:

1. eine Bestandserhebung zur aktuellen Situation der Wärmeversorgung in der Gemeinde. Diese sollte (nach Möglichkeit und Datenverfügbarkeit!) die folgenden Elemente enthalten:
 - bestehende Versorgungsinfrastrukturen (Leitungsinfrastrukturen, Energieerzeugungsanlagen, Versorgung des Bestandes)
 - bestehende Wärmebedarfe und Verteilung auf die verschiedenen Nutzungen verfügbare Erneuerbare Energiepotenziale
2. die Formulierung von Zielen und Maßnahmen (im Sinne Vorarlberger RPG § 11 Abs. 1 j), welche die folgenden Punkte umfassen
 - die Ausweisung einer Zonierung welche in Gebiete zentraler und dezentraler Wärmeverversorgung differenziert
 - Aussagen zur angestrebten Bbauungsstruktur zur Steigerung der Energieeffizienz (Nachverdichtung, Kompaktheit, Nutzungsmischung)
 - Aussagen zum Umgang mit der bestehenden Gasversorgungsinfrastruktur
 - Aussagen zur möglichen Nutzung von Freiflächen für die Produktion Erneuerbarer Energie
3. eine Reflexion zur Eignung einzelner Standorte (im Sinne Vorarlberger RPG § 11 Abs. 1 f)

4.5.2.1. *Kurzfristige Anforderungen für REPs (2022)*

Die Etablierung der Anforderungen könnten schrittweise und parallel zur Entwicklung und Bereitstellung der entsprechenden Informationsgrundlagen erfolgen. Von besonderer Bedeutung ist die Verpflichtung aller Vorarlberger Gemeinden, bis Ende 2022 die REPs jeweils neu aufzulegen. Die verbleibende Zeitspanne ist nicht ausreichend, um umfassende Informationsgrundlagen

bereitzustellen. Aus diesem Grund gilt es zu prüfen, ob und wie prioritäre Informationen in ausreichender Qualität in kurzer Zeit bereitgestellt werden können. Als prioritär sind nach Einschätzung der AutorInnen die folgenden Anforderungen zu werten:

1. Angestrebte Rolle der netzgebundenen Wärmeversorgung

Da (vgl. untenstehend) für die Berechnung der Wärmebedarfsdichten im Optimalfall ein differenziertes Gebäudemodell herangezogen wird, ist die Herstellung der Information zu Wärmenetzpotenzialgebieten in kurzer Zeit voraussichtlich schwer zu bewerkstelligen. Alternativ könnte sich anbieten, in den REPs eine Zonierung bzw. die Ausweisung von Vorranggebieten für die netzgebundene Wärmeversorgung schriftlich zu fixieren und die konkrete Ausarbeitung der Zonen einem nachgelagerten Prozess zu überantworten.

2. Informationen zur Standortqualität

Für die Eignung unterschiedlicher Standorte ist - nicht nur - aus einer Klimaschutzperspektive die Versorgung mit Gütern des täglichen Bedarfs und die verkehrstechnische Anbindung an den ÖPNV sowie Infrastrukturen des Langsamverkehrs ausschlaggebend. Die Informationen dazu sind grundsätzlich verfügbar und können von Ortsplaner auch in einer rein qualitativen Form in die Bewertung von Standorten mit einbezogen werden. Die damit verbundene Tendenz zur Diskriminierung peripherer Lagen entspricht klassischen Grundsätzen der Raumordnung.

5. RÄUMLICHE INFORMATIONSGRUNDLAGEN (IS)

Grundlage für die Planung und die Nutzung der im vorigen Abschnitt beschriebenen Prozesse sind umfassende und qualitätsvolle Informationsgrundlagen. Da die Ebene der Projektentwicklung als wichtigster Adressat identifiziert wurde, wird eine grundstücksscharfe Auflösung zur Voraussetzung. Eine weitere wichtige Anforderung bildet eine ausreichende Grundlagenforschung, da diese als Bedingung für die sachliche Rechtfertigung von Festlegungen gegeben sein muss (vgl. Madner/Parapatics, S 74). Um die oben formulierte Anforderung der Kontinuität zu erfüllen, sollten Informationen außerdem laufend mit aktuellen Daten replizierbar sein. Dies ist gleichzeitig Voraussetzung, um ein Monitoring etablieren zu können. Aufgrund der Anforderungen des Datenschutzes ist zudem die Zugangssteuerung zu den Informationen erheblich. So sollte das System der Informationsausgabe ein differenziertes Konzept zur Zugangssteuerung vorsehen, welche sicherstellt, dass Informationen nur von berechtigten Akteuren eingesehen werden können.

5.1. Methodenreflexion

5.1.1. Einordnung des GEL S/E/P Ansatz in bestehende Ansätze

Bestehende Ansätze zur Modellierung des Wärmebedarfs auf europäischer und nationaler Ebene sind häufig Top-Down-Ansätze (z. B. Abart-Heriszt, Stoeglehner 2019, Buechele et al. 2015). Diese

verwenden eine Kombination aus öffentlich verfügbaren Daten und Statistiken zur Berechnung des räumlich konkreten Wärmebedarfs. Die räumliche Auflösung und die Zuverlässigkeit auf lokaler Ebene sind bei diesen Ansätzen eingeschränkt. 3-D-Stadtmodellierungsansätze hingegen liefern sehr detaillierte Informationen für Planungsprozesse auf Gebäudeebene (z. B. Nageler 2020). Die Umsetzung dieser Ansätze erfordert hohe IT-Prozessorkapazitäten und ist daher auf die Stadtteilebene oder kleinere Städte beschränkt. Die verschiedenen Ansätze lassen sich nicht strikt voneinander trennen und werden oft in Kombination eingesetzt. Zwischen diesen beiden Herangehensweisen haben sich auch Ansätze etabliert, die Gebäude-Footprints und zusätzliche Daten nutzen (z. B. Rehbogen et al. 2017) oder detaillierte statistische Daten auf Adress- oder Gebäudeebene (Mauthner 2019). Jeder Ansatz hat individuelle Vorteile und Einschränkungen, z. B. thematische Genauigkeit versus flächendeckende Umsetzbarkeit, und ist auf spezifische Planungsprozesse zugeschnitten. Für den Einsatz in der räumlichen Energieplanung ist es wichtig, Informationen auf Gebäudeebene und auf Basis eines harmonisierten und flächendeckend anwendbaren Ansatzes zur Verfügung zu haben. Im Rahmen des Projektes „Spatial Energy Planning“ (GEL S/E/P) wurde ein Ansatz für ein umfassendes Gebäudemodell konzipiert und in den Bundesländern Salzburg, Wien und Steiermark umgesetzt.

Das entwickelte Modell stellt einen harmonisierten Ansatz zur umfassenden Analyse von Gebäuden dar. Die Stärken des Ansatzes sind das breite Spektrum an verwendeten Daten und die Priorisierung der Datensätze hinsichtlich Validität. Dadurch konnte die Robustheit und inhaltliche Konsistenz gestärkt werden. Des Weiteren wurden die einzelnen methodischen Bausteine stark ausdifferenziert und detailliert umgesetzt.

Konkrete Umsetzungen für Gemeinden erfolgten bereits im Rahmen der Erstellung der Bestandsanalysen Energie für die Räumlichen Entwicklungskonzepte (REK). Ebenso lieferte das Gebäudemodell bereits mehrfach energiebezogene Grundlagen für Strategie- und Monitoring-Prozesse des Amtes der Salzburger Landesregierung. Ein weiterer Anwendungsfall besteht in Energieraumanalysen für Arealentwicklungen, bei denen die bestehende Umgebung mitbetrachtet wird. Die Implementierung des Gebäudemodells in den Landes-GIS Abteilungen der Länder Steiermark, Wien und Salzburg unterstreicht die Anwendungsnähe. Dieser Ansatz wurde als Vorschlag für eine österreichweit standardisierte Methodik entwickelt und ermöglicht eine einfache Übertragbarkeit auf weitere Bundesländer. Die Konzeption und Umsetzung des Ansatzes wurden so gewählt, dass eine weitgehend automatisierte Aktualisierung erfolgen kann.

5.1.2. Breite Verknüpfung bestehender Daten auf Gebäudeebene

Aktuelle Daten in einer hohen Qualität und Auflösung sind entscheidend für eine erfolgreiche Umsetzung der räumlichen Energieplanung. Dies gilt insbesondere für Informationen über den Gebäudebestand. Die Herausforderung liegt im Fehlen einer Datengrundlage, die sämtliche erforderliche Informationen in hoher Qualität beinhaltet. Deshalb sind im Gebäudemodell des GEL S/E/P Ansatzes eine breite Integration vielfältiger Datengrundlagen umgesetzt. In einem umfassenden Datenkonzept wurden rund 80 Datengrundlagen definiert und deren Integration strukturiert beschrieben. Um weitgehend automatisierbare Aktualisierungsroutinen zu ermöglichen, werden insbesondere vorhandene öffentliche und/oder administrative Datenbestände genutzt.

Durch die Vielfalt an integrierten Datengrundlagen können Unvollständigkeiten und thematische Ungenauigkeiten einzelner Datensätze kompensiert werden. Das AGWR (Adress-, Gebäude- und Wohnungsregister) stellt den umfassendsten Datensatz dar, da es theoretisch alle Gebäude und Adressen flächendeckend beschreibt. Die Datensichtung und die Literatur (z. B. Preier 2019, Pfeifer 2017) zeigten, dass die Datenqualität des AGWR sehr heterogen ist. Die Befüllung dieses Registers obliegt den jeweiligen Gemeinden, was dazu führt, dass die Vollständigkeit, Aktualität und thematische Genauigkeit räumlich sehr unterschiedlich ist. Unterschiede sind auch innerhalb des Datensatzes feststellbar. Einige Attribute sind mit hoher Zuverlässigkeit (z. B. Anzahl der Hauptwohnsitze, welche sich direkt aus dem Melderegister speisen) verfügbar, während andere Attribute meist nur unzureichend vorliegen (z. B. Wärmesystem des Gebäudes). Eine Herausforderung hierbei ist z. B., dass Energieträger zwar in der Erstbefüllung des Datensatzes eingetragen werden, jedoch nachträgliche Änderungen des Heizsystems und Energieträger kaum nachgeführt werden. Da die Gebäudestatistik der Statistik Austria zu großen Teilen aus dem AGWR gespeist ist, findet sich in der offiziellen Statistik die Fortsetzung der Unschärfe. Um im Gebäudemodell eine hohe Ergebnisqualität hinsichtlich Energieträger zu erzielen, werden zusätzlich unter anderem Daten aus der Heizungsdatenbank, welche durch die Rauchfangkehrer befüllt werden, und Energieausweisdaten berücksichtigt und integriert. Diese beiden Datensätze zeigen eine höhere thematische Genauigkeit, decken aber nur einen Teil der Gebäude ab. Im GEL S/E/P Gebäudemodell werden die bestehenden Datensätze verknüpft und somit die Stärken der einzelnen Datengrundlagen genutzt. Dadurch wird eine hohe Vollständigkeit und inhaltliche genauere Attributierung des Gebäudebestandes erzielt.

5.1.3. Wärmebedarf und Wärmebedarfsdichten

Der GEL S/E/P Ansatz zur Berechnung des Wärmebedarfs in Gebäuden folgt einem typologischen bottom-up Ansatz, in welchem auf Ebene von Einzelgebäuden jeweils der entsprechende Wärmebedarf zugewiesen wird. Für diesen Ansatz wurde im Projekt GEL S/E/P eine Gebäudetypologie und entsprechende Energiekennzahlen entwickelt und jedem Gebäudetyp zugeordnet. Die Gebäudetypologie, welche im Wesentlichen durch eine Nutzung und eine Gebäudealtersklasse bestimmt ist, erfolgt dabei weitestgehend und nach Möglichkeit entsprechend den in den OIB Richtlinien beschriebenen nationalen Differenzierungen (sowie erweitert um einige Gebäudenutzungstypen, die im AGWR differenziert ausgewiesen werden). Für die Zuweisung / Modellierung der Energiekennzahl werden weiters die Abmessungen des Gebäudes (Bruttogrundfläche und Kompaktheit) das Heizungssystem, der Brennstofftyp sowie, wo verfügbar, der Sanierungsstatus berücksichtigt. Die entsprechenden spezifischen Energiekennzahlen wurden aus einer Reihe von Verbrauchsdaten für die einzelnen Gebäudetypen erstellt. Details siehe Bericht D4.2 „Recommendations for harmonised standard methods for SEP“ (Büchele et al. 2021).

Zur Bestimmung der Typen und Eigenschaften der Einzelgebäude wird eine Vielzahl an Daten herangezogen, welche in den Datenkonzepten der Regionen detailliert beschrieben sind. Hierbei wird versucht, soweit wie möglich auf österreichweit verfügbare Quellen zurückzugreifen aber auch regional verfügbare Datengrundlagen miteinzubeziehen, sofern diese eine höhere Datenqualität aufweisen. Zu den österreichweit oder zumindest in der Mehrzahl der Bundesländer ver-

fügbaren relevanten Datensätzen zählen z.B. AGWR, Gebäudepolygone der basemap, Heizungsdatenbank, Energieausweisdatenbank, Förderdatenbank, Open Government Daten zu spezifischen Gebäudenutzungen wie Schulen, Krankenhäuser etc, Wärmenetzleitungen, Gasleitungen, Laserscan Daten uvm.). Die wesentlichen Datengrundlagen sind in Tabelle 12 gelistet.

Ausgehend vom Wärmebedarf auf Adressebene wurden Wärmedichten ermittelt. Dies wurde mit der Heatmap-Methode aus der Geoinformatik umgesetzt. Die Adresspunkte wurden in ein Raster (5 m) umgewandelt und danach mit einem Glättungskernel als Gewichtungsfunktion (91 x 91 Zellen à 5 m = 455 x 455 m) eine Nachbarschaftsanalyse durchgeführt. Abbildung 1 zeigt beispielhaft die Anwendung der Glättungsfunktion auf die Rasterzellen. Die zentrale Zelle wird berechnet aus der Summe der aufgrund der Funktion ermittelten Anteile der definierten Nachbarschaftszellen.

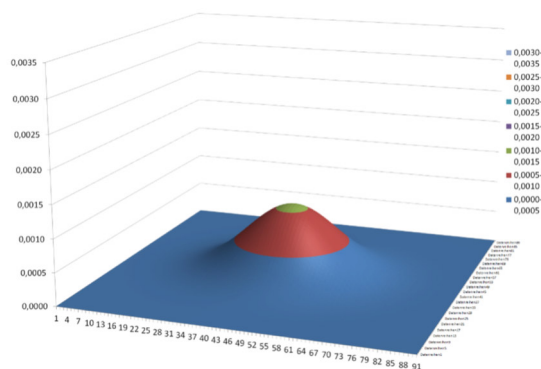


Abbildung 15: Angewandte Glättungsfunktion

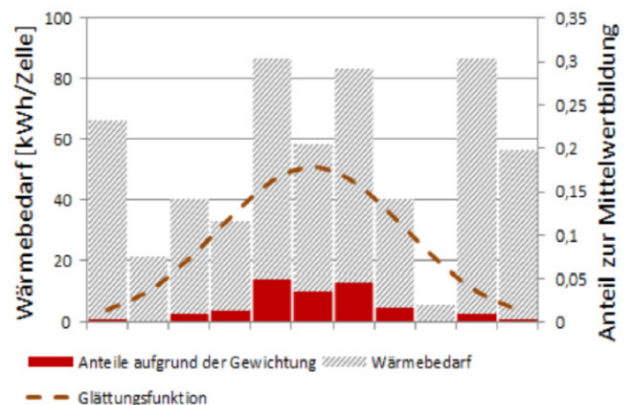


Abbildung 14: Beispielhafte Darstellung der Glättungsmethode

Diese Nachbarzellen wurden also entsprechend der in Abbildung 15 dargestellten Gaußfunktion gewichtet und so der zentrale Wert gebildet.

5.1.4. Abgrenzung potenzieller Wärmenetzgebiete

Als Grundlage für die räumliche Identifikation von potenziellen Wärmenetzgebieten dient die ermittelte Wärmebedarfsdichte. Der gewählte Ansatz geht davon aus, dass das Dichtekriterium als gemittelter Wert über das Potenzialgebiet anzunehmen ist, d.h. nicht eine Mindestwärmedichte begrenzt die Gebiete, sondern eine über das Potenzialgebiet gemittelte Wärmedichte. In der Modellierung werden die Gebiete iterativ so weit ausgedehnt, solange die gemittelte Dichte noch den erforderlichen Wert erreicht.

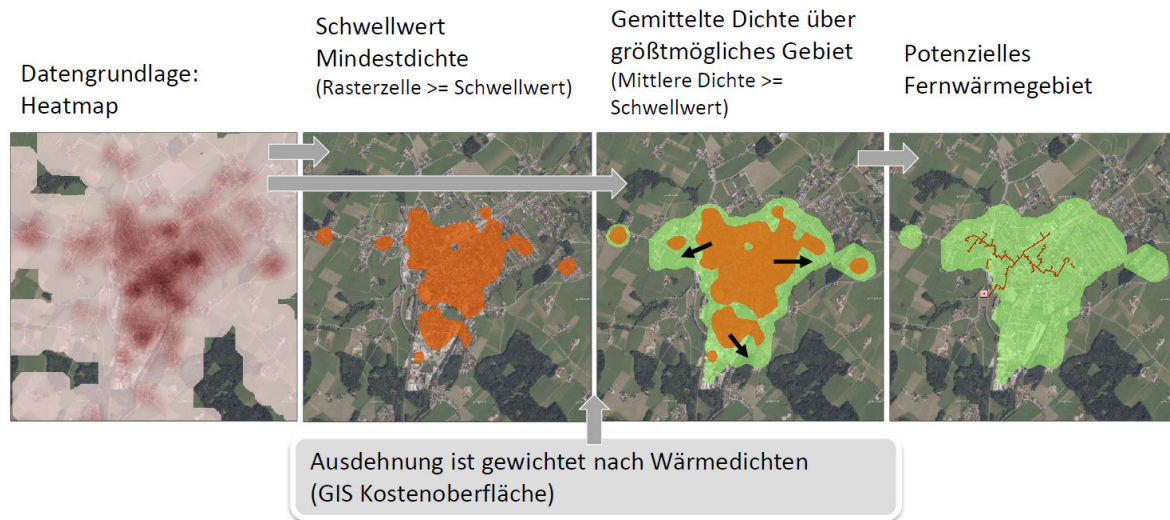


Abbildung 16: Methodischer Ansatz der Gebietsabgrenzungen

Schwellwertdiskussion

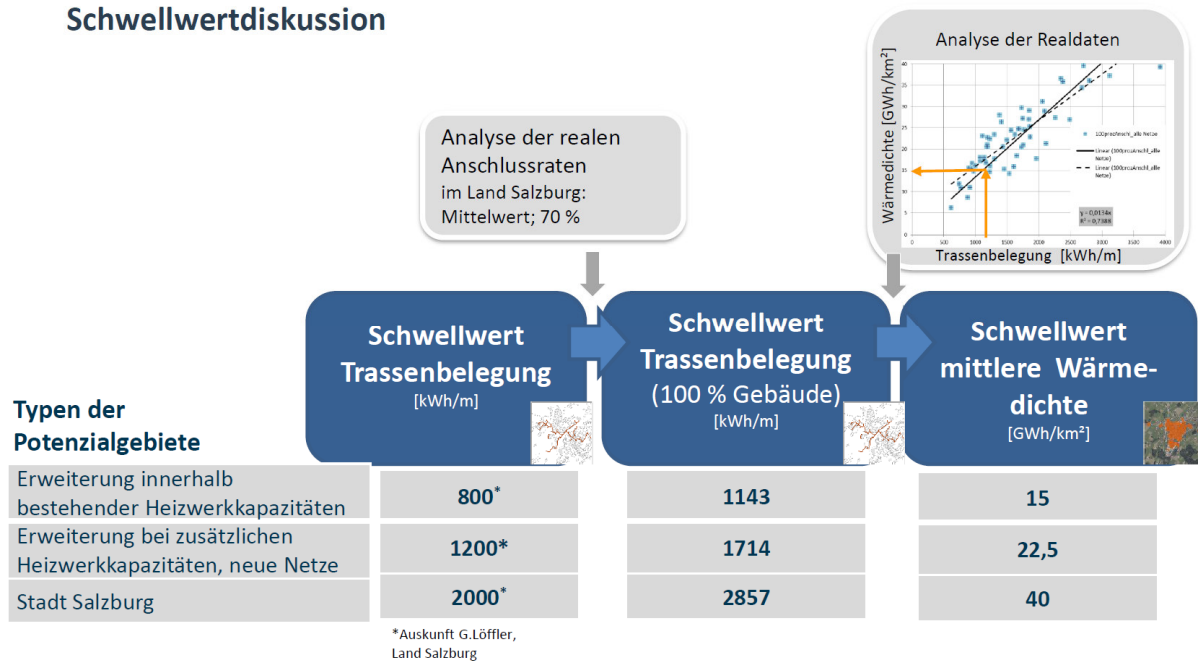


Abbildung 17: Überblick über die Identifikation der Schwellwerte

Die Schwellenwerte wurden anhand von Kennwerten für die Trassenbelegung und Realdaten der Wärmenetze im Land Salzburg ermittelt. Meusburger (illwerke vkw) (2021) bestätigte die Zweckdienlichkeit dieses Ansatzes und der gewählten Schwellenwerte. Für weitere Details wird auf die Publikation Schardinger et al. (2019) verwiesen.

5.1.5. Gas- und Öldichtekarten zur partiellen Validierung

Zur Plausibilisierung und Validierung modellierter Ergebnisse sind Realwerte enorm wichtig. Insbesondere die Gasdichtekarte, welche derzeit erstellt wird, kann hier zukünftig einen wichtigen Beitrag leisten. In der gegenständlichen Projektbearbeitung stand dieser Datensatz noch nicht zur Verfügung und Detailfragen zu den Daten blieben noch offen, z.B. Inwieweit ist die Prozesswärme in den Gasdichten enthalten und wie sehen die Möglichkeiten, diese zu extrahieren, aus? Neben den Wärmemengen des mit Gas gedeckten Wärmebedarfs wären auch die Anzahl der aktiven Anschlüsse je Rasterzelle der Dichtekarte von Interesse. Mit der Anzahl der Abnehmer könnte überprüft werden, ob die gasversorgten Gebäude richtig identifiziert wurden. Hier gilt zu beachten, dass die Anzahl der Anschlüsse nicht mit der Anzahl an Gebäuden ident sein muss. Mit einem Anschluss können einerseits mehrere Gebäude versorgt werden und andererseits können in einem Gebäude mehrere Anschlüsse vorliegen. Detaillierte Informationen zur Methodik der Gasdichten sind für die Verwendung dieser Daten erforderlich, lagen jedoch bei gegenständlicher Bearbeitung noch nicht vor.

5.1.6. Abschätzung des Sanierungspotenzials

Für die Abschätzung des Sanierungspotenzials wurde nach dem Ansatz aus GEL S/E/P eine Differenzierung nach Gebäudetypen vorgenommen. Eine Identifizierung und Differenzierung von Gebäudeeigenschaften, die zu einem Abbruch im Gegensatz zu einer Sanierung führen, kann aufgrund der mangelnden Datenlage nicht durchgeführt werden. Daher werden Gebäude, die saniert oder aber abgebrochen und neu errichtet werden, immer gemeinsam betrachtet. Aufgrund des steigenden Wohnraumbedarfes wird davon ausgegangen, dass in der Regel an einer Stelle, an der ein Gebäude abgebrochen wird, auch ein neues errichtet wird. In der Praxis wird dabei ein Gebäude meist erst dann abgerissen, wenn Bedarf für einen Neubau besteht.

Tabelle 11 zeigt die Regelsets, die zur Identifizierung von Bestandsgebäuden für Sanierung sowie Abbruch und Neubau in einem Szenario herangezogen werden. Für die Auswahl der Gebäude müssen dabei alle Kriterien der Attribute erfüllt sein um im nächsten Schritt einen verminderten Wärmebedarf zugewiesen zu bekommen.

GEBÄUDEATTRIBUT	AUSPRÄGUNG
Nutzungen	<ul style="list-style-type: none"> • Gebäude mit einer oder zwei Wohnungen ($\leq 300 \text{ m}^2$) • Gebäude mit einer oder zwei Wohnungen, welches überwiegend als Nebenwohnsitz genutzt wird • Wohngebäude mit drei bis neun Wohneinheiten ($>300\text{-}900\text{m}^2$) • WG mit zehn oder mehr Wohneinheiten ($>900\text{m}^2$) • Wohngebäude für Gemeinschaften • Büro- und Verwaltungsgebäude • Verkaufsstätten, Groß- und Einzelhandelsgebäude, Dienstleistung und Handwerksbetriebe, Reparaturwerkstätten • Beherbergungsbetriebe und Ferienunterkünfte • Gastronomiebetriebe • Bildungseinrichtungen • Krankenanstalten und Pflegeheime

	<ul style="list-style-type: none"> • Veranstaltungsstätten und Mehrzweckgebäude • Sportstätten und Bäder • Industrie- und Produktionsstätten • Gebäudenutzung unbekannt
Baujahr	<ul style="list-style-type: none"> • ≤ 2000 (Gebäude älter als 40 Jahre im Zieljahr, sofern die restlichen Kriterien erfüllt sind) und Gebäudealtersklasse unbekannt
Gebäudeschutzstatus	<ul style="list-style-type: none"> • Kein Gebäudeschutz
Sanierungsstatus	<ul style="list-style-type: none"> • Kein höherer Schutzstatus und Sanierungsstatus (nicht saniert)

Tabelle 11: Regelset für Identifizierung von zu sanierenden Gebäuden (bis 2040)

5.1.7. Bestimmung der Energiekennzahlen (EKZ) der sanierten Gebäude

Die durchgeführte Auswertung der Verbrauchsdaten und dahingehende Kalibrierung der EKZ Berechnung für alle Gebäudetypen ist im Dokument D4.2 „Empfehlung für harmonisierte Methoden für die Räumliche Energieplanung in Österreich“ ausführlich beschrieben. Die für das Szenario im ersten Schritt identifizierten sanierungsbedürftigen Gebäude bekommen dann im zweiten Schritt jene EKZ des entsprechenden Gebäudetyps für umfassend sanierte Gebäude aus der EKZ Tabelle zugewiesen.

5.2. Räumliche Informationsgrundlagen (Datenlayer im Wärmetlas)

Räumlich konkrete Informationen sind essentiell für eine fundierte räumliche Energieplanung. Wesentlich sind insbesondere räumlich konkrete Informationen zum Energiebedarf, zu Potenzialen erneuerbarer Energieressourcen, zur vorhandenen Infrastruktur und zu potenziellen netzgebundenen Versorgungsgebieten; z. B. ist eine hohe Wärmebedarfsdichte entscheidend für eine netzgebundene Wärmeversorgung. Auf Gebäudeebene sind insbesondere Informationen zur Nutzungsart, Bauperiode, Energieträger, Heizungssystem, Bruttogrundfläche beheizt, Kompaktheit, Sanierungsstand und zum Denkmalschutz essentiell. Diese Informationen liefern die Grundlage zur Ermittlung des Wärmebedarfs und der Wärmebedarfsdichten und in der Folge zur räumlichen Identifikation von potenziellen Wärmenetzgebieten.

Auf Basis der bestehenden methodischen Ansätze aus GEL S/E/P und der in Vorarlberg identifizierten Datengrundlagen könnte kurzfristig (bis ca Ende Februar 2022) eine Erstversion relevanter Gebäudeattribute generiert werden. Als wesentliche Datengrundlagen dienen dabei das AGWR, die Kaminkehrerdatenbank und die EAWZ - Energieausweiszentrale. Auf den Gebäudeinformationen aufbauend können dann der Wärmebedarf, die Wärmebedarfsdichten und eine Indikation von Wärmenetzpotenzialgebieten erfolgen. In diesem Zeitraum sind auch erste Plausibilisierungen und Analysen der Ergebnisqualität möglich. Als wichtiger Referenzdatensatz sollte die Gasdichtekarte, welche auf realen Verbräuchen fundiert, verwendet werden. Durch den Vergleich mit Realdaten können Unschärfen identifiziert und dadurch die Methodenübertragung

verbessert werden. Einfache Verbesserungen der Adaptionen können in diesem Zeitraum umgesetzt werden.

Diese Erstversion des flächendeckenden Gebäudemodells kann mittelfristig weiter ausdifferenziert und einer fundierten Qualitätssicherung unterzogen werden. In der Qualitätssicherung wird die Aussagekraft der Ergebnisse, welche basierend auf den vorliegenden Daten erzielt wird, vertieft analysiert. Darauf sowie auf den Realdaten aufbauend kann eine weitere Verfeinerung der Methodenadaption auf die Vorarlberger Datenlage erfolgen. Die konkret zeitliche Einordnung ist in Kapitel 8 Fahrplan zu finden.

Ebenfalls mittelfristig können Szenarien zu Wärmebedarfsentwicklungen umgesetzt werden. Die Szenarien können mit räumlich konkreten Informationen zu Nachverdichtungspotenzialen ergänzt werden. Anhand bestehender Methoden könnte eine flächendeckende Abschätzung von zusätzlichen Bruttogrundflächen (BGF) je Grundstück ermittelt werden. Dieses Nachverdichtungspotenzial ergibt sich aus der Differenz der maximal möglichen BGF je Grundstück und der bereits bestehenden BGF am Grundstück. Dies kann differenziert nach den Nutzungen Wohnen und Nichtwohnen erfolgen und sowohl bereits bebaute als auch noch unbebaute Grundstücke mit der Widmung Bauland umfassen.

Insgesamt braucht es folgende Grundlagen für die räumliche Energieplanung:

- Gebäudeinformationen: Nutzungen, Bauperiode, Energieträger, Heizungssystem, Bruttogrundfläche beheizt, Kompaktheit, Sanierungsstatus, Gebäudeschutzstatus
- Wärmenachfrage und Wärmenachfragedichten
- Wärmenetz Potenzialgebiete
- Szenarien der Wärmebedarfsentwicklung (inkl. Sanierung und Nachverdichtung)
- Erneuerbare Potenziale
 - Solarpotenziale
 - Geothermiepotenziale
 - Abwärmepotenziale (Prozesswärme Hoch- und Niedertemperatur, Kläranlagen)
 - Windpotenziale
 - Kanalabwärme
 - Oberflächengewässer
- Leitungsgebundene Infrastruktur
 - Gasleitungen
 - Wärmenetze

5.3. Bestehende Datengrundlagen und Aussagemöglichkeiten

Auf Bundeslandebene wurden die bestehenden Datengrundlagen für die räumliche Energieplanung erhoben. Die identifizierten Daten sind in Tabelle 12 gelistet. Als Vorlage für die Erhebung diente die Datenliste aus dem Datenkonzept im Bundesland Salzburg (Projekt GEL S/E/P). Die Datenidentifikation in Vorarlberg zeigt, dass die meisten wesentlichen Datengrundlagen für eine

Übertragung des GEL S/E/P Ansatzes vorliegen. Die Verfügbarkeit einzelner weniger Datengrundlagen ist noch zu klären (z.B. Gasleitungen).

Die Datenqualität wurde von den Vorarlberger Projektpartnern als hoch beschrieben; z.B. liegen für etwa 50 % der Gebäude Energieausweise vor. Auch die Kaminkehrerdatenbank wurde mit einer hohen Vollständigkeit beschrieben. Für vertiefte Aussagen zur Datenqualität und Vollständigkeit sind Datensichtungen, Crosschecks und ein Abgleich der modellierten Wärmebedarfsergebnisse mit Realdaten (z.B. Gasdichtekarte) erforderlich.

Tabelle 12: Bestehende Datengrundlagen für die räumliche Energieplanung

ID	Bezeichnung der Datengrundlage	Beschreibung der Datengrundlage	Datenhalter	Anmerkung zur Erhebung
DL001	Adressregister	Georeferenzierte Adressen	VoGIS	
DL002	AGWR	Adress-, Gebäude und Wohnregister der Statistik Austria	Land Vorarlberg/ Statistik	
DL007	Digitale Katastermappe/ DKM		VoGIS	
DL008	Digitales Geländemodell (DGM)		VoGIS	
DL009	Digitales Oberflächenmodell		VoGIS	
DL010	Gebäude aus Orthofotos	Gebäudepolygon	VoGIS	
DL011	Kaminkehrerdatenbank		Land Vorarlberg/ Luftreinhaltung; DB gehört den Gemeinden; Nutzung ist mit Gemeinden zu klären	Wolfurt und Bregenz noch nicht georeferenziert (Stand 15.4.2021).
DL012	EAWZ - Energieausweiszentrale	Datenbank mit Energieausweisen	Land Vorarlberg/ Energie	Georeferenzierung: dzt noch kein Geo-Code (Stand 15.4.2021)
DL014	Nahwärmeanschlüsse je Gemeinde			
DL015	Gasdichtekarte	Datensatz anonymisiert (Großverbraucher wurden eliminiert);	Netzbetreiber	Daten sind bestellt; Lieferzeit bis Ende 2021 (Stand 15.4.2021).
DL016	Gasabnehmer		Netzbetreiber	
DL017	Öldichtekarte			
DL018	Wärmepumpen pro Gemeinde			Daten vorhanden, Auswertung geplant 2021 (Stand 15.4.2021).
DL019	Förderdatenbank	beinhaltet Biomasse (Stückholz, Pellets), WP (außer Luft), Solarthermie, Lüftungen,	Land Vorarlberg	

		Wärmnetzanschluss; ab 2010, berechneter Wärmebedarf laut Förderantrag;		
DL020	Sonden (Standorte)	Erdwärmennutzung	Land Vorarlberg	
DL021	Wasserbuch	Grundwasserstandorte	Land Vorarlberg	
DL022	QM-Heizwerkdatenbank	Alle durch die KPC geförderten Heizwerke, verpflichtende jährliche Aktualisierung der Daten durch die Heizwerkbetreiber (bis zu 5 Jahre);	Land Vorarlberg	Klären, ob dies die Datenbank vom QM ist.
DL023	Wärmenetz		VoGIS	
DL024	Gasleitungen			nicht flächendeckend (Bregenz ja, Wolfurt?); ev. im VoGIS?
DL025	Bestandserhebung der Nahwärmanlagen in Vorarlberg (GIS-Darstellung)			
DL026	Solarpotenzial pro Jahr (Gesamte Flächen)		VoGIS	was genau im VoGIS ist, ist zu klären; in manchen Gemeinden gibt es weitere Daten
DL027	Solarpotenzial pro Jahr (Hausflächen)		VoGIS	was genau im VoGIS ist, ist zu klären; in manchen Gemeinden gibt es weitere Daten
DL028	Gewässernetz Land Salzburg		VoGIS	
DL029	WT-Monatsmittel	Messdaten Oberflächengewässer	ehyd.gv.at Open Data	
DL030	Temperaturdaten Seen	Messdaten		Wird bei Bedarf recherchiert.
DL031	Forstwirtschaftl. Potenzielle Biomasse		Land Vorarlberg	Aggregierte Aussage auf Bundeslandebene reicht.
DL032	Abwärmestudie - Kommunalkredit			
DL033	Betriebe der WKV	Betriebsstandorte inkl. WK Klassen und Adressen	Wirtschaftskammer	Können bei Bedarf beschafft werden.
DL035	Austrian Heat Map (TU Wien)	räumlich zu wenig diskret für Energieraumplanung auf Gemeindeebene		
DL036	Wärmepumpen-Einschränkungen			Wird bei Bedarf recherchiert.
DL037	Kläranlagen	Standorte der Kläranlagen	VoGIS	
DL038	Messdaten der Kläranlagen		Land Vorarlberg /Abt. Wasserwirtschaft	Wird bei Bedarf recherchiert; (für Bregenz gibt es Info; in Wolfurt gibt es keine Kläranlage.
DL039	Nutzbare Potentiale erneuerbarer Energieträger (Wind)			Relevanz für Masterplan Wärme?
DL040	Flächenwidmung		VoGIS	

DL041	Gemeindegrenzen	räumliche Verortung der Gemeindegrenzen	VoGIS	
DL042	Baulandüberhang	gewidmete Bauflächen, die nicht bebaut sind	Land Vorarlberg/ Raumplanung	Datenlage dzt noch unklar (Verschneidung Gebäude (Naturbestand) mit Gewidmeten Fläche (Grundstücke)?)
DL043	HGT-Daten	mehrfähig, längerjähriger Durchschnitt	Land Vorarlberg/ von ZAMG angekauft	Details zu klären, z.B. Berechnungsmethode recherchieren – e5 EBO.
DL044	Temperaturdaten	Messdaten als 1 km Raster, monatl. 2010 bis 2019;	von ZAMG angekauft (GEL S/E/P)	Verwendung in Vorarlberg möglich.
DL045	Denkmalgeschützte Gebäude			
DL046	Ortsbildschutzzonen, Altstadtsschutzgebiete			Falls in Vorarlberg relevant
DL047	Open Government Daten	z.B. zu Schulen, Krankenhäuser, etc.		

5.4. Datenlücken

Eine performante Datenintegration auf Adressebene erfordert einen eindeutigen Schlüssel, anhand dessen die Daten verknüpft werden können. Zielführend sind bestehende Schlüssel aus den AGWR Daten, wie der Adresscode und die Objektnummer. Auch eine Verknüpfung der Daten anhand von Straßenkennzahlen und Hausnummern ist möglich. Ein Zusammenführen von Daten anhand von Straßennamen hingegen ist aufgrund von verschiedenen Schreibweisen, Abkürzungen etc. sehr fehleranfällig und somit nicht empfehlenswert. Insbesondere für die Kaminkehrerdatenbank und für die Energieausweise ist daher eine Ergänzung der Datensätze um eindeutige Geo-Codes erforderlich. Letztlich verlangt jede Verwendung von adressbezogenen Daten eine eindeutige Georeferenzierung. Eine mittelfristige Verwendung von Daten der Förderdatenbank, Erdwärmesonden oder Wirtschaftskammerdaten erfordert ebenso die Georeferenzierung.

Die derzeit noch nicht vorhandene Verknüpfung von Adresspunkten mit Gebäudepolygonen kann kurzfristig mit dem bestehenden Ansatz aus GEL S/E/P abgedeckt werden. Diese Verknüpfung ist wichtig, um Daten die einerseits auf Adressebene (z.B. Energieausweise, AGWR) und andererseits auf Gebäudepolygonebene (z.B. Solarpotenzial) vorliegen, zusammenzuführen und andererseits auf Gebäudepolygonebene kartographisch darstellen zu können.

Insbesondere bei den Datengrundlagen für die Potenziale erneuerbarer Energieträger sind noch Lücken vorhanden. Eine differenzierte Auflistung des Ergänzungsbedarfs ist den Empfehlungen zu entnehmen (s. Anhang A c.).

5.5. Anforderungen an das Informationssystem

5.5.1. Datenschutz und -sicherheit

Auf Basis der Erkenntnisse umfassender Untersuchungen im Rahmen von GEL S/E/P ist davon auszugehen, dass für die Bereitstellung eines Informationssystems für die räumliche Energieplanung jedenfalls personenbezogene Daten verarbeitet werden müssen. Diese Daten sind schutzwürdig und dürfen nur unter spezifischen Voraussetzung überhaupt genutzt werden. In der entwickelten Argumentation wird die Legitimierung für die Datennutzung über die Anwendungen aufgebaut. Hier ist jeweils eine rechtliche Grundlage für die Datennutzung notwendig. Für Planungszwecke (inklusive strategischer Planung) der Gebietskörperschaften kann davon ausgegangen werden, dass die Nutzbarkeit zu großen Teilen gegeben ist. Teilweise wird es notwendig sein, die entsprechenden rechtlichen Grundlagen zu schaffen. Für die zur Datennutzung legitimierten Anwendungsfälle ist für die Nutzung der personenbezogenen Daten trotzdem ein Datenschutzmanagement notwendig. Dies bedeutet, dass die Nutzungen zu dokumentieren sind und eine Kontaktstelle etabliert werden muss, um etwaige Beschwerden von Bürger:innen entgegennehmen bzw. Verstöße prüfen zu können. Als drittes Element tritt die Datensicherheit hinzu. Für jedes Informationssystem ist sicherzustellen, dass kein unbefugter Zugriff auf personenbezogene Daten möglich ist und diese nur für die konkret definierten Zwecke verwendet werden können.

Gemeinsam mit dem Aufbau des Informationssystems ist es in jedem Falle notwendig, die Thematik Datenschutz als eigenes Element zu erörtern und durch einen juristischen Beistand abzusichern.

5.5.2. Organisatorische Anforderungen an ein Informationssystem

Aus Sicht der Autoren kommt den Bundesländern im Kontext der Bereitstellung relevanter Informationen eine Schlüsselrolle zu. Wichtig ist dabei, dass die einzelnen Referate in der Landesregierung als Datenhalter gut zusammenarbeiten und die folgenden Aufgaben gemeinsam erledigen.

- 1.) Datenbereitstellung: Viele der benötigten Daten liegen in der Hand der Landesverwaltungen. Die langfristige Bereitstellung, die Sicherstellung und Erhöhung von Aktualität und Qualität sowie die Harmonisierung der Adresserkennung tragen maßgeblich zur Schaffung verlässlicher Planungsgrundlagen bei. Gleichzeitig muss sichergestellt werden, dass energierelevante Datengrundlagen im Verantwortungsbereich der Gemeinden (z.B.: AGWR, digitale Katastermappe für Gebäude) aktuell gehalten werden. Die verschiedensten Referate in den Landesregierungen sind mit der Sammlung und Wartung der Daten vertraut. In den Landesregierung kann die Nutzung dieser Daten zwischen den Referaten abgestimmt und koordiniert werden sowie die entsprechenden rechtlichen Grundlagen zur Nutzung geschaffen werden. Die rechtlichen Grundlagen (Gesetze, Förderrichtlinien, etc.), um die Daten überhaupt nutzen zu können, stellen einen wesentlichen Baustein zum Aufbau eines Informationssystems dar. Teilweise wird es erst durch Anpassungen entsprechender Rechtsgrundlagen überhaupt möglich sein, einzelne Datenquellen zu nutzen.

- 2.) Datenhosting und –verarbeitung: Neben den landesinternen Daten sind auch externe Datenquellen zu verarbeiten. Dafür benötigt es eine verantwortliche Stelle, welche Datensicherheit und Datenschutz gewährleistet und über die entsprechenden Infrastrukturen verfügt.
- 3.) Informationsaufbereitung und –bereitstellung: Die LandesGIS sind optimal für die Informationsbereitstellung geeignet. Sie können direkt auf die im Rahmen der Landesverwaltungen gewarteten Daten (vgl. Pkt. 2) zugreifen. Die LandesGIS erlauben ein Benutzermanagement mit Klassifizierung der Zugriffsrechte und eine Teilung in öffentliche und eingeschränkte Karten und ermöglichen damit die Bereitstellung weniger sensibler Daten (v.a. erneuerbare Energiepotenziale) an eine breite Öffentlichkeit. Gleichzeitig besteht die Möglichkeit der eingeschränkten Bereitstellung von Informationen für Gemeinden inklusive Spiegelung der relevanten Karten in den GemeindeGIS über verfügbare Schnittstellen. In diesem Sinne sind die LandesGIS in vielen Fällen die direkte Grundlage für die Raumplanungsprozesse. Zuletzt ist auch die Bereitstellung automatisierter Analysen über die LandesGIS möglich.
- 4.) Qualitätssicherung der Daten: Für eine effektive Energieraumplanung ist es notwendig, sich laufend mit der Füllung von Datenlücken und der Verbesserung der Datenqualität zu beschäftigen. Auch hier sind sämtliche Datenhalter einzubeziehen.

5.5.3. Anforderungen betreffend Darstellung

Die Entscheidung, ob ein Informationssystem auf Basis statistischer oder auf Basis gebäudescharfer Informationen aufgesetzt wird, ist eine zu Beginn zu treffende Grundsatzentscheidung. Statistische Daten bieten den Vorteil, dass man relativ rasch und konsistent für das gesamte Bundesland Aussagen auf Gemeindeebene treffen kann. Diese Aussagen beschränken sich gleichzeitig auf eine aggregierte und damit verbunden auf eine strategische Ebene. Die Entwicklung eines Informationssystems auf Basis gebäudescharfer Informationen hat den Nachteil, dass ein deutlich größerer Aufwand zur Akquise und Pflege der Daten erforderlich ist. Gleichzeitig bringt ein solches System aus Sicht des Projektkonsortiums drei entscheidende Vorteile:

- 1) Größere Exaktheit der Aussagen: Durch die Ableitung aus statistischen Daten werden die Aussagen mit zunehmender Feinkörnigkeit der räumlichen Granularität unschärfer. Bereits auf Ebene der Gemeinden konnten in Salzburg teils relativ große Abweichungen festgestellt werden, wobei hier die Qualität für eine grobe strategische Ebene (in Abhängigkeit der konkreten Frage) ausreichend sein kann. Werte werden über den Raum nach definierten Algorithmen verteilt. Die Aussage für Siedlungen oder gar Grundstücke ist aus diesem Grund unverlässlich.
- 2) Nutzbarkeit für die Planung: Nur wenn sämtliche Informationen – von der aktuellen Versorgungsinfrastruktur über die Bedarfe und die verfügbaren erneuerbaren Energiequellen – für die einzelnen Gebäude/Grundstücke abgerufen werden können, ist die Informationsgrundlage für die unterste Planungsebene, d.h. für die direkte Projektentwicklung, nutzbar.
- 3) Nutzbarkeit für Monitoring: Um Änderungen in einzelnen Gebäuden nachvollziehen zu können ist es notwendig, die Daten (insbesondere Sanierungsstatus, Heizsystem) gebäudescharf nachvollziehen zu können. Gerade vor dem Hintergrund des geplanten Erneuerbaren Wärme Gesetzes erscheint ein gebäudescharfer Ansatz jedenfalls sinnvoll und notwendig.

Aus Sicht der Autor:innen wird deshalb die Umsetzung eines gebäudescharfen Ansatzes empfohlen.

5.5.4. IT-Anforderungen für den Aufbau eines Informationssystems

Aus datenschutzrechtlichen und organisatorischen Gründen wird wie oben erwähnt die Entwicklung eines landesweiten Systems angeregt. Grundlage dafür bildet ein Data-Warehouse oder eine Datenbank, in der alle für das Informationssystem notwendigen Daten für alle Anwendung in jeweils aktuellsten Fassung verfügbar gemacht werden.

Variante 1: Vollintegration in Landes-IT

Die gesamte Prozessierung erfolgt im Amt der Vorarlberger Landesregierung. Diese Variante ist gekennzeichnet durch folgende Arbeitsschritte:

- Landesinterne Durchführung von komplexen Datenprozessierungen
- Landesinterne Umsetzung regelmäßiger Updates
- Bereitstellen und Publizieren von landesintern generierten Informationslayern (Wärmeatlas)
- Landesinterne Erstellung (teil-)automatisierter Berichte für die räumliche Energieplanung (z.B. für REP)

Variante 2: Teilintegration in die Landes-IT

- Landesinternes Bereitstellen und Publizieren von extern generierten Informationslayern (Wärmeatlas)
- Generierung der Informationslayer (Wärmeatlas) erfolgt durch externe Dienstleister
- Erstellung (teil-)automatisierter Berichte für die räumliche Energieplanung (z.B. REP) durch externe Dienstleister

Relevante Aspekte zur Auswahl der passendsten Variante sind:

- Soll die komplette Prozessierung landesintern erfolgen?
- Sind interne Personalressourcen vorhanden?
- Inwieweit ist die interne technische Infrastruktur gegeben?
- Inwieweit ist die interne Datenhaltung gewünscht?

Derzeit sind die überwiegenden Prozessschritte zur Generierung der Informationslayer (Wärmeatlas) mittels Structured Query Language (SQL) im relationalen Datenbankmanagementsystems PostgreSQL und dessen Erweiterung PostGIS implementiert. Die Prozessierung der rasterbasierten Oberflächen- und Geländemodelle erfolgt in ArcGIS mit der ArcPy-Library. Die (teil-)automatisierten Berichte werden mit Python-Scripts generiert.

6. ANWENDUNG DES GEL S/E/P-ANSATZES BEI DEN DEMOGEMEINDEN

Aufbauend auf bestehende Grundlagen in den Demogemeinden wurde der im Projekt GEL S/E/P entwickelte Ansatz übertragen. Für Bregenz wurde das gesamte Gemeindegebiet und für Wolfurt ein Areal im Dorfzentrum analysiert.

6.1. Bregenz

Die Analysen für Bregenz zielten auf eine Identifikation von potenziellen Wärmenetzgebieten ab. Dabei wurden folgende geographische Ergebnislayer erstellt:

- Wärmebedarf: IST und Sanierungsszenarien
- Wärmebedarfsdichten: IST und Sanierungsszenarien
- Wärmenetz Potenzialgebiete: IST und Sanierungsszenarien

6.1.1. Datengrundlagen

Die Stadt Bregenz stellte für die Analysen den umfangreichen Geodatenbestand des Energiemas-terplans Bregenz bereit. Diese Daten inkludieren detaillierte Informationen auf Gebäudeebene wie z.B. Bauperiode, Gebäudekategorien (hinsichtlich Nutzungen), Nutzfläche, Brennstoff sowie modellierte Energiebedarfe differenziert nach Raumwärme, Warmwasser, Strom auf Endenergieebene. Die Bedarfswerte wurden durch Telesis Entwicklungs- und Management GmbH (im Sub-Auftrag der alpS GmbH) nach dem Ansatz von Pfeifer (2017) ermittelt. Die Energiebedarfe beziehen sich auf das Jahr 2018 und wurden anhand von Realdaten (insb. Gasverbräuche) kalibriert.

6.1.2. Datenaufbereitung

Für die weitere Verarbeitung wurden die bereitgestellten Daten aufbereitet. Dabei erfolgte zum einen eine Heizgradtag (HGT)-Bereinigung, die die Wärmebedarfswerte von 2018 auf die das HGT Mittel von 2010 bis 2019 normiert. Die zugrundeliegende HGT Berechnung wurde *gemäß ÖNORM B 8110-5 2019 umgesetzt und basiert auf monatliche Mitteltemperaturen (1km Raster) der ZAMG.*

$$\text{Wärmebedarf} = \text{Wärmebedarf 2018} / \text{HGT}_{22/14} \text{ 2018} * \text{HGT}_{22/14} \text{ Mittel (2010 – 2019)}$$

Zusätzlich wurde ausgehend vom Endenergiebedarf auf den Heizenergiebedarf – Delivered Energy (HEB_{DE}) geschlossen. Der HEB_{DE} stellt jene Energiemenge dar, die bei einer Wärmenetzversorgung bei der Übergabestation anfällt. Der HEB_{DE} ist bei den meisten Heizungssystemen niedriger als die Endenergie, die Verluste eines Heizkessels höher sind als die Verluste der Fernwärmeübergabestation. Eine Datenanalyse und die Rücksprachen mit Herrn Stampfl (Telesis Entwicklungs- und Management GmbH) zeigten, dass in der Energiebilanz Bregenz die bestehenden

Heizsysteme nicht differenziert wurden und an den Hauptenergieträger Gas orientiert sind. Somit erfolgte für alle Gebäude eine Reduktion um 9 % (nach dem Ansatz GEL S/E/P und in Abstimmung mit Paul Stampfl).

Für die Generierung von Szenarien wurde ein Datensatz mit unter Denkmalschutz stehenden Gebäuden eingebunden. Zusätzlich wurden Gebäude, die bereits jetzt mit Biomasse und Wärmepumpen versorgt werden, in der Wärmenetzpotenzialmodellierung ausgeschlossen.

In der Detailanalyse der bereitgestellten Energiebilanz ergaben sich Fragen zu den Wärmebedarfen der Einfamilienhäuser. Rückfragen bei den Studienautoren der Energiebilanz ergaben, dass die vorliegenden Bruttogrundflächen in der Energiebilanz nicht jene sind, welche für die Berechnungen herangezogen wurden. Da diese Unschärfe bei den Berechnungen der gegenständlichen Analysen unbekannt war und erst nach Abschluss der Modellierung eintraf, ist sie bei den gegenständlichen Auswertungen nicht berücksichtigt. Bei Beachtung der korrigierten BGF würde sich der Wärmebedarf in den Szenarien um ca. 6 % erhöhen und damit die Wärmenetzgebiete geringfügig vergrößern.

6.1.3. Ergebnisse

Der Wärmebedarf 2018 bezieht sich auf die aufbereiteten Wärmebedarfe aus dem Energiemas-
terplan und steht für den IST Wärmebedarf.

Für das Szenario A wurde angenommen, dass alle Gebäude auf einen Heizwärmebedarf (HWB) von 35 kWh/m² saniert werden. Der Warmwasserbedarf wird gleichbleibend zu 2018 angenommen.

Im Szenario B wurden differenzierte Sanierungsannahmen zugrunde gelegt. Die Berechnung erfolgte nach dem Ansatz aus GEL S/E/P und differenziert Nutzungskategorien, Gebäudealter, Denkmalschutz und Kompaktheit. Die Energiekennzahlen des Szenarios B sind anhand Messdaten kalibriert und deutlich höher als der HWB in Szenario A.

	IST	Szenario A HWB 35,- KWh/m ² + WWB	Szenario B Sanierung laut GEL S/E/P
Wärmebedarf gesamt [GWh/a]	345		
Wärmebedarf (ohne WB Biomasse und Wärmepumpen [GWh/a])	323	122	201
Reduktion des Wärmebedarfs		62 %	38 %
Wärmebedarf im Netzpotenzialgebiet [GWh/a]	319	51	177
Anteil der Wärmemenge im Netzgebiet	99%	47%	88%

Tabelle 13: Überblick über Ergebnisse für Bregenz

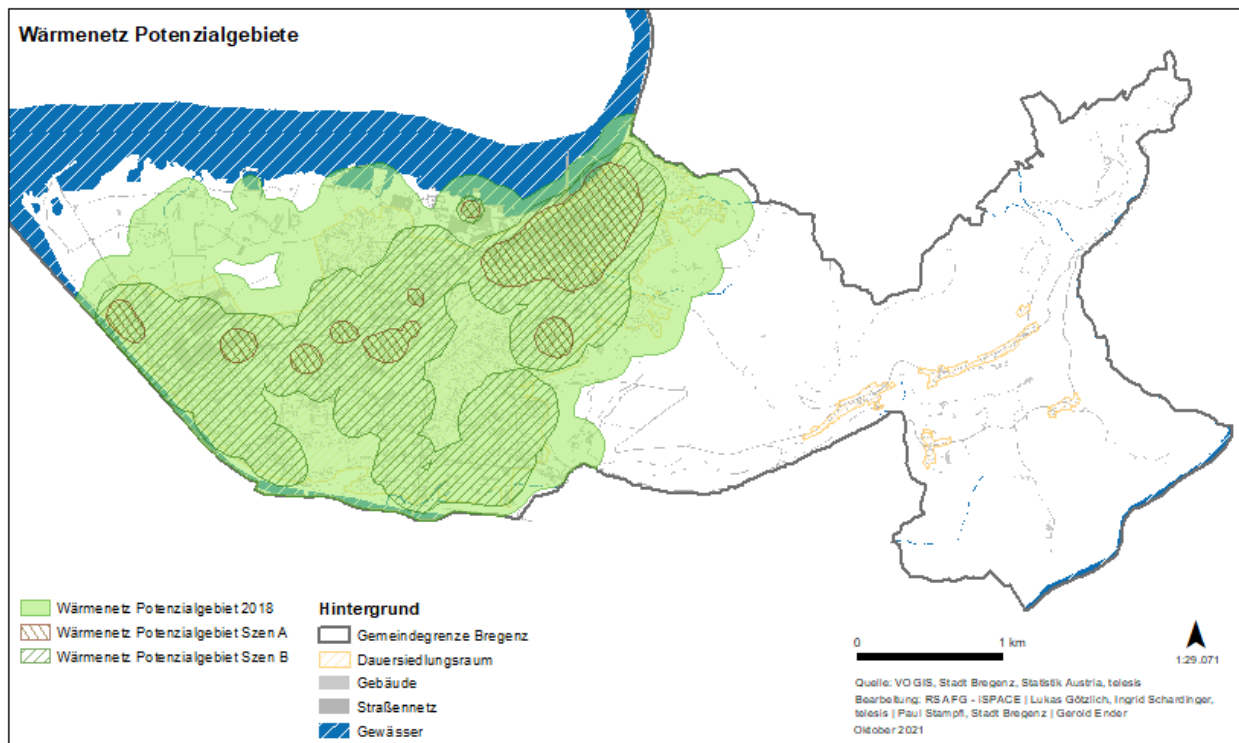


Abbildung 18: Ergebniskarte mit Wärmenetz Potenzialgebieten (2018, SzenA, SzenB)

Alle weiteren Ergebniskarten sind als Anhang beigefügt.

Tabelle 13 und Abbildung 18 zeigen, dass die Wärmenetz-Potenzialgebiete bei Berücksichtigung des derzeitigen Wärmebedarfs für fast das gesamte Stadtgebiet gegeben ist. Auch beim Szenario B, das eine differenzierte Sanierung berücksichtigt, liegen 88 % des Wärmebedarfs innerhalb des potenziellen Netzgebietes. Zudem wird ersichtlich, dass die Reduktion des Wärmebedarfs im Szenario A deutlich höher ist als in Szenario B. Dies macht deutlich, dass das Szenario A sehr ambitioniert zu sehen ist. Anzumerken gilt, dass in keinem Szenario eine Nachverdichtung berücksichtigt wurde, was zu einem höheren Wärmebedarf und damit zu größeren Wärmenetz Potenzialgebieten führen würde.

Eine kartographische Darstellung folgender Ergebnisse findet sich im Anhang. Der Stadt Bregenz werden ebendiese Geodatenlayer bereitgestellt.

- Wärmebedarf IST
- Wärmebedarfsdichte IST
- Wärmenetz Potenzialgebiet IST
- Wärmebedarf Szenario A
- Wärmebedarfsdichte Szenario A
- Wärmenetz Potenzialgebiet Szenario A

- Wärmebedarf Szenario B
- Wärmebedarfsdichte Szenario B
- Wärmenetz Potenzialgebiet Szenario B

6.2. Wolfurt

Das Ziel für die Demogemeinde Wolfurt liegt in der Analyse des Zentrums von Wolfurt. Für das abgegrenzte Gebiet erfolgt die Modellierung des Wärmebedarfs und der daraus ableitbaren Wärmebedichte und den Wärmenetz-Potenzialgebieten. Folgende Ergebnislayer wurden erstellt:

- Wärmebedarf: IST (inklusive Zubaus bis 2030) sowie Sanierungsszenarien
- Wärmebedarfsdichten: IST (inklusive Zubaus bis 2030) sowie Sanierungsszenarien
- Wärmenetz Potenzialgebiete: IST (inklusive Zubaus bis 2030) sowie Sanierungsszenarien

6.2.1. Datengrundlagen

Als Grundlage für die Analyse diente eine Tabelle über 128 Gebäude, die von der Gemeinde Wolfurt bereitgestellt wurde. In diesem Datensatz sind bereits bis 2030 geplante Gebäude integriert. Diese Daten umfassen die wesentlichen Gebäudeattribute: Bauperiode, Gebäudeeigenschaft (=Nutzung), Bruttogeschoßfläche, Brennstoff, Sanierungsstand, Formfaktor und Koordinaten.

6.2.2. Datenaufbereitung

Für die Berechnungen wurden die Gebäudeattribute reklassifiziert, sodass sie in den GEL S/E/P Ansatz integrierbar sind. Zudem erfolgte eine Bereinigung der nicht eindeutigen Identifikatoren.

6.2.3. Ergebnisse

Die Ergebnisse des Wärmebedarfs für das Zentrum von Wolfurt sind in der Abbildung x dargestellt. Die Farben differenzieren nach den Nutzungen und die Kreisgrößen nach den Wärmebedarfsmengen. Die Ergebnisse des Wärmebedarfs sind bezogen auf das HGT Mittel von 2010 bis 2019. Die zugrundeliegende HGT Berechnung wurde gemäß ÖNORM B 8110-5 2019 umgesetzt und basiert auf monatliche Mitteltemperaturen (1km Raster) der ZAMG.

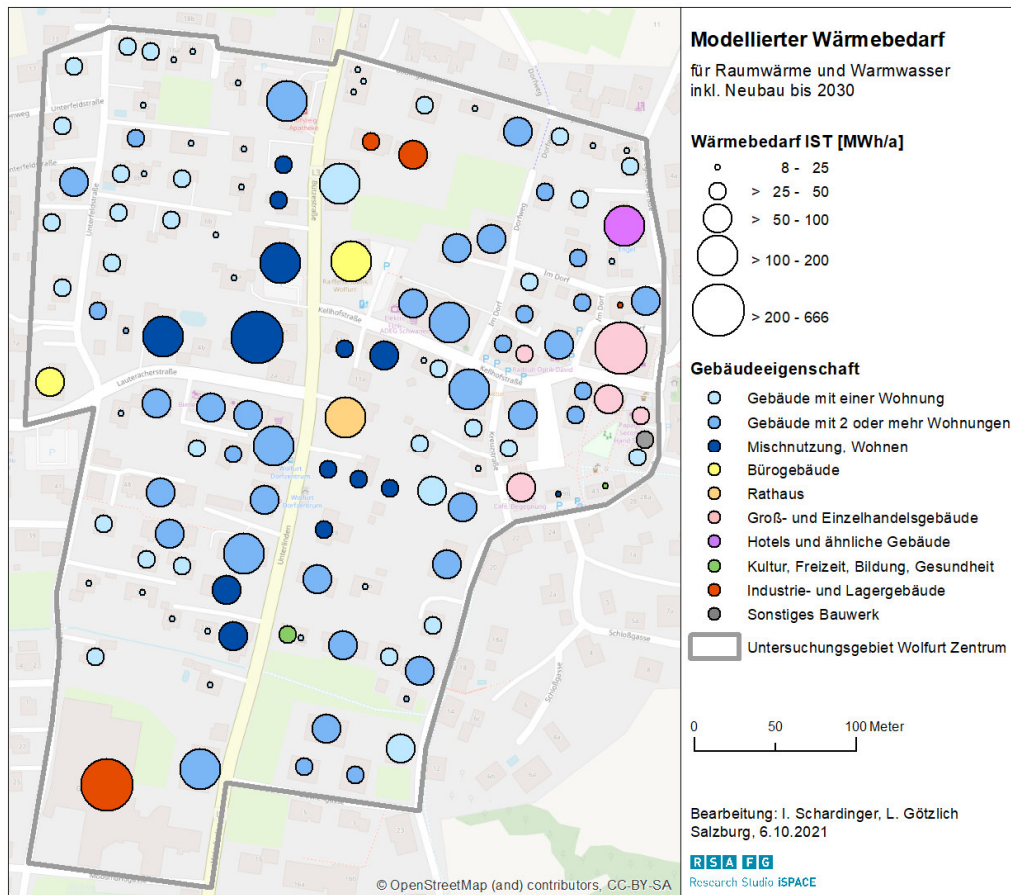


Abbildung 19: Wärmenachfrage auf Adressebene mit Differenzierung nach Nutzung

Die Wärmebedarfsdichten (Abbildung 20) zeigen eine sehr hohe Dichte im mittleren Bereich des Untersuchungsgebiets. Wird die mittlere Dichte über das gesamte Gebiet betrachtet, ergibt dies eine Dichte von 47 GWh/km². Angesichts der Schwellenwerte von 40 GWh/km² bei urbanen Gebieten und 22,5 GWh/km² bei Kleinstädten und ländlichen Gebieten kann das gesamte Untersuchungsgebiet als geeignet für eine Leitungsgebundene Wärmeversorgung betrachtet werden.

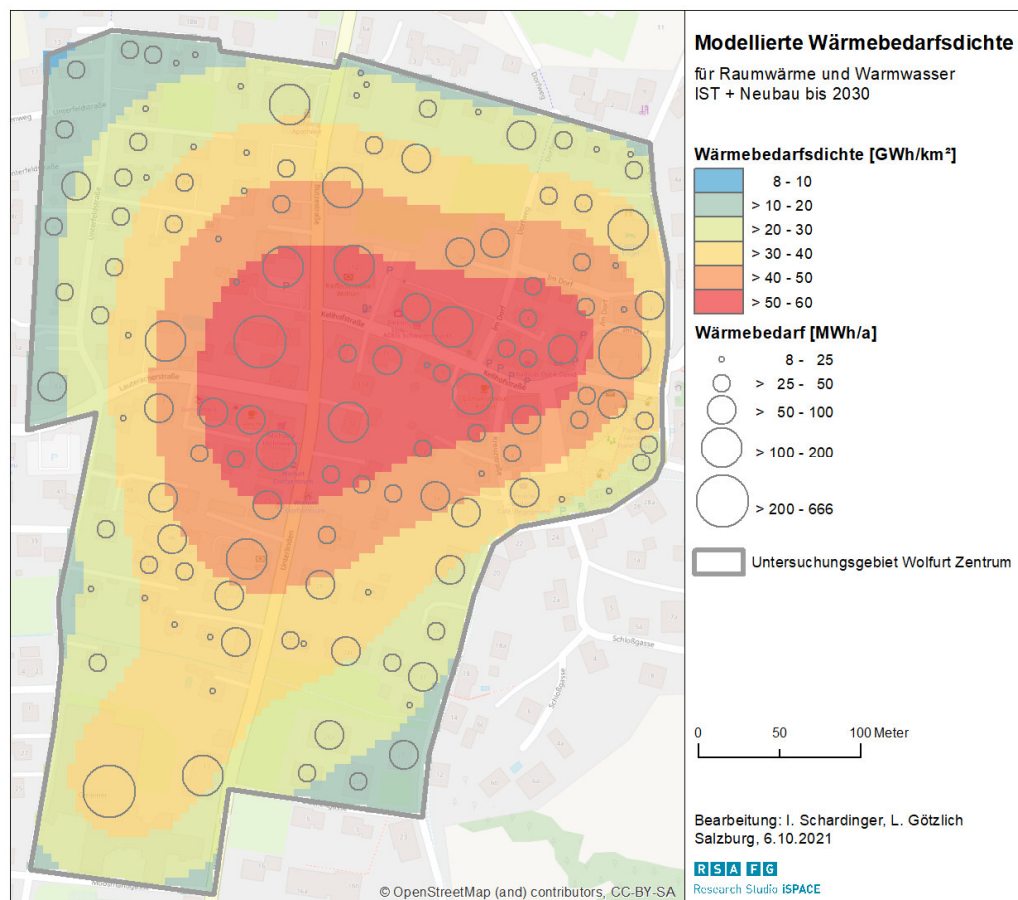


Abbildung 20: Wärmebedarfsdichten IST (inkl. Zubau bis 2030) in Wolfurt

Tabelle 14 gibt einen Überblick über die Ergebnisse für das Zentrum von Wolfurt und zeigt, dass die mittleren Wärmebedarfsdichten auch bei den Sanierungsszenarien hoch genug sind, um ein Wärmenetz kostendeckend betreiben. Zudem wird ebenso wie in Bregenz ersichtlich, dass Szenario A als sehr ambitioniert zu sehen ist. Die Reduktion des Wärmebedarfs im Szenario A ist deutlich höher als in Szenario B.

	IST inkl. Zubau bis 2030	Szenario A HWB 35,- kWh/m ² + WWB	Szenario B Sanierung laut GEL S/E/P
Wärmebedarf gesamt [GWh/a]	7,0	4,2	5,3
Reduktion aufgrund Sa- nierung		42 %	24 %
Wärmebedarf (ohne WB Biomasse und Wärme- pumpen [GWh/a])	6,2	3,6	4,5
Reduktion des Wärmebe- darfs aufgrund Sanierung		43 %	28 %

Mittlere Wärmedichte [GWh/km ²]	47	27,3	34,7
Mittlere Wärmedichte [GWh/km ²] ohne Biomasse und Wärmepumpen	41	23,8	29,5
Anteil der Wärmemenge im Netzgebiet	100%	100 %	100

Tabelle 14: Überblick über Ergebnisse für Wolfurt

6.3. Fazit

Die Anwendungen in den Demogemeinden haben die Flexibilität der Schnittstellen des GEL S/E/P Ansatzes aufgezeigt. In beiden Gemeinden konnten die bestehenden Grundlagen aufbereitet und mit den GEL S/E/P Ansatz verknüpft werden, sodass daraus Wärmebedarf (nur Wolfurt), Wärmebedarfsdichten und Wärmenetzpotenzialgebiete abgeleitet werden konnten. Zusätzlich wurden Sanierungsszenarien berechnet.

Die Ergebnisse in beiden Demogemeinden zeigen, dass die derzeitigen Wärmebedarfsdichten weitgehend für netzgebundene Wärmeversorgungen gegeben sind. Für das Zentrum von Wolfurt sind neben den Einsparungen durch Sanierungen auch geplante Zubauten bis 2030 berücksichtigt. Dies trägt u.a. dazu bei, dass auch in allen Szenarien das gesamte Gebiet wärmenetztauglich ist. In Bregenz wurde bei den Szenarien keine Nachverdichtung berücksichtigt. Bei alleiniger Berücksichtigung von Sanierungen verringert sich das potenzielle Netzgebiet sichtlich. Beim Szenario B bleiben jedoch 88 % des Wärmebedarfs innerhalb eines wärmenetztauglichen Gebietes.

Eine Ausdifferenzierung der Szenarien kann die Ergebnisse weiter verbessern. Empfehlenswert sind eine Berücksichtigung der Nachverdichtung, die die Einsparungen durch Sanierung zum Teil kompensieren kann. Insbesondere in der kumulativen Betrachtung über größere Gebiete sollte die Nachverdichtung berücksichtigt werden. Zusätzlich kann eine Mitbetrachtung der klimatischen Veränderungen die Ergebnisse verbessern.

7. EMPFEHLUNGEN

7.1. Pfade zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung im Gebäudesektor

Die vollständige Dekarbonisierung der Wärmeversorgung für den Gebäudesektor stellt eine große politische, technische und wirtschaftliche Herausforderung dar. Auch wenn der Ersatz der fossilen Energieversorgung durch den **Einsatz von erneuerbaren Energiequellen**, die **Reduktion der Wärmenachfrage** durch weitere Erhöhung der energetischen Gebäudestandards sowie durch Gebäudesanierung und durch den umfassenden **Einsatz hocheffizienter Technologien** machbar ist, so haben die Analysen gezeigt, dass für eine vollständig dekarbonisierte Energieversorgung in Vorarlberg mittel- und langfristig unter den gegebenen Rahmenbedingungen nur dann machbar ist, wenn zusätzliche Energiequellen für die Wärmeversorgung erschlossen werden. Das betrifft neben der Nutzung von Abwärme aus Industrie und Gewerbe, der Erschließung der Tiefengeothermie oder der Wärme aus dem Bodenseewasser insbesondere die Versorgung mit elektrischem Strom, da die Dekarbonisierung jedenfalls mit einer starken **Elektrifizierung aller Sektoren** (Gebäude, Mobilität, Industrie, ...) verbunden sein wird. Eine zusätzliche Herausforderung stellt sich durch die sogenannte „**Winterstromlücke**“, also das Auseinanderfallen einer dekarbonisierten Stromproduktion mit Schwerpunkt im Sommer und dem erhöhten Bedarf im Winter.

7.1.1. Reduktion der Energienachfrage

Empfehlung: Die Energieeffizienz im Gebäudesektor muss weiter gesteigert werden

Das Prinzip „Efficiency First!“ steht am Anfang jeder zukunftsfähigen Strategie der Dekarbonisierung.

7.1.1.1. *Senkung der Energienachfrage im Gebäudesektor*

Die Energienachfrage für den Gebäudesektor lässt sich durch verschiedene Maßnahmen nachhaltig senken. Dazu zählen insbesondere die weitere Erhöhung der Anforderungen an die Gebäudehülle bei Neubau und Sanierung, die Vermeidung der sommerlichen Überwärmung, die Erhöhung der Sanierungsrate. Einen erheblichen Hebel stellt aber auch die Reduktion der Temperaturniveaus der Wärmeversorgungssysteme in Gebäuden dar. Dadurch reduzieren sich die Verluste und ein effizienter Betrieb von Wärmepumpen wird dadurch erst ermöglicht.

7.1.1.2. *Reduktion der Systemtemperaturen*

Die umfassende Elektrifizierung der Wärmeversorgung durch Wärmepumpen führt zu einer starken Reduktion des Energiebedarfs, es muss aber sichergestellt werden, dass diese Wärmepumpen durch möglichst niedrige Systemtemperaturen effizient betrieben werden und die Herkunft des Stroms aus erneuerbaren Quellen gewährleistet ist.

Empfehlung: Reduktion des Temperaturniveaus der Wärmeversorgungssysteme

Die Effizienz von Wärmeversorgungssystemen hängt maßgeblich vom erforderlichen Temperaturniveau ab. Das betrifft insbesondere Wärmepumpen, die ihre hohen Effizienzvorteile nur dann ausspielen können, wenn die erforderlichen Temperaturen möglichst gering sind. Aber auch bei Fernwärmenetzen lassen sich die Verluste durch Reduktion des Temperaturniveaus deutlich reduzieren. Daher ist bei allen neu errichteten und thermisch sanierten Gebäuden darauf zu achten, dass die Systemtemperaturen der Wärmeversorgung möglichst gering sind.

7.1.2. Dekarbonisierung durch einen Mix an erneuerbaren Wärmeversorgungsoptionen

Empfehlung: Ausweisung von netztauglichen Wärmeversorgungsgebieten

In Gebieten, die durch ihre Wärmenachfragedichte eine wirtschaftliche Versorgung mittels Wärmenetzen erlauben, soll diesen Netze Vorrang eingeräumt werden. Wärmenetze haben gegenüber dezentralen Wärmeversorgungssystemen den Vorteil, dass sie die Integration verschiedener Wärmequellen, die ansonsten nicht oder nur sehr schwer genutzt werden können, ermöglichen.

Dabei ist aber zu beachten, dass insbesondere dem Temperaturniveau der Wärmenetze eine hohe Bedeutung zukommt. Die Integration von Niedertemperaturquellen wie Abwasser, Abwärme aus Industrieprozessen, Abwärme aus Gewerbeanlagen (z.B. aus der Kühlung), die Nutzung der Umgebungs- und Erdwärme ist umso einfacher und effizienter, wenn die Systemtemperaturen gering sind.

Empfehlung: Anschluss von Gebäuden mit Gasheizungen an Wärmenetze

Ein erheblicher Teil der durch Erdgas versorgten Gebäude kann durch Wärmenetze versorgt werden. Bei der Umrüstung von Gasheizungen auf nicht-fossile Wärmeversorgungssysteme ist jedenfalls dafür zu sorgen, dass die Gebäude thermisch saniert werden und die Systemtemperaturen deutlich gesenkt werden.

Empfehlung: Anergienetze bei Neubaugebieten (prüfen)

Bei Neubaugebieten lassen sich sogenannte Anergienetze errichten, die mit sehr geringen Netztemperaturen betrieben werden. Als wesentliche Wärmequelle kommt in Anergienetzen (oberflächennahe) Geothermie (Erdwärme) in Frage, es lassen sich aber verschiedene andere erneuerbare Energiequellen wie Abwärme aus Industrie und Gewerbe oder Solarthermie integrieren. Zusätzlich können Anergienetze auch zum Kühlen verwendet werden, was die Wirtschaftlichkeit erhöht. Je nach Konfiguration stellt das Erdreich einen saisonalen Speicher dar, der in der Lage ist, einen Teil der Winterstromlücken-Problematik abzufedern. Die Anhebung des Temperaturniveaus erfolgt in den einzelnen Gebäuden durch Wärmepumpen, die bei niedrigen Systemtemperaturen sehr effizient betrieben werden können.

Im Prinzip lassen sich auch Bestandsgebäude mit einem Anergienetz betreiben, allerdings sinkt dabei durch die hohen Systemtemperaturen die Effizienz deutlich. Es wird daher empfohlen, die Systemtemperaturen durch thermische Sanierung und Anpassung des Wärmeabgabesystems zu reduzieren.

Empfehlung: Vorrang für den Einsatz energieeffizienter Technologien

Der Ersatz der fossilenfossiler Wärmeversorgung benötigt den Einsatz sämtlicher verfügbarer Potenziale an erneuerbaren Energiequellen. Es sollen daher nur die energieeffizientesten Technologien zum Einsatz kommen.

7.1.2.1. Ersatz der Stromdirektheizungen

Der Energieverbrauch für Stromdirektheizungen muss deutlich reduziert werden. Dazu müssen diese Systeme durch Alternativen ersetzt werden, die mit erneuerbarer Energie betrieben werden.

7.1.2.2. Nutzung der zusätzlichen Biomassepotenziale für die Erweiterung bestehender Wärmenetze

Bei Biomasse existiert in Vorarlberg ein nachhaltig nutzbares Potenzial in Höhe von ca. 235 GWh. Dieses (zusätzliche) Potenzial sollte möglichst dort angewandt werden, wo es den größten Nutzen stiftet. Als eines der wenigen Wärmequellen für höhere Temperaturen ist es zweckmäßig, die Biomasse für die Erweiterung bestehender Biomassenetze – bevorzugt als KWK-Anlage – zu verwenden. Das ist einerseits eine technisch ausgereifte und seit langer Zeit bewährte Anwendung und erhöht die Effizienz und Wirtschaftlichkeit der Biomassenetze. Die Verwendung von Biomasse in dezentralen Anlagen wird hier nicht als primär vorgeschlagen, da sie in der Versorgung der zentralen Systeme einen größeren Mehrwert stiftet.

7.1.2.3. Einsatz von effizienten Wärmepumpen

Neben der Reduktion der Systemtemperaturen in den Wärmeversorgungssystemen bestimmt die Auswahl der Technologie maßgeblich die benötigte Energiemenge. Erdwärmepumpen sind daher in allen Fällen, bei denen der Einsatz technisch möglich ist, Luftwärmepumpen vorzuziehen. Umgebungsluft steht zwar überall in ausreichender Menge zur Verfügung, die Luftwärmepumpe weist jedoch eine deutlich geringere Effizienz auf. Zudem ist mit dem Betrieb ist eine Lärmentwicklung verbunden, die die Umgebung negativ beeinflusst und die gerade in dicht besiedelten Gebieten problematisch sein kann.

7.1.2.4. Warmwasserversorgung über Frischwassermodule oder dezentrale Wärmepumpen

Die Erzeugung des Warmwassers gewinnt in der Zukunft an Bedeutung. Für den effizienten Betrieb von zentralen und dezentralen Wärmeversorgungssystemen sind daher technische Lösungen zu entwickeln, die eine effiziente Integration in Wärmenetze bzw. den effizienten Betrieb

von dezentralen Systemen (Wärmepumpe) erlaubt und gleichzeitig die Verluste im Gebäude minimiert.

Empfehlung: Erschließung aller nicht-fossiler Energieversorgungsquellen

Auch wenn die Nachfrage nach Wärme bei einer dekarbonisierten Wärmeversorgung sinkt, so ist es durch den Wegfall der fossilen Energieträger erforderlich, alle zur Verfügung stehenden Energieversorgungsquellen stark auszubauen bzw. neu zu erschließen.

7.1.2.5. Erschließung erneuerbarer Wärmequellen

Abwärmenutzung ist im Sinne von Efficiency-First als zentrale Maßnahme zu erachten. Der Aufbau eines flächendeckenden Katasters sowie die Entwicklung einer konkreten Strategie zur Einbindung sind notwendig um das Potenzial der Abwärme für die Versorgung der Wärmenetze zu nutzen. Neben gewerblicher und industrieller Abwärme ist hier auch die Kanalabwärme zu erwähnen, welche gerade im Niedertemperaturbereich große Potenziale bietet (zu beiden Punkten vgl. auch Punkt Datenerhebung).

Die Nutzung des Bodenseewassers für die Wärme- und Kälteversorgung, insbesondere in den Anrainergemeinden sollte eingehend geprüft werden. Großsolarthermie stellt eine weitere Versorgungsoption dar, deren Einsatz für einzelne Netze und Anwendungen wirtschaftlich vorteilhaft sein kann. In diesem Bereich ist vor allem eine hohe Sommerlast ausschlaggebend.

Die Nutzung der Wärme aus tiefer Geothermie könnte eine wichtige Energiequelle für Wärme, und – bei entsprechendem Temperaturniveau – elektrischem Strom darstellen. Auch hier sind weitere Untersuchungen, die aber mit einem erheblichen Investitionsaufwand verbunden sind, erforderlich.

7.1.2.6. Effizienzpriorität bei der stromgebundenen Versorgung

Wärmepumpen werden neben der Fernwärme ein wichtiges Standbein der zukünftigen Wärmeversorgung darstellen. Der daraus entstehende Strombedarf ist auf ein Minimum zu reduzieren, um die Winterstromlücke nicht noch weiter zu öffnen bzw. langfristig schließen zu können.

Empfehlung: Luftwärmepumpen sollen nach Möglichkeit nur da zur Anwendung kommen, wo kein Wärmenetz möglich ist und keine Erdwärme zur Verfügung steht.

Luftwärmepumpen sind bei sehr kalten Außentemperaturen deutlich weniger effizient als Erdwärmepumpen. Das verschärft die Winterstromlücke deutlich stärker als andere Technologien.

7.1.3. Datengrundlagen

Empfehlung: Schaffung verlässlicher Datengrundlagen für Potenziale erneuerbarer Energieträger

Da der vollständige Ersatz fossiler Energiequellen erfordert, auf eine Vielzahl von erneuerbaren Energiequellen zurückzugreifen, sind verlässliche Datengrundlagen zum technischen, wirtschaftlichen und realistischen Potenzial für die kommenden Jahrzehnte erforderlich. Dabei sind folgende Energiequellen im Detail zu bearbeiten:

7.1.3.1. *Elektrischer Strom*

Elektrischer Strom wird im Rahmen der Dekarbonisierung zur maßgeblichen Energiequelle für die Wärmeversorgung, aber auch für die anderen Sektoren. Ihm kommt daher eine besondere Stellung zu. Dabei sollten folgende Themen detailliert untersucht und im politischen Prozess bearbeitet werden.

- Ausbau der Windkraft
- Erschließung Dach- und Freiflächenanlagen für PV
- Nutzung Biogas
- KWK-Anlagen (betrieben mit Biomasse)
- Stromerzeugung durch OCR-Prozess (Tiefengeothermie)
- Sektorkopplung (z.B. Power-to-Gas-to-Power als Beitrag zur Deckung der „Winterstromlücke“; Ausbau Speicher)
- Diskussion zu Importen von (erneuerbarem) Strom (Anpassung der Systemgrenze bei Energieautonomie)

7.1.3.2. *Solarthermie*

Solarthermische Anlagen sollten als große dezentrale und auch als Freiflächenanlagen in Betracht gezogen werden.

7.1.3.3. *Industrielle und gewerbliche Abwärme*

Für die Erhebung der Potenziale für industrielle und gewerbliche Abwärme muss neben dem Status quo auch die mittel- und langfristige Perspektive berücksichtigt werden (Abwanderung der Industrie, Effizienzgewinne, Eigenverbrauch) und es müssen Back-up-Systeme mitbedacht werden.

7.1.3.4. *Abwasser*

Abwassernutzung kommt insbesondere in größeren Gemeinden (ab ca. 10.000 EW) in Frage. Grob einschätzungen können mit standardisierten Ansätzen flächig umgesetzt werden, punktuelle Messungen in identifizierten Schwerpunktgemeinden ermöglichen detaillierte Grundlagen für die Planung.

7.1.3.5. *Bodenseewasser*

In Analogie und in Anlehnung zu Erfahrungen und Erhebung in der Schweiz sollte die Nutzung des Bodenseewassers für die Wärmeversorgung und die Kühlung im Detail analysiert werden.

7.1.3.6. *Oberflächennahe Geothermie*

Als verlässliche Wärmequelle, die auch dazu geeignet ist, in Wärme- und Kälteversorgungssystemen einen saisonalen Ausgleich zu schaffen, ist das Potenzial (und die räumliche Verteilung) dieser Quelle von zentraler Bedeutung. Die GBA hat mit den Bundesländern Wien, Steiermark und Salzburg einen standardisierten und skalierbaren Ansatz zur Quantifizierung und räumlichen Darstellung dieses Potenzials entwickelt.

7.1.3.7. *Tiefengeothermie*

Die Exploration der Tiefengeothermie ist mit sehr hohen – und riskanten – Anfangsinvestitionen verbunden, die jedoch erforderlich sind, um diese Wärmequelle zu erkunden und zukünftig nutzen zu können. Gerade vor dem Hintergrund der hohen Wärmenachfragedichte (und damit verbundenen Wärmenetztauglichkeit) in den dicht besiedelten Bereichen des Rheintals und den mangelnden Hochtemperaturquellen für die Fernwärme wird eine nähere Sondierung der Erschließung von Tiefengeothermie angeregt.

7.1.4. Offene Konzepte

Empfehlung: Weiterentwicklung und Detaillierung der Prioritätenreihung auf Basis räumlicher und technischer Kriterien

Die Prioritätenreihung für die Wärmeversorgungsoptionen muss weiterentwickelt und für die konkrete Arbeit in den Gemeinden entsprechend detailliert werden. Dabei soll die Prioritätenliste regelmäßig anhand der Kriterien Ökologie (z.B. Treibhausgase, Emissionen), Wirtschaftlichkeit (z.B. Energiepreise), Verfügbarkeit (Potenziale, Erschließung, neue Technologien) sowie technische Anforderungen (z.B. erforderliche Temperaturniveaus) geprüft und an veränderte Gegebenheiten angepasst werden. Die Festlegung der Prioritätenliste stellt aber letzten Endes eine politische Entscheidung auf Basis fachlicher Informationen dar.

Empfehlung: Erstellung von Konzepten zur Deckung der „Winterstromlücke“

Mittel- und langfristig, also für den Zeitraum über 2030 hinaus, ist es erforderlich, die Frage der Deckung der „Winterlücke“ beim elektrischen Strom einer Klärung zuzuführen. Dabei sind exemplarisch folgende Themen jedenfalls zu bearbeiten: Nutzung der Windkraft, Freiflächen-PV, Saisonspeicher, Elektrolyse mit Abwärmenutzung (auch zur Erzeugung von grünem Strom für die Industrie), Power-to-Gas-to-Power (als Saisonspeicher). Die Umsetzung dieser Empfehlung kann nicht lokal oder von einem Bundesland alleine, sondern nur gemeinsam mit dem Bund erfolgen. Hier sollte auch eine Abstimmung mit EU-weiten Initiativen erfolgen.

Empfehlung: Entwicklung einer Strategie zur künftigen Nutzung der vorhandenen Gasversorgungsinfrastruktur

Nach dem aktuellen Stand des Wissens wird Gas in der Raumwärme in einer dekarbonisierten Wärmeversorgung keine Rolle spielen. Das bedeutet, dass Gebiete, die aktuell mit Gas versorgt

werden, künftig auf alternative Wärmeversorgungssysteme umgestellt werden müssen. Für manche kritische Anwendungen, z.B. in der Industrie könnte Grünes Gas anstelle von Erdgas Verwendung finden. Dazu wird ein Teil der Gasinfrastruktur weiterhin benötigt, in bestehender oder angepasster Form. Dieser Umbau der Gasinfrastruktur soll so erfolgen, dass möglichst geringe volkswirtschaftliche Kosten anfallen.

Empfehlung: Kühlung nicht vergessen

Es ist absehbar, dass der Kühlbedarf in den kommenden Jahrzehnten zunehmen wird. Diese Entwicklung sollte durch die Anpassung der bautechnischen Standards so weit als möglich begrenzt werden, die Zunahme sommerlicher Hitzewellen wird sich aber jedenfalls in einer deutlichen Zunahme des Kühlbedarfs manifestieren. Für diese Entwicklung sind technische Lösungen erforderlich, die möglichst gemeinsam mit der Wärmeversorgung entwickelt werden sollten.

Empfehlung: Erstellung eines integrierten Klima- und Energiekonzepts für den Zeitraum bis 2040 bzw. 2050 samt Roadmap

Durch die starken Interaktionen zwischen den einzelnen Sektoren (Gebäude, Mobilität, Industrie und Gewerbe, Land- und Forstwirtschaft etc.) erfordert die Erstellung einer integrierten Klima- und Energiekonzepts, bei dem diesen Interaktionen Rechnung getragen wird. Dabei sollte einerseits vom Status quo ausgegangen werden und es sollen Zielbilder für die vollständige Dekarbonisierung für den Zeitraum bis 2040 bzw. 2050 erstellt werden.

7.2. Informationssystem

7.2.1. Räumliche Granularität der Information

EMPFEHLUNG: Gebäudescharfe Darstellung aller Informationen als Grundlage für die Planung

Konkrete Festlegungen, Vorgaben oder Differenzierungen (zB in der Förderung) in der baulichen Entwicklung betreffen immer spezifische Grundstücke. In Bezug auf die Darstellung ist aus diesem Grund für die Zwecke der Planung ein Informationssystem erforderlich, welches gebäudescharfe Informationen bereitstellt.

Auch für Zwecke des Monitorings empfiehlt sich eine gebäudescharfe Darstellung. Eine Nachvollziehbarkeit von Einzelmaßnahmen ist über Gesamtverbräuche nicht eindeutig identifizierbar. Heizungsumstellungen, Sanierungen und die konkrete Form der Siedlungsentwicklung können nur mit einem System auf Basis einzelner Gebäudedaten sinnvoll dokumentiert werden.

7.2.2. Bereitsteller der Information

EMPFEHLUNG: Amt der Landesregierung als Informationsdienstleister

Die Bereitstellung von Informationen für Zwecke der räumlichen Energieplanung ist an die Nutzung umfassender Datenquellen gebunden. Die Zugriffsmöglichkeit, die erforderlichen rechtlichen Grundlagen, sowie der hohe Aufwand für die Datenaufbereitung und den Datenschutz stellen Hürden für die Nutzung von Daten dar (vgl. Abschnitt 5.5). Gleichzeitig ist festzuhalten, dass der Umfang des Gesamtaufwandes für Datenaufbereitung, Datenhosting und Datenschutzmanagement keinesfalls linear, sondern stark degressiv mit der Anzahl der umfassten Gemeinden steigt.

Zugriffsmöglichkeit, Effizienz und Vergleichbarkeit sprechen aus Sicht der Autoren dieser Studie eindeutig für eine zentrale Bereitstellung der wichtigsten Informationen für die räumliche Energieplanung durch die Landesregierung.

7.2.3. Erforderliche Informationen

EMPFEHLUNG: Aufbau eines Wärmealas im VOGIS

Als essentielle Grundlagen für die räumliche Energieplanung werden folgende räumliche Geodatenlayer vorgeschlagen:

- Gebäudeinformationen: Nutzungen, Bauperiode, Energieträger, Heizungssystem, Bruttogrundfläche beheizt, Kompaktheit, Sanierungsstatus und Gebäudeschutzstatus
- Wärmebedarf und Wärmebedarfsdichten
- Wärmenetz Potenzialgebiete
- Szenarien der Wärmebedarfsentwicklung (inkl. Sanierung und Nachverdichtung)
- Erneuerbare Potenziale
 - Solarpotenziale
 - Oberflächennahe Geothermiepotenziale (Erdwärmesonden und Grundwasser):
 - Abwärmepotenziale (Prozesswärme Hoch- und Niedertemperatur, Kläranlagen)
 - Windpotenziale
 - Kanalabwärme
 - Oberflächengewässer
- Leitungsgebundene Infrastruktur
 - Gasleitungen
 - Wärmenetze

7.2.4. Form der Informationsbereitstellung

EMPFEHLUNG: Bereitstellung automatisierter Berichte für definierte Planungsprozesse

Automatisierte Berichte mit auf NutzerInnengruppen zugeschnittenen Informationsaufbereitungen (Karten, Grafiken, Tabellen, Texte) sind vor allem für Prozesse zu empfehlen, die sich sehr oft wiederholen (zB REPs, Alternativenprüfungen).

7.2.5. Verständnis und Vertiefung der Information

EMPFEHLUNG: Leitfaden zur Beschreibung der Vorgehensweise und Vertiefung der Information

Die Interpretation der Informationen erfordert ein hohes Maß an Kompetenz. Ein Leitfaden für die Gemeinden und Ortsplaner beschreibt die einzelnen Informationen und deren Auslegungsmöglichkeiten und unterstützt die strukturierte Herangehensweise in der Wärmeplanung. Als Referenz sei auf den Leitfaden zu kommunalen Wärmeplanung des Landes Baden-Württemberg ([Leitfaden Kommunale Wärmeplanung \(baden-wuerttemberg.de\)](http://Leitfaden_Kommunale_Waermeplanung_(baden-wuerttemberg.de))) verwiesen.

Neben den Hinweisen zur Interpretation sollte der Leitfaden zusätzlich die Entwicklung nicht zentralisiert bereitstellbarer Informationen anweisen. Mangels verfügbarer oder abgreifbarer Datenquellen können nicht alle Informationen zentral bereitgestellt werden. Zudem kann es sich als sinnvoll erweisen, einzelne Informationen mit besonderer strategische Relevanz für die Gemeinde zu vertiefen. Vor allem im Bereich der Ausweisung erneuerbarer Potenziale kann sich die lokale Datenerhebung (zB Abwärme) oder Detaillierung durch konkrete Messungen (zB Windkraft) als zielführend erweisen.

Im Leitfaden sollten neben methodischen Hinweisen zur Quantifizierung von erneuerbaren Energiepotenzialen außerdem Kriterien für die Nutzbarkeit dargestellt werden. Dies betrifft insbesondere die Nutzbarkeit von Freiflächen für Zwecke der Energiegewinnung (Wind und PV).

7.3. Hoheitliche Steuerungsinstrumente

7.3.1. Nutzung des bestehenden Rechtsrahmens

EMPFEHLUNG: Unterstützung der Gemeinden bei der Nutzung vorhandener Optionen für raumsachliche Festlegungen

Der e5-Leitfaden „Ausgewählte Instrumente der Energieraumplanung“ des Vorarlberger Landesprogramms umreißt die Möglichkeiten einer Gemeinde, Raumordnungsinstrumente für die Entwicklung der künftigen Energieversorgung zu nutzen. Die Gemeinden müssen nun dabei unterstützt werden, diese Instrumente auch in der Praxis zur Anwendung zu bringen. Die detaillierte Aufbereitung der Möglichkeiten, die Abstimmung mit der Raumplanung innerhalb der Landesregierung sowie die Schulung von Gemeinden und Ortsplaner:innen sind dafür notwendige Schritte.

Die Unterstützung der Pioniere (zB erstmalige Formulierung im BBPL, etc.) reduziert Risiko und schafft Best-Practice Beispiele für Nachahmer.

EMPFEHLUNG: Entwicklung einer Strategie zur integrierten Nutzung vorhandener Steuerungsinstrumente

Raumplanerische Instrumente (Bebauungsplan, Vertragsraumordnung, privatrechtliche Verträge) stellen nur einen der Bausteine für eine räumlich koordinierte Wärmewende dar. Erst durch das Zusammenspiel mit differenzierten Informationsgrundlagen zu vorhandenen erneuerbaren Energiepotenzialen im Bauverfahren und mit Koppelung der Förderungen an die räumlichen Bedingungen können diese ihr Potenzial (v.a. unter den gegebenen rechtlichen Rahmenbedingungen) entfalten.

7.3.2. Stärkung des Rechtsrahmens für die Umsetzung räumlicher Energieplanung

EMPFEHLUNG: Laufende Verbesserung des Rechtsrahmens

Der aktuelle Rechtsrahmen erlaubt es, räumliche Energieplanung für die Wärmewende einzusetzen. Die Instrumente stellen jedoch vielfach noch Neuland dar. Rechtshürden und verbleibende Rechtsunsicherheiten sind strukturiert zu beseitigen um einen effizienten und effektiven Einsatz räumlicher Energieplanung sicherzustellen. Datenverfügbarkeit, Ermächtigung und Verpflichtung zur Berücksichtigung von energiebezogenen Fragestellungen in Planungsprozessen, die Stärkung der ordnungsrechtlichen Instrumente für Festlegungen (eindeutige Rechtssicherheit, Zonierungen) und die Verbindung mit Förderungen stellen die wichtigsten zu vertiefenden Materien dar.

7.4. Planungsprozess

Energie und Klimaschutz sollten als zentrales öffentliches Interesse in relevanten Planungsprozessen Berücksichtigung finden. Ausgehend von den Erfahrungen in der Schweiz hat es sich als erfolgreich erwiesen, die neuen Inhalte, wenn möglich und tauglich, an bereits bestehende Prozesse (der Planung) direkt anzuknüpfen und keine neuen Prozesse zu entwerfen. Prozesse der Strategieentwicklung, der Räumlichen Entwicklungsplanung sowie zuletzt des Bauverfahrens sind zu analysieren und die entsprechenden Verfahrensschritte zu identifizieren, an denen die Inhalte, Informationen aber auch Festlegungen aus einer energiebezogenen Perspektive optimal eingeführt werden können.

7.4.1. Etablierung neuer Prozesse

EMPFEHLUNG: Schrittweise, sensible Etablierung von Anforderungen zur Berücksichtigung energie- und klimaschutzbezogener Fragestellungen

Die Berücksichtigung energie- und klimaschutzbezogener Fragestellungen erfordert ein hohes Maß an Information und Kompetenz. Eine Etablierung kann nur gelingen, wenn dies innerhalb der Ressourcen sowohl im Hinblick auf die Kompetenz als auch im Hinblick auf den Umfang handhabbar bleibt. Dafür ist die Bereitstellung der notwendigen Informationsgrundlagen (weitestgehend bedarfsgerecht aufbereitet) sowie die Unterstützung im Prozess als Service für Gemeinden notwendig.

7.4.2. Räumlicher Entwicklungsplan

EMPFEHLUNG: Entwicklung von Minimalanforderungen zur Berücksichtigung energiebezogener Inhalte im REP

Aufgrund der Anforderung der Neuauflage der REPs bis 2022 sollten möglichst rasch erfüllbare Minimalanforderungen zur Berücksichtigung energie- und klimaschutzbezogener Fragestellungen formuliert werden (vgl. Abschnitt 4.5.2). Mit steigender Verfügbarkeit relevanter Informationsgrundlagen können diese Anforderungen angehoben werden.

EMPFEHLUNG: Einführung fachdienstlicher Stellungnahmen durch den Fachbereich Energie

Neben der Formulierung von Anforderungen ist die Qualitätssicherung durch den fachlich zuständigen Fachbereich entscheidend. Über die Stellungnahmen besteht die Möglichkeit die Einhaltung der Minimalanforderungen sicherzustellen und wichtige Hinweise und Vorschläge an die Gemeinden zu übermitteln.

7.4.3. Bauverfahren

EMPFEHLUNG: Entwicklung von Demo-Abläufen mit Pilotgemeinden

Im Bauverfahren gilt es die Zielsetzungen des Räumlichen Entwicklungsplans umzusetzen. Dafür sind die verfügbaren Steuerungsinstrumente (vgl. Abschnitt 4.4.4) in den konkreten Arealentwicklungen einzusetzen, um beispielsweise den Anschluss an ein bestehendes Wärmenetz zu forcieren.

Eine besonders große Herausforderung, welche jedoch für Vorarlberg aufgrund der verhältnismäßig geringen Verbreitung von Wärmenetzen eine große Rolle spielt, stellt der Aufbau von neuen Wärmenetzen dar. Die Entwicklung von Pilot-Projekten gemeinsam mit Vorreitergemeinden kann die Boden für ein standardisiertes Vorgehen ebnen.

7.5. Begleitmaßnahmen

7.5.1. Personalausstattung bei Gebietskörperschaften und Behörden

Empfehlung: Ausbau der Personalausstattung bei Gebietskörperschaften und Behörden

Die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung (wie die gesamte Energiewende) erfordert eine angemessene Personalausstattung bei den zuständigen Stellen im Land und den Gebietskörperschaften. Diese Ressourcen müssen langfristig zur Verfügung gestellt werden.

7.5.2. Vorsorgemaßnahmen zur Sicherstellung der Arbeitskräfte für die Energiewende

Empfehlung: Vorsorgemaßnahmen zur Sicherstellung der Arbeitskräfte für die Energiewende

Der Umbau des gesamten Energiesystems, sowohl auf der Nachfrage- als auch auf der Erzeugungsseite erfordert eine große Menge an Personalressourcen. Aktuelle Studien weisen etwa auf dramatische Engpässe beim Personal im Handwerk, in der Technik und bei der Planung hin, die nur durch aktive, langfristig angelegte Vorsorgemaßnahmen (zB Ausbildungsoffensiven) reduziert werden können.

7.5.3. Ermächtigung der Gemeinden

EMPFEHLUNG: Bereitstellung eines umfassenden Leitfadens zur Umsetzung räumlicher Energieplanung im Bundesland Vorarlberg

EMPFEHLUNG: Schulungen für Gemeinden und OrtsplanerInnen

Um Gemeinden zu ermächtigen, mit den neuen Anforderungen umzugehen, sind entsprechende Unterlagen vom Land zu erstellen. Da den Ortsplaner:innen als Drittleister und Berater für die Gemeinden eine Schlüsselrolle zukommt, sollten sie über entsprechende Informationsveranstaltungen und Schulungen jeweils direkt adressiert werden.

7.5.4. Unterstützung der Gemeinden

EMPFEHLUNG: Servicestelle für Gemeinden

Trotz Bereitstellung automatisierter Berichte, Leitfäden und Schulungen wird es zu Beginn notwendig sein, eine dauernde Ansprechstelle für Gemeinden einzurichten. Einerseits ist die Berücksichtigung des neuen Materienkomplexes anspruchsvoll, sodass vor allem bis zum Aufbau praktischer Erfahrung die Ortsplaner eine direkte fachliche Unterstützung benötigen. Andererseits ist zu berücksichtigen, dass die Daten in Qualität und Vollständigkeit immer unzureichend sein werden. Erst durch Termine vor Ort können unter Einbeziehung lokalen Wissens und gemeinsam mit den Akteur:innen der Gemeinde die richtigen Lösungen entwickelt werden.

8. FAHRPLAN

Um die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung durch räumliche Energieplanung zu unterstützen, wird angeregt, die folgenden Schritte einzuleiten:

Grundlagen für die Wärmeplanung:

Start umgehend, Umsetzung bis Februar 2022

- Finalisierung einer Prioritätenreihung „Wärmeversorgung“
- Formulierung von Minimalanforderungen zur Berücksichtigung energie- und klimaschutzbezogener Fragestellungen im REP
- Aufbereitung aller kurzfristig bereitstellbarer Informationsgrundlagen für die Zwecke des REP
- Schaffung einer Koordinations- und Kontaktstelle im Amt der Landesregierung (oder Dritteileiter mit engem Gemeindekontakt)

Aufbau Informationssystem:

Start umgehend, Dauer ca. 1-3 Jahre

- Entwicklung eines fachbereichsübergreifenden (Raumplanung, Energie, LandesIT/VO-GIS) Projektes zum Aufbau eines Informationssystems für die räumliche Energieplanung
- Entwicklung der Leitfäden und Schulungen
- Detailprüfung der rechtlichen Grundlagen und Lancierung notwendiger Nachschärfungen für eine effektive Umsetzung räumlicher Energieplanung

Schaffung von Informationsgrundlagen zu erneuerbaren Energiepotenzialen:

Umsetzung als Einzelprojekte nach zeitlicher und ressourcenmäßiger Möglichkeit

- Fertigstellung des Solarkatasters
- Aufbereitung und Bereitstellung von GISbasierten Informationen zu oberflächennaher Geothermie
- Umsetzung einer Machbarkeitsstudie Tiefengeothermie
- Aufbau eines Abwärmekataster

Begleitung von Demo-Anwendungen

Start nach Etablierung Ansprechstelle und Sicherstellung Ressourcen

- Begleitung von Demo-Anwendungen zum Einsatz ordnungsrechtlicher Instrumente
- Begleitung von Pilot-Projekten zum Aufbau neuer Wärmenetze

9. LITERATUR UND QUELLEN

Abart-Heriszt, L. & Stoeglehner, G. (2019). Das Sachbereichskonzept Energie - Ein Beitrag zum Örtlichen Entwicklungskonzept (Leitfaden Version 2.0). 2.0 ed. – Graz.

Agora Energiewende 2020: Klimaneutrales Deutschland: In drei Schritten zu null Treibhausgasen bis 2050 über ein Zwischenziel von -65% im Jahr 2030 als Teil des EU-Green-Deals. Berlin.

Amt für Raumentwicklung Graubünden 2009, Kanton Bern, [Arbeitshilfe zur Erstellung einer Richtplanung Energie-definitiv klein.pdf \(gr.ch\)](#)

Amt der Vorarlberger Landesregierung (2021): Strategie Energieautonomie +. Klimaschutz in Vorarlberg umsetzen. Bregenz.

Ariadne-Report 2021: Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045. Szenarien und Pfade im Modellvergleich.

[Arbeitshilfe zur Erstellung einer Richtplanung Energie-definitiv klein.pdf \(gr.ch\)](#); [Kommunaler Richtplan Energie - Arbeitshilfe](#)

Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie, 2019, [Richtlinien zur Förderung von Energiekonzepten und kommunalen Energienutzungsplänen \(bayern.de\)](#).

Belmans, R., dos Reis, P. C., Vingerhoets, P. (2021): Electrification and sustainable fuels: Competing for wind and sun (complement to the Policy brief). Working paper containing calculations and assumptions in support of the accompanying Policy brief with the same title. RSC Working Paper 2021/55. Florence

BMNT/BMVIT (2018): mission2030 – Die österreichische Klima- und Energiestrategie. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus/Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (Hrsg.), Wien 2018, Download am 10.11.2021 https://www.bundeskanzleramt.gv.at/dam/jcr:903d5cf5-c3ac-47b6-871c-c83eae34b273/20_18_beilagen_nb.pdf

BMNT (2019): Integrierter nationaler Energie- und Klimaplan für Österreich. Periode 2021-2030. Wien. Download am 10.11.2021 unter: [Österreichs integrierter nationaler Energie- und Klimaplan \(bmk.gv.at\)](#)

Boston Consulting Group; Prognos AG 2018: Klimapfade für Deutschland. Berlin.

- Buechele, R./Schardinger, I./Mauthner, F./Heimrath, R. (2021): Deliverable 4.2 „Recommendations for harmonised standard methods for SEP“ des Projektes „Spatial Energy Planning for Heat Transition“
- Buechele, R., (2015). Bewertung des Potenzials für den Einsatz der hocheffizienten KWK und effizienter Fernwärme- und Fernkälteversorgung. Final Report. Im Auftrag des BMWFW. – Wien.
- Bundeskanzleramt 2019, <https://www.bundeskanzleramt.gv.at/bundeskanzleramt/die-bundesregierung/regierungsdokumente.html>; p74,
- Brückner S. (2016): Industrielle Abwärmenutzung in Deutschland. Bestimmung von gesichertem Aufkommen und technischer bzw. wirtschaftlicher Nutzbarkeit. Dissertation an der TU München. München.
- Bryner, A. (2014): In den Seen steckt viel Energie. eawag news Nr. 4/Dezember 2014.
- Compass Lexecon 2021: Wärme & Kälte, Mobilität, Strom: Szenarien für die Dekarbonisierung des Wiener Energiesystems bis 2040.
- Elster, D., Schubert, G., Berka, R., Philippitsch, R., Wessely, G., Goldbrunner, J. & Niederbacher, P. (2016a): Geologische Themenkarte Thermalwässer in Österreich 1 : 500 000. – Geologische Bundesanstalt, Wien.
- Elster, D., Goldbrunner, J., Wessely, G., Niederbacher, P., Schubert, G., Berka, R., Philippitsch, R. & Hörhan, T. (2016b): Erläuterungen zur geologischen Themenkarte Thermalwässer in Österreich 1 : 500 000. – 296 S., Geologische Bundesanstalt, Wien.
- Energieinstitut Vorarlberg; Vallentin+Reichmann Architekten 2017: Energieperspektiven Vorarlberg 2010 –2070. Szenarien zum künftigen Energiebedarf des Wohngebäudeparks - „Dampferstudie“: Studie im Auftrag der Vorarlberger Landesregierung.
- Energie Schweiz (o. J.): Heizen und Kühlen mit Abwasser. Ratgeber für Bauherrschaften und Gemeinden. Bern.
- Forschungszentrum Energie, FH Vorarlberg; Energieinstitut Vorarlberg 2020: Energieautonomie Vorarlberg 2050 – Gesamtszenarien für 2030 – Fokus Strom (Szenarienbetrachtung 2030). Studie im Auftrag der Vorarlberger Landesregierung.
- Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE 2021: Wege zu einem klimaneutralen Energiesystem. Die deutsche Energiewende im Kontext gesellschaftlicher Verhaltensweisen. Update unter einer Zielvorgabe von 65% CO₂-Reduktion in 2030 und 100% in 2050. Freiburg.

- Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE 2020: Wege zu einem klimaneutralen Energiesystem. Die deutsche Energiewende im Kontext gesellschaftlicher Verhaltensweisen. Freiburg.
- Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Öko-Institut, Hamburg Institut 2021: Systemische Herausforderung der Wärmewende. Abschlussbericht. Climate Change 18/2021.
- Geothermie Rupertiwinkel GmbH 2020, [Projektstatus \(georupertiwinkel.de\)](https://www.georupertiwinkel.de)
- ifeu (2018): Kommunale Abwässer als Potenzial für die Wärmewende? Kurzstudie. Heidelberg.
- illwerke/VKW (2012): Projektstudie. Potenzial einer Tiefengeothermienutzung in Vorarlberg. Endbericht WP1. (unveröffentlicht).
- Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB) (2014): Bodensee-Richtlinien 2005 (mit Änderung des Kapitels 5 vom 13.05.2014). Online: https://www.igkb.org/fileadmin/user_upload/dokumente/die_igkb/Bodensee-Richtlinien_2005_2015.pdf (5.11.2021)
- Kanton Thurgau: Amt für Umwelt und Abteilung Energie (Hrsg.) (o.J.): Wärme- und Kältenutzung aus dem Bodensee. Leitfaden.
- Kanton St. Gallen: Amt für Wasser und Energie (Hrsg.) (2019): Planungshilfe Wärme- und Kältenutzung aus dem Bodensee. St. Gallen.
- KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH (2020): Kommunale Wärmeplanung. Handlungsleitfaden. Stuttgart.
- Kloss, R./Cervený, M. (2015): Energieraumplanung im Kanton Zürich. Energy Center Wien. Download am 10.11.2021: https://www.klimaaktiv.at/dam/jcr:8b0df67e-f9b1-40c8-b9d2-8dacdc2071d7/Best-Practice_Energierichtplanung-Schweiz.pdf
- Kommunalkredit Public Consulting GmbH (2012): Abwärmepotenzialerhebung 2012. Erhebung außerbetrieblicher Potenziale in österreichischen Industriebetrieben. Endbericht. Wien.
- Könighofer, K., Domberger, G., Gunzy, S., Hingshammer, M., Pucker J., Schreilechner, M., Amtmann J., (JOANNEUM RESEARCH); Goldbrunner, J., Heiss, H. (GEOTEAM); Füreder, J., Burgstaller, G., Pözl, U., (ENERGIE AG OBERÖSTERREICH WÄRME) 2014. Potential der Tiefengeothermie für die Fernwärme und Stromproduktion in Österreich (Endbericht). Joanneum Research, Graz.

- Lercher, J. (2017): VertragsraumORDNUNG in Vorarlberg unter Berücksichtigung von Aspekten der Energieraumplanung. Foliensatz zum Seminar.
- Madner, V./Paraptics, K. (2016): Energieraumplanung in Wien, Aufbereitung rechtlicher Aspekte. Magistrat der Stadt Wien – MA20 (Hrsg.): Werkstattbericht 169, Wien, Download am 10.11.2021 unter: [Energie-Raumplanung in Wien / Werkstattbericht 169](#)
- Mair, F. (2012): Handbuch Raumordnung Salzburg. Amt der Salzburger Landesregierung (Hrsg.). Salzburg. Download: https://www.salzburg.gv.at/bauenwohnen/Documents/haro_aktuell_kap_1_bis_3_klein.pdf
- Mautner, F. (2019). Vergleich von GIS-basierten Methoden zur Kartierung von Wärmebedarfen. Grundlagen räumlicher Energieplanung am Beispiel der Stadtgemeinde Gleisdorf. Masterarbeit. – Graz.
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg o.J. [Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg, \(baden-wuerttemberg.de\)](#)
- Nageler, P. (2020). Neuartige automatisierte Methoden für GIS-basierte dynamische Simulationen von urbanen Energiesystemen. Dissertation. – Graz.
- ÖWAV (2020): Energetische Nutzung des thermischen Potenzials von Abwasser. ÖWAV-Arbeitsbehelf 65. Entwurf. Wien.
- Pehnt, M. et al. (2010): Die Nutzung industrieller Abwärme – technisch-wirtschaftliche Potenziale und energiepolitische Umsetzung. Bericht im Rahmen des Vorhabens „Wissenschaftliche Begleitforschung zu übergreifenden technischen, ökologischen, ökonomischen und strategischen Aspekten des nationalen Teils der Klimaschutzinitiative“. Heidelberg/Karlsruhe.
- Peters, M./Steidle, T./Böhnisch, H. (2020): Kommunale Wärmeplanung. Handlungsleitfaden. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (Hrsg.). Stuttgart. Download am 10.11.2021: [Leitfaden Kommunale Wärmeplanung \(kea-bw.de\)](#)
- Pfeifer, D., 2017: Entwicklung, Untersuchung und Bewertung von Berechnungsmodellen zur Erstellung von kommunalen Energiebilanzen im Gebäudebereich. Dissertation. – Innsbruck. Online: <https://www.uibk.ac.at/bauphysik/lehre/dissertationen/abgeschlossenen/documents/pfeifer.pdf> (28.10.2021)
- Pfleiderer, S., Götzl, G., Bottig, M., Brüstle, A.K., Porpaczy, C., Schreilechner, M., Eichkitz, C., Jud, M., Sachsenhofer, R., Zosseder, K., Casper, S., Goldbrunner, J., Kriegl, C., Kolmer, C. & Diepolder, G.W., 2016: GeoMol – Geologische 3D-Modellierung des österreichischen

Molassebeckens und Anwendungen in der Hydrogeologie und Geothermie im Grenzgebiet von Oberösterreich und Bayern. Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt 70: 88 S. (Wien, GBA).

Preier, J. (2019). Das Gebäude- und Wohnungsregister. Statistik Austria. Workshop Digitale Energieplanung. Wien. 12. April 2021. – Online:
https://www.ait.ac.at/fileadmin/mc/energy/Business_Cases/7_Smart_Resilient_Cities/GWR_der_Statistik_Austria_Josef_Preier.pdf

Projektteam „Abwasserenergie“ (2017): Abwasserenergie. Die Kläranlage als regionale Energiezelle. Wien.

Rehbogen, A., Strasser, H., Koblmüller, M., Mostegl, N., Schardinger, I., Biberacher, M. (2017). Integrierter Wärmeplan Zentralraum Salzburg - Umsetzungsplanung für die Wärmewende der Energie-Vorzeigeregion Salzburg (heatswap_Salzburg). Energieforschungsprogramm –1. Ausschreibung Vorzeigeregion Energie. – Salzburg.

Rehbogen, A./Strasser, H. (2021): Energie und Klimaschutz in hoheitlichen Planungsprozessen berücksichtigen – Bedarf, Anwendungsfälle und Lösungsansätze in der Praxis. In: Giffinger R. et al (Hrsg.): Energieraumplanung – ein zentraler Faktor zum Gelingen der Energiewende. ReposiTUM der TU Wien DOI: 10.34726/808, Wien

Schaffner, B., Niederberger K. (2017): Nutzung von Oberflächengewässer für thermische Netze. Studie im Auftrag des Bundesamts für Energie BFE. Bern.

Schardinger, I., Biberacher, M. und Atzl, C., 2019: Räumlich hoch aufgelöste Modellierung von potenziellen Fernwärmegebieten. 11. Internationale Energiewirtschaftstagung an der TU Wien, IEWT 2019, 13.- 15. Februar 2019. Wien. Online: https://www.researchstudio.at/wp-content/uploads/2020/04/242_abstract_20181108_142655.pdf (28.10.2021)

Schleswig Holstein Ministerium für Energiewende , Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung 2021, [Bericht und Beschlussempfehlung - Drucksache \(ltsh.de\)](https://www.ltsh.de/bericht-und-beschlussempfehlung)

Stampf P., Huber. T, Ender G. (2020), Energiemasterplan Bregenz, Schlussbericht (unveröffentlicht)

Stadt Salzburg (2017): SMART CITY Round Table Energieorientierte Stadtplanung Mit welchen Instrumenten können wir unsere Städte smarter entwickeln? Zusammenfassung der Veranstaltung vom 5. Juli 2017. Download am 10.11.2021: [ENERGIEORIENTIERTE STADTPLANUNG Kurzberichte gesammelt \(stadt-salzburg.at\)](https://www.stadt-salzburg.at/energieorientierte-stadtplanung-kurzberichte-gesammelt)

Statistik Austria 2021: Bundesländer-Energiebilanzen. Vorarlberg 1988-2019. Wien.

- Steiner, C., Goetzl, G., Fuchsluger, M., Rehbogen, A. (2022): Neues Web-Informationssystem zur Oberflächennahen Geothermie in Österreich. Unveröffentlicht, erscheint 2022.
- Stöglehner G. (2020): Der neue Leitfaden. Das Sachbereichskonzept Energie – Ein Beitrag zum ÖEK. BOKU, Wien. Download am 10.11.2021: [Energieraumplanung Leitfaden Stmk 15032018 Handout Stoeglehner \(steiermark.at\)](#)
- Wasser Tirol – Ressourcenmanagement GmbH, Universität Innsbruck, Management Center Innsbruck 2021: Energie-Ziel-Szenarien tirol 2050 und 2040 mit Zwischenzielen 2030. Innsbruck.
- Wüst, A. (2019): Energiegewinnung aus dem Bodensee – Erläuterungen zum Potenzial. Präsentation zum Informationsanlass Energieagentur St. Gallen am 31. Oktober 2019.
- Wüst, A. (2017): PEAK Kurs: Heizen und Kühlen mit Seen und Flüssen. Thermische Nutzung – Beispiele und Stellenwert. Kastanienbaum.
- Zechmeister et all (2019): Klimaschutzbericht 2019. Umweltbundesamt (Hrsg.). Wien. Download am 10.11.2021: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0702.pdf>,
- Zweili, C. (2019): Mit Energie aus dem Bodensee könnte man 40 Prozent der Schweiz heizen. St. Galler Tagblatt vom 4.11.2019.

ONLINEQUELLE

- Energiemosaik Projektwebsite: www.energiemosaik.at
- GEL S/E/P Projektwebsite: www.waermeplanung.at
- Amt der Salzburger Landesregierung: Energieraumplanung [Land Salzburg - Energieraumplanung](#)
- Energie Schweiz: Räumliche Energieplanung – Leitfaden in Modulen. [Räumliche Energieplanung \(local-energy.swiss\)](#) Download am 10.11.2021
- Europäische Kommission: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/ip_20_331

RECHTSQUELLEN

- Amt der Vorarlberger Landesregierung (2021): Richtlinie der Landesregierung über die Förderung raumplanerischer Konzepte und sonstiger Gemeinde- und Regionalentwicklungsplanungen. Download am 10.11.2021: <https://vorarlberg.at/documents/302033/472276/Richtlinie+der+Landesregierung+%C3%BCber+die+F%C3%B6rderung+raumplanerischer+Konzepte+und+sonstiger+Gemeinde-+und+Regionalentwicklungsplanungen+samt+Anhang+1+bis+7.pdf/6a3416e0-e121-61da-85c2-0944f06e0994>
- BO für Wien – Wiener Stadtentwicklungs-, Stadtplanungs- und Baugesetzbuch (Bauordnung für Wien) [RIS - Bauordnung für Wien - Landesrecht konsolidiert Wien, Fassung vom 09.12.2021 \(bka.gv.at\)](https://www.bka.gv.at/ris/bauordnung-fur-wien-landesrecht-konsolidiert-wien-fassung-vom-09-12-2021)
- Landesverfassung Vorarlberg [RIS - Landesverfassung - Landesrecht konsolidiert Vorarlberg, Fassung vom 09.12.2021 \(bka.gv.at\)](https://www.bka.gv.at/ris/landesverfassung-landesrecht-konsolidiert-vorarlberg-fassung-vom-09-12-2021)
- Ökofonds Steiermark (2021): Ausschreibung: Förderung der Energieraumplanung in der Steiermark. ABT15EW – Energietechnik und Klimaschutz, Graz. Download am 10.11.2021: [ABT15EW-Ökofonds 2021 Energieraumplanung.pdf \(steiermark.at\)](https://www.steiermark.at/abt15ew-ökofonds-2021-energieraumplanung.pdf)
- Raumordnungsgesetz Oberösterreich [RIS - Oö. Raumordnungsgesetz 1994 - Landesrecht konsolidiert Oberösterreich, Fassung vom 09.12.2021 \(bka.gv.at\)](https://www.bka.gv.at/ris/oö-raumordnungsgesetz-1994-landesrecht-konsolidiert-oberösterreich-fassung-vom-09-12-2021)
- Raumordnungsgesetz Niederösterreich [RIS - NÖ Raumordnungsgesetz 2014 - Landesrecht konsolidiert Niederösterreich, Fassung vom 09.12.2021 \(bka.gv.at\)](https://www.bka.gv.at/ris/nö-raumordnungsgesetz-2014-landesrecht-konsolidiert-niederösterreich-fassung-vom-09-12-2021)
- Raumordnungsgesetz Steiermark [RIS - Steiermärkisches Raumordnungsgesetz 2010 - Landesrecht konsolidiert Steiermark, Fassung vom 09.12.2021 \(bka.gv.at\)](https://www.bka.gv.at/ris/steiermärkisches-raumordnungsgesetz-2010-landesrecht-konsolidiert-steiermark-fassung-vom-09-12-2021)
- Raumordnungsgesetz Salzburg [RIS - Salzburger Raumordnungsgesetz 2009 - Landesrecht konsolidiert Salzburg, Fassung vom 08.02.2019 \(bka.gv.at\)](https://www.bka.gv.at/ris/salzbürger-raumordnungsgesetz-2009-landesrecht-konsolidiert-salzburg-fassung-vom-08-02-2019)
- Raumplanungsgesetz Vorarlberg - Gesetz über die Raumplanung Vorarlberg [RIS - Raumplanungsgesetz - Landesrecht konsolidiert Vorarlberg, Fassung vom 09.12.2021 \(bka.gv.at\)](https://www.bka.gv.at/ris/raumplanungsgesetz-landesrecht-konsolidiert-vorarlberg-fassung-vom-09-12-2021)

10. TABELLENVERZEICHNIS

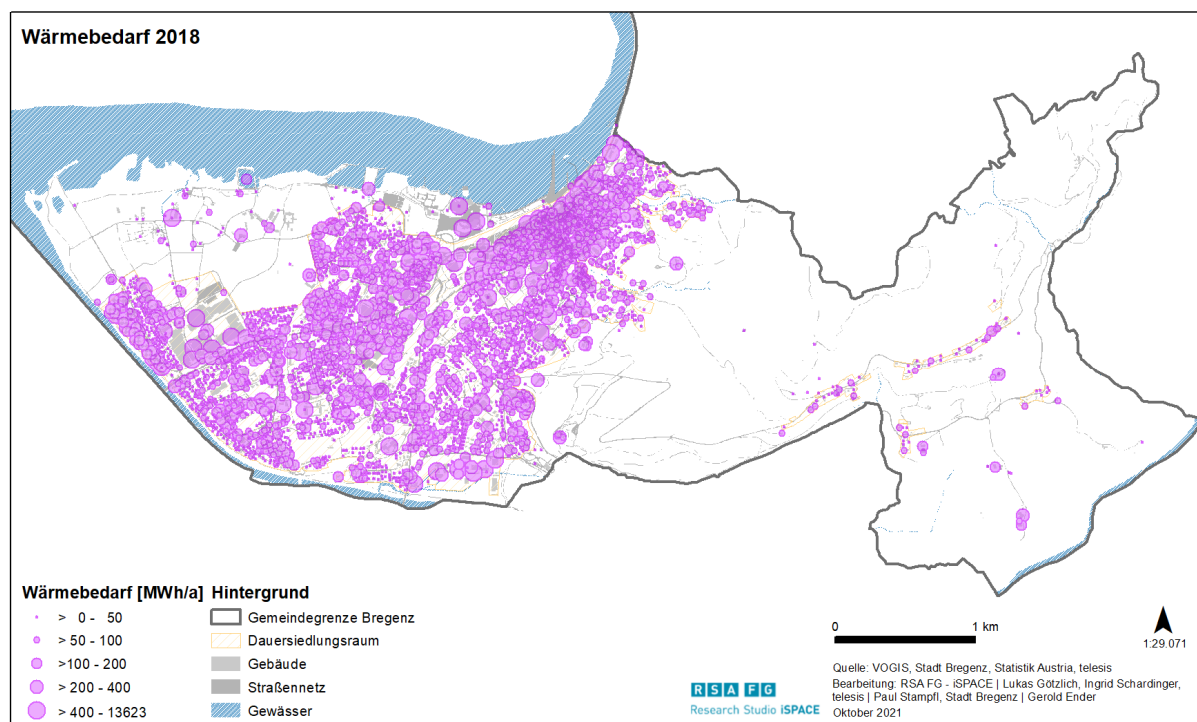
Tabelle 1: Endenergiebedarf (EEB) Gebäudesektor Vorarlberg 2018.....	15
Tabelle 2: EEB für Stromanwendungen im Gebäudesektor 2018.....	16
Tabelle 3: Vergleich der Daten für 2018 und 2050	17
Tabelle 4: Elektrifizierung des Gebäudesektors in Vorarlberg.....	18
Tabelle 5: Einsatz von Umgebungswärme für Wärmepumpen	23
Tabelle 6: Zusammenfassung der Potenziale.....	30
Tabelle 7: Endenergiebedarf bei den verschiedenen Szenarien.....	45
Tabelle 8: Energieverbrauch bei den verschiedenen Szenarien	45
Tabelle 9: Endenergiebedarf Bregenz 2018 und im Szenario 2050_EL	48
Tabelle 10: Energieverbrauch bei den verschiedenen Szenarien	52
Tabelle 11: Regelset für Identifizierung von zu sanierenden Gebäuden (bis 2040).....	74
Tabelle 12: Bestehende Datengrundlagen für die räumliche Energieplanung.....	76
Tabelle 13: Überblick über Ergebnisse für Bregenz	84
Tabelle 14: Überblick über Ergebnisse für Wolfurt.....	88

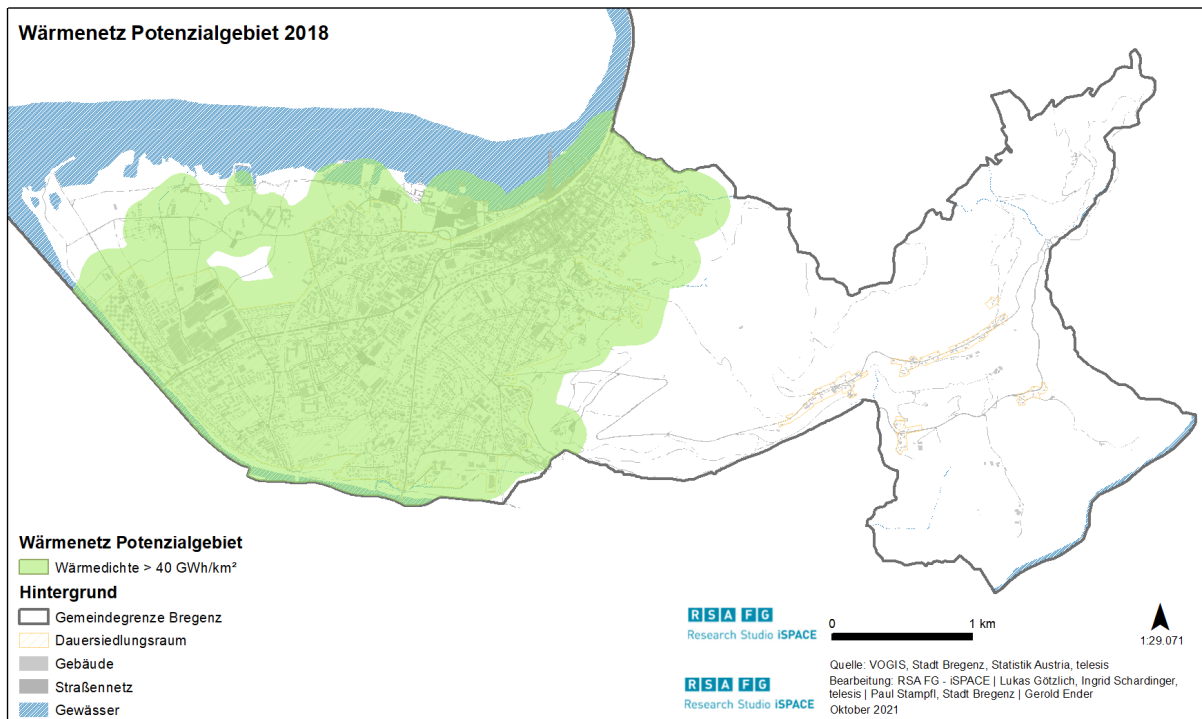
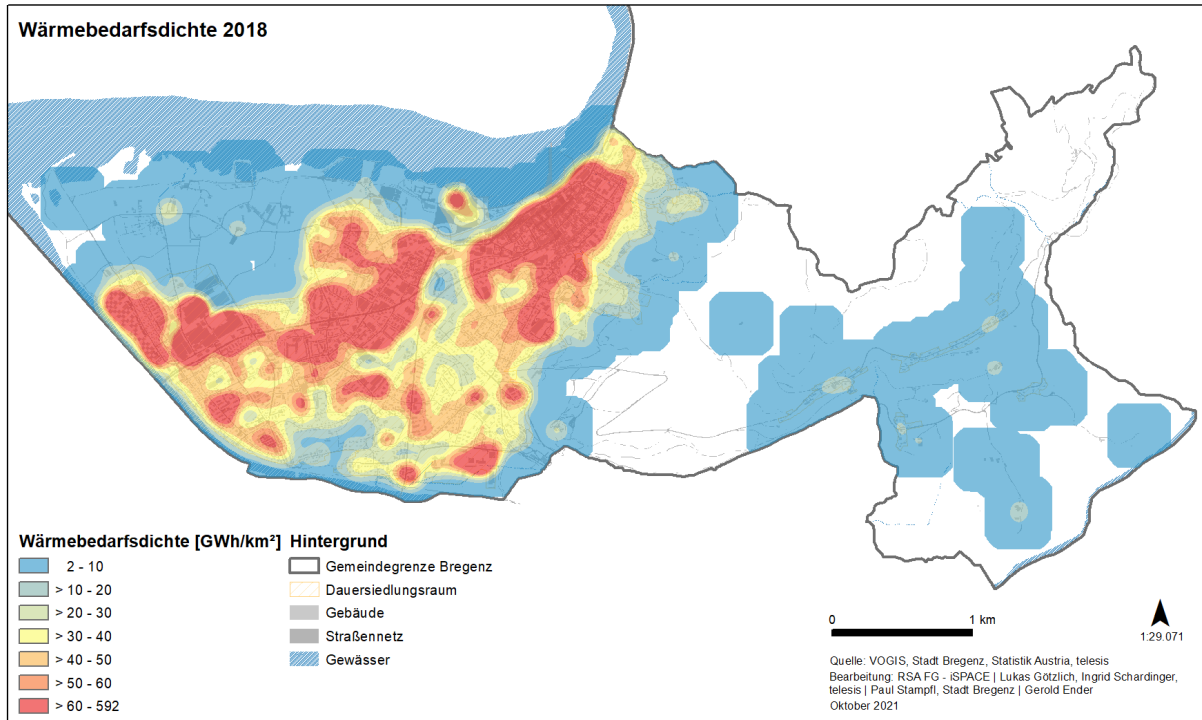
11. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

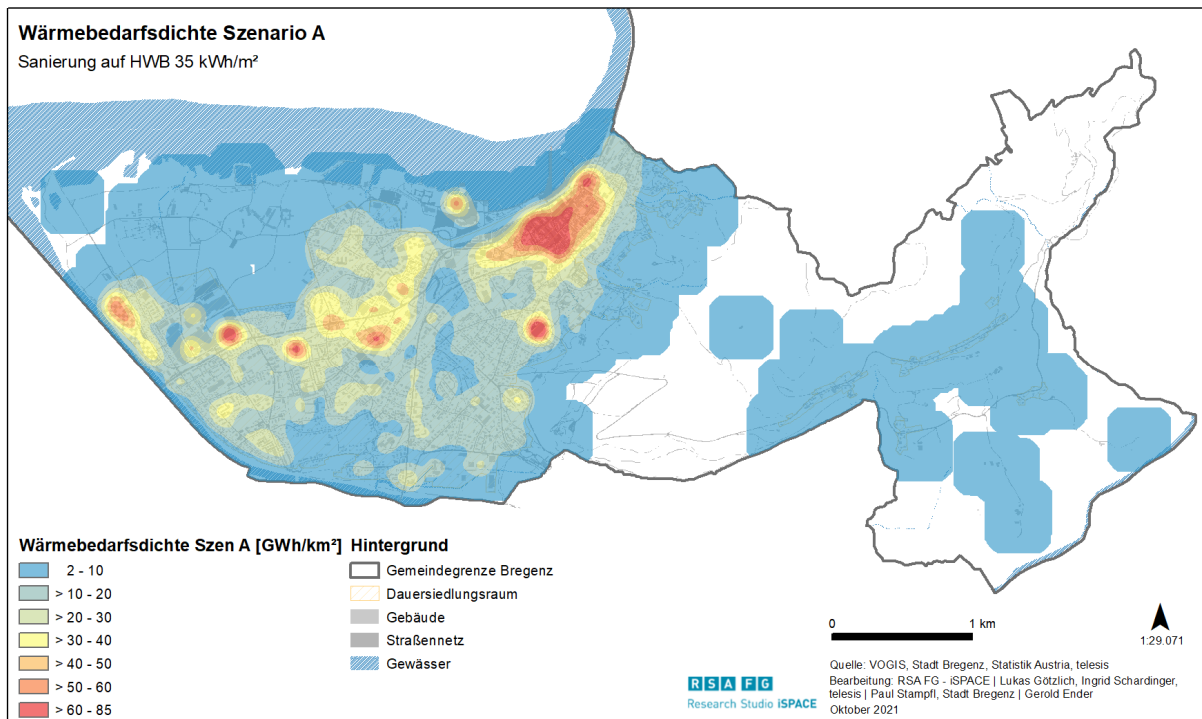
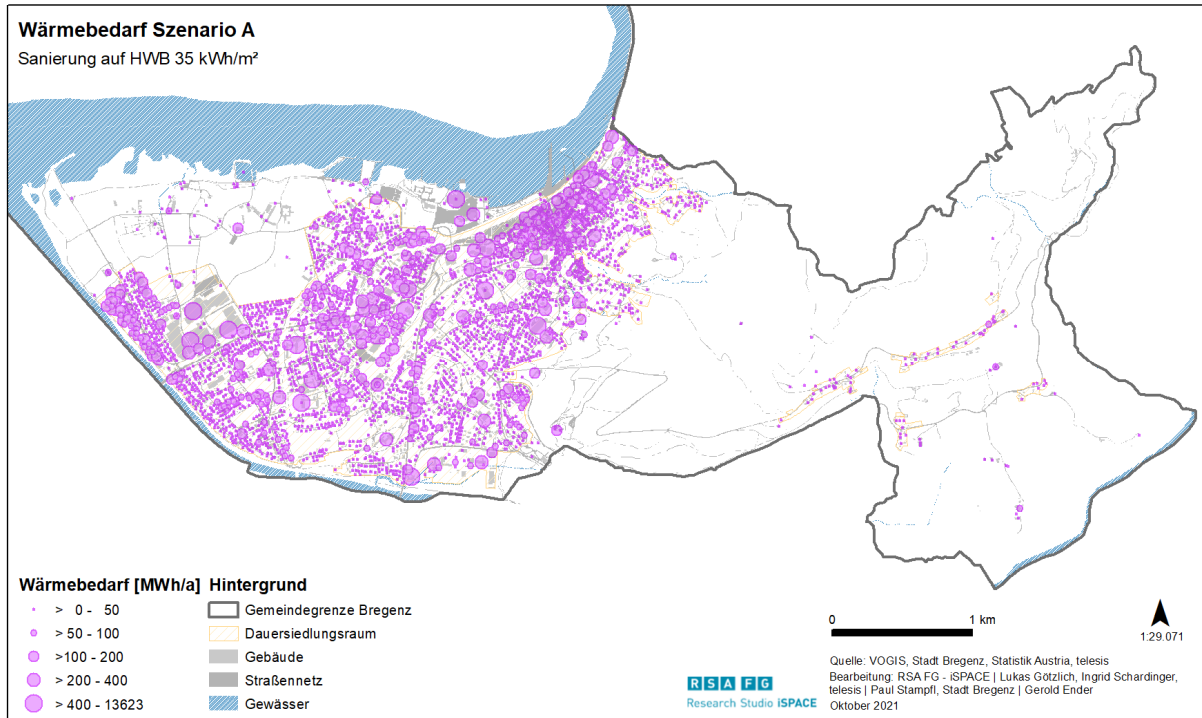
Abbildung 1: Ausschnitt des nördlichen Teiles von Vorarlberg aus der geothermischen Themenkarte von Elster et al. (2016b)	25
Abbildung 2: Schematische Darstellung der Mischungszone (IGKB 2014, S. 21)	28
Abbildung 3: Entwicklung der Fernwärme	31
Abbildung 4: Ergebniskarte mit Wärmenetz-Potenzialgebiete in Bregenz	39
Abbildung 5: Energieflüsse 2018 im Gebäudesektor in Vorarlberg	41
Abbildung 6: Energieflüsse im Szenario „2050_EL“	42
Abbildung 7: Energieflüsse im Szenario „2050_FW_AN“	43
Abbildung 8: Energieflüsse im Szenario „2050_FW_BM“	44
Abbildung 9: Vergleich der Szenarien der Wärmeversorgung des Gebäudesektors	46
Abbildung 10: Energieflüsse im Gebäudesektor in Bregenz 2018	50
Abbildung 11: Energieflüsse im Szenario „2050_FW3“	51
Abbildung 12: Hoheitliche Steuerungsinstrumente für die Wärmeplanung	60
Abbildung 13: Planungsebenen der räumlichen Energieplanung	66
Abbildung 14: Beispielhafte Darstellung der Glättungsmethode	71
Abbildung 15: Angewandte Glättungsfunktion	71
Abbildung 16: Methodischer Ansatz der Gebietsabgrenzungen	72
Abbildung 17: Überblick über die Identifikation der Schwellwerte	72
Abbildung 18: Ergebniskarte mit Wärmenetz Potenzialgebieten	84
Abbildung 19: Wärmenachfrage auf Adressebene mit Differenzierung nach Nutzung	86
Abbildung 20: Wärmebedarfsdichten IST (inkl. Zubau bis 2030) in Wolfurt	87

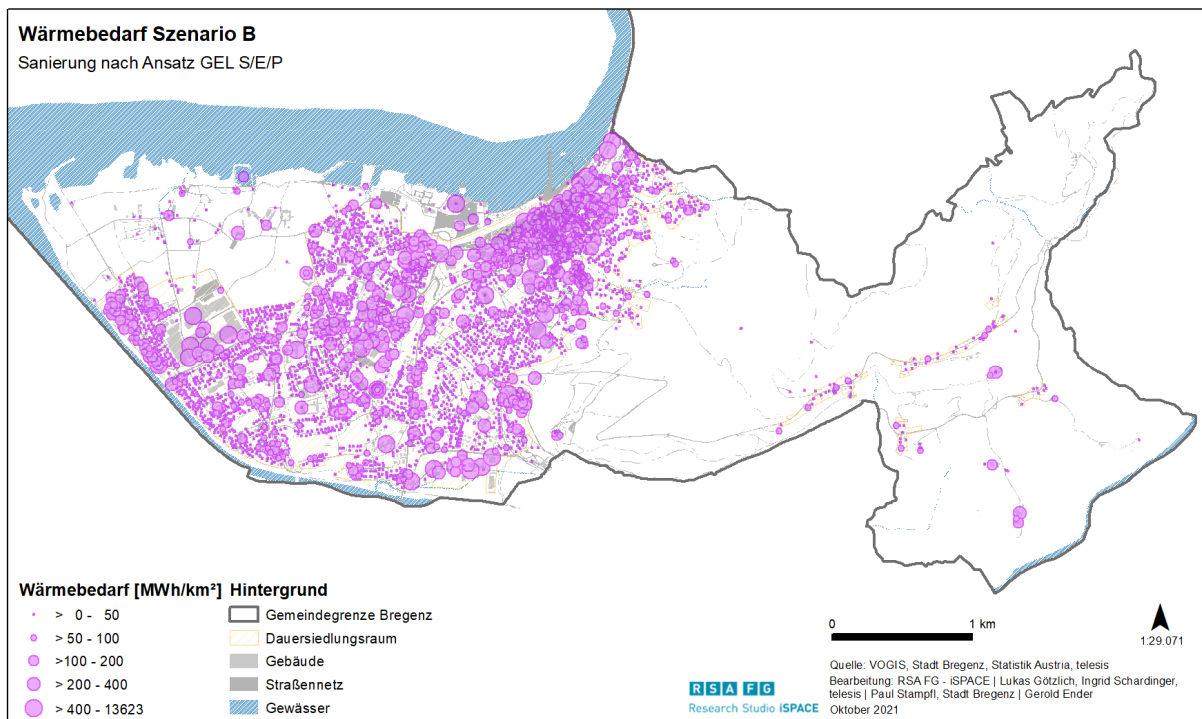
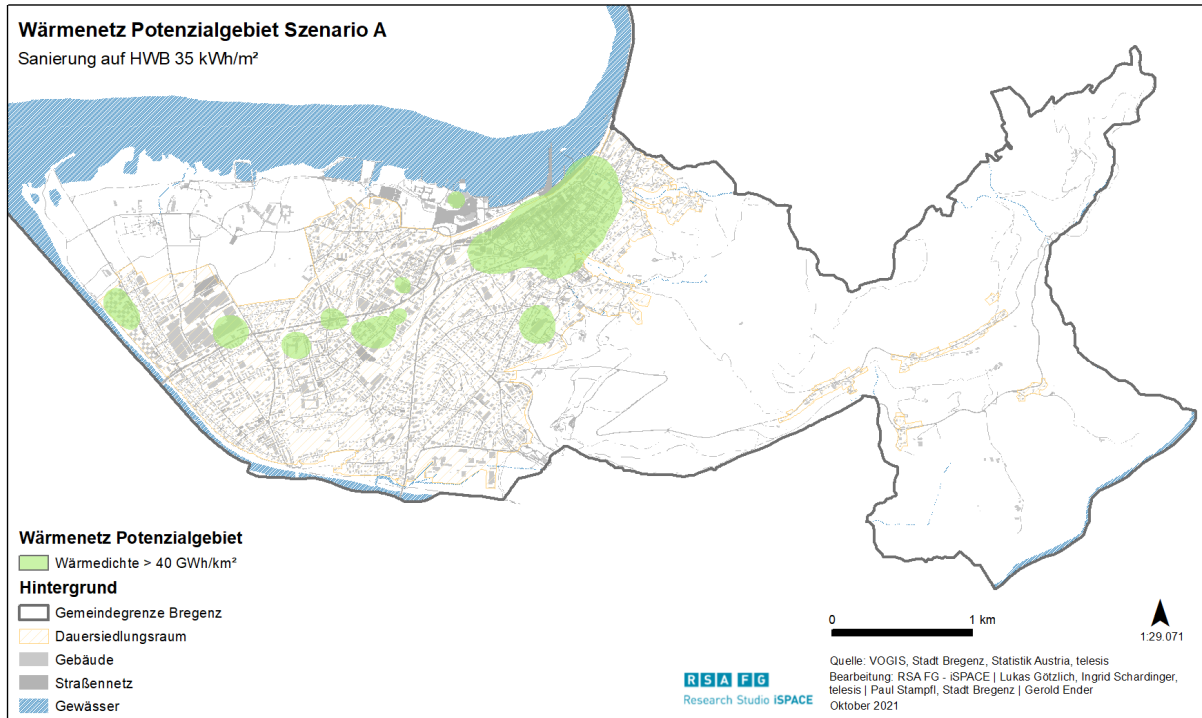
12. ANHANG (KARTENDARSTELLUNGEN)

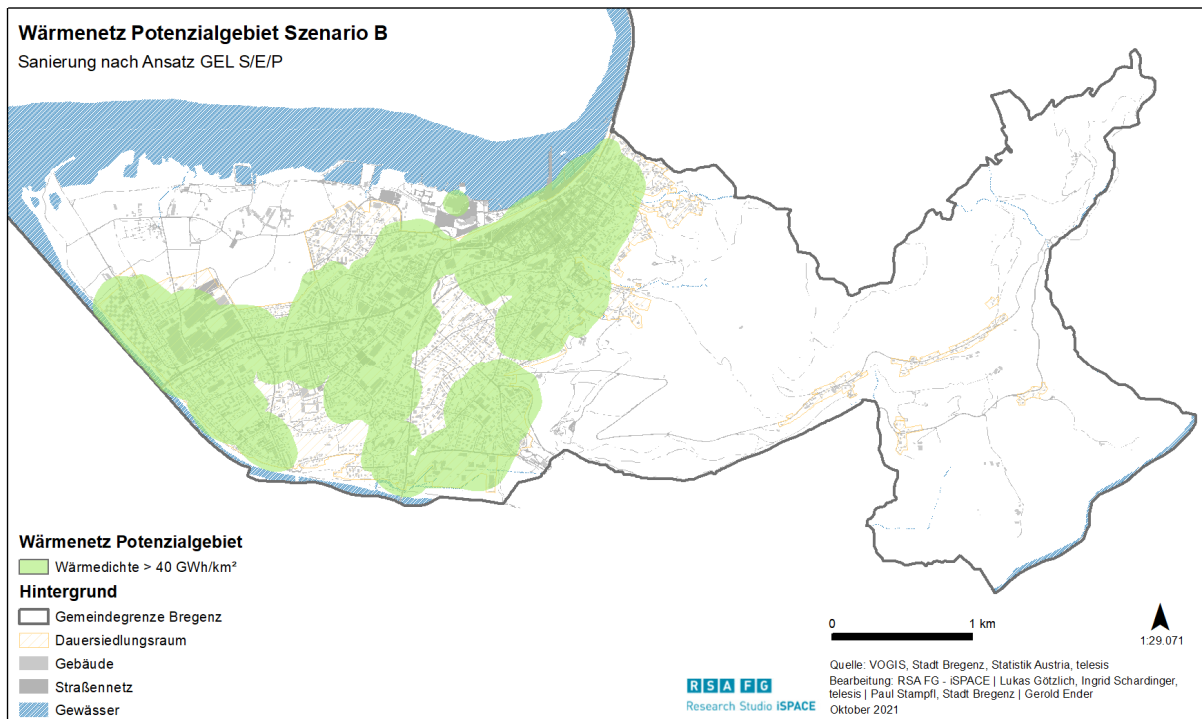
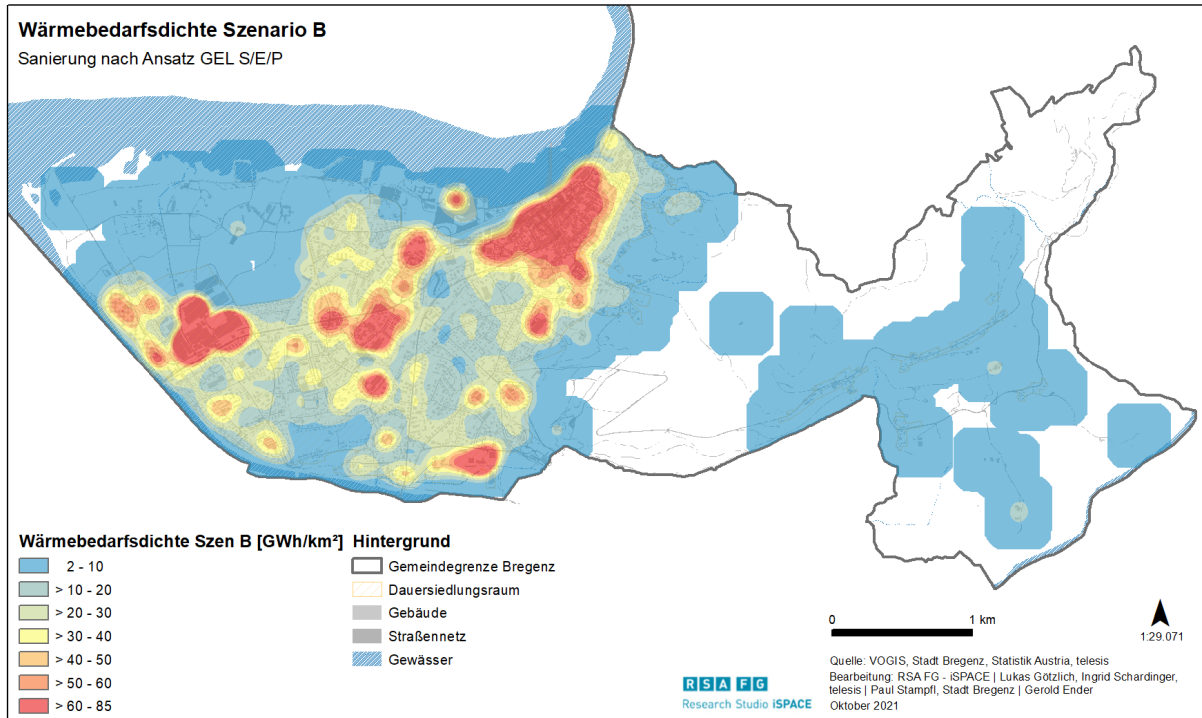
12.1. Bregenz











12.2. Wolfurt

